الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي في الأردن

خلاصة وافية للمصممين والسلطات والممارسين

ما تم تطويره في سياق مشروع
«الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي من أجل التكيّف مع التغيّر المناخي في الأردن» (ACC)
ومشروع
«مساعدة المناطق الأردنية في تطوير الهياكل اللامركزية في إدارة مياه الصرف الصحي» في إطار برنامج الدولة الفدرالية (BLP)

التعاون الألماني
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

قائمة المحتويات

قائمة المحتويات 3

الاختصارات 10

قائمة الأشكال 13

قائمة الجداول 15

تمهيد 17

الملخص التنفيذي 17

الجزء (أ) الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي في ضوء التكيّف مع التغيّر المناخي

1. المقدّمة 27

2. تأثيرات التغيّر المناخي المرصودة والمتوقعة 28

1.2 التأثيرات على الزراعة 30

2.2 التأثيرات على المياه 30

3.2 العبء الاقتصادي للتغيّر المناخي 31

4.2 قابلية الإنسان للتأثر بالتغيّر المناخي 32

3.المرونة والتكيّف مع التغيّر المناخي: منظور عالمي 33

1.3 عملية التكيّف والتحديات المواجهة 34

3.2 تكيّف النظم الزراعية والغذائية مع التغيّر المناخي 36

3.3 تكيّف نظم المياه والصرف الصحي مع التغيّر المناخي 36

1.3.3 النهج العام لتكيّف نظم المياه مع التغيّر المناخي 37

2.3.3 البنية المؤسسية لتكيّف الموارد المائية مع التغيّر المناخي 37

3.3.3 كيّف البنى التحتية للمياه والصرف الصحي مع التغيّر المناخي 39

4. تسليط الضوء: وضع الإطار السياساتي لإدارة مياه الصرف الصحي 44

1.4 الآثار الإقليمية للتغيّر المناخي والتعقيدات الأخرى والاستجابات المقررة 44

2.4 لاستفادة القصوى من موارد الصرف الصحي في المنطقة 45

1.2.4 معوّقات تقديم خدمات الصرف الصحي والاستفادة الكاملة من مياه الصرف الصحي 46

2.2.4 تسليط الضوء على الوضع الراهن لإدارة مياه الصرف الصحي في الأردن 48

3.2.4 السياسات والقوانين والترتيبات المؤسسية لإدارة مياه الصرف الصحي في الأردن 49

4.2.4 تنفيذ السياسات وتأثيرها 56

5. المناقشة النهائية 62

1.5 استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الإنتاج الزراعي 63
1.1.5 تخطيط سلامة الصرف الصحي 64
2.1.5 حليل النظام 64
3.1.5 المراقبة التشغيلية 65
4.1.5 الإدارة والاتصال 65
5.1.5 لبرامج الداعمة 65
6.1.5 إطار العمل المقترح لتنفيذ خطط سلامة الصرف الصحي 67
2.5 خدمات الصرف الصحي اللامركزية 69
6. المراجع 70

الجزء (ب) إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المنزلي في سياق الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي في الأردن من أجل التكيّف مع التغيّر المناخي

1. المقدّمة 77
2. الوضع المائي للأردن 79
3. التجربة الأردنية في إعادة استخدام مياه الصرف الصحي 80
3.1 إعادة الاستخدام غير المباشر لمياه الصرف الصحي في الري 80
1.1.3 التضاريس 82
2.1.3 المساحة المروية المحصورة 82
3.1.3 استدامة الزراعة 82
4.1.3 عدم توافر المياه البديلة الكافية للري 82
5.1.3 توافر البنية التحتية الملائمة لإدارة المياه 82
2.3 إعادة الاستخدام المباشر لمياه الصرف الصحي في الري 83
4. إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في سياق نظام الصرف الصحي اللامركزي 84
1.4 وظيفة أنظمة إعادة الاستخدام في الإدارة المتكاملة لمياه الصرف الصحي 84
4.2 كميات مياه الصرف الصحي غير المستغلة 86
3.4 المرونة في التوسع التدريجي للصرف الصحي اللامركزي 87
4.4 خيارات إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في سياق الصرف الصحي اللامركزي 87
5.4 التطبيقات المحتملة لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي في سياق الصرف الصحي اللامركزي 88
1.5.4 تبديد/هدر مياه الصرف الصحي من الحفر الامتصاصية في المناطق غير المخدومة بالصرف الصحي 89

2.5.4 أنشطة التحريج 89
3.5.4 زراعة المحاصيل المدرّة للدخل 89
4.5.4 استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة بدلًا من المياه العذبة في الري 90
5. إدارة الفائض المائي 91
1.5 تصريف الفائض المائي إلى الأودية 92
2.5 تخزين الفائض المائي 92
3.5 استخدام الفائض المائي في الري التكميلي لمحاصيل إضافية أخرى 92
6. إعادة استخدام مياه الصرف الصحي والتغيّر المناخي 94
1.6 إعادة استخدام المياه كتدبير تكيّفي 94
1.1.6 تحقيق الكفاءة التآزرية في إدارة مياه الصرف الصحي من أجل تحسين البيئة الصحية 94
2.1.6 حماية الموارد المائية المتوفرة 94
3.1.6 لتعامل مع احتياجات المياه المتزايدة 95
4.1.6 عزيز الأمن الغذائي 95
5.1.6 التدبير العلاجي لتآكل التربة 96
2.6 عادة استخدام المياه كتدبير تخفيفي 97
1.2.6 تقليل استعمال الأسمدة 97
2.2.6 حجز ثاني أكسيد الكربون الموجود في الغلاف الجوي 101
7. تحديات إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في سياق الصرف الصحي اللامركزي 101
1.7 لمخاوف البيئية والصحية 101
1.1.7 الأمراض المنقولة بالمياه 102
2.1.7 المعادن الثقيلة 102
3.1.7 ملوحة المياه 104
2.7 القبول الاجتماعي 106
3.7 استدامة نظام إعادة الاستخدام 106
4.7 نظام التصريف الطبيعي في حالات الطوارئ 107
5.7 الإطار القانوني (المواصفة الأردنية 2006/JS893) 107
1.5.7 تعقيبات على المواصفة المقترحة في سياسة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية (2016) 111
8. المقترحات والتوصيات 113
9. المراجع 118

الجزء (ج) نماذج الأعمال لإدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية في الأردن

1. المقدّمة 121
2. الافتراضات العامة والمبادئ التوجيهية لهذه الدراسة 121
3. تعريف المعالجة والإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي 122
4. التحديات الراهنة التي تواجه نماذج أعمال الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي 123
5. نظرة عامة على معالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها في الأردن 124
1.5 سياسات المياه والصرف الصحي الأردنية 124
2.5 حالة معالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها 126
3.5 استخدام المياه المُعاد تدويرها 127
5.4 تصريف مياه الصرف الصناعي 128
6. السياق السكاني والطلب على الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي وإعادة الاستخدام 128
1.6 إمدادات المياه السكنية وإنتاج مياه الصرف الصحي 128
2.6 إنتاج مياه الصرف الصحي وجمعها 129
3.6 تمويل البنية التحتية للصرف الصحي 129
4.6 الصرف الصحي في المناطق الريفية 130
5.6 المجتمعات المستهدفة التي يقل عدد سكانها عن 5000 نسمة 130
6.6 جودة مياه الصرف الصحي المتدفقة إلى محطات معالجة مياه الصرف الصحي في الأردن 131
7.6 زيادة الطلب على مياه الري الزراعي 132
8.6 إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في الزراعة المروية 133
7. الإطار المؤسسي والتنظيمي للإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي 133
1.7 تحديد الأطراف ذات العلاقة والاختصاصات المؤسسية 133
2.7 إشراك الجهات ذات العلاقة 138
3.7 الفجوات في التشريعات المتعلّقة بالمياه العادمة والصرف الصحي 138
4.7 مواصفات ومعايير مياه الصرف الصحي المعالجة 139
5.7 المواصفات والمعايير الحالية لمعالجة مياه الصرف الصحي 139
6.7 التشريعات والأنظمة 140
7.7 مراقبة وتقييم أداء خدمة الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي 141
8. ملكية القطاع الخاص أو العام لأنظمة الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي 142
1.8 ملكية القطاع العام لمرافق مياه الصرف الصحي 143
2.8 الجمعيات (التعاونيات) المعنيّة بخدمات الصرف الصحي 144

3.8 وحدة الأقسام ضمن البلديات المسؤولة عن خدمات الصرف الصحي 144
4.8 المؤسسات البلدية المعنية بخدمات الصرف الصحي 145
5.8 مشغّلو القطاع الخاص 145
6.8 مُلكية القطاع الخاص 145
9. التنظيم والرقابة 147
1.9 تحديد المواصفات القياسية للإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي 147
2.9 إنشاء نظام مراقبة للإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي 148
3.9 تحديث وتعديل التشريعات 148
4.9 الاعتمادات وهيئة الاعتماد للتقنيات والتشغيل 148
5.9 أداء الخدمات القائمة على العقود 148
6.9 مراجعة القوانين والأنظمة التجارية 149
10. مفهوم نموذج العمل 149
1.10 فهم مصطلح نموذج العمل في الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي 149
2.10 تحليل التحديات والحلول المقترحة لنموذج عمل الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي 150
11. لاعتبارات نماذج العمل المحتملة والقابلة للتطبيق 151
1.11 تحديد خيارات نماذج العمل المحتملة 151
1.1.11 الخيار الأول: نقل مياه الصرف الصحي ومعالجتها فقط 151
2.1.11 الخيار الثاني: بيع مياه الصرف الصحي المعالجة للمزارعين وغيرهم من المستخدمين المحتملين 151
3.1.11 الخيار الثالث: الحصول على التعويض مقابل خفض انبعاث ثاني أكسيد الكربون 152
12. تطوير نماذج العمل المحتملة والقابلة للتطبيق 156
1.12 الشراكة بين القطاعيْن العام والخاص في إدارة خدمات مياه الصرف الصحي 157
1.1.12 التجربة الأردنية في مجال الشراكة بين القطاعيْن الخاص والعام 158
13. التحليل الاقتصادي، والمالي، والاجتماعي - الاقتصادي لنماذج العمل التي تم اختيارها 159
1.13 الافتراضات والشروط المسبقة لنماذج العمل النموذجية التي تم النظر فيها ضمن هذه الدراسة 159
1.1.13 الافتراضات الفنية والشروط المسبقة 159
2.13 الأساس المنطقي الذي يستند إليه تحليل النموذج 161
1.2.13 الغرض 161
2.2.13 الخصائص الرئيسية 162
3.2.13 تحليل الخيارات 164
3.13 التعرفات الحالية وقدرة القطاع المنزلي على تحملها 165
1.3.13 التعرفات الحالية 165

2.3.13 القدرة على تحمل التكاليف والرغبة في دفعها..... 165
3.3.13 استعداد الحكومة لزيادة التعرفات..... 165
4.13 نتائج التحليل..... 166
1.4.13 المقارنة بين الخيارات..... 166
2.4.13 التكاليف التشغيلية..... 167
3.4.13 المقارنة بين الحالة مع مِنح وبدونها..... 168
4.4.13 تأثير إيرادات الري..... 169
5.4.13 تأثير سعر التعويض مقابل خفض انبعاث الكربون..... 171
6.4.13 تأثير سقوف التعرفة..... 172
7.4.13 المستهلكين غير الموصولين بشبكة الصرف الصحي..... 172
5.13 القضايا المؤسسية..... 173
6.13 دليل بديل..... 174
14- نتائج الدراسة..... 176
1.14 نتائج التحليل المالي لنماذج العمل الثلاثة المختارة..... 176
2.14 نتائج إضافية..... 177
15- التوصيات المقدمة لصنّاع السياسات..... 177
1.15 القضايا المؤسسية والرقابية والتنظيمية..... 177
2.15 القضايا الفنية..... 178
3.15 قضايا الإدارة/قضايا التشغيل والصيانة..... 179
4.15 القضايا المالية وقضايا نموذج العمل..... 179
16- المراجع..... 180
الملحق 1: البيانات والإحصاءات..... 187
الملحق 2: المواصفات الأردنية..... 190
الملحق 3: خيارات نماذج العمل للقطاع الخاص..... 195
الملحق 4: أنواع عقود الإدارة/عقود التشغيل والصيانة..... 198
الملحق 5: الملاحظات الإرشادية لنموذج العمل..... 202
المقدمة..... 202
منصة النموذج، ومفتاحه، وهيكله ومبادئه الأساسية..... 203
الأساس المنطقي والنظري الذي يقوم عليها النموذج..... 204
الوصف التفصيلي للنموذج..... 206

الجزء (د) القبول الاجتماعي كأولوية من أولويات أنظمة الصرف الصحي اللامركزية المستدامة

1- المقدّمة 213

2- معلومات أساسية عن أنظمة الصرف الصحي اللامركزية والتحفظات تجاهها 213

1.2 التحدي الأول: موقع محطة المعالجة 214

1.1.2 سعر الأرض وقيمتها 214

2.1.2 المخاوف المتعلّقة بالصحة والسلامة 214

3.1.2 العوامل الثقافية والدينية 214

2.2 التحدي الثاني: الجوانب الاقتصادية والمالية 215

3.2 التحدي الثالث: نوع نظام الصرف الصحي وتقنيات المعالجة 215

3- التجارب في مشاريع إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية 216

1.3 برنامج "SANIMAS" في إندونيسيا: مشاركات استباقية من قبل جميع أصحاب المصلحة المعنيين 216

2.3 المؤسسة الألمانية للتعاون الدولي (GIZ) في فيتنام 216

3.3 ماليزيا: السياسات والغرامات كردّ على عدم الامتثال 217

3.4 برنامج الإدارة المستدامة والمتكاملة للمياه في تونس: برنامج توعوي (يركز على قطاع الزراعة / إعادة استخدام المياه لأغراض الري) 217

4. التوصيات وخطة العمل لتنفيذ «سياسة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية» 218

5. المراجع 220

الجزء (هـ) الإرشادات التوجيهية الموضوعة بناءً على تجارب مشروع "الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي من أجل التكيّف مع التغيّر المناخي في الأردن" (ACC) من 2014-2019

1- معلومات أساسية عن إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية واستخدامها في الأردن 223

1.1 مقدمة 223

2- الأنشطة والدروس المستفادة من مشروع «الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي من أجل التكيّف مع التغيّر المناخي في الأردن» (ACC) 223

2.1 قضاء رحاب 224

2.2 إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية في نزل فينان البيئي، ضانا 227

2.3 أحواض القصب لتجفيف الحمأة في محطة وادي حسّان لمعالجة مياه الصرف الصحي، إربد 230

2.4 تنمية القدرات 231

3. تحديات إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية في الأردن 232

4. إرشادات توجيهية لتنفيذ إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية في الأردن وتوسيع نطاقها 237

5. الخلاصة والتوصيات 242

6. المراجع 243

الاختصارات

ABR	المفاعل اللاهوائي ذو الحواجز
ACC	«الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي من أجل التكيّف مع التغيّر المناخي في الأردن»
AIC	متوسط التكلفة الإضافية
AM	الإدارة التكيّفية
B/C	نسبة تكلفة العائد
BCA	تحليل تكلفة العائد
BLT	بناء - تأجير - نقل
BM	نموذج الأعمال
BOD	الاحتياج الحيوي للأكسجين
BOOT	البناء - التملك - التشغيل – النقل
BORDA	جمعية بريمن للبحث والتطوير في الخارج
BOT	بناء - تشغيل - نقل
Capex	النفقات الرأسمالية
CapManEx	صيانة رأس المال
CBA	تحليل التكلفة والعائد
CDM	آلية التطوير النظيفة
CEA	تحليل فعالية التكلفة
CoC	تكلفة رأس المال
COD	الاحتياج الكيميائي للأكسجين
CW	الأرض الرطبة المنشأة
CWWTP	محطة معالجة مياه الصرف الصحي المركزية
DBFO	تصميم - بناء - تمويل - تشغيل
DBO	تصميم - بناء - تشغيل
DCMF	تصميم - إنشاء - إدارة - تمويل
DEWATS	النظام اللامركزي لمعالجة مياه الصرف الصحي
DOS	دائرة الإحصاءات العامة
dS/m	ديسي سيمنز لكل متر
DWW	مياه الصرف الصحي اللامركزية
DWWM	الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي
DWWS	نظام الصرف الصحي اللامركزي
DWWTP	محطة معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية
ExpDS	الإنفاق على الدعم المباشر
GIZ	المؤسسة الألمانية للتعاون الدولي
GWW	مياه الصرف الصحي الناتجة
HRT	وقت الاحتفاظ الهيدروليكي

IPCC	الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ
IRR	معدل العائد الداخلي
IWK	شركة المياه العادمة والصرف الصحي الوطنية الماليزية
IWRM	الإدارة المتكاملة للموارد المائية
JFDA	المؤسسة العامة للغذاء والدواء
JOD	دينار أردني
JSMO	مؤسسة المواصفات والمقاييس الأردنية
JV	وادي الأردن
JVA	سلطة وادي الأردن
KAC	قناة الملك عبدالله
KTR	سد الملك طلال
MCA	تحليل متعدّد المعايير
MCM	مليون متر مكعب
MED	منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط
MENA	الشرق الأوسط وشمال إفريقيا
MoMA	وزارة الشؤون البلدية
MoA	وزارة الزراعة
MoEnv	وزارة البيئة
MoH	وزارة الصحة
MoMun	وزارة البلديات
MPA / 100ml	الرقم الأكثر احتمالًا لكل 100 مللي لتر (مل)
MWI	وزارة المياه والري
NICE	لجنة التنفيذ الوطنية للإدارة اللامركزية الفعالة لمياه الصرف الصحي
O&M	التشغيل والصيانة
ONAS	المكتب الوطني للصرف الصحي (الجمهورية التونسية)
OPEX	النفقات التشغيلية
PE	عدد الأشخاص المعادل
PPP	الشراكة بين القطاعيْن العام والخاص
PS	القطاع الخاص
PSP	مشاركة القطاع الخاص
RSCN	الجمعية الملكية لحماية الطبيعة
RSS	الجمعية العلمية الملكية
SDB	أحواض تجفيف الحمأة
SDRB	أحواض القصب لتجفيف الحمأة
SI	مؤشر الاستدامة
SS	المواد الصلبة العالقة
SSP	تخطيط سلامة الصرف الصحي

SSPs	خطط السلامة للصرف الصحي
SWIM	الإدارة المستدامة المتكاملة للمياه
ToR	الشروط المرجعية
TSS	مجموع المواد الصلبة العالقة
TWW	مياه الصرف الصحي المعالجة
UASB	مفاعل التدفق العلوي اللاهوائي عبر طبقة الحمأة
UFC/100ml	وحدة تشكيل كولون لكل 100 مللي لتر (مل)
VFCW	الأرض الرطبة المنشأة ذات التدفق العمودي
WAJ	سلطة المياه في الأردن
WHO	منظمة الصحة العالمية
WSIA	قانون الخدمات المائية الصناعية
WUA	جمعية مستخدمي المياه
WW	مياه الصرف الصحي
WWTP	محطة معالجة مياه الصرف الصحي
YWC	شركة مياه اليرموك

قائمة الأشكال

الشكل 1 الآثار المترتبة على الموضوعات الثلاثة الرئيسية ذات الصلة بنظم المياه 33

الشكل 2 العلاقة بين المرونة والقدرة على التكيّف 34

الشكل 3 دورة عملية التكيّف الأساسية وفقًا لتقييم المناخ الوطني الأمريكي لعام 2014 (نورد جرن وآخرون، 2016) 34

الشكل 4 درجات المرونة لتقنيات الصرف الصحي كما يظهر في لوه وآخرون (2017) 42

الشكل 5 متتالية الحلول "الناعمة" و"الخشنة" في قطاع المياه للتكيّف مع التغيّر المناخي (المعتمد من سياسة التغيّر المناخي، 2016) .. 52

الشكل 6 نظام ومخطط الري العام في وادي الأردن بالمياه المخلوطة من خلال الري بالتنقيط 60

الشكل 7 تحول نموذجي في نهج الصرف الصحي من تقنية نهاية الأنبوب (منظمة الصحة العالمية، 1989) إلى نهج الإدارة المتكاملة (منظمة الصحة العالمية، 2006) 63

الشكل 8 مكونات تخطيط سلامة الصرف الصحي (مقتبس من دافيسون وآخرون، 2005) 65

الشكل 9 أمثلة للضوابط (الحواجز) التي يمكن تطبيقها على مستوى المزرعة 66

الشكل 10 إدارة المخاطر الحالية للاستخدام المباشر لمياه الصرف الصحي في الأردن 66

الشكل 11 تدابير التحكم المقترحة للمخاطر ذات الأولوية 67

الشكل 12 خريطة هطول الأمطار في الأردن 77

الشكل 13 تصنيفات الأراضي الأردنية مقابل هطول الأمطار السنوي 13

الشكل 14 استهلاك المياه في الزراعة من المصادر المختلفة (بناءً على ميزانية المياه لعام 2016) 79

الشكل 15 دورة إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة 81

الشكل 16 تطوير مناطق الري في وادي الأردن والمرتفعات (دائرة الإحصاءات العامة، 2019أ) 132

الشكل 17تطوير استخدامات ومصادر مياه الري بالمليون متر مكعب، (وزارة المياه والري، 2017) 132

الشكل 18 نتائج الورشة 150

الشكل 19 موقع القرية التي وقع عليها الاختيار لتنفيذ المشروع (المصدر: DORSCH 2014) 160

الشكل 20 المرحلة الأولى من الأرض الرطبة المنشأة ذات التدفق العمودي لمياه الصرف الصحي (المصدر: IWA/EAWAG) 161

الشكل 21 المقارنة بين خيارات نماذج الأعمال الأساسية عند القيم المرجعية (التعرفات) 166

الشكل 22 المقارنة بين خيارات نماذج الأعمال الأساسية عند القيم المرجعية (متوسط الرسوم المنزلية) 166

الشكل 23 تحليل تكاليف التشغيل لجمع ومعالجة مياه الصرف الصحي (خيار الكتلة الأحيائية وتعويضات خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون) 167

الشكل 24 توزيع تكاليف التشغيل حسب النشاط (خيار الكتلة الأحيائية وتعويضات خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون) 168

الشكل 25 المقارنة بين الحالة مع مِنح وبدونها (التعرفات) (خيار الكتلة الأحيائية وتعويضات خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون) 169

الشكل 26 المقارنة بين الحالة مع مِنح وبدونها (متوسط الرسوم المنزلية) (خيار الكتلة الأحيائية وتعويضات خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون) 169

الشكل 27 تأثير تعرفات مياه الري (التعرفات) 170
الشكل 29 تأثير سعر التعويض مقابل خفض انبعاث الكربون (التعرفات) 171
الشكل 30 تأثير سعر التعويض مقابل خفض انبعاث الكربون (متوسط الرسوم المنزلية) 171
الشكل 31 تأثير سقوف التعرفات على متطلّبات الدعم والإعانة (مستويات الأسعار الحقيقية في 2019) 172
الشكل 32 "مثال على الوفورات في الأحجام" (المصدر شركة مستشاري الإدارة الاستراتيجية SMC، Ofwat، 2002) 175
الشكل 33 أنواع الأسباب الإيجابية لمعالجة مياه الصرف الصحي 216
الشكل 34 تقييم ريفي سريع مع صناع القرار في كلتا القريتيْن 226
الشكل 35 زيارة من المجتمع المحلي لموقع محطات معالجة مياه الصرف الصحي المختلفة في الأردن 226
الشكل 36 اجتماع أصحاب المصلحة برعاية محافظ المفرق لاختيار الموقع 227
الشكل 37 مشاركة المجتمع المحلي في اختيار الموقع 227
الشكل 38 محطة معالجة مياه الصرف الصحي في نزل فينان البيئي - نموذج ثلاثي الأبعاد 228
الشكل 39 محطات مياه الصرف الصحي اللامركزية في نزل فينان البيئي في نزل فينان البيئي، محمية ضانا للمحيط الحيوي 229
الشكل 40 مخطط موقع أحواض القصب لتجفيف الحمأة (باللون الأخضر) بجوار أحواض التلميع في محطة تنقية وادي حسّان 230
الشكل 41 مراحل تطوير وتنفيذ السياسة (Tayler et al., 2003) 239

قائمة الجداول

الجدول 1 ملخص التغيّرات المرصودة والمتوقعة لخمسة حدود متطرفة على نطاق عالمي (مقتبس من الجدول 3.1، الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ، 2012)..... 29

الجدول 2 نسبة إجمالي توافر السعرات الحرارية للفرد يوميًا من منتجات الثروة الحيوانية ومن 14 محصولًا غذائيًا في الدول النامية والمتقدمة، حسب فئة تقلبية هطول الأمطار..... 32

الجدول 3 ملخص التأثيرات الهامة للتغيّر المناخي 44

الجدول 4 التغييرات الرئيسية في نموذج البنية التحتية لشبكات المياه والصرف الصحي (فان فيلت وآخرون، 2010) 46

الجدول 5 استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في أو بالقرب من محطات معالجة مياه الصرف الصحي 60

الجدول 6 الإيجابيات والسلبيات المتوقعة لموقع الوحدة (الوحدات) المستحدثة المقترحة المسؤولة عن إدارة استخدام المياه المعالجة 69

الجدول 7 استهلاك المياه حسب القطاعات المختلفة (2016) 79

الجدول 8 أنظمة إدارة مياه الصرف الصحي ووظائفها..... 84

الجدول 9 العناصر الرئيسية لنظام الري ومساهمتها في تقليل المخاطر 86

الجدول 10 كميات مياه الصرف الصحي المحتملة ضمن سيناريوهات تجميع مختلفة 86

الجدول 11 سيناريوهات تطبيق إعادة الاستخدام في الري ومساهمتها في التكيّف مع التغيّر المناخي والتخفيف من آثاره..... 91

الجدول 12 مساهمة إعادة استخدام المياه في مختلف أبعاد الأمن الغذائي 96

الجدول 13 محتوى المواد الغذائية (النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم) من المياه المستخدمة للري في وادي الأردن 97

الجدول 14 مقارنة بين ممارسات المزارعين التقليدية والممارسات الزراعية الجيدة لزراعة الخيار في البيوت الزجاجية 97

الجدول 15 القيم المرجعية لانبعاثات الكربون من الأسمدة المعدنية (2011) واستهلاك الطاقة حسب إنتاج الأسمدة في أوروبا..... 98

الجدول 16 القيم المرجعية المعدلة لانبعاث الكربون من إنتاج الأسمدة المعدنية واستهلاك الطاقة ذي الصلة..... 99

الجدول 17 التخفيضات السنوية المحتملة في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بإنتاج الأسمدة في ظل سيناريوهات مختلفة لاستغلال المغذيات في مياه الصرف الصحي المعالجة 100

الجدول 18 مجموعات التوافر الحيوي للمعادن..... 103

الجدول 19 قدرة محاصيل مختارة على تحمّل الملوحة والغلة المحتملة مع تفاوت ملوحة مياه الري 104

الجدول 20 متوسط القيم لعدد الإشريكية القولونية في نوعيْ المياه المستخدميْن للري غير المقيّد في وادي الأردن 109

الجدول 21 حمل التلوّث اليومي المفرّغ في 350 م3 من مياه الصرف الصحي المعالجة من محطة معالجة تعمل بموجب مواصفة قياسية صارمة نسبيًا 110

الجدول 22 حمل التلوّث اليومي المفرّغ في 350 م3 من مياه الصرف الصحي المعالجة من محطة معالجة تعمل بموجب مواصفة قياسية ميسّرة نسبيًا..... 110

الجدول 23 معدلات ترشيح أساسية لأنواع التربة المختلفة 110

الجدول 24 المواصفة الأردنية المقترحة لجودة الصرف في سياق إدارة مياه الصرف اللامركزية..... 117

الجدول 25 الخصائص الكيميائية لمياه الصرف الصحي المحلية في الأردن لعام2016 131
يوضح الجدول 26 التحديات والفرص الرئيسية في العمل مع الجهات الرئيسية ذات العلاقة بالإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي. ... 136
الجدول 27 المزايا والمساوئ لكل هيكل تنظيمي 146
الجدول 28 نماذج عمل الشراكات الشائعة بين القطاعيْن العام والخاص..... 158
الجدول 29 أمثلة على مشاريع الشراكة بين القطاعيْن العام والخاص في الأردن والمتعلّقة بخدمات مياه الصرف الصحي والنفايات 171
الجدول 30 مجموعات المستخدمين والأساس المنطقي لفرض رسوم مختلفة..... 171
الجدول 31 عدد السكان المتوقع حسب المحافظة 183
الجدول 32 سجل إمدادات مياه البلدية للفرد (لتر/للفرد/اليوم) 183
الجدول 33 تغطية شبكة الصرف الصحي العامة حسب المحافظة في 2018 184
الجدول 34 مياه الصرف الصحي الناتجة المُجمعة وغير المُجمعة حسب المحافظة 184
الجدول 35 محطات معالجة مياه الصرف الصحي المُمتثلة وغير المُمتثلة للمواصفات الأردنية الخاصة بمياه الصرف الصحي المعالجة. 185
الجدول 36 توزيع المجتمعات المربوطة وغير المربوطة بنظام الصرف الصحي 186
الجدول 37 توزيع السكان المربوطين وغير المربوطين بشبكة الصرف الصحي حسب المحافظة في 2018..... 187
الجدول 38 المواصفة الأردنية لمياه الصرف الصحي المنزلية المستصلحة، اللائحة الفنية: م ق أ 2006:893 188
الجدول 39 مزايا وعيوب التعاقد بشأن خدمات مياه الصرف الصحي 201
الجدول 40 مقارنة المزايا والعيوب الرئيسية لعقود الإدارة والخدمة المتعلّقة بإدارة مياه الصرف الصحي في الأردن..... 202
جدول 41 الوصف التفصيلي لنموذج الأعمال..... 206
الجدول 42 أهداف أنشطة التوعية الممكنة مع المجموعات المستهدفة المحتملة..... 219

تمهيد

تقوم وزارة المياه والري الأردنية بالتعاون الوثيق مع المؤسسة الألمانية للتعاون الدولي (GIZ) على تطبيق مشاريع تجريبية نموذجية تثبت أنّ الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي هي إجراء قابل للتطبيق وضروري للتكيّف مع التغيّر المناخي. عنوان المشروع «الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي من أجل التكيّف مع التغيّر المناخي في الأردن (ACC)» لديه نُهج متعدّدة على عدة مستويات والتي تتضمن المسارات الناعمة والتنفيذية. إنّ بناء القدرات لتقوية وتعزيز الكفاءات الأردنية فيما يتعلّق بالإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي، وتقديم الدعم المطلوب والمناسب لوضع استراتيجية للتكيّف مع التغيّر المناخي، خاصة من خلال الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي والتي تبقي جوهر أنشطة المسار الناعم. وبالمثل، فإنّ هذه المشاريع تُظهر الجدوى والاستدامة لبدائل الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي من جوهر أنشطة المسار التنفيذي.

توفر مقدمة هذا التقرير معلومات سياقية وتاريخية والتي تساعد في فهم البيئة الحالية لإدارة مياه الصرف الصحي في الأردن. والتي تساعد أيضًا في وضع استخدامات مياه الصرف الصحي والمياه المعالجة في إطار أوسع للتكيّف مع التغيّر المناخي. ووفقًا لذلك، فإن هذا التقرير ينقسم إلى قسميْن رئيسييْن. يبدأ القسم الأول بعرض التغيّر المناخي العالمي ويُظهر آثاره على قطاع المياه، جنبًا إلى جنب مع الشواهد والآثار المتوقعة على القطاعات ذات الصلة بما في ذلك الزراعة، والصحة، والاقتصاد. علاوةً على ذلك، يتم تقديم مفهوم التكيّف مع التغيّر المناخي وزيادة مرونة الأنظمة الزراعية والمائية باهتمام خاص في تكييف أنظمة المياه من خلال نهج الإدارة المتكاملة للموارد المائية (IWRM). ويقدم هذا الأخير المفاهيم المتطورة للامركزية، بالإضافة إلى التكامل والتي تم تقديمها كمعتقدات إرشادية رئيسية للإدارة المتكاملة للموارد المائية. وبذلك، يسلط التقرير الضوء على القضايا الرئيسية ذات الصلة، والتي تحكم تكيّف أنظمة المياه ومياه الصرف الصحي، بالإضافة إلى البنى التحتية للمياه ومياه الصرف الصحي إلى التغيّر المناخي. يبدأ القسم الثاني بالتركيز في إدارة مياه الصرف الصحي على المستوى الإقليمي وعلى المستوى المحلي أيضًا. حيث حدثت مناقشة تفصيلية على كيفية تطوّر إدارة مياه الصرف الصحي خلال العقود الماضية في المملكة، وتم تقديم الإطار التنظيمي الحاكم. وتم إعطاء تصوّر على كيفية تنفيذ السياسات والاستراتيجيات واللوائح والتي تم تطويرها بالفعل والمتعلّقة بإدارة مياه الصرف الصحي. وتم عرض السياسات التي طوّرت مؤخرًا والتي تشمل سياسة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية، وتم اقتراح الخطوات القادمة.

الملخص التنفيذي

ملخص الجزء (أ) الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي في ضوء التكيّف مع التغيّر المناخي

يناقش الجزء (أ) الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي والتكيّف مع التغيّر المناخي بطريقة واسعة جدًا. وينقسم هذا الجزء إلى قسميْن. يتناول القسم الأول التغيّر المناخي على نطاق عالمي ويبين الآثار على قطاع المياه إلى جانب القطاعات الأخرى ذات الصلة بما في ذلك الزراعة، والصحة، والاقتصاد. وعند النظر إلى هذه القطاعات المترابطة، تُناقش مسألة التكيّف والمرونة من زاوية الإدارة المتكاملة للموارد المائية.

ويركز القسم الثاني على إدارة مياه الصرف الصحي على المستوى الإقليمي (الشرق الأوسط وشمال أفريقيا) والوطني (الأردن)، حيث يعود إلى تطوير وتنفيذ القوانين والأنظمة والسياسات الأردنية للمياه ومياه الصرف الصحي، ويكشف عن الفرص والتحديات التي تواجه التنفيذ.

تأثير التغيّر المناخي

ترتبط تأثيرات التغيّر المناخي ذات الصلة بقطاع المياه بشكل عام والإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي بالمتغيّرات أو الظواهر: درجة الحرارة، هطول الأمطار، والتقلّبات المناخية مثل النينيو والجفاف والفيضانات.

من حيث المبدأ، هناك آليتان لمواجهة الآثار الضارة للتغيّر المناخي؛ وهما المرونة والتكيّف:

- ويمكن تعريف المرونة بأنها قدرة النظام على مواصلة العمل، أو العودة بسرعة إلى العمل أثناء حدوث اضطراب متعلّق بالمناخ وبعده.

- ويشير التكيّف إلى قدرة النظام على التكيّف مع الاضطرابات المستقبلية التي يسببها التغيّر المناخي.

وبالنسبة إلى الأردن، فإن الاضطراب الرئيسي هو الانخفاض المستمر في الموارد المائية. ويكمن وراء هذا التأثير المادي المزيد من التحديات؛ غالبًا ما تفتقر المؤسسات الأردنية إلى القدرات الداخلية التي تتمتع بالخبرة اللازمة للتعامل مع التعقيدات الإضافية المرتبطة بالتغيّر المناخي. ويعتبر هذا تحديًا لأنّ الإدارة المتكاملة للموارد المائية، التي وظّفت مجموعة متنوعة من الأدوات لمواجهة التغيّر المناخي تحتاج إلى مؤسسات عاملة. وعلاوةً على ذلك، ينبغي التخفيف من حدة المنافسة بين مختلف استخدامات المياه - وهذا هو الوعد الأساسي للإدارة المتكاملة للموارد المائية. إنّ حل هذه النزاعات المؤسسية المتأصلة بين القطاعات أمر بالغ الأهمية للتكيّف الناجح مع التغيّر المناخي.

وبالنسبة إلى قطاع المياه والصرف الصحي، فالتحدي يذهب إلى أبعد من ذلك؛ إذ تعوّق الفوضى المؤسسية المذكورة آنفًا جمع المعلومات والبيانات المطلوبة لتخطيط البنية التحتية للمياه. وإنّ تقليص النماذج المناخية العالمية لا يتناسب مع مستوى التفصيل المطلوب للتخطيط المحلي، وربما لن تكون قادرة على القيام بذلك أبدًا. كما أنّ التغيّر المناخي، باعتباره ظاهرة «منذ وقت طويل»، لا يحفّز أفعال السياسيين. وكذلك يُعتبر التسويق وتسعير المياه وخدمات المياه مسائل حساسة. وغالبًا ما يتم تحديد الأسعار وفقًا للظروف والأحداث السياسية. وبالتالي، لا تشير أسعار المياه إلى الندرة النسبية والقيمة المستخدمة، ففي الأردن على سبيل المثال، تبلغ تكلفة مياه الصرف الصحي المعالجة لغايات الري 10 فلس/م^3 بينما تصل تكلفة المعالجة إلى 600 فلس/م^3.

لا تزال شبكات الصرف الصحي التقليدية ومعالجة مياه الصرف المركزية تمثّل النمط السائد، لكنّ هذا النهج لا يخدم المجتمعات الصغيرة والمتفرّقة. وتظهر بدائل أخرى نتيجة فهمنا العلمي المتقدّم ودوافعنا، مثل الموارد المائية المحدودة وارتفاع تكلفة الطاقة. وإدراكًا لأهمية مياه الصرف الصحي باعتبارها موردًا مائيًا، فمن الضروري إحداث نقلة نوعية تجعل «الصرف الصحي غير المرئي» مرئيًا مجددًا.

لكنّ ذلك يتطلب مستوىً عالٍ من مشاركة المجتمع (المستفيدين) لتشجيع المواطنين على التجرؤ على تغيير نمط التفكير إزاء الموضوع. حيث إن مقاومة الفكرة قوية، والأمثلة على الممارسة الحالية نادرة. وبدلًا من ذلك، تستمر الممارسات الخاطئة (التسرّب من الحفر الامتصاصية، والتخلّص غير الرسمي لمياه الصرف الصحي) والتي تضرّ بالبيئة.

حالة إدارة مياه الصرف الصحي في الأردن

يعاني الأردن من شح كبير في المياه، حيث يتفاقم الوضع نتيجة لنسبة النمو السكاني المرتفعة والتنمية الاقتصادية. بالإضافة إلى ذلك، تسبّب الاضطرابات السياسية المستمرة في سوريا وما يرتبط بها من نزوح ضغوطات إضافية. وهناك تنافس في الاستخدامات السكنية والزراعية والصناعية للمياه؛ حيث يروي المزارعون أقل من 10% من إجمالي الأراضي الزراعية. وتتطلّب هذه الأرض حوالي 60% من إجمالي استخدام المياه في الأردن. في الوقت نفسه، ساهمت الزراعة بنسبة 3-4% فقط من الناتج المحلي الإجمالي في عام 2013 وهذه معضلة. وعلاوةً على ذلك، تنص سياسة التغيّر المناخي الصادرة عام 2016 بوضوح على أنّ قطاع المياه سيكون القطاع الأكثر تأثرًا.

ومع ذلك، فإنّ الأردن من البلدان القليلة التي تعاني من شُح المياه والتي أدارت مواردها من المياه العذبة بشكل جيد نسبيًا؛ حيث تبلغ نسبة تغطية شبكة المياه العذبة في البلاد 97%. وتشجّع الدولة تحسين أنماط الطلب على المياه. وتعمل على إعادة توزيع المياه واستخدام المياه المعالجة لغايات الري. ويروّج الأردن لتحلية المياه كمصدر إضافي للمياه العذبة. لكن الأردن، مثل العديد من البلدان الأخرى، يواجه تحديًا بحقيقة أنّ هناك عددًا كبيرًا من المؤسسات المنخرطة في الموضوع[1] . شجّعت الاستراتيجية الوطنية للمياه بشكل صريح على استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة، خصوصًا في استبدال الموارد المائية الأخرى باستثناء مياه الشرب. بالنسبة إلى المجتمعات التي يصل عدد سكانها إلى 5000 نسمة، فإنّ سياسة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية موجودة وهي في طريقها إلى التطبيق العملي.

(1) المؤسسات الأكثر صلة هي : وزارة المياه والري، سلطة المياه وسلطة وادي الأردن، وزارة البيئة، وزارة الصحة، وزارة الزراعة، مؤسسة المواصفات والمقاييس الأردنية، المؤسسة العامة للغذاء والدواء، وزارة الإدارة المحلية.

أحد الشواغل الرئيسية في استخدام المياه المعالجة هي المواصفات والقواعد. إنّ وجود المواصفات ضروري لتحديد نوعية وجودة المياه المطلوبة للاستخدامات المختلفة. تحدد المواصفة الأردنية 893JS خمس فئاتٍ للري:

1. محظورة: ري محاصيل الخضروات التي تؤكل نية (الخيار...إلخ)
1. الفئة (أ): ري الخضروات التي تؤكل مطبوخة
1. الفئة (ب): ري الأشجار المثمرة والمساحات الخضراء وجوانب الطرق خارج المدن
1. الفئة (ج): ري المحاصيل الصناعية والمحاصيل الحقلية والأشجار الحرجية
1. فئة إضافية: ري ورود القطف

تربط المواصفة الأردنية 2014/JS1766 (الدليل الإرشادي) استخدام مياه الري بإرشادات الأمم المتحدة ذات الصلة الصادرة عن منظمة الصحة العالمية (2006) ومنظمة الأغذية والزراعة.

تنفيذ السياسة وتأثيرها

حقق الأردن إنجازات كبيرة فيما يتعلّق بخدمات الصرف الصحي، ما يقرب من 64% من السكان موصولون بشبكة الصرف الصحي (نظام إدارة مياه الصرف الصحي). كما هو مذكور أعلاه، فإنّ إعادة استخدام المياه المعالجة أمرٌ ممكن ومقترح في عدة سياسات مختلفة. هذا وتوجد أنظمة صارمة، حيث خَلُص غنيم في عام 2010 إلى أنّ صرامة بعض المواصفات غير ضرورية. كما أنّ بعض محطات معالجة مياه الصرف الصحي غير مطابقة للمواصفات بسبب الحمل الزائد. ومع ذلك، ثمة ضعف في التنسيق بين الجهات العديدة ذات الصلة وذات المسؤوليات المتداخلة. كما وتشجّع السياسات على إعادة توزيع المياه لغايات الري، لكنّ الأسعار المنخفضة للمياه العذبة ليس لها تأثير موجِّه. وأخيرًا، فإن الموارد المالية للرقابة الصارمة غير متوفرة. هذه هي أبرز المعوّقات على ما يبدو.

ملخص الجزء (ب) إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المنزلي

نظرًا لمحدودية الموارد المائية في الأردن، فقد أصبح من الواضح بشكل أكبر أن توسيع نطاق إعادة استخدام مياه الصرف الصحي هو خيار لا مفر منه بالنسبة إلى البلاد؛ فلا توجد قيود على استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في أي أنشطة تنموية قائمة على المياه، إذا كانت جودة المياه تنطبق مع المواصفات التي تنظم هذا الاستخدام. ومن المرجح أن تكون جودة المياه المسموح باستخدامها في الاستخدامات غير الزراعية أعلى من جودة المياه المستخدمة في الري. وبالتالي، يجب أن تنطوي هذه الاستخدامات غير الزراعية على تقنيات معالجة عالية للغاية من أجل أن تتطابق مع المواصفات ذات الصلة. والتي من المفترض أن تكون أعلى من المواصفات الصارمة المطبّقة بالفعل على استخدامات الري في الأردن.

السؤال الذي يطرح نفسه هو لماذا يجب القيام باستثمار مكلف من أجل استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة لغايات غير زراعية؟ يجب أن يكون صناع القرار على دراية بالمكاسب العائدة التي يمكن تحقيقها من هذا الاستثمار قبل اتخاذ قرار بشأن سيناريوهات استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة. في هذه العملية المدروسة، يظل استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية لغايات الري هو الخيار الأكثر جدوى. وهذا يروّج لمواصفة مناسبة محددة السياق؛ حيث تؤدي إزالة العناصر المُغذّية أو الأيونات مثل النترات والفوسفات من مياه الصرف الصحي المعالجة إلى نتائج عكسية. في حال إعادة الاستخدام لغايات الري، ستكون هذه العناصر المُغذّية ضروريةٌ بشكل طبيعي لنمو وإنتاجية النباتات أو المحاصيل. علاوةً على ذلك، فإن مياه الصرف الصحي المعالجة تعتبر كوسيط ناقل لهذه العناصر المُغذّية. وعند إدراك حقيقة أنّ أكثر من 95% من المياه التي يمتصها النبات تخرج إلى الغلاف الجوي في شكل بخار من خلال عملية النتح التبخّري، يتضح أنّ إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في الري يعتبر إجراءً فعالًا لحماية الموارد المائية من التلوّث بفعل العناصر المُغذّية الموجودة في مياه الصرف الصحي.

لذلك، فإنّ للمواصفة الأردنية الحالية لإعادة الاستخدام تداعيات سلبية: أولًا، تمثل معالجة مياه الصرف الصحي لدرجة تفوق «الجودة» الفعلية المطلوبة لغايات الري عبئًا ماليًا قد يعيق خطط العمل لتوسيع نطاق خدمات الصرف الصحي اللامركزية. ثانيًا، المواصفات الصارمة تحرم الأردن من الاستفادة الكاملة من تقنيات المعالجة القريبة من الطبيعة والتي تكون ميسورة التكلفة وفعّالة للغاية في سياق معين. وتبرز أهمية إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في الري من القدرة الاستيعابية العالية لنظام إعادة الاستخدام؛ ممّا يضمن تحلّل الملوّثات الموجودة في مياه الصرف الصحي. ولذلك، فإنّ إعادة استخدام مياه الصرف الصحي تُعد فرصة لحماية البيئة بدلًا من أن تكون عبئًا.

من حيث المبدأ، فإنّ الغرض من محطة معالجة مياه الصرف الصحي هو تقليل الملوّثات الموجودة في مياه الصرف الصحي المعالجة قبل تصريفها. وتتمتع محطة المعالجة بمستوى معين من الكفاءة في إنجاز هذه المهمة. ومع ذلك، فإنّ الملوّثات ستبقى موجودة دائمًا ولكن بتراكيز معيّنة. في حالة الري، يوفر نظام إعادة الاستخدام نفسه مقياسًا موثوقًا لتقليل أحمال التلوّث المتبقية في مياه الصرف الصحي المعالجة. وتتجلّى أهمية إعادة استخدام مياه الصرف الصحي عند تفاوت جودة مياه الصرف الصحي المعالجة وعدم قدرة المشغّل على السيطرة على ذلك التفاوت في الجودة.

بعد ذلك، تُكمّل إعادة استخدام مياه الصرف الصحي لغايات الري دور محطة المعالجة في الحدّ من التلوّث البيئي؛ ولهذا السبب تُعدّ إعادة استخدام مياه الصرف الصحي للري إجراءً إضافيًا ما بعد المعالجة؛ فهي مناسبة بشكلٍ خاصٍ للنهج اللامركزي. وترتبط إعادة استخدام مياه الصرف الصحي ببعض المخاطر، حيث شكلت هذه المخاطر التصوّر الخاطئ العام لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي، وأثارت شكوكًا حول سلامة هذه الممارسة في الري. ومن أجل الحصول على تقدير دقيق لهذه المخاطر، فإنّه يجب مقارنتها بمخاطر حظر إعادة استخدام مياه الصرف الصحي. مثل هذه المقارنة ستسمح لصناع القرار بتحديد السيناريو الذي ينطوي على مخاطر أقل وتكون إدارته أسهل. يجب أن يأتي تقييم المخاطر بتدابير فعالة وممارسات جيدة من أجل الوصول إلى إدارة جيدة للمخاطر.

لهذا السبب، فإنّ المراقبة الشاملة ضرورية، ويجب أن تغطي عملية معالجة مياه الصرف الصحي بالكامل بالإضافة إلى استخدامات ما بعد المعالجة كالمحاصيل المروية، والبنية التحتية الفنية والزراعية، والتربة، والموارد المائية الطبيعية القريبة. ويوفر برنامج المراقبة المعلومات اللازمة لإعادة التقييم المستمر وإعادة تقييم ممارسة إعادة الاستخدام. ويمكن استخدام هذه المعلومات لإجراء التعديلات اللازمة لضمان التشغيل الموثوق به لنظام إعادة الاستخدام.

بالإضافة إلى المعالجة الفنية وعملية الري، هناك مطلب إضافي يتمثّل في سهولة الوصول إلى نظام تصريف فعّال، وادٍ على سبيل المثال. من الناحية العملية، لا يمكن لنظام إعادة الاستخدام لمشروع ري ثابت الحجم استيعاب تدفقات مياه الصرف الصحي المعالجة بمعدل ثابت طوال الوقت على مدار العام. وبالتالي، سيكون هناك دائمًا فائض يتجاوز احتياجات الري الفعلية خارج أوقات ذروة الطلب على الري.

بالنظر إلى المخاوف العامة بشأن سلامة ممارسة إعادة استخدام مياه الصرف الصحي، قد يُقترح أن تقتصر أنواع المحاصيل على تلك التي لا تتداخل مع السلسلة الغذائية البشرية، مثل الأشجار الحرجية.

ملخص الجزء (ج) نماذج الأعمال للإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي في الأردن

يدعم مشروع التكيّف مع التغيّر المناخي (ACC) التابع للمؤسسة الألمانية للتعاون الدولي شركاءه الأردنيين في خلق بيئة مواتية لتوسيع نطاق الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي إلى جانب الإدارة المركزية. يتضمّن ذلك تحديد نماذج الأعمال ذات الجدوى لتشغيل وصيانة محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية وأنظمة إعادة الاستخدام.

تهدف هذه الاستشارة إلى التحقيق وعرض الأساليب الممكنة لتقديم نموذج الأعمال المستدام في الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي في الأردن، مع التركيز على البلدات الصغيرة والقرى الريفية. ويعتبر الافتقار إلى نموذج أعمال مستدام الحاجز المؤسسي الرئيسي أمام توفير خدمات الصرف الصحي في المناطق التي لا يمكن ربطها بمحطات معالجة مياه الصرف الصحي المركزية واسعة النطاق. وتعتبر محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية في البلدات والقرى الصغيرة قليلة الحظ نظرًا لعدم كفاءتها المتأصلة بسبب صغر حجمها ونطاقها المحدود وتشتت السكان، بما يؤدي إلى ارتفاع التعرفة بشكل غير مقبول لتحقيق الإيرادات الكافية لتمويل الأنظمة.

تناقش هذه الدراسة وتسعى للإجابة على بعض الأسئلة الرئيسية المتعلّقة باستدامة الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي، بما في ذلك:

I. لمن ستعود ملكية أصول الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي (على سبيل المثال، البنية التحتية لجمع مياه الصرف الصحي ومعالجتها وإعادة استخدامها)؟
II. من سيتولى تشغيل الأصول (على سبيل المثال، المؤسسات العامة مثل سلطة المياه أو البلديات، أم شركات المياه شبه الحكومية، أم القطاع الخاص)؟
III. من سيدفع مقابل الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي (على سبيل المثال، المستخدمون الذين يحصلون على خدمات الصرف الصحي، أم المستخدمين النهائيين للمياه المعالجة، أم الجهات الوطنية المسؤولة عن حماية الموارد المائية، أم

البيئة والصحة العامة)؟

IV. من سيؤمّن تمويلًا ثابتًا للإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي في ظل استرداد التكلفة غير المؤكد (على سبيل المثال، وزارة المياه والري أو سلطة المياه، أم المحافظات أو البلديات)؟

V. من سيتولى الإشراف على الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي ومراقبتها (على سبيل المثال، جودة المياه المعالجة، ومراجعة المواصفات، وبناء القدرات، وحماية البيئة)؟

تهدف هذه الدراسة إلى التوصية بخيارات مناسبة لنماذج أعمال الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي واقتراح تدابير السياسة اللازمة لتعزيز المتطلّبات المؤسسية والإدارية والمالية للإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي لتحقيق الاستدامة على المدى الطويل.

في النهج اللامركزي، يجب أن تكون ملكية أصول الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي على المستوى المحلي وإن أمكن للمشغّل المحلي، سواءً أكانت شركةً خاصة أم جمعيةً محلية (تعاونيات) أم بلدية أم مؤسسات بلدية...إلخ. بحيث يكون هذا منطقيًا أكثر عندما يُفترض أن تُستخدم مخرجات معالجة مياه الصرف الصحي (مياه الري، والسماد، وما إلى ذلك) محليًا (لأسباب تتعلّق بالكفاءة الاقتصادية).

ومع ذلك، فإنّ الشروط السابقة لإطار العمل الأردني لم يتم وضعها بالكامل بعد: الترتيبات المؤسسية لا تزال غير واضحة، واستعداد سلطة المياه لقبول المساءلة عن الحلول الصغيرة لمياه الصرف لا يزال غير مطوّر، وقيَم التعرفة والدعم الحالي غير كافية لجذب اهتمام القطاع الخاص.

خلصت الاعتبارات العامة في هذه الدراسة إلى أنّ مبدأ « الملوِّث يدفع» يجب أن يطبق إلى أقصى حد ممكن عمليًا، بينما يجب تقليل الدعم الحكومي، بشرط أن تكون الرسوم في نطاق قيود القدرة على تحمل التكاليف. يجب تغطية تكاليف التشغيل والصيانة من خلال رسوم المستخدم (السكني) ورسوم البوابة (مياه الصرف الصحي التي يتم نقلها بواسطة الصهاريج) ورسوم المنتجات (مياه الري وما إلى ذلك). ينبغي النظر في نماذج التمويل المبتكرة، مثل مخططات تعويض ثاني أكسيد الكربون التي أصبحت أكثر صلة بعد اتفاقية باريس للمناخ. على الرغم من عدم اعتبارها قضية رئيسية في هذه الدراسة، ولكن يجب أن تأخذ الفُرص المستقبلية في الاعتبار رسومًا أعلى على المياه المعالجة للمستخدمين التجاريّين والصناعيّين لتعكس التكاليف المرتفعة للمعالجة التي يفرضونها.

الافتراضات الإضافية وبيانات الإدخال لتحليل نموذج الأعمال هي كالآتي:

- من المفترض أن يكون موقع محطة معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية في وادٍ بالقرب من قرية راسون، كمثال توضيحي مع البيانات المتاحة من الدراسات السابقة والتواجد في منطقة حددتها سلطة المياه سابقًا على أنها «نقطة ساخنة».
- ومن المتوقع أن يتم تشغيل نظام الصرف الصحي ومحطة معالجة مياه الصرف الصحي من قبل مشغّل من القطاع الخاص على الرغم من أن التحليل صحيح بنفس القدر إذا كان مملوكًا ومُدارًا من قبل المجتمع المحلي أو البلدية.
- يجب مراقبة الأداء والامتثال البيئي من قبل وزارة البيئة ووزارة الصحة.
- يجب على المشتركين دفع رسوم الخدمة إلى المشغّل تقنية المعالجة المختارة لتحليل نموذج الأعمال هي الأرض الرطبة المنشأة ذات التدفق العمودي)على مرحلتين(والتي تطابق المواصفة الأردنية 2006/JS893 ومواصفة جودة مياه الري ذات الصلة. وفقًا لخبرة الاستشاري، تتميّز تقنية المعالجة هذه بأقل النفقات الرأسمالية والتشغيلية، ممّا يجعل النظر في جميع أنواع التقنيات المحتملة الأخرى أقل جدوى، وبالتالي فهي تمثل الخيار الأفضل من الناحية التقنية.

تناول تحليل نموذج الأعمال ثلاثة خيارات رئيسية للمعالجة وإعادة الاستخدام:

- **الخيار الأول: الأرض الرطبة المنشأة فقط**
- **الخيار الثاني:** الأرض الرطبة المنشأة مع بيع المياه المعالجة **لأغراض** الري أو أي استخدام آخر حيث يكون للمياه المعالجة قيمة تجارية (لا يوجد فرق اقتصاديًا سواء أكان المشغّل يستخدم المياه مباشرة أم يبيعها)
- **الخيار الثالث:** خيار الكتلة الحيوية الذي يخضع للدعم المالي من خلال **رصيد انبعاثات الكربون المسموح به / مخططات تعويض ثاني أكسيد الكربون**

يمكن تلخيص النتائج الرئيسية من تحليل نموذج الأعمال على النحو التالي:

- الخيار الأقل جاذبية هو الخيار الأول مع عدم وجود عوائد خارجية من الري و/أو أرصدة انبعاثات الكربون المسموح بها. حيث تعمل عوائد الري وأرصدة انبعاثات الكربون المسموح بها على خفض التعرفة المطلوبة ولكن ليس بشكل كبير (حوالي 25% - 35%). ومع ذلك، فمن المرجح أن ترتفع أسعار أرصدة ثاني أكسيد الكربون في المستقبل المنظور مما يجعل هذا الخيار أكثر جدوى. يعتمد هذا الخيار على الشهادات والاعتمادات المطلوبة وطرق الدفع المتفق عليها وما إلى ذلك من أجل الاستدامة على المدى الطويل.[2]
- يعتبر خيار أرصدة الكربون الخيار الأكثر قابلية للتطبيق وإن كان بشكل هامشي، ولكن إذا زادت تعرفة الري، فقد يكون ذلك هو الأفضل. وقد تكون عوائد الري مضمونة بشكل أكبر على المدى البعيد.
- في جميع الحالات، تكون تسعيرات التعرفة المحسوبة أعلى من رسوم مياه الصرف الصحي الحالية (من 30% إلى أكثر من 100% فوق مستويات التعرفة الحالية) ولكنّها أقل من سقف القدرة على تحمّل التكاليف المقدّرة.
- ومع ذلك، ينتج عن استرداد التكلفة الكاملة (بما في ذلك النفقات الرأسمالية) تعرفات تتجاوز الحدود القصوى للقدرة على تحمل التكاليف.[3]

تشير إحدى نتائج ورشة العمل الأخيرة التي قدّمت دراسة نموذج الأعمال إلى الاستعداد للدفع، والرغبة السياسية في رفع سعر التعرفة والتي لا تزال مطلوبة. تتضمن هذه القضية «اقتصاديات الكثافة»: يجب على المدن المكتظة بالسكان أن تدعم الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي بشكل تبادلي، لأنّه من غير المجدي أن يدفع سكان المناطق الريفية أكثر من سكان المناطق الحضرية.

يقترح الاستشاري تدابير السياسة التي يجب اتخاذها لتعزيز الخلفية المؤسسية والإدارية والمالية للإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي من أجل تحقيق مفهوم الاستدامة على المدى الطويل.

يوصى بعددٍ من الإيضاحات والإجراءات القانونية وتحسين الشروط الأطر العملية (تدابير السياسة) لجعل الصرف الصحي على نطاق صغير في الأردن عملًا قابلًا للتنفيذ؛ استنادًا إلى الاسترداد الكامل للتكلفة والمسؤوليات الواضحة وتوزيع المهام بشفافية، مثل:

- تعزيز مفهوم الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي في المجتمعات الريفية بغض النظر عن التعداد السكاني الذي يقل عن 5000 نسمة. يجب أن يعتمد الاختيار على خصائص المجتمع، والتضاريس، وحساسية المياه الجوفية والصحة، وكمية مياه الصرف الصحي، وجودتها، وتوافر الأراضي، وتكاليف الاستثمار ومتطلّبات التشغيل والصيانة بسبب اقتصاديات الحجم والنطاق والكثافة[4] .
- تكتّل المجتمعات الريفية في مخطط واحد لمياه الصرف الصحي اللامركزية إن أمكن. بحيث تعتمد نماذج الأعمال القابلة للتطبيق للمدن الصغيرة والصرف الصحي الريفي على نطاق المجتمعات الريفية، والتي قد تشكل تكتلًا يكون فيه جمع ومعالجة مياه الصرف الصحي مبرَّرًا اقتصاديًا، أو المجتمعات النائية حيث يجب توفير حلول محلية.
- تطوير واعتماد إجراءات اعتماد تقنية وشهادات التشغيل والصيانة، مع مراعاة نتائج الأنشطة الحالية (مثل المشروع

(2) المؤسسات الأكثر صلة هي : وزارة المياه والري، سلطة المياه وسلطة وادي الأردن، وزارة البيئة، وزارة الصحة، وزارة الزراعة، مؤسسة المواصفات والمقاييس الأردنية، المؤسسة العامة للغذاء والدواء، وزارة الإدارة المحلية.

(3) يقترح التحليل أنّ زيادة التعرفات بنسبة 200% عن المستويات الحالية قد تظل ضمن حدود القدرة على تحمّل التكاليف.

(4) يمكن تحقيق الاقتصاديات من عدة جوانب محتملة:
- المقياس يتعلّق بحجم العملية حيث يمكن توزيع التكاليف الثابتة على مجموعة أكبر.
- النطاق يتعلّق بالعمليات التي تتضمن أكثر من خدمة واحدة، مثل المياه ومياه الصرف الصحي، حيث يمكن تقاسم التكاليف.
- والكثافة حيث تكون تكلفة كل وحدة من الشبكة أقل في المناطق ذات الكثافة السكانية العالية من المناطق ذات الكثافة السكانية المنخفضة.

الجاري للجنة التنفيذ الوطنية للإدارة اللامركزية الفعالة لمياه الصرف الصحي).

- من المطلوب أيضًا تحسين التشريعات وتعديلها. وينطبق هذا تحديدًا على الإنشاء والإدارة والإشراف على مزوّدي خدمات الصرف الصحي والجمعيات البلدية وجمعيات مستخدمي مياه الصرف الصحي...إلخ.
- توسيع نطاق تطبيق الحوافز المالية لتعزيز نماذج الأعمال المحتملة.
- اعتماد أنظمة موثوقة لمراقبة المعايير الرئيسية عن بعد.
- تشجيع بيع/إعادة استخدام المياه المعالجة حيثما أمكن تطبيق ذلك.
- هناك اعتبارات إضافية حول مخططات تعويض أرصدة ثاني أكسيد الكربون بالتزامن مع معالجة مياه الصرف الصحي (من المتوقع أن تصبح أكثر قابلية للتطبيق على مدار السنوات القادمة مع ارتفاع أسعار تعويض أرصدة الكربون).

ملخص الجزء (د) القبول الاجتماعي باعتباره أولويةً لنظم الصرف الصحي اللامركزية المستدامة

التحديات والتحفظات: في جميع الأحوال، يُعدّ تنفيذ محطة معالجة لمياه الصرف الصحي اللامركزية تحديًا في الأردن، وثمة قضايا مختلفة تُعيق قبول محطات معالجة مياه الصرف اللامركزية ومنها:

الموقع: يُعدّ اختيار الموقع أمرًا بالغ الأهمية لسببيْن. أولًا، أنّ التضاريس تحدّد اتجاه تدفق الجاذبية وتكاليف الطاقة العالية لضخ المياه، وبالتالي يجب أن تقع محطات معالجة مياه الصرف اللامركزية أسفل المواقع الموصولة. وثانيًا هو شعور ملاك الأراضي المحيطون بالمحطة بالقلق إزاء الخسائر في قيمة أراضيهم. وهذا هو السبب الأهم للقلق بالنسبة إلى الأردن.

الصحة والعافية: هناك خوف من قبل الناس نتيجة الروائح الكريهة المنبعثة من محطة معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية. مع أنّ المحطات جيدة التصميم والتشغيل والصيانة لا تنبعث منها روائح كريهة في الوقت الحاضر، ولكن الأردن يفتقر لوجود أمثلة ناجحة على ذلك. علاوةً على ذلك، فإن تحسين السلامة المتعلّقة بالصحة للأشخاص (انخفاض التأثير البيئي، وعلى سبيل المثال عدم تلوّث المياه الجوفية) لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية جيدة التشغيل ليست مفهومة جيدًا. إنه من غير المألوف أن يعرف السكان مزايا إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة لأغراض الري وفوائدها في بلدٍ جافٍ مثل الأردن.

الثقافة والدين: تفرض التقاليد الثقافية والدينية اهتمامًا كبيرًا بالنظافة، ممّا يؤدي بسهولة إلى ممانعة الناس عن المشاركة في أنظمة الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي.

الجوانب الاقتصادية والمالية: بالنسبة إلى سكان الريف الذين يستخدمون الحفر الامتصاصية التي تتسرّب منها مياه الصرف الصحي، والتي نادرًا ما تحتاج إلى تفريـغ، ستضع محطة معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية الجديدة رسومًا في تكاليف التوصيل للبيوت ورسومًا شهرية. بحيث لا يُعدّ مفهوم إعادة استخدام مياه الصرف الصحي لأغراض الري ميزةً للأشخاص الذين لا يعملون في الزراعة.

اختيار التقنية: يعتمد اختيار التقنية الأنسب بشكلٍ كبيرٍ على الموقع وعلى معايير متعدّدة. ويجب ترجيح كل من الجدوى الاقتصادية والاستدامة البيئية والقبول الاجتماعي ومقارنتهم. ومن الأخطاء الشائعة تفضيل الحلول التقنية المتطوّرة التي يصعب على المجتمع المحلي تشغيلها.

التجارب من الدول الأخرى: يُقدّم فصل التجارب في مشاريع الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي (ص 262) دراسات حالة قصيرة للإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي في الدول الأخرى.

التوصيات: يعتبر القبول العام والمحلي أساسيًا للتنفيذ الناجح للإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي. ولتحقيق ذلك، فإنّ الوعي العام والمشاركة العامة أمران أساسيان. وتظهر التجربة أنّ المشاركة البنّاءة للجماعات البارزة أو أفراد المجتمعات المحلية أمر بالغ الأهمية للقبول الإيجابي.

ملخص الجزء (هـ) إرشادات التوجيه التي تم تطويرها بناءً على تجارب مشروع التكيّف مع التغيّر المناخي (ACC)

يوثق الدليل التوجيهي ويناقش الدروس المستفادة وأفضل الممارسات التي تم تطويرها من مشروع التكيّف مع التغيّر المناخي (ACC) بين عامي 2014 و 2019. الهدف الأساسي من هذا الملف هو توجيه صنّاع السياسات والمخططين والخبراء الوطنيين والمحليين في وزارة المياه والري وسلطة المياه في خلق بيئة لتوسيع نطاق نهج الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي.

خلفية ونهج المشروع

بدأ مشروع التكيّف مع التغيّر المناخي (ACC) في عام 2014 بدراسة مفاهيمية أدت إلى الاتفاق على إنشاء نظام لامركزي لمعالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدام المياه المعالجة كنموذج تجريبي في منطقة رحاب لإثبات قابلية تطبيق هذا النهج. أدّت دراسة الجدوى التفصيلية إلى اختيار أربعة مفاهيم وتم استخدام مفهوم التحليل متعدّد المعايير لتحديد مواطن القوة والضعف. أجرى المشروع دراسات فنية وزيارات ميدانية، وخلقت الوعي العام وقامت بتقييم احتياجات تنمية وبناء القدرات. كان كل شيء مصحوبًا بإدارة تشاركية للأطراف ذات العلاقة. وبناءً على العديد من القيود الموضحة أعلاه وفي نقاط مختلفة في هذه الخلاصة الوافية، تم تغيير الموقع إلى نزل فينان البيئي في محمية ضانا جنوبيْ الأردن. على الرغم من أنّ النزل كان في محيط المحمية، إلا أنّه لم يكن لديه معالجة مناسبة لمياه الصرف الصحي ولا إعادة استخدام لمياه الصرف الصحي. ولذلك، قام مشروع التكيّف مع التغيّر المناخي (ACC) ببناء نظام معالجة مستدام وقليل الصيانة و»قريب من الطبيعة».

تحديات الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي في الأردن

وقد تبيّن من تغيير الموقع أنّ التحديات عديدة؛ فكان هناك نقص في التزام الأطراف ذات العلاقة وإرادة التعاون بين الشركاء والسياسة. وبالتالي، لم تكن العديد من المؤسسات المسؤولة داعمة لتعزيز المشروع التجريبي. أحد الأسباب هو أنّ الاستثمارات الرأسمالية للبنية التحتية العامة في المجتمعات الريفية منخفضة وبعيدة عن مرأى السياسيين الذين يحتاجون إلى دعم مثل هذه التدابير. علاوةً على ذلك، لا يوجد نموذج تشغيل وصيانة ذو جدوى (نفقات تشغيلية) ولا نموذج أعمال يتطلّبه القطاع الخاص؛ وبالإضافة إلى ذلك، فإنّ القوانين الناظمة ليست داعمة. كما أنّ القواعد والمواصفات ذات الصلة بالإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي وإعادة الاستخدام لا تتوافق مع الاحتياجات والمتطلّبات؛ على سبيل المثال، إنّ الإزالة الإلزامية للنيتروجين والفوسفور لا طائل منها إذا كانت المياه المعالجة ستُستخدم لأغراض الري، حيث ستضاف هذه المواد لاحقًا للتسميد. ونظرًا لعدم وجود حالات كافية للإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي، فبالتالي لا يوجد خبرة كافية. وكما ذُكر آنفًا، فإنّه ينقصنا القبول الاجتماعي للفكرة بشدة.

توجيهات إرشادية لتنفيذ ورفع مستوى الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي في الأردن

من أجل التنفيذ الناجح للإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي، فإنه من الضروري فهم واحترام العادات والسلوك الثقافي. وتعد ثقة جميع الأطراف ذات العلاقة في تقنية الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي عنصرًا أساسيًا لتقديم ناجح ورفع مستوى تطبيق الفكرة. ولتقليل الجهد الإداري، فإنّه يجب التقليل من المسؤوليات العامة والأنظمة المربكة ويجب وضع إطار مؤسسي جيد التنظيم. ويتضمّن مفهوم وتصوّر الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي حاليًا أنّ المعالجة وإعادة الاستخدام تقعان بعيدًا عن مصدر مياه الصرف الصحي. ليس هذا هو الحال بالضرورة ويجب تغيير هذا التصوّر.

تحتاج الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي إلى بيئة محددة لتكون مناسبة ومجدية. يجب أن تكون التضاريس مناسبةً وأن يتوفر المُشتري لمياه الصرف الصحي المعالجة، بالإضافة إلى غيرها من المسائل ذات الصلة. ويجب أن يتم التحليل والتصميم الفني على خطوتين: التصميم المسبق والذي يشمل الخيارات الفنية والضمانات اللازمة، وبناءً على هذه النتائج، يجب إجراء التصميم النهائي التفصيلي. من المهم جدًا أن تحدد خيارات إعادة الاستخدام الجودة المطلوبة لمياه الصرف الصحي المعالجة؛ ولذلك يجب أن يبدأ تصميم أنظمة الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي من «بطريقة عكسية».

ويعتبر التمويل جانبًا حاسمًا للإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي بحيث يعتبر الاستعداد للدفع مقابل هذه الخدمات العامة في الأردن محدود. وقد حدّدت منظمة الصحة العالمية (2000) سبعة مبادئ رئيسية، مثل تعزيز الرغبة في الدفع وتوضيح المسؤوليات المالية. ويتعلّق هذا أيضًا بالتشغيل والصيانة والتكاليف المرتبطة بها. هذا أمر بالغ الأهمية للقبول على المدى البعيد ويجب أن يكون جزءًا لا يتجزأ من تصميم محطة معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية منذ البداية. ويجب أن يتم توجيه التشغيل والصيانة نحو القدرة المتاحة للمشغّل.

كما وتعدّ الرقابة الصارمة وضبط الجودة لتشغيل وصيانة محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية أمرًا ضروريًا لحماية البيئة والموارد المائية. تم تصميم المواصفة الأردنية (2006/JS893) خصيصًا للأنظمة واسعة النطاق وهي تُعدّ صارمةً جدًا لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي المركزية صغيرة النطاق، وتزيد من تكاليف الاستثمار. في مشروع فينان التجريبي، كان من الضروري إعادة تدوير مياه الصرف الصحي بنسبة 100%، مما أدى إلى زيادة سعة النظام من أجل تلبية الفئة (ج) من المواصفة الأردنية 2006/JS893 لعنصر النيتروجين. وقد يكون ذلك غير ضروري في ظروفٍ معينةٍ لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية، حيث يجب أن تعكس الأنظمة والمواصفات هذه القضية.

هنالك إمكانات عالية للإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي. فهي توفر فرصًا كبيرة فيما يتعلّق بإعادة استخدام الموارد المائية الشحيحة. وهي خدمة عامة فعالة من حيث التكلفة لمعالجة مياه الصرف الصحي بهدف حماية صحة الإنسان ومكافحة التلوّث البيئي. ولتقديم هذه التقنية بنجاح، فإنّه من الضروري بناء أمثلة عملية تعمل بشكل جيد، وبذلك قد يصبح من الممكن التغلب على القيود مثل القبول الاجتماعي والافتقار إلى الدعم السياسي والمسؤوليات غير الواضحة. وسيكون من الممكن بناء مواصفة مناسبة لذلك. ويمكن للمهندسين والفنيين اكتساب المهارات المطلوبة للبناء والتشغيل. ونحتاج إلى العمل بنفس وهمة عالية للتخفيف من هذه القيود.

الجزء (أ) الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي في ضوء التكيّف مع التغيّر المناخي

المؤلف: د. مها حلالشة
بمساهمة من: د. إسماعيل الباز، ينز جوتزنبيرغر، أحمد صبح، رانيا الزعبي، هشام السلامات

1. المقدّمة

تقوم وزارة المياه والري بالتعاون الوثيق مع المؤسسة الألمانية للتعاون الدولي (GIZ) بتنفيذ مشاريع تجريبية تثبت أنّ الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي هي إجراء قابل للتطبيق وضروري للتكيّف مع التغيّر المناخي. يعتمد المشروع المسمّى «الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي من أجل التكيّف مع التغيّر المناخي في الأردن (ACC)» نهجًا متعدّد المستويات يتبع المسارَيْن «الناعم» و«التنفيذي» على حدٍ سواء. ولا تزال تنمية القدرات الأردنية في مجال الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي وتوفير الدعم المطلوب لوضع الاستراتيجيات اللازمة للتكيّف مع التغيّر المناخي، تحديدًا من خلال الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي، هي جوهر أنشطة المسار «الناعم». وبالمثل، تشكّل المشاريع الإيضاحية التي تبيّن جدوى واستدامة بدائل الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي جوهر أنشطة المسار «التنفيذي».

توفر مقدمة هذا التقرير معلومات سياقية وتاريخية والتي تساعد في فهم البيئة الحالية لإدارة مياه الصرف الصحي في الأردن. والتي تساعد أيضًا في وضع استخدامات مياه الصرف الصحي والمياه المعالجة في إطار أوسع للتكيّف مع التغيّر المناخي. ووفقًا لذلك، فإنّ هذا التقرير ينقسم إلى قسمَيْن رئيسيَيْن. يبدأ القسم الأول بعرض التغيّر المناخي العالمي ويُظهر آثاره على قطاع المياه، جنبًا إلى جنب مع الشواهد والآثار المتوقعة على القطاعات ذات الصلة بما في ذلك الزراعة، والصحة، والاقتصاد. علاوةً على ذلك، يتم تقديم مفهوم التكيّف مع التغيّر المناخي وزيادة مرونة الأنظمة الزراعية والمائية باهتمام خاص في تكييف أنظمة المياه من خلال نهج الإدارة المتكاملة للموارد المائية (IWRM). ويقدم هذا الأخير المفاهيم المتطورة للّامركزية، بالإضافة إلى التكامل والتي تم تقديمها كمعتقدات إرشادية رئيسية للإدارة المتكاملة للموارد المائية. وبذلك، يسلّط التقرير الضوء على القضايا الرئيسية ذات الصلة، والتي تحكم تكيّف أنظمة المياه ومياه الصرف الصحي، بالإضافة إلى البنى التحتية للمياه ومياه الصرف الصحي إلى التغيّر المناخي. يبدأ القسم الثاني بالتركيز في إدارة مياه الصرف الصحي على المستوى الإقليمي وعلى المستوى المحلي أيضًا. حيث حدثت مناقشة تفصيلية على كيفية تطوّر إدارة مياه الصرف الصحي خلال العقود الماضية في المملكة، وتم تقديم الإطار التنظيمي الحاكم. وتم إعطاء تصوّر على كيفية تنفيذ السياسات والاستراتيجيات واللوائح والتي تم تطويرها بالفعل والمتعلّقة بإدارة مياه الصرف الصحي. وتم عرض السياسات التي طوّرت مؤخرًا والتي تشمل سياسة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية، وتم اقتراح الخطوات القادمة.

هذا ويتناول ملف المعلومات الأساسية إدارة مياه الصرف الصحي على مستويَيْن؛ يناقش المستوى الأول النهج المتكامل الذي ترتبط فيه معالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها بشكل لا غنى عنه في ضوء السياسات المعتمدة في الأردن. بحيث يعطي هذا النهج بعض المرونة لمعايير مياه الصرف الصحي المعالجة المطلوبة، بشرط أن يتم اتخاذ تدابير رقابة أفضل في المجالات الزراعية. وهذا يعني ضرورة إعادة النظر في اللوائح التي تم سنّها وتحديثها، بالإضافة إلى تحديد مسؤوليات الجهات الحكومية المختلفة لضمان التكيّف الأمثل من خلال بدائل الإدارة الأفضل. أما المستوى الثاني فيناقش تقنيات معالجة مياه الصرف الصحي التي قد تكون مناسبة ومستدامة في ضوء البيئة الأردنية الحالية والآثار المتوقعة للتغيّر المناخي. ويتم عرض التحديات واقتراح خطة العمل في كلتا الحالتيْن (المعالجة وإعادة الاستخدام).

2. تأثيرات التغيّر المناخي المرصودة والمتوقعة

يعتبر الاحتباس الحراري العالمي حقيقة واقعة وكان التأثير البشري سببًا رئيسيًا فيها (الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ، 2013). على سبيل المثال، فيما يتعلّق بالتأثير البشري، تم اعتبار القطاع الزراعي مسؤولًا عن 10% تقريبًا من غازات الدفيئة في إسبانيا عام 2008. ويُعزى نصف تلك الانبعاثات الزراعية إلى الثروة الحيوانية (خاصة إدارة روث الخنازير) مقارنة بنظم المحاصيل (وزارة البيئة والشؤون الريفية والبحرية الإسبانية، 2009 ب). ومن المتوقع أن يزداد التقلّب المناخي والجوي مع ارتفاع درجة حرارة كوكب الأرض (ثورنتون وآخرون، 2014). وستكون للتقلّبات والتغيّرات في وتيرة وشدة الظواهر الجوية المتطرفة وأنماط الطقس عواقب وخيمة على النظم البشرية والطبيعية. ومن المتوقع زيادة وتيرة أحداث ارتفاع الحرارة والجفاف والفيضانات لبقية هذا القرن، وأن يكون لها العديد من الآثار الضارة (الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ، 2012). تم تلخيص التغيّرات المرصودة والمتوقعة لخمس ظواهر مناخية متطرفة في الجدول (1) على النحو الذي قدمته الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ (2012). على ما يبدو، فإنّ الظواهر المناخية المتطرفة المُبلغ عنها ترتبط بصورة مباشرة أو غير مباشرة بتوافر المياه وتوزيعها. كما هو الحال مع ظاهرة الاحتباس الحراري العالمي، فإن التغيّرات في بعض الظواهر المتطرفة هي نتائج لتأثيرات بشرية المنشأ، على الرغم من أنّ عزو أحداث فردية متطرفة إلى هذه التأثيرات لا يزال يمثل تحديًا (الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ، 2012). في الوقت نفسه، هناك قدر كبير من عدم اليقين فيما يتعلّق بالتغيّرات المتوقعة للظواهر المتطرفة حتّى نهاية القرن الحالي. ومع ذلك، فإنّ الثقة المنخفضة في توقعات التغيّرات في الظواهر المتطرفة لا تعني أنّ مثل هذه التغيّرات غير مرجحة. في الواقع، هناك أدلة على حدوث تغيّرات ذات احتمالية منخفضة وعالية التأثير في الظواهر المتطرفة (ثورنتون وآخرون، 2014).

ستشهد العديد من المناطق شبه القاحلة مثل منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط انخفاضًا كبيرًا في وفرة المياه بسبب التغيّر المناخي. وقد تسبَّب التغيّر المناخي في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا في ندرة وتراجع إجمالي هطول الأمطار السنوي (وزارة المياه والري، 2016 أ). تشير التقديرات إلى أنّ منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا شهدت ارتفاعًا في درجات الحرارة خلال العقود الماضية بنحو 0.2 درجة لكل عقد، بالإضافة إلى زيادة عدد الموجات الحارة والأيام ذات درجات الحرارة المرتفعة للغاية [5] [6] [7]. قدرت بعض النماذج على سبيل المثال، أنّ متوسط درجات الحرارة، ودرجات الحرارة القصوى في الأردن، ستكون أعلى بمقدار 2 – 4 درجات مئوية، وأنّ هطول الأمطار سينخفض بنسبة 15 – 20% بحلول نهاية القرن (وزارة المياه والري، 2016 أ).

قد تشمل تأثيرات التغيّر المناخي انخفاض نسبة الموارد المائية، وانحسار السواحل، وفقدان التنوع الحيوي والنظم البيئية الطبيعية، وزيادة عمليات تآكل التربة وفقدان الأرواح والسلع الناتجة عن ازدياد الظواهر الجوية المتطرفة مثل الفيضانات وحرائق الغابات وموجات الحرارة (فارغاس-أملين وبندادو)، 2014)). ومن المتوقع أن تكون التأثيرات متنوعة وغير متجانسة وأن تؤثر في الطلب على المياه للري، فضلًا عن تقصير الدورات الخُضرية، وزيادة الأوبئة والأنواع الغريبة، فضلًا عن التداعيات المباشرة على الإنتاج الزراعي أو جودة المنتجات (الوكالة الأوروبية للبيئة، 2012؛ ماسترز ونورغروف، 2010). وفي المناطق التي قد يصبح فيها هطول الأمطار أكثر كثافة ولكن أقل تواترًا، فهناك احتمال لزيادة الفيضانات والمفاجئة والجريان السطحي، مما يؤدي إلى زيادة تآكل التربة وتقليل رطوبة التربة وزيادة مخاطر الجفاف الزراعي (داي، 2011). في الواقع، ازداد الجفاف العالمي بشكل جوهري منذ السبعينيات كما لوحظ مؤخرًا في إفريقيا وجنوب أوروبا وشرق وجنوب آسيا وشرق أستراليا (ثورنتون وآخرون، 2014). وفقًا لذلك، ارتفعت النسبة المئوية للأراضي العالمية المصنّفة كمناطق جافة من 17% في الخمسينيات من القرن الماضي إلى حوالي 27% في العقد الأول من القرن الحادي والعشرين (داي، 2011). من المثير للاهتمام أنّ نسبة كبيرة من السكان تتأثر فقط في حالة الجفاف (رالاي وجورادن، 2010) وبالتالي قد تمثل عملية التصحّر أحد أكبر التأثيرات المتعلّقة بالتغيّر المناخي. وفقًا لبرنامج العمل الوطني لمكافحة التصحر في إسبانيا (وزارة البيئة والشؤون الريفية والبحرية الإسبانية، 2008 ب)، حيث توجد منطقة كبيرة متأثرة بشدة نتيجة عمليات التصحر. توقع تقرير حكومي إسباني سابق حدوث انخفاض عام في الموارد المائية وزيادة الطلب على أنظمة الري. وتوقع التقرير انخفاضًا في المدخلات يصل إلى 50% في المناطق شبه القاحلة مع زيادة التغيّر في التقلبات السنوية (وزارة البيئة والشؤون الريفية والبحرية الإسبانية، 2005)؛ وتجدر الإشارة هنا إلى أنّ أسباب التصحر متنوعة ومعقدة، ولكنّها عادة ما تشمل حرائق الغابات، وفقدان الغطاء النباتي، وتآكل التربة، والفقدان المستمر للأراضي الزراعية الخصبة، وزيادة ملوحة التربة (تقييم الألفية للنظام البيئي، 2005). وستؤدي توقعات التغيّر المناخي إلى تفاقم هذه الآثار، لا سيّما في منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط. وقد يكون للأحداث المتطرفة أيضًا تأثيرات كبيرة على قطاع الطاقة، حيث من المتوقع انخفاض

(5) تقرير البلاغات الوطنية الثالث حول تغير المناخ في الأردن (http://unfccc.int/national_reports/non-annex_i_natcom/items/2979.php)

(6) رحمان وآخرون (2015): تراجع هطول الأمطار والتغيرات الإقليمية في الأردن، بحوث الموارد المائية، 51(5): 3828-38355

(7) عبدالله (2015): توقعات القرن الحادي والعشرين لهطول الأمطار وتغيّر درجات الحرارة في الأردن، تقرير لوزارة المياه والري

إنتاج الطاقة الكهرومائية كنتيجةٍ لانخفاض تدفقات المياه، (وزارة البيئة والشؤون الريفية والبحرية الإسبانية، 2009 أ). ومن ناحية أخرى، فإن التغيّرات السلوكية المرتبطة بالتغيّر المناخي، مثل التغيّرات في الطلب على التدفئة والتبريد والتي ستؤثر أيضًا على الطاقة، وبالتالي على استخدام المياه (أولمستيد، 2014). وستسلّط الأقسام الفرعية التالية الضوء على التأثيرات المتوقعة للتغيّر المناخي، بالإضافة إلى تأثيرات الأحداث المتطرفة على الزراعة والمياه والأسعار السوقية وقابلية الإنسان للتأثر.

الجدول (1) ملخص التغيّرات المرصودة والمتوقعة لخمسة ظواهر متطرفة على نطاق عالمي (مقتبس من الجدول 3.1، الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ، 2012)

المتغيّرات / الظواهر	التغيّرات المرصودة منذ عام 1950	إسناد التغيّرات المرصودة	التغيّرات المتوقعة حتّى عام 2100
درجة الحرارة	من المحتمل جدًا حدوث انخفاض في عدد الأيام والليالي الباردة بشكل غير معتاد. من المحتمل جدًا حدوث ارتفاع في عدد الأيام والليالي الدافئة بشكل غير معتاد. من المتوقع على مستوى متوسط من الثقة زيادة طول أو عدد نوبات الدفء أو موجات الحر في العديد من المناطق. ومن المتوقع على مستوى منخفض أو متوسط من الثقة حدوث تغيّر في توجهات درجات الحرارة القصوى في بعض المناطق الفرعية إما بسبب نقص الملاحظات المرصودة أو الإشارات المتباينة في المناطق الفرعية	التأثير البشري المحتمل على التوجهات في الأيام أو الليالي الدافئة أو الباردة على مستوى العالم. لا يوجد إسناد للتوجهات على نطاق إقليمي مع استثناءات قليلة	عمليًا، فهناك انخفاض شبه مؤكد في وتيرة الأيام والليالي الباردة وحجمها بشكل غير معتاد. ارتفاع شبه مؤكد في وتيرة الأيام والليالي الدافئة وحجمها بشكل غير معتاد. من المحتمل جدًا حدوث زيادة في الطول والتكرار و/أو شدة النوبات الدافئة أو الموجات الحارة على معظم مناطق اليابسة
هطول الأمطار	زيادات ذات دلالة إحصائية محتملة في حالات هطول الأمطار الغزيرة في مناطق أكثر من تلك التي بها انخفاضات ذات دلالة إحصائية، ولكن مع تباينات إقليمية وشبه إقليمية قوية في التوجهات	توقع متوسط القوة في أنّ التأثير البشري ساهم في تكثيف الهطول الأمطار الشديدة على النطاق العالمي	زيادة محتملة في وتيرة هطول الأمطار الغزيرة أو زيادة في نسبة إجمالي هطول الأمطار من الهطول الغزير على العديد من مناطق العالم، ولا سيّما في مناطق دوائر العرض العليا والمناطق الاستوائية، وفي الشتاء في دوائر العرض الوسطى الشمالية
النينيو وأنماط التباين الأخرى	ثقة متوسطة في التوجهات السابقة نحو زيادة وتيرة التذبذب الجنوبي لظاهرة النينيو في منطقة المحيط الهادئ الاستوائية الوسطى. الأدلة غير كافية للحصول على بيانات أكثر تحديدًا حول توجهات النينيو والتذبذب الجنوبي	إنّ احتمال التأثير البشري على توجهات التذبذب الجنوبي لظاهرة النينيو في شمال الأطلسي وعدمه متساويان. لا يوجد إسناد للتغيّرات في التذبذب الجنوبي لظاهرة النينيو	ثقة منخفضة في توقعات التغيّرات في سلوك التذبذب الجنوبي لظاهرة النينيو وأنماط التباين الأخرى بسبب عدم كفاية الاتفاق على توقعات النموذج
الجفاف	ثقة متوسطة في أنّ بعض مناطق العالم قد عانت من موجات جفاف أكثر حدة وأطول زمنًا، لا سيّما في جنوب أوروبا وغرب إفريقيا، ولكن توجد أيضًا توجهات معاكسة	ثقة متوسطة في أنّ التأثير البشري ساهم في بعض التغيّرات المرصودة في الجفاف على مستوى المناطق المنفردة بسبب عدم اتساق الأدلة أو عدم كفاية الأدلة	ثقة متوسطة في الزيادة المتوقعة في مدة حالات الجفاف الزمنية وشدتها في بعض مناطق العالم، بما في ذلك جنوب أوروبا ومنطقة حوض البحر الأبيض المتوسط وأوروبا الوسطى ووسط أمريكا الشمالية وأمريكا الوسطى والمكسيك وشمال شرق البرازيل وجنوب أفريقيا. ثقة منخفضة بشكل عام في أماكن أخرى من العالم بسبب عدم كفاية التوقعات المتفق عليها
الفيضانات	تقتصر على الأدلة المتوسطة المتاحة لتقييم التغيّرات المرصودة التي يحركها المناخ في حجم ووتيرة الفيضانات على النطاق الإقليمي. هناك اتفاق منخفض على هذه الأدلة، وبالتالي، هناك ثقة منخفضة على المستوى العالمي فيما يتعلّق حتّى بعلامة هذه التغيّرات. ثقة عالية في التوجه نحو الحدوث المبكر لتدفقات الأنهار في الربيع نتيجة ذوبان الجليد والأنهار التي تغذيها الأنهار الجليدية	ثقة منخفضة في أنّ الاحتباس الحراري بشري المنشأ قد أثر على حجم أو وتيرة الفيضانات. ثقة متوسطة إلى عالية في التأثير البشري على التغيّرات في بعض مكونات دورة المياه (هطول الأمطار وذوبان الجليد) التي تؤثر على الفيضانات	ثقة منخفضة في التوقعات العالمية للتغيّرات في حجم ووتيرة الفيضانات بسبب عدم كفاية الأدلة. ثقة متوسطة في أنّ الزيادات المتوقعة في هطول الأمطار الغزيرة ستسبّب فيضانات محلية ناتجة عن الأمطار في بعض المستجمعات أو المناطق. من المحتمل جدًا أن تحدث تدفقات الذروة مبكرًا خلال فصل الربيع في الأنهار التي تتغذى من ذوبان الكتل الثلجية والجليدية

* تقييم الاحتمالات: (شبه مؤكد، 99-100%)؛ (محتمل جدًا، 90-100%)؛ (محتمل، 60-100%)؛ (احتمال حدوث أكثر من احتمال عدم حدوثه، 50-100%)؛ (احتمال حدوثه وعدم حدوثه متساويان، 33-66%)؛ (مستبعد، 0-33%)؛ (مستبعد جدًا، 0-10%)؛ (مستبعد لأقصى درجة، 0-1%)

1.2 التأثيرات على الزراعة

يمكن أن تؤدي زيادة درجات الحرارة القصوى (مثل المناخ أو الطقس) إلى انخفاضٍ حادٍ في الإنتاجية وفشل تكاثر العديد من المحاصيل. في الذرة، يمكن أن يقل المحصول كل يوم يمر تكون فيه الحرارة فوق 30 درجةً مئوية بنسبة 1.7% في ظل ظروف الجفاف (لوبيل وآخرون، 2011). يمكن أيضًا الشعور بآثار درجات الحرارة القصوى في فترة الليل، مع انخفاض إنتاجية الأرز بنسبة 90% عندما تصل درجات الحرارة ليلًا إلى 32 درجة مئوية مقارنة بـ 27 درجة مئوية (محمد وتربلي، 2009). لقد ثبت أنّ كلًا من التغيّرات الموسمية وخلال الموسم نفسه في درجات الحرارة وهطول الأمطار تؤثر على محاصيل الحبوب في تنزانيا (روهاني وآخرون، 2011). مثال آخر يأتي من أوغندا حيث انخفضت مساحات المزارع على مدى 2 – 3 عقود الماضية (فيرمونت وآخرون، 2008؛ سيلي وآخرون، 2010أ) وتراجعت المحاصيل عند مستويات أقل بكثير من الإنتاجية الممكنة بسبب - من بين عوامل أخرى - التغيّرات في أنماط هطول الأمطار والجفاف المستمر (آبيرا كاليباتا وآخرون، 2008؛ بوفينج، 2010؛ تيلور وآخرون، 2011؛ وايريجي وآخرون، 2010). يؤدي الجفاف المطوّل إلى تفاقم حالة الإجهاد المائي وغالبًا ما يؤدي إلى فقدان محصول موسم كامل في بعض المناطق في أوغندا. علاوةً على ذلك، من المتوقع أن تشهد نسبة كبيرة من الأراضي المحصولية ومساحات الأراضي في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى انخفاضًا في طول فترة موسم النمو، وقد تشهد معظم أفريقيا في مناطق دوائر العرض الجنوبية خسائر بنسبة 20% على الأقل (ثورنتون وآخرون، 2014). علاوةً على ذلك، تم الإبلاغ عن التقلّب المناخي والظواهر المتطرفة للتأثير على جودة المحاصيل. لقد ثبت أنّ محتوى البروتين في حبوب القمح يستجيب للتغيّرات في المتوسط والتباين في درجات الحرارة وهطول الأمطار (بورتر وسيمينوف، 2005)؛ على وجه التحديد، يمكن أن تؤثر درجات الحرارة المرتفعة أثناء نمو حبوب القمح على محتوى البروتين في الحبوب (هوركمان وآخرون، 2009).

علاوةً على ذلك، يؤثر التغيّر والتقلّب المناخي على معظم أنواع الماشية المدجّنة حيث تتراوح درجات الحرارة المناسبة لها من 10 إلى 30 درجة مئوية. وعند تقل درجة الحرارة عن 10 درجات مئوية، قد يزداد احتياجها الغذائي بنسبة تصل إلى 50%، وعند تجاوز درجة الحرارة 30 درجة مئوية، تقلل الحيوانات من تناول العلف بنسبة 3 – 5% لكل درجة حرارة إضافية (المجلس الوطني للبحوث، 1981). في الماضي القريب، عانت الأراضي الرعوية في شرق إفريقيا من الجفاف حوالي عام واحد من كل خمس سنوات، وكان من الممكن بشكل عام الحفاظ على أحجام قطعان الماشية بشكل ثابت نسبيًا؛ ومع ذلك، فإن الزيادة في وتيرة الجفاف من سنة واحدة كل خمس سنوات إلى سنة واحدة كل ثلاث سنوات ستضع أحجام القطيع في انخفاض متسارع وغير قابل للاسترداد (ثورنتون وهيريرو، 2009). في كينيا، يمكن أن تفقد حوالي 1.8 مليون رأس إضافي من الماشية بحلول عام 2030 بسبب زيادة وتيرة الجفاف بقيمة تقديرية تبلغ 630 مليون دولار أمريكي للحيوانات المفقودة والإنتاج الضائع (إيريكسون وآخرون، 2012). وبالإضافة إلى ذلك، فإنّ تكوين الأنواع في الأراضي العشبية هو محدِّد رئيسي لإنتاجية الثروة الحيوانية في كل من المناطق المعتدلة والمدارية. من الواضح، أنه مع تغيّر درجات الحرارة وأنماط هطول الأمطار ومستويات ثاني أكسيد الكربون، سيتغير تكوين الأراضي العشبية المختلطة وسيؤثر على إنتاجية الثروة الحيوانية (الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ، 2007). تكون الآثار العامة للتغيّرات في درجات الحرارة وهطول الأمطار وتنوعها على تكوين الأنواع وجودة الأراضي العشبية، ومع ذلك، لا تزال غير واضحة ويتعيّن توضيحها (الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ، 2007). وتجدر الإشارة إلى أنّ توقيت التقلّب المناخي قد لا يقل أهمية عن حجمه في التأثير على أنواع المراعي وإنتاجية الثروة الحيوانية (كريني وآخرون، 2012).

على الرغم من التأثير المتوقع على تكوين الثروة الحيوانية وبقائها، فإنّ التغيّرات في التقلّب المناخي ووتيرة الظواهر المتطرفة قد يكون لها تأثيرات كبيرة على انتشار الآفات والأعشاب الضارة وأمراض الماشية. على سبيل المثال، في الماضي، أدّى الخليط من حالات الجفاف التي أعقبتها الأمطار الغزيرة إلى انتشار وتفشي الأمراض مثل حمّى الوادي المتصدّع واللسان الأزرق في شرق إفريقيا ومرض الخيول الأفريقية في جنوب إفريقيا (بايلس وجيثيكو، 2006). ويمكن أن تسمح الزيادات المستقبلية في وتيرة الظواهر الجوية المتطرفة بتوسّع حمّى الوادي المتصدع شمالًا إلى أوروبا (مارتن وآخرون، 2008). ومع ذلك، فإنّ تأثيرات التغيّرات المستقبلية في التقلّب المناخي على الآفات والأعشاب الضارة والأمراض ليست مفهومة جيدًا (جورنال وآخرون، 2010).

2.2 التأثيرات على المياه

يعمل التغيّر المناخي على تغيير أنماط الطقس العالمية زمنيًا بطريقة يتوقع أن تؤثر على كل من النظم الطبيعية والبشرية مثل الموارد المائية العذبة وأنظمة الصرف الصحي على التوالي. تُظهِر التوقعات الصادرة عن الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ لأواخر القرن الحادي والعشرين (2081-2100) احتمالًا بنسبة 90 - 100% لزيادة وتيرة وشدة وكميات هطول الأمطار الغزيرة على أغلب المناطق الواقعة في دوائر العرض المتوسطة والمناطق المدارية الرطبة، واحتمال 66 - 100% للزيادات في شدة و/أو مدة الجفاف على نطاق إقليمي إلى عالمي، واحتمال 90 - 100% لزيادة حدوث و/أو حجم ارتفاع مستوى مياه البحر، واحتمال 50 - 100% لزيادة نشاط الأعاصير المدارية الشديدة في غرب شمال المحيط الهادئ وشمال المحيط الأطلسي (الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ، 2013). تؤدي هذه الظواهر الجوية والمناخية المتطرفة إلى زيادة التعرية النهرية، وزيادة ملوحة طبقات المياه الجوفية الساحلية،

وتقليل توافر المياه، وإتلاف الرياح للهياكل في المناطق غير المعتادة على مثل هذه الأحداث (الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ، 2013، 2014 أ، 2008). يمكن أن تعطل هذه الأحداث المناخية أنظمة المياه والصرف الصحي، ما يعرّض السكان لمخاطر صحية مختلفة (على سبيل المثال، الأمراض المنقولة بالمياه بسبب نقص المياه الآمنة (الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ، 2014أ)). تؤثر هذه المخاطر على كلٍ من سكان الريف والحضر في البلدان ذات الدخل المرتفع والمنخفض والمتوسط كما سيتم مناقشته لاحقًا.

عند مناقشة آثار الطقس المتطرف على إمدادات المياه وجودة المياه، فسيتأثر كل قطاع من القطاعات الاقتصادية من خلال التأثيرات على الصحة والزراعة والصناعة والنقل وإمدادات الطاقة وخدمات النظام البيئي غير السوقية ومصائد الأسماك والغابات والترفيه (أولمستيد، 2014). من المرجح أن يؤدي التغيّر المناخي إلى زيادة النزاعات بين مختلف القطاعات الاقتصادية، لأنّه سيؤدي إلى زيادة الطلب وانخفاض توافر الموارد المائية (فارغاس أميلين وبندادو، 2014). ومن المتوقع أن تفوق الآثار السلبية للتغيّر المناخي على أنظمة المياه العذبة، من حيث التغيّرات في الكمية والتوزيع، فوائد الزيادات الإجمالية في هطول الأمطار على المستوى العالمي بسبب ارتفاع درجة حرارة كوكب الأرض. ومن المحتمل أن تتأثر أجزاء عديدة من المناطق المدارية وشبه الاستوائية، بما في ذلك أجزاء من وسط غرب آسيا وشمال إفريقيا وآسيا وأمريكا الشمالية، بسبب انخفاض توافر المياه العذبة (روزغرانت وآخرون، 2009). ومن المتوقع أن يعيش أكثر من نصف سكان العالم في بلدان تعاني من قيود شديدة على المياه بحلول عام 2050 (روكستورم وآخرون، 2009). اقترح ستيفن تشو، وزير الطاقة الأمريكي، أن تراجع إمدادات المياه العذبة في بعض المناطق قد يكون مشكلة عالمية أكثر خطورة من ارتفاع منسوب مياه البحر مع التغيّر المناخي (جيرتنر، 2007).

تتأثر جميع الأمراض مثل الملاريا وحمى الضنك والكوليرا بشدة بالتغيّرات في التوزيع الموسمي لهطول الأمطار، بما في ذلك التغيّرات في أنماط الفيضانات والجفاف (ماك ميشيل وكوفاتس، 2000؛ كوستيلو وآخرون، 2009). على الرغم من أنّ التغيّرات في نواقل الملاريا تحدث بسبب الارتفاع التدريجي في درجة الحرارة، فإنّ انتشار المرض يتأثر كثيرًا بالتغيّرات في هطول الأمطار. وإذا أدت التغيّرات في التقلّب المناخي إلى تغيّراتٍ في التباين المكاني والزماني في الغطاء النباتي وتوزيع المياه، فمن الممكن أن نشهد المزيد من الأوبئة مع انتقال النواقل إلى مناطق جديدة (ماك ميشيل وآخرون، 2006). وترتبط كل من الملاريا وحمى الضنك بدورات النينيا والنينيو (ماك ميشيل وآخرون، 2006). ويمكن أن يصبح النزوح البشري من المناطق المعرّضة للأحداث المتطرفة، وخاصةً الفيضانات، أكثر تواترًا مع زيادة التقلّب المناخي. وغالبًا ما يكون لهذا أيضًا عواقب سلبية على صحة الإنسان، لأسبابٍ ليس أقلها الازدحام مع سوء الصرف الصحي. يعتبر مرض الإسهال مشكلة شائعة في مثل هذه الحالات (هاينز وآخرون، 2006). بشكل عام، سيكون لندرة المياه المتزايدة تأثير على الصرف الصحي والصحة (فيو، 2007).

3.2 الاقتصادي للتغيّر المناخي

على الرغم من أنّ النتائج دلالية، قدّم ويلينبوكل (2012) واحدةً من الدراسات القليلة التي صمّمت نماذج الصدمات المناخية وتأثيراتها على أسعار السلع في مناطق مختلفة من العالم. وقد قدّر أنّ حدوث جفافٍ في أمريكا الشمالية في عام 2030 بشدة مماثلة للجفاف التاريخي الذي حدث عام 1988، سيكون له تأثير مؤقت كبير على أسعار تصدير الذرة في السوق العالمية وتأثير قوي على أسعار السوق العالمية للقمح. وستنعكس هذه الآثار على الأسعار الاستهلاكية المحلية، مع تأثيرات عميقة بشكل خاص في أجزاء من أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى. على سبيل المثال، تعتمد نيجيريا بالكامل تقريبًا على واردات القمح، وفي ظل هذه الظروف، سيرتفع متوسط السعر المحلي للقمح في البلاد بنسبة 50% فوق سعر خط الأساس لعام 2030، مع تأثيرات كبيرة على الأسر.

في حين أنّ هناك تباين إقليمي كبير، فإنّ العبء الاقتصادي النسبي للظواهر المناخية المتطرفة كنسبة من الناتج المحلي الإجمالي أعلى بكثير في الدول النامية مقارنةً بالدول المتقدمة – حيث تصل إلى 8% في الحالات القصوى. يشار إلى وجود اتجاه تصاعدي قوي في الخسائر الإجمالية بسبب الظواهر المناخية المتطرفة منذ عام 1980 (ميونيخ ري، 2011)، على الرغم من أنّ كيفية حدوث ذلك خلال القرن الحالي غير مؤكدة إلى حد كبير؛ وحتّى الآن، لا يوجد دليل يربط هذا الاتجاه بالتغيّر المناخي بشري المنشأ (بوير، 2011). وفيما يتعلّق بأنظمة البنى التحتية للصرف الصحي، فإنّ التدفقات المنخفضة، بسبب انخفاض إمدادات المياه واستهلاكها، ستؤدي إلى تقليل قدرة تخفيف تركيز مياه الصرف الصحي، والتي ستحتاج السلطات إلى معالجتها من خلال تقنيات معالجة أكثر كثافة أو بذل جهود للحد من التصريفات والتلوّث، مما قد يؤدي إلى عبء اقتصادي إضافي. فيما يتعلّق بالاستثمارات، من المتوقع أن تتطلّب البنية التحتية للحماية من الفيضانات مساعدات متزايدة، بالإضافة إلى تلك اللازمة لتقليل آثار ندرة المياه والجفاف أو لتحسين وتوسيع شبكات المراقبة وأنظمة الإنذار المبكر. وفيما يتعلّق بالقضايا البيئية، فإنّ تدهور التنوّع الحيوي والخدمات البيئية للنظم البيئية سيمثل خسارةً حقيقيةً على الرغم من أنّه قد يكون من الصعب تحديد القيمة السوقية لها. إنّ زيادة تسرب المياه المالحة إلى طبقات المياه الجوفية الساحلية، وفقدان الأراضي الرطبة والأنواع المرتبطة بها، بالإضافة إلى التدابير اللازمة لاستعادة النظم البيئية، ستنطوي أيضًا على تكاليف كبيرة (فارغاس-أملين وبندادو، 2014).

4.2 قابلية الإنسان للتأثر بالتغيّر المناخي

يمكن تقييم قابلية الإنسان للتأثر بالتغيّر المناخي من حيث مجموعة من النتائج المختلفة مثل الأمن الغذائي أو دخل الأسرة. وبالتالي، فإنّ المناطق المعرضة للكوارث ليست بالضرورة هي نفسها تلك التي من المحتمل أن يتأثر توافرها الغذائي - كقيمة حرارية - سلبًا بالتغيّرات في التقلّب المناخي. يتم توضيح ذلك بشكل أفضل في الجدول (2)، حيث يمكن توضيح عدة نقاط. أولًا، يعيش ما يقرب من 5.4 مليار شخص، أو أقل بقليل من 90% من سكان العالم لسنة 2000، في أماكن تنتج على الأقل بعض السعرات الحرارية للمحاصيل والماشية. تمثل المحاصيل الأربعة عشر المختارة في الجدول (2) 70% من جميع السعرات الحرارية المنتجة بينما تمثل الماشية 30%. ثانيًا، من الجدير بالذكر أن الدول النامية تمثل 78% من سكان العالم وتنتج فقط 40% من السعرات الحرارية المطلوبة. وعلى العكس من ذلك، تمثل الدول المتقدمة 22% من السكان وتنتج 60% من السعرات الحرارية. ثالثًا، يبدو أنّ العلاقة بين تقلب هطول الأمطار ومتوسط انتشار الأطفال ناقصي الوزن عند الولادة ليست واضحة: في المناطق المتقدمة، تزداد حدة انعدام الأمن الغذائي مع زيادة تقلب هطول الأمطار، بينما في الدول النامية، تزداد حتّى تصل إلى معامل التباين في هطول الأمطار بنسبة 30% ثم ينخفض قليلًا لمزيدٍ من معامل التباين في هطول الأمطار. التفسير المحتمل لذلك هو أنّه في مناطق معامل التباين لهطول الأمطار الأعلى، يتم جلب معظم الطعام عن طريق الواردات أو المساعدات الغذائية على سبيل المثال. رابعًا، يعيش ما يقرب من ثمانية أضعاف عدد الأشخاص الذين يعيشون في مناطق ذات معامل تباين في هطول الأمطار (بنسبة تبلغ 30% أو أكثر) في الدول النامية كما هو الحال في الدول المتقدمة (407 ملايين مقارنة بـ 54 مليونًا)؛ ومع ذلك، فإن هذه المناطق ذات التقلّبات العالية في هطول الأمطار في الدول النامية لا تمثل سوى 3% من جميع السعرات الحرارية المنتجة، كما أنّها تميل أيضًا إلى أن تكون مناطق ذات معدل مرتفع نسبيًا من سوء تغذية الأطفال. من الواضح أنّ العديد من هذه المناطق قد تكون أهدافًا لتقديم المعونة الغذائية وشبكات الأمان الاجتماعي. تعتبر منطقة أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى أكبر متلقٍ للمساعدات الغذائية؛ حيث يصل متوسط الشحنات السنوية إلى حوالي 2% من جميع المواد الغذائية المستهلكة. في ظل العديد من السيناريوهات، لا يزال من المرجح أن يبقى عدد الأشخاص الذين يعانون من انعدام الأمن الغذائي في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى بحلول عام 2020 في حدود 500 مليون على الأقل (وزارة الزراعة الأمريكية، 2010)، وهذا تحدٍ من الواضح أنّه لا يمكن جعله أسهل نتيجة زيادة هطول الأمطار وتقلب درجة الحرارة.

على كل حال، وبما أنّ معظم سكان العالم يعيشون في بلدان تعاني من انعدام الأمن الغذائي، فإن الأحداث المناخية المتطرفة التي قد تؤثر على البلدان الرئيسية المنتجة للغذاء ستجعلهم أكثر عرضة للخطر وانعدام الأمن والأقل مرونة في مواجهة آثار التغيّر والتقلّب المناخي.

الجدول (2) نسبة إجمالي توافر السعرات الحرارية للفرد يوميًا من منتجات الثروة الحيوانية ومن 14 محصول غذائي في الدول النامية والمتقدمة، حسب فئة تقلب هطول الأمطار

تباين هطول † الأمطار السنوية (%)	متوسط هطول الأمطار السنوي † (مم)	عدد السكان ‡ (مليون)	أطفال يعانون من نقص الوزن § (%)	نسبة السعرات الحرارية من 14 محصول رئيسي ** (%)	نسبة السعرات الحرارية من الماشية †† (%)
(أ) الدول النامية*					
15>%	2739	211	16	1.8	0.2
20% - 15	1738	1318	17	10.3	0.6
25% - 20	1118	1498	20	7.7	11.4
30% - 25	657	808	22	3.0	2.9
35% - 30	428	242	20	0.7	0.1
>35%	226	165	19	1.1	0.1
المجموع		4241		24.6	15.2
(ب) الدول المتقدمة*					
15>%	1938	17	1>	0.1	0.1
20% - 15	1094	323	1>	4.6	7.0
25% - 20	662	527	2	17.0	2.6
30% - 25	469	221	2	18.3	3.4
35% - 30	355	42	3	4.7	1.4
>35%	230	12	5	0.5	0.6
المجموع		1142		45.2	15.1

* تُعرّف «الدول النامية» هنا على أنّها دول الأمريكيين الواقعة بين المكسيك شمالًا والبرازيل وباراغواي وبوليفيا وبيرو جنوبًا، وجميع دول إفريقيا وآسيا حتّى 45 درجة شمالًا باستثناء اليابان. والبقية هي «الدول المتقدمة». تمت محاكاة متوسط هطول الأمطار ومعامل التباين في تقديرات هطول الأمطار السنوية باستخدام طرق جونز وثورنتون (2013). ‡ من شبكة بيانات عن سكان العالم، الإصدار الثالث (مركز الشبكة الدولية لمعلومات علوم الأرض في جامعة كولومبيا والمركز الدولي للزراعة الاستوائية، 2005 أ).

§ الانتشار العالمي دون الوطني لسوء تغذية الأطفال الإصدار الأول، عبر الإنترنت على:

.beta.sedac.ciesin.columbia.edu/data/set/povmap-global-subnational-prevalence-child-malnutrition

** المحاصيل والمساحات المحصودة من نموذج تخصيص الإنتاج المكاني 2000 (يو وآخرون، 2012). وشملت المحاصيل: الموز، ولسان الجمل، والشعير، وحبوب الفاصولياء، والفول السوداني، والذرة، والبقول الأخرى، والبطاطا، والأرز، والذرة الرفيعة، وفول الصويا، والبطاطا الحلوة، والقمح.

†† من هيريرو وآخرون، (2013)

يُقدّم الملخص العام للجزء الثاني في الجدول (3) و الشكل (1) الآثار المترتبة على الموضوعات الثلاثة الرئيسية ذات الصلة بنظم المياه. تظهر أهم تأثيرات التغيّر المناخي في الجدول (1)، بينما يجمع الشكل (1) الآثار المتوقعة تحت موضوعات رئيسية متصلة بنظم المياه. وفي الختام، ينبغي أن تكون النماذج العالمية كافية وملائمة من أجل الاستجابة واتخاذ إجراءات لمواجهة آثار التغيّر المناخي. يجب التحقق من الخطط الشاملة من أجل التكيّف وزيادة مرونة البلدان في مواجهة تأثيرات التغيّر المناخي حتّى عندما لا تكون النماذج المحلية دقيقة.

3. المرونة والتكيّف مع التغيّر المناخي: منظور عالمي

ويمكن تعريف المرونة بأنّها قدرة النظام على مواصلة عمله أو العودة بسرعة إلى العمل أثناء حدوث اضطراب متعلّق بالمناخ وبعده. وهذا يشمل جميع جوانب الوظائف دون مساومة. بالنسبة إلى أنظمة المياه كمثال، فإن هذا يعني عدم المساومة على الجودة أو الكمية أو احتواء النفايات أو الاستمرارية أو الموثوقة. تصف المرونة الجودة التي يمتلكها النظام بالفعل، وتختلف عن التكيّف أو القدرة على التكيّف، والتي تصف مدى إمكانية تكيّف النظام مع الاضطرابات المستقبلية كما هو موضح في الشكل (2) (لو وآخرون، 2017). تم تعريف القدرة على التكيّف على أنّها قدرة النظام على التعامل مع التغيّر المناخي (بما في ذلك التقلّب المناخي والظواهر المتطرفة) لتخفيف الأضرار المحتملة للاستفادة من الفرص (المرتبطة بالتغيّرات في المناخ)، أو للتعامل مع العواقب. وتصف القدرة التكيّفية ما يمكن فعله (لكن لم يتم فعله) لزيادة المرونة. معظم الأنظمة ليست مرنة تمامًا وهناك حاجة إلى تدابير تكيّفية من أجل تحسين متانة النظام في مواجهة التغيّر المناخي. بمجرد اتخاذ جميع التدابير، يصبح النظام مرنًا كما هو موضح في الشكل (2) العلاقة بين المرونة والقدرة التكيّفية (الشريط السفلي).

لدعم الجهود وتتبعها، تم إنشاء عملية التكيّف مع المناخ من خمس خطوات الشكل (3)، والتي تشمل: 1) تحديد وتقييم مواطن الضعف أو المخاطر؛ 2) التخطيط 3) تنفيذ الاستراتيجيات 4) المراقبة والتقييم 5) مراجعة ومشاركة الدروس المستفادة (بيرباوم وآخرون، 2014؛ الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ، 2014؛ موسر و إكستروم، 2010).

الشكل (1) الآثار المترتبة على الموضوعات الثلاثة الرئيسية ذات الصلة بنظم المياه

الشكل (2) العلاقة بين المرونة والقدرة على التكيّف

الشكل (3) دورة عملية التكيّف الأساسية وفقًا لتقييم المناخ الوطني الأمريكي لعام 2014 (نوردغرن وآخرون، 2016)

1.3 عملية التكيّف والتحديات المواجهة

التكيّف مع التغيّر المناخي هو نسيج مترابط، وليس قضية واحدة منعزلة، ولا يمكن تحديد حدوده من خلال نوع واحد من التدخلات أو مجالات العمل أو مجموعات الجهات الفاعلة (آيليت، 2015). وتتطلّب التدابير التكيّفية القوية إجراءات شاملة عبر قطاعات متعدّدة تنفّذها مجموعة متنوعة من الجهات الفاعلة (آيليت، 2015). وقد تم استكشاف أهمية دمج تدابير التكيّف مع التغيّر المناخي جيدًا في قطاعات مختلفة مثل التخطيط المكاني (هامين وجوران، 2009؛ كارتر وآخرون، 2015)، والطاقة (نيومان وبرايس، 2009؛ ويليامسون وآخرون، 2009؛ هامر وآخرون، 2011)، والنقل (تريلينج، 2002؛ ميهروترا وآخرون، 2011 ب)، والمياه (2007 مولر؛ أوهارا وجورج كاكوس، 2008)، والمساواة (دودمان وساترثوايت، 2008؛ هاردوي وباندليا 2009)، والصحة (باتز وآخرون، 2005؛ هاينز وآخرون، 2006؛ إبي وسيمنزا، 2008). وتشير التقييمات الأكثر شمولية إلى أنّ التأثيرات عبر الأنظمة لكلٍ من التغيّر المناخي نفسه واستراتيجيات

التكيّف تتطلّب استجابة منسّقة للسياسات الناظمة عبر قطاعات متعدّدة (كيرشن وآخرون، 2008؛ دوفرز وهيزري، 2010؛ لورانس وآخرون، 2015؛ آيليت، 2015)، وكذلك في كل قطاع (أزهوني وآخرون، 2017). بعبارات أخرى، نحن نواجه التحدي المتمثّل في تعميم الاستجابات للتغيّر المناخي داخل النظم الحضرية القائمة وعبرها.

بالنظر إلى الهياكل المؤسسية التي يجري وضعها للتصدّي لتخطيط التغيّر المناخي، من الواضح أنّ القائمين على ملف المناخ يعملون من موقع هامشي داخل الحكومات المحلية. بحيث يتم تحريك خطط التكيّف والتخفيف من قبل الأفراد أو الوحدات الصغيرة المشكلة حديثًا والتي وُجدت منذ أقل من عقد من الزمان. توجد غالبية فرق تخطيط المناخ في الوكالات البيئية التي عادةً ما يكون لديها موارد أقل وسلطات قضائية محدودة مقارنةً بالمؤسسات الكبيرة مثل التخطيط أو النقل أو المياه. وتؤكد هذه الملاحظات أنّ التخطيط للتكيّف مع التغيّر المناخي يعمل من موقف ضعفٍ مؤسسي نسبي (كارمن وآخرون، 2012 أ، ب؛ آيليت 2013). ويعني الهيكل المؤسسي الضعيف أنّ خطط واستراتيجيات التكيّف التي تم تشكيلها ستفشل في التنفيذ المناسب (أزهوني وآخرون،2017). ومع ذلك، فإنّ الزيادات في تقلبية التغيّر المناخي، والتي لا يمكن التنبؤ بها إلى حد كبير على المدى القريب والبعيد، ستجبر المؤسسات (الأنماط الاجتماعية بما في ذلك المنظمات) على أن تكون أكثر استباقية ومرونة (جوبتا وآخرون، 2010). يتمثل أحد الجوانب الرئيسية في هذا الصدد في فهم العوامل والظروف التي تعزّز الروابط والتعاون بين مختلف المؤسسات والقطاعات لنشر المعلومات وتبادل المعرفة (بوب وآخرون، 2013) التي تعزّز في النهاية القدرة على التكيّف. كما ويُعدّ الفهم العميق للعوامل الاجتماعية والاقتصادية والثقافية (أزهوني وآخرون، 2017) التي تشكل تصوّرات صناع القرار للمخاطر (ليو، 2016؛ سميث وآخرون، 2014)، أو الاستعداد للتصرّف (آدغر وآخرون، 2009؛ جيفورد وآخرون، 2011؛ جروثمان وآخرون، 2013) أو لتحديد أولويات الإجراءات، من الأمور الضرورية. على أي حال، يتطلّب التكيّف تبادل المعرفة والخبرة (براون وآخرون، 2013 أ، ب؛ آدغر وآخرون، 2005؛ ليجانو واينجرام، 2008؛ زيرفوغيل ودونينغ، 2004؛ أزهوني وآخرون، 2017) من خلال شبكاتٍ على مستويات مختلفة (آدغر وآخرون، 2005؛ جوهولا وويسترهوف، 2011). إن دور الشبكات الاجتماعية في تعزيز القدرة التكيّفية للأفراد (بينسون وآخرون، 2015) والمزارعين (أولونغ وآخرون، 2012) والمجتمعات الصغيرة (براون وآخرون، 2010؛ أمباير وآخرون، 2017)، والمنظمات غير الربحية (ستاينبرغ، 2009) والمجتمعات (كلارفس وألان، 2014؛ دو وآخرون، 2013؛ ليجانو وانغرام، 2008؛ مكاليستر وآخرون، 2014؛ باسكيني وآخرون، 2015) معترفٌ بها على نطاق واسع. ويمكن تحديد أوجه القصور في المعرفة على مختلف المستويات – حتّى الآن – باعتبارها عائقًا رئيسيًا أمام تنفيذ تدابير التكيّف مع التغيّر المناخي. وبالمثل، يمكن أن يكون ذلك راجعًا لعدم الاتصال والتنسيق بين الباحثين وصنّاع السياسات والممارسين والمجتمعات المحلية. فعلى سبيل المثال، أكثر من 90% من البحوث التي تجري في الهند بشأن التغيّر المناخي لن تساعد على التكيّف مع المجتمع المحلي لأنّ أهم فئات من الأطراف ذات العلاقة غير مشمولة في مرحلة التخطيط (أزهوني وآخرون، 2017). وبعبارة أخرى، يرى عدد قليل من علماء المناخ أنّ دورهم لا يقتصر على إنتاج المعارف الجديدة فحسب، بل يشمل أيضًا ربطها بالمجتمع وتوفير مجموعة متنوعة من التطبيقات البديلة (ويلكي ومورتون، 2015). والحق يقال، فإنّ هناك حاجة إلى تواصل أكبر وأكثر فعالية بين العلماء وصناع القرار، وبين علماء العلوم الطبيعية وعلماء الاجتماع. وفي الوقت الراهن، أدى عدم إدماج التعلّم من القرارات والعلوم الاجتماعية مع العلوم المتصلة بالمناخ إلى عدم استغلال كبير للمعلومات المناخية والتي تدعم عملية صنع القرار (ويفر وآخرون، 2013). وغالبًا ما تكون التغيّرات في التباين أكثر أهميةً بالنسبة إلى المجتمعات من التغيرات في متوسط الكميات؛ ومع ذلك، فإنّ تركيز دراسات النمذجة غالبًا ما يكون على هذا الأخير (أي متوسط الكميات). بالإضافة إلى ذلك، فإنّ الدراسات التي تركّز على قياس عدم اليقين للتأثيرات مهمة إذا كنّا نسعى إلى الحدّ من الأخطاء في القرارات المتخذة لتعزيز القدرة على التكيّف (كالينور وآخرون، 2013؛ فيرمولين وآخرون، 2013).

وفي الوقت نفسه، وعلى الرغم من أنّ جهود التكيّف تنتقل من التوعية إلى وضع استراتيجيات التكيّف (ميمورا وآخرون، 2014)، تظهر حالات قليلة حدوث التكيّف (موزر وبويكوف، 2013). وتكشف النتائج أنّ الخدمات والموارد الحالية تفي بمتطلبات المراحل الأولى من جهود التكيّف مثل تقييم قابلية التأثر ووضع خطط التكيّف، لكنّها لا تفي بمتطلبات تنفيذ أنشطة التكيّف ومراقبتها وتقييمها (نوردغرن وآخرون، 2016). وللأسف، كما ذُكر آنفًا، فإنّ معظم القطاعات الحكومية تفتقر إلى القدرات أو الخبرة الداخلية اللازمة للتعامل مع التعقيدات الإضافية المرتبطة بالتغيّر المناخي (بيرباوم وآخرون، 2013). وعلاوةً على ذلك، أدّت الصعوبات الاقتصادية إلى خفض الموارد الأساسية (رأس المال المالي والبشري) التي تحتاجها الحكومات لمواجهة التحديات الناجمة عن التغيّر المناخي (زيمرمان وفارس، 2011). وفي بعض الحالات، تم إدماج تخطيط التكيّف في الخطط القطاعية مع وجود تعاونٍ بين القطاعات المختلفة بتنسيق فريق مخصص للتخطيط المناخي واستراتيجية التكيّف على مستوى المدينة (آيليت، 2015). وفي حالات أخرى، يسير التخطيط والعمل بطريقة محدودة ومعزولة (براموفا وآخرون، 2015؛ تشيسترمان ونيلي، 2015). ولم تحدّد بلدان أخرى بعد بوضوح المسؤولية عن تخطيط التكيّف وتعتمد اعتمادًا كبيرًا على الخبراء الاستشاريّين من القطاع الخاص أو على دعم المنظمات والشبكات الدولية غير الربحية (كارمن وآخرون، 2012 أ، ب؛ آيليت، 2014).

3.2 تكيّف النظم الزراعية والغذائية مع التغيّر المناخي

ماذا يكن أن تفعل المجتمعات المحلية المتأثرة التي تعتمد جزئيًا أو كليًا على الموارد الطبيعية في كسب رزقها استجابةً للزيادة الكبيرة في التقلّب المناخي؟ لقد تم اقتراح مجموعة من الأساليب سابقًا لزيادة مرونة نظم الإنتاج الزراعي في مواجهة التغيّر المناخي، ولا سيّما في إطار التمهيد «الزراعة الذكية مناخيًا» (مثل منظمة الأغذية والزراعة، 2010)؛ ثورنتون وآخرون، 2013). وتتراوح الخيارات بين زيادة كفاءة نظم المحاصيل والماشية من خلال آليات مختلفة تتعلّق بإدارة التربة والعناصر المُغذّية، وتجميع المياه والاحتفاظ بها، وتحسين إدارة النظم البيئية والتنوع الحيوي، وتنويع الأنشطة في المزارع (الاستخدام السليم للتقنيات الزراعية، والتوقيت السليم لموسم الزراعة، والحراثة، والري، والتسميد)، واستخدام التنبؤات الجوية ونظم الإنذار المبكر، وأساليب إدارة المخاطر مثل التأمين المستند إلى المؤشرات ومنتجات نقل المخاطر (بارنيت وآخرون، 2008؛ أنطون وآخرون، 2012). وكمثالٍ على ذلك، فيما يتعلّق بتوقيت بداية موسم الزراعة، أظهر كريسبو وآخرون (2011) أنّه من الممكن التكيّف مع التغيّرات المناخية المتوقعة حتّى خمسينيات القرن الحادي والعشرين على أقل تقدير في نظم إنتاج الذرة في أجزاء من الجنوب الأفريقي عن طريق تغيير أوقات الزراعة. كما اعتمد المزارعون في شمال بوركينا فاسو تقنيات عديدة تهدف إلى زيادة إنتاجية المحاصيل والحد من تقلّبها (باربير وآخرون، 2009)، غير أنّه تجدر الإشارة إلى أنّ العوامل المحرّكة لهذه التحوّلات لم تكن التقلّب المناخي، بل شح الأراضي المتزايد والفرص الجديدة في السوق. وفيما يتعلّق بخيارات زراعة الأراضي الجافة، فقد قام المزارعون بالفعل بتغيير ممارساتهم تغييرًا كبيرًا، وحدثت تغيّرات أساسية عندما تم بلوغ عتبات حرجة في درجات الحرارة و/أو هطول الأمطار (جورنول وآخرون، 2010). وقد دفعت التغيّرات في طبيعة وتوقيت موسم الزراعة صغار المزارعين إلى الزراعة لمدة أقصر أو زراعة أصناف ومحاصيل تتمتع بقدرة أكبر على تحمّل الحرارة والجفاف (هيلين وآخرون، 2012). ومع تحسين تقنيات جمع وتخزين المياه والتي يمكن أن تحدّ من اعتماد المزارعين على هطول الأمطار، فمن غير المرجح أن تكون كافيةً للحدّ بشكلٍ كبيرٍ من تأثرهم بالجفاف (باربير وآخرون، 2009).

وترى فئة أخرى أنّ التغيير المؤسسي هو مطلب بالغ الأهمية لتعزيز مرونة النظم الرعوية والزراعية للأراضي الجافة. وعلى سبيل المثال، ستحتاج الحكومات إلى الاستثمار في الإنتاج الزراعي لصغار المزارعين، ولا سيّما في الأنشطة التي تقوم بها في المراحل النهائية من الإنتاج مثل التخزين والتتبع والتجهيز والبيع بالتجزئة؛ تنفيذ وتوسيع نطاق الخيارات التي تساعد المنتجين على أن يكونوا أكثر مرونة في مواجهة تقلبات المناخي، مثل الاستخدام واسع النطاق الآن لخطط تأمين المحاصيل الصغيرة في الهند وبعض البلدان الأخرى؛ ووضع برامج شبكات الأمان للأسر الأكثر تأثرًا (ليبر، 2011). وذكر كودجو وأوسو (2011) في غانا مثالًا ثانيًا، حيث أظهر إمكانية تعزيز الأمن الغذائي من خلال زيادة مرافق التخزين في المزارع؛ وتحسين نظام النقل، لا سيّما الطرق الفرعية التي تربط مناطق إنتاج الأغذية بالأسواق الرئيسية؛ وتزويد المزارعين بأنظمة الإنذار المبكر؛ وتقديم التسهيلات الائتمانية إلى المزارعين؛ واستخدام الري التكميلي. وقد تؤدي بعض الممارسات الثقافية، ولا سيّما تلك التي تحظر استهلاك بعض الأغذية، إلى الحد من قدرة بعض الأفراد والمجموعات العرقية على التكيّف مع اضطرابات النظام الغذائي (ثورنتون وآخرون، 2014) و ينبغي أخذها بالاعتبار عند تخطيط برامج التكيّف. و ينبغي التشديد على إدماج مختلف أنواع المعارف المطلوبة (بما في ذلك معارف الشعوب الأصلية ومعتقداتها) وجمع مختلف مجموعات الأطراف ذات العلاقة معًا. وستلزم عملية ابتكار كبيرة في مجال البحوث العملية القائمة على المشاركة (زيرفوغيل وأوبيري، 2010). و ينبغي للقدرة التنبؤية المحدودة ألا تقيّد الاستجابات التكيّفية، كما أنّ الإبداع مطلوب للتوصّل إلى إجابات قابلة للتنفيذ ردًا على أسئلة مجموعة واسعة من صناع القرار بشأن التكيّف المناسب للنظم الحيوية والغذائية. وعلاوةً على ذلك، من الضروري تفعيل أدوات في إطار السياسات الزراعية، لا سيّما في إطار السياسة الزراعية المشتركة، لتعزيز قدرة القطاع على التكيّف مع التغيّر المناخي (فارغاس-أملين وبندادو، 2014). وفي الوقت نفسه، من المهم جدًا ربط المخاطر بملفات صنع القرار للمزارعين ومآخذهم تجاه الاستثمار واعتماد التقنية (ثورنتون وآخرون، 2014). ورغم أنّ بعض العمل قد تم القيام به في هذا الصدد (سولانو وآخرون، 2000)، فإنّ الأمر يحتاج إلى إجراء دراسات أكثر تعمقًا نظرًا لصعوبة زيادة معدلات اعتماد الممارسات الرئيسية وضرورة تحديد معايير إدارة المخاطر.

3.3 تكيّف نظم المياه والصرف الصحي مع التغيّر المناخي

استنادًا إلى المناقشة المعروضة في القسم (2) من هذا التقرير، فمن المعقول توقّع أن تزداد وتيرة الفيضانات وحالات الجفاف ومدتها وشدتها. وبالتالي، فإنّ الاستجابة المناسبة تتمثّل في ضمان تخطيط وتصميم البنى التحتية للمياه وإدارة المياه في المستقبل من أجل تحسين إدارة المخاطر المتزايدة المفترضة. وبهذا، فإنّ الزيادات المتوقعة في التقلّب المناخي من المرجح أن تتطلّب نظمًا أكثر قوة للمياه للتعامل مع كل من متطلّبات إدارة المياه المتزايدة والمتسارعة لدى السكان المتزايدين والمخاطر المتزايدة المرتبطة بالتغيّر المناخي (ستاخيف، 2011).

1.3.3 النهج العام لتكيّف نظم المياه مع التغيّر المناخي

لقد تطوّرت الإدارة المتكاملة للموارد المائية مع مبادئها الأساسية للتكيّف مع التغيّر المناخي (ستاخيف، 2003) ووظّفت أدوات متنوعة في مجموعات مختلفة للحد من قابلية التأثر، وتعزيز مرونة النظام ومتانته، وتقديم توصيل موثوق للخدمات المتعلّقة بالمياه. تتشكّل هذه الأدوات من العديد من الابتكارات التقنية والتغييرات في التصميم الهندسي، والتخطيط متعدّد الأهداف لمستجمعات المياه، والمشاركة العامة، والترتيبات التنظيمية والأدوات المالية، وحوافز السياسات (كابات وآخرون، 2003). ومع ذلك، فهناك حاجة إلى مؤسسات تعمل بصورة جيدة لضمان الإدارة الفعالة لهذه المجموعة الواسعة من التركيبات المعقدة والمتفرقة والمكلفة من التدابير الإدارية. لذلك، فإنّ معالجة القضية المركزية المتمثلة في «الحوكمة» هي شرط أساسي لأي استراتيجية تهدف إلى التعامل بفعالية مع التكيّف مع التغيّر المناخي (احتمالية الاحتباس الحراري العالمي 2009، 2010). ويمكن إرجاع الأساس الرسمي للإدارة المتكاملة للموارد المائية إلى مؤتمر الأمم المتحدة للمياه عام 1977 (بيسواس، 2004). الإدارة المتكاملة للموارد المائية موجّهة نحو تحقيق اللامركزية في المؤسسات حول أحواض الأنهار الكبرى، أو حجم معيّن للمستجمعات المائية، والجمع بين العناصر المختلفة لتخطيط الموارد المائية. وهي تسعى جاهدة إلى تكامل الإدارة عبر نطاقات متعدّدة مع تحقيق مصالح العديد من الأطراف ذات العلاقة (انجل وآخرون، 2011). تحسين الحوكمة، من خلال الإدارة المتكاملة للموارد المائية، هو الوسيلة الرئيسية لحل المنافسة بين متطلّبات القطاعات المتعدّدة على الموارد المائية المحدودة. كل قطاع يعتمد على المياه (البيئة، وإمدادات المياه، والصرف الصحي، والزراعة، والطاقة المائية، والملاحة) يصمّم حتّى الآن مجموعته الخاصة من مبادئ الإدارة والقواعد والحوافز التي يتم تعظيمها، والتي غالبًا ما تتعارض مع بعضها البعض. وحل هذه النزاعات المؤسسية المتأصلة بين القطاعات أمر بالغ الأهمية لنجاح التكيّف مع التغيّر المناخي (ستاخيف، 2011).

لقد تطوّر مفهوم آخر للتعامل مع حالات عدم اليقين وهو مفهوم الإدارة التكيّفية، الذي تضرب جذوره في نظرية المرونة (هولنج، 1978)، ويهتم بشكل أساسي بإدارة عدم اليقين من خلال التجريب الرسمي والتعلّم القائم على التجربة العملية (هويتما وآخرون، 2009). وبعبارة أخرى، فإنّ الإدارة التكيّفية هي عملية اتخاذ القرار والتي «تعزّز اتخاذ القرار المرن الذي يمكن ضبطه في مواجهة عدم اليقين الناتج عن الإجراءات الإدارية وعندما تصبح الأحداث الأخرى مفهومة بشكل أفضل» (المجلس الوطني للأبحاث، 2004). إنّها عملية مستمرة من التعديل والتكيّف المرن، والتي تحاول التعامل مع التغيّرات السريعة المتزايدة في مجتمعاتنا واقتصاداتنا والتغيّرات التقنية (ستاخيف، 2011).

على الرغم من المفهومين السابقين، فقد اتبعت الولايات المتحدة على مدار الخمسين سنة الأخيرة مسارًا لما يمكن تسميته «التكيّف المستقل» مع التقلّبات والتغيّرات المناخية، والذي أثبت فعاليته بشكل معقول فيما يتعلّق بإدارة الموارد المائية (ستاخيف، 2011). يشير التكيّف المستقل إلى الإجراءات التي يتخذها الأشخاص المتأثرون دون تدخلات مخططة (فورسيث وإيفانز، 2013). حيث أدرج التكيّف المستقل في الولايات المتحدة والاتحاد الأوروبي العديد من المبادئ المرتبطة بالإدارة المتكاملة للموارد المائية والإدارة التكيّفية والتنمية المستدامة (لوكس وآخرون، 2000). وتشكل هذه الأساليب، والتغيّرات المرتبطة بها في التقييم وقواعد القرار المعياري لإدارة الموارد المائية، الأسس المفاهيمية لنهجٍ عملي متطوّر للتعامل مع عدم اليقين المتعلّق بالتغيّر المناخي (ستاخيف، 2011).

2.3.3 البنية المؤسسية لتكيّف الموارد المائية مع التغيّر المناخي

بصرف النظر عن الأمثلة الملهمة مثل أمثلة فانكوفر أو كوبنهاغن أو ديربان، أظهرت الدراسات أنّ الحدّ الأدنى من الإجراءات قد تمت من أجل تكييف النظم الحضرية لمواجهة آثار التغيّر المناخي (آيليت، 2014؛ كارمن وآخرون 2012 ب). تميل إدارة المياه حتّى الآن إلى غياب التنسيق المطلوب بين المؤسسات المختلفة على المستوى المحلي والإقليمي ممّا ينشأ عنه تعقيدين اثنين؛ أولًا، عدم موثوقية تفسير التنبؤات العالمية على الصعيدين المحلي والإقليمي، وبالتالي قد تؤدي الإجراءات المنفصلة إلى زيادة العبء الاقتصادي (حداد وميريت، 2001؛ أولمستيد، 2014). ثانيًا، المعلومات المطلوبة لتطوير مدخلات بيانات إدارة المياه إلى نماذج التقييم المتكاملة والتي تسعى إلى نمذجة التكيّف هي بحوزة مؤسسات إدارة المياه المحلية المنفصلة، ممّا يفرض تحديات على جمع البيانات بشكل شامل ومتسق. وتؤخر العمليات البيروقراطية البيانات والمعلومات أو تمنع الوصول إليها، ممّا يعيق أو على الأقل يؤخر تخطيط التكيّف (أزهوني وآخرون، 2017). بالإضافة إلى ذلك، يُشار إلى أوجه الغموض في المسؤوليات بين المؤسسات المختلفة على أنّها تتسبّب في اختناقات مؤسسية (أزهوني وآخرون، 2017)، ناهيك عن أوجه الغموض في المسؤوليات داخل المؤسسة ذاتها. وفي الوقت نفسه، وبما أنّ التغيّر المناخي مثل الجفاف هو ظاهرة عدم يقين تتطوّر ببطء؛ فإنّ ذلك لا يُسهم في تحفيز الإجراءات في عالم مُسيّس يواجه صعوبات عميقة في التعامل مع الإجراءات والبرامج غير المؤكدة التي تتطلّب استثمارات ضخمة مقدمًا لتفادي مخاطر غير معروفة (ستاخيف، 2011). وتعني المشكلات، مثل تدهور البنية التحتية، انشغال مؤسسات المياه بمعالجة أوجه القصور الحالية بدلًا من المخاوف المستقبلية (أزهوني وآخرون، 2017).

علاوةً على ذلك، أثبت تسويق المياه أنّه قضية حساسة للغاية تزيد من صعوبة وتعقيد الإدارة المستدامة للمياه. في الواقع، قد يكون لبعض مؤسسات إدارة المياه دور في الحد من التوسّع في تسويق المياه كما هو الحال في الغرب الأمريكي (ليبيكاب، 2011)، ممّا قلّل من إمكانية الاستجابة بمرونة لعدم اليقين المائي المرتبط بالتغيّر المناخي. وقد أنشِئت مؤسسات المياه هذه بشكل أساسي لتمكين الزراعة والاستيطان في المنطقة القاحلة غربيْ الولايات المتحدة الأمريكية (أولمستيد، 2014). وكان بعض الباحثين أكثر تشكيكًا في قدرة المؤسسات الحالية على تعزيز أسواق المياه الأكثر قوة والتي من شأنها أن تساعد في التكيّف مع المناخ، منذ أن تم حجز مخصصات المياه التاريخية (ليبيكاب، 2011). على سبيل المثال، إنّ الاختلافات الحادة في قيم المياه الهامشية عبر القطاعات هي نتاج مخصصات حقوق المياه التاريخية، والتسعير غير الفعال، ومشاريع الري المدعومة (فال، 1989). للتوضيح، يدفع المزارعون في مقاطعة بينما في ولاية أريزونا 27 دولارًا لكل فدان – قدم على سبيل المثال، بينما يدفعون مستهلكين المياه في مدينة توسان المجاورة من 479 دولارًا إلى 3267 دولارًا لكل فدان – قدم (بريوير وآخرون، 2008). في وادي ريو غراندي بولاية تكساس، تم تقدير قيمة المياه في الزراعة من 300 دولار إلى 2300 دولار لكل فدان – قدم، وفي الاستخدامات الحضرية تتراوح من 6500 دولار إلى 21000 دولار لكل فدان – قدم (جريفين وبودو، 1992). مثالٌ آخرٌ من الأردن حول استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري الزراعي؛ حيث قرّرت الحكومة الأردنية توفير المياه المعالجة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي بأسعار منخفضة للغاية كحافزٍ للمزارعين لاستغلال هذا المورد المائي في الري. وأصبح استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري الزراعي ممارسةً راسخةً في الأردن، ومع ذلك، تواجه الحكومة الأردنية مقاومةً كبيرةً لتعديل تعرفة مياه الصرف الصحي المعالجة. ويجدر بالذكر هنا أنّ التعرفة الحالية لمياه الصرف الصحي المعالجة هي 10 فلس/م^3 بينما قد تصل تكلفة المعالجة إلى 600 فلس/م^3. في حين أنّ هذيْن مثالان فقط، ومع أنّ الأسعار والقيم هذه لسلعٍ مختلفةٍ (المياه غير المعالجة مقابل المياه المعالجة المنقولة بالأنابيب)، فإنّ أسعار المياه الحالية لا تساوي بشكل عام بين القيم الهامشية للمياه لجميع المستخدمين (أولمستيد، 2014). جرت محاولات مؤخرًا للتحكم بشكل أفضل في مياه الري في بعض الولايات الأمريكية على النحو المنصوص عليه في قانون الحفاظ على المياه في كاليفورنيا لعام 9200، حيث يُلزم القانون كافة كبار مزوّدي المياه الزراعية (مثل مناطق الري) قياس المياه التي يتم توصيلها إلى المزارع واعتماد شكل من أشكال التسعير الكمي (أولمستيد، 2014) لكنّ ذلك ما يزال غير كافٍ لزيادة مرونة أنظمة المياه لمواجهة آثار التغيّر المناخي. ومن الجدير بالذكر أنّه في جميع أسواق السلع والخدمات تقريبًا، تعكس الأسعار ندرة الموارد، وتنقل رسالةً حول الندرة النسبية والقيمة الناجمة عن الاستخدام. ومع ذلك، في حالة المياه، يتم تحديد الأسعار إداريًا، من خلال آليات غالبًا ما تكون سياسية ونادرًا ما تأخذ القيمة الاقتصادية في الاعتبار. لذلك، لا تستجيب أسعار المياه تلقائيًا للتغيّرات قصيرة وطويلة الأجل في الإمدادات (أولمستيد، 2014). كما أنّ العلاقة العكسية بين الجفاف ومستويات الأسعار في الولايات المتحدة (بيل وغريفين، 2011)، كما وأنها لا تعتبر كعلامة مشجعة في بلدان أخرى مثل الأردن.

على الرغم من أنّ تسعير المياه يلعب دورًا رئيسيًا في إدارة الموارد المائية المحدودة، هناك أيضًا سياسات وبرامج متجاوبة أخرى قد تكون فعالة لإدارة الطلب على المياه غير المسعرة. تندرج هذه البرامج في الفئات الرئيسية التالية: (1) التبني الطوعي لتقنيات الحفاظ على المياه مثل اعتماد النماذج الحديثة للمراحيض «ذات التدفق المزدوج» (بينير وآخرون، 2012)؛ (2) القيود الإلزامية على استخدام المياه، والتي قد تحدّ من الكمية الإجمالية للمياه التي يمكن استخدامها أو تقيّد استخدامات معيّنة للمياه؛ أي الحدّ من ري المساحات الخضراء وغسيل السيارات. ومع ذلك، فإنّ الأدلة التجريبية بشأن تأثيرات هذه الإجراءات على الحفاظ على المياه مختلطة (شولتز وآخرون، 1997)؛ (3) سياسات المعلومات والمقارنة الاجتماعية. على سبيل المثال، اكتشف الاقتصاديون الأثر على تزويد الأسر بمعلوماتٍ حول استهلاكهم للمياه مقارنةً مع جيرانهم وقدّروا التأثيرات على مثل هذه المقارنات الاجتماعية على استخدام المياه. وأظهر فيرارو وبرايس (2013) أنّ رسائل المقارنة الاجتماعية كان لها تأثير أكبر على السلوك (تقليل الطلب على المياه) من الرسائل الاجتماعية الإيجابية البسيطة حول الحاجة إلى الحفاظ على المياه خلال فصل الصيف الجاف، أو المعلومات الفنية حول طرق الحفاظ على المياه؛ (4) برامج المحافظة غير السعرية المختلطة. على سبيل المثال، أظهرت برامج تعليم المساحات الخضراء المقترنة ببرامج تقييد المياه تقليلها من استخدام المياه (كورال، 1997). وتجدر الإشارة إلى أنّ سياسات إدارة الطلب هذه استهدفت في المقام الأول المستهلكين السكنيّين ولا يُعرف سوى القليل عن تأثيرها المحتمل على استهلاك المياه في القطاعات الأخرى (أولمستيد، 2014). في الواقع، خلقت العلاقات بين القطاعات نزاعات، لا سيّما في ظل الوجود الكبير للقطاع الزراعي كمستهلك رئيسي للمياه في العديد من البلدان. وفي فترات الجفاف الشديد فقط، يتم إعادة توزيع كميات كبيرة من مياه الري للاستهلاك البشري (فارغاس-أملين وبندادو، 2014)، رغم وجود أدلة تجريبية مهمة على أنّ توافر مياه الري يحمي من المخاطر الاقتصادية الناجمة عن انخفاض الإنتاجية الزراعية المرتبطة بالجفاف الدوري (هانسن وآخرون، 2011). وتجدر الإشارة إلى أنّ إعادة توزيع المياه تتطلّب شبكة واسعة من البنية التحتية لتخزين وإعادة توجيه الموارد المائية، وتحقيق الأمن المائي وتخزين احتياطي لفترات الجفاف الطويلة. في الواقع، وضعت وزارة المياه والري سياسة إعادة توزيع المياه الخاصة بها والتي تُحدّد أولويات استخدامات المياه من قبل القطاعات المختلفة ولديها خطة واضحة لخفض استخدام المياه العذبة لأغراض الري، مع تعويض احتياجات الري بالموارد المائية غير التقليدية، لا سيّما المياه المعالجة. وبالمثل، يمكن عرض أمثلة من العديد من البلدان الأخرى التي تعاني من ندرة المياه، والتي نجحت في إدارة مواردها المائية. في حالات تحلية المياه وإعادة استخدامها، تكون تكاليف تطوير الطاقة والبنية التحتية كبيرة، ويجب تقييم الآثار البيئية المحتملة. ومع ذلك، يمكن أن تصبح هذه الموارد الإضافية المتوفرة بسهولة في بعض الأماكن، ضمانًا للإمدادات وتحريرًا كبيرًا للضغط على تدفقات الأنهار المستغلة بكثافة وأحواض المياه الجوفية

(فارغاس-أملين وبندادو، 2014). على أية حال وبالنظر إلى انتشار سياسات الحفاظ على المياه هذه، من المهم فهم الأشكال التي من المحتمل أن تتخذها مثل هذه السياسات في ظل تزايد ندرة المياه أو التباين الهيدرولوجي، لا سيّما وأن فعاليتها من حيث التكلفة في تقليل الطلب أقل بكثير من رفع أسعار المياه (منصور و أولمستيد، 2012).

نظرًا لتعقيد البنية المؤسسية المائية المطلوبة لتحقيق التكيّف مع التغيّر المناخي، فقد تم الإبلاغ عن خطوات عملية من قبل العديد من الباحثين والتي يمكن تقسيمها إلى عدة مستويات كجزءٍ من استراتيجية شاملة للتعامل مع حالات عدم اليقين المتعلّقة بالتغيّر المناخي. يمكن أن يستفيد المستوى الأول مما يسمى بإجراءات «عدم الندم» – وهي الإجراءات التي تعالج التغيّر المناخي بدون تكلفة أو التي تُسهم في تحقيق أولويات التنمية الأخرى (بيلكي، 2005) – أي استخدام الموارد الشحيحة بكفاءة من أجل تحقيق أهداف متعدّدة (آيليت، 2015). والمستوى الثاني هو استراتيجية مشتركة بين الوكالات – وهي استراتيجية يمكن لأي جهة مثل وزارة المياه والري أن تشرع بها كجزءٍ من مجموعة الإجراءات التقديرية الخاصة بها في حدود صلاحياتها. وقد يتمثّل المستوى الثالث في مبادرات تنسيق العلوم التي من شأنها أن تتناول مجموعة جديدة من التقنيات المائية لتحليل المخاطر و الموثوقية وعدم اليقين الذي يمكن استخدامه لنمذجة جوانب عدم اليقين المناخي. وسيشمل ذلك تطوير توزيعات الاحتمالات المتوافقة مع أوجه عدم اليقين المتعلّقة بالتغيّر المناخي والتي تعطي وزنًا أكبر لأوجه عدم اليقين في الظواهر المائية المتطرفة. وقد كان هذا التنسيق جاريًا (بريكي وآخرون، 2009). وأخيرًا، سيكون المستوى الرابع من المشاركة مدفوعًا بالسياسات، ويتعامل مع تغيير قواعد القرار الأساسية وإجراءات ومعايير التقييم - مثل طرق تحديد الأضرار السنوية المتوقعة، وقواعد القرار المُحسَّنة المرتبطة بها مثل «تعظيم صافي الفوائد» أو «تقليل تكلفة المخاطر» - التي تحتاج إلى المراجعة لضمان توافقها مع طبيعة المخاطر وأوجه عدم اليقين التي يفرضها التغيّر المناخي (ستاخيف، 2011).

وأخيرًا، تتميّز البيئة المثالية للتكيّف الناجح والفعال من حيث التكلفة بسياسات ومؤسسات إدارة المياه التي تتسم بالمرونة والمتانة في مواجهة عدم اليقين (أولمستيد، 2014). يمكن أن تشمل الاستجابات المؤسسية التكيّفية، بالإضافة إلى التغييرات القانونية في أنظمة حقوق المياه وأسعار المياه ما يلي: تغيير هيكل الأسعار؛ تنفيذ أو توسيع بنوك المياه؛ التأجير والتسويق؛ والتغيّرات في الاستثمار في البنية التحتية للمياه وتشغيلها، بما في ذلك السدود وخزانات التجميع والبنية التحتية لنقل المياه (لوميس وآخرون، 2003). علاوةً على ذلك، قد تكون عمليات نقل المياه المخصصة عن طريق التفاوض استجابة تكيّفية إضافية. ففي العقد الماضي، تم توحيد اتجاهين مرتبطين بوضوح بالخيارات السياسية المضادة فيما يتعلّق بنقل المياه: الدفاع بلا هوادة عن عمليات نقل المياه من أحواض «الفائض» إلى الأحواض «التي تعاني من عجز»، واتجاه معاكس يرفض عمليات النقل ويركّز بدلًا من ذلك على تحلية المياه والتدابير الأخرى التي تعزّز من استخدام الموارد غير التقليدية (فارغاس-أملين وبندادو، 2014). ويمكن أن تشمل الاستجابات غير القابلة للتكيّف مع التغيّر المناخي في قطاع المياه عمليات «الاستيلاء» المحلية أو الإقليمية أو الوطنية على المياه من الموارد المائية السطحية والجوفية المشتركة التي تفتقد إلى حقوق ملكية واضحة، وكذلك تصدير تلوّث المياه إلى ولايات أسفل المجرى أو في المصب (أولمستيد، 2014). وقد وجدت التحليلات التجريبية لانتشار تلوّث المياه في المواقع العابرة للحدود، أنّ البلدان وحتّى الولايات والمقاطعات، تتمتع بالحرية فيما يتعلّق بجودة المياه، حيث إنّ مستويات التلوّث أعلى بالقرب من الحدود الدولية (بيرنوير وكهن، 2010؛ سيجمان، 2002) وكذلك بالقرب من الحدود دون الوطنية الداخلية (ليبسكومب ومبارك، 2008). وقد حدّدت دراسة حديثة لأحواض الأنهار العالمية العابرة للحدود تلك «المعرّضة للخطر» بسبب مزيـجٍ من: (1) الزيادات المستقبلية المتوقعة في التباين الهيدرولوجي بسبب التغيّر المناخي (2) ضعف (أو عدم وجود) المعاهدات والمؤسسات الأخرى لإدارة توزيع المياه (ديستيفانو وآخرون، 2010). وتقترح نظرية اقتصادية أنه إذا تضاءلت الموارد أو أصبحت أقل قابلية للتنبؤ بمرور الوقت، وكانت في الأساس سهلة الوصول، فإنّ الحافز على الإفراط في استغلالها يزداد بدلًا من أن ينقص (أولمستيد، 2014).

3.3.3. تكيّف البنى التحتية للمياه والصرف الصحي مع التغيّر المناخي

1.3.3.3 تكيّف البنى التحتية للمياه مع التغيّر المناخي

من المؤسف أن نذكر أنّ العديد من المؤسسات البلدية المهمة - بما فيها تلك المسؤولة عن المياه ومياه الصرف الصحي والصحة وكودات البناء - لا تزال على هامش جهود التكيّف الحضري (آيليت، 2015). وفي حين يروّج المجتمع الدولي لتوقعات التغيّر المناخي غير المؤكدة للغاية للهيئة الحكومية الدولية المعنية بالتغيّر المناخي ويبتكر العديد من الأساليب لتقييم قابلية التأثر الإقليمية (كوندزيفكيز وستاخيف، 2010)، فإنّهم في الوقت ذاته لا يعملون على وضع إطار عملي لأساليب التخطيط والتصميم لجيلٍ جديد أكثر قوةً وموثوقيةً ومرونةً من البنى التحتية للموارد المائية، والذي سيكون قادرًا على التعامل بفاعلية أكبر مع مخاطر عدم اليقين المتزايدة. بدلًا من ذلك، يستمر التركيز على ما يسمى بـ «المسار الناعم» للتكيّف مع التغيّر المناخي (على سبيل المثال، جليك، 2002)، والذي يدعو إلى إمكانية فصل النمو الاقتصادي والتنمية الاقتصادية عن تنمية الموارد المائية، مع التركيز على استراتيجيات عامة مثل الحفاظ على المياه، وكفاءة استخدام المياه في الزراعة، و»التعايش مع الفيضانات والجفاف» (ستاخيف، 2011). بالنسبة إلى معظم الدول النامية، تعد

إدارة الطلب («المسار الناعم») شرطًا ضروريًا ولكن غير كافٍ للنمو والتنمية والتكيّف مع التغيّر المناخي (ستاخيف، 2011). في الواقع، يجب تعزيز مجموعة قواعد القرار ومبادئ التقييم المستخدمة لتبرير الاستثمار، وتحسين مواءمتها مع الآثار المترتبة على المسار المناخي المستقبلي ظنّي الحدوث، بحيث تنعكس التأثيرات المائية لحالات عدم اليقين بصورة سليمة في تصميم البنية التحتية للمياه (ستاخيف، 2011). ويجب مراعاة الفئات الخمسة الأساسية التالية للتكيّف مع التقلّب والتغيّر المناخي من قبل الجهات المسؤولة عن إدارة المياه واستراتيجيات إدارة المياه:

1. التخطيط لاستثمارات جديدة أو لزيادة القدرات (الخزانات، وأنظمة الري، والسدود، وإمدادات المياه، ومعالجة مياه الصرف الصحي)
2. تشغيل ومراقبة وتنظيم النظم الحالية لاستيعاب الاستخدامات أو الظروف الجديدة (مثل النظام البيئي، والتغيّر المناخي، والنمو السكاني)
3. صيانة وإعادة تأهيل الأنظمة القائمة (السدود، أنظمة الري، القنوات، المضخات...إلخ)
4. تعديلات في العمليات والطلبات (الحفاظ على المياه، التسعير، التنظيم، التشريع) للأنظمة الحالية ومستخدمي المياه
5. تقديم تقنيات جديدة فعالة (تحلية المياه، التقنية الحيوية، الري بالتنقيط، إعادة استخدام مياه الصرف الصحي، إعادة التدوير، الطاقة الشمسية)

يُعدّ حجم وتوجّه التكيّف مع التغيّر المناخي من خلال الاستثمار في البنية التحتية للمياه والتغيّرات في تشغيل البنية التحتية أمرًا بالغ الأهمية، لأنّ الغرض الرئيسي للبنية التحتية التقليدية للموارد المائية هو تسهيل التعامل مع التباين في إمدادات المياه، إما عبر تخزين المياه استعدادًا لمواسم الجفاف خلال السنة أو الجفاف الدوري، أو الحفاظ على سعة تخزين كافية لاستيعاب التدفقات الزائدة أثناء مواسم الأمطار أو الفيضانات الدورية. والغرض الرئيسي الآخر هو الأخذ بعين الاعتبار التقلّب المناخي والظروف الجوية القاسية من خلال اختيار بنية تحتية أكثر مرونة وجدوى للمياه ومياه الصرف الصحي ضمن الميزانية السنوية المخصصة. وقد يكون التكيّف مع التغيّرات المرتبطة بالمناخ في وتيرة وشدة الظواهر الجوية المتطرفة المتعلّقة بالموارد المائية (الجفاف والفيضانات) أكثر صعوبة من التكيّف مع التغيّرات في متوسط درجة الحرارة وهطول الأمطار (هانزن وآخرون، 2011؛ ريلي، 1999). ومن الجدير بالذكر أنّ تكاليف إمدادات المياه والتكيّف مع إدارة الفيضانات هي من بين الفئات الثلاث الأولى لتكاليف التكيّف المقدّرة في الدول النامية (نارين وآخرون، 2011) ويرجع ذلك جزئيًا إلى النمو السكاني المرتفع. ويمكن أن تشمل التكاليف ذات الصلة بالبنية التحتية للمياه البلدية ما يلي: إنشاء أو تعزيز حواجز الفيضانات، أو البنية التحتية الخضراء لحماية المرافق القائمة (مثل محطات معالجة المياه أو مياه الصرف الصحي في المناطق المنخفضة)؛ وإنشاء أو تعزيز البنية التحتية لتغذية وتخزين المياه الجوفية الطبيعية أو الاصطناعية؛ وزيادة سعة التخزين لخزانات التجميع (رفع السدود، إزالة الرواسب من الخزانات، خفض مآخذ المياه)؛ وزيادة مرونة البنى التحتية للصرف الصحي (إدارة الموارد المائية بكاليفورنيا، 2008؛ وكالة البيئة الأوروبية، 2007؛ وكالة حماية البيئة الأمريكية، 2012). إنّ أهم الدراسات التجريبية حتّى تاريخه حول المدى والتكلفة المحتملين لمثل هذه التدابير في الدول الصناعية تضع تقديرات التكلفة الهندسية لاستثمارات البنية التحتية التكيّفية، ثم تحسب إمكانية تخفيض هذه التكاليف في حال رفع أسعار المياه بحيث تعكس زيادة ندرة المياه، بما يؤدي إلى انخفاض الطلب، وبالتالي تقليل حجم استثمارات البنية التحتية الضرورية (هيوز وآخرون، 2010).

على أي حال، ينبغي للمرء ملاحظة أنّ الظواهر المتطرفة والتغيّرات التي نمر بها لا تزال ضمن «مستوى» التقلّبات المناخية التاريخية الطبيعية - وإن كانت تستند إلى سجلات تاريخية قصيرة نسبيًا تمتد لقرنٍ من الزمان. وقد تم تصميم البنية التحتية الحالية للموارد المائية لاستيعاب هذا التقلب. وعند مناقشة طرق صنع القرار العملية للتكيّف، تجدر الإشارة إلى أنّه كان هناك عدد قليل جدًا من الإخفاقات في البنى التحتية لإدارة المياه (حيث فشلت البنية التحتية قبل تجاوزها للقدرة التصميمية). في الماضي، كانت الممارسات الهندسية القياسية مسؤولة عن حالات عدم اليقين المتعلّقة بالفشل الإنشائي من خلال القيام بتصميم زائد عن الحاجة للمشروع من أجل العديد من السمات. ولذلك، تمت إضافة عبارة « المساحة الإضافية أعلى السد» لحساب «الفيضان القياسي للمشروع»، والذي كان يُحتسب للأخذ بالاعتبار أوجه الشك المرتبطة بالتقلّب المائي المتأصل في السجل المائي القصير نسبيًا. ويمكن التخلّص من «عوامل الأمان» هذه، والتي تعوّض عن نقص المعلومات حول التقلّب المناخي والتعامل مع المجهول، إذا عرفنا أكثر عن أنماط المناخ المستقبلية واستطعنا التنبؤ بها بشكل أفضل. ولسوء الحظ، لا يمكن للجيل الحالي من نماذج التدوير العامة توفير أساس مناسب لتصميم البنية التحتية الهيدروليكية مثل السدود وأنظمة الري والقنوات (ديساي وفان دير سلوجيس، 2007؛ ديساي وآخرون، 2009). وبالتالي، يجب أن يكون هناك موقف احتياطي عملي يمكن للمخطّطين والمصمّمين الاعتماد عليه في هذه الفترة المؤقتة، حيث ينتظر قطاع المياه تحسين القدرة على التنبؤ بنماذج التدوير العامة. ومع ذلك، لا يُتوقع أن يحدث هذا التحسين خلال العقديْن المقبليْن (تحالف استخدام المياه في المناطق المدارية، 2009؛ ستاخيف، 2011). ولذلك، في أي منطقة أو موقع معيّن، يتوجّب على المخطّطين والمصمّمين تحديد مجموعة واسعة من القضايا ذات الصلة بالتخطيط (الحجم المناسب للمشروع الذي يزيد الخدمات العامة إلى أقصى حد) وقضايا

التصميم الهيدروليكي (السلامة الإنشائية) التي تعتمد دائمًا على تردّدات الظواهر المائية وهطول الأمطار. وفي كلتا الحالتين، فإنّ إدارة الموارد المائية ترتبط أساسًا بكيفية تعريف وتحديد خصائص الظواهر المتطرفة كالفيضانات والجفاف، إلى جانب مجموعة متنوعة من الأساليب وإجراءات التقييم والمعايير للحدّ من المخاطر التي يتعرّض لها المجتمع.

و ينبغي إدراك أنّ نظم إدارة المياه ليست مصممة لتقديم الخدمات أو للحماية من كافة الأحداث المتطرفة المتوقعة كنتيجةٍ للتقلّب المناخي المعاصر على النحو الذي نفهمه، بل هي مصممة للتقليل من مجموعة المخاطر والتكاليف الناجمة عن مجموعة واسعة من المخاطر التي يتعرّض لها المجتمع، مع زيادة الفوائد إلى أقصى حد. إنّ هذا التوازن بين تكلفة الفوائد والمخاطر يجري تعديله باستمرار من قِبَل المجتمعات ـ إمّا مع ظهور معلومات مناخية وهيدرولوجية حديثة، أو أنّ أنماط استخدام المناطق الحضرية والأراضي الجديدة تخلق زيادةً في التعرض لمجموعة أكبر من المخاطر البيئية. ولهذا السبب تطوّرت معايير الحماية لموثوقية البنية التحتية للفيضانات والجفاف إلى مستوى يقارب فترة المائة عام – حيث تُقدّر أنّ مائة عام هي المدة التاريخية الكافية لتحليل المخاطر والتكلفة لأنظمتنا. ويُعدّ حجم أو «مستوى الحماية» المناسب أو موثوقية المشروع هو الاعتبار الأول للتحليل، مع التركيز على التوازن بين تعزيز السلامة العامة، وزيادة الإنتاجية الاقتصادية إلى أقصى حد، والحد من الأضرار الاقتصادية. أمّا الاعتبار الثاني فهو السلامة الإنشائية المادية - أي سلامة و موثوقية الإنشاء ذاته، وهو جانب يرتبط بالتصميم الهندسي (ستاخيف، 2011). فعلى سبيل المثال، منذ فيضانات نهر المسيسيبي المدمّرة في عام 1993، تم التوجّه نحو رفع معايير الحماية من الفيضانات في المناطق الحضرية الرئيسية في السهول الفيضية إلى مستوى (نحو 500 عام) للحماية من الفيضانات (لجنة استعراض إدارة الفيضانات المشتركة بين الوكالات، 1994). ويمكن للمرء أن ينظر إلى هذه الاستجابة العملية لحالات عدم اليقين من مخاطر الفيضانات على أنّها تزيد من قوة الحماية من الفيضانات ومرونتها. ومع ذلك، فإنّ القرارات المجتمعية لتغيير أساليب تحليل وتيرة الفيضانات، أو وضع معايير جديدة للحماية من الفيضانات أو إجراءات الفائدة والتكلفة - عادةً ما تمرّ بعملية معقدة وطويلة من الموافقات على جميع المستويات الحكومية. وما دام هناك جدل كبير مرتبط بعلم التغيّر المناخي وفائدة نماذج التدوير العامة للتغيّر المناخي كأساسٍ للتحليل، ستجِد الحكومات صعوبةً في الترويج للإجراءات البديلة (ستاخيف، 2011).

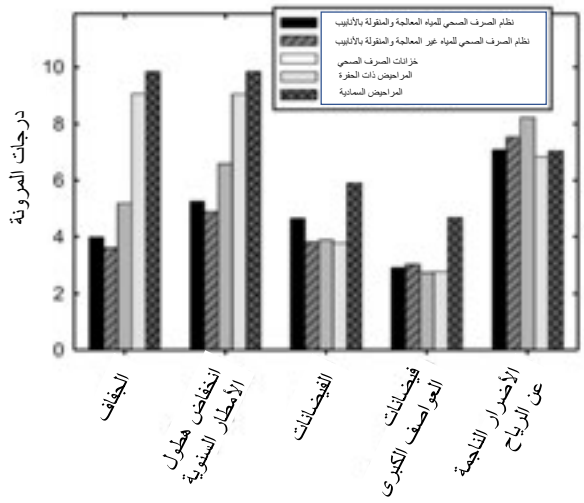
2.3.3.3 تكيّف البنى التحتية للصرف الصحي مع التغيّر المناخي

رغم أنّ البنية التحتية للصرف الصحي معرّضة للتأثر بالتهديدات المتصلة بالمناخ، فإنّ تأثير التغيّر المناخي على الصرف الصحي وقدرته على التكيّف لم يحظيا باهتمامٍ كافٍ (هوارد وآخرون، 2010). فعلى سبيل المثال، يمكن أن يُلحق الحمل الزائد على شبكة الصرف الصحي ضررًا بنظام الصرف الصحي ومرافق المعالجة، مما يؤدي إلى تعطل النظام (شيربا وآخرون، 2014). وأجريت دراسة في بنغلاديش من أجل ترتيب نظرة المجتمعات المحلية تجاه الآثار السلبية للفيضانات في المناطق المتضررة من الفيضانات، وكشفت النتائج أنّ الأمراض المنقولة بالمياه وتلوّث المياه العذبة بمياه الصرف الصحي قد حلّتا في المرتبتيْن الثالثة والرابعة على التوالي حسب ترتيب الأولويات (راشد وآخرون، 2007). ويمكن لأنظمة الصرف الصحي اللامركزية أن تغيّر أثر الفيضانات محليًا وأن تقلّل من الآثار السلبية للتغيّر المناخي على شبكات الصرف الصحي. ويمكن بناء شبكات الصرف الصحي هذه بحيث تغطي مسافات أقصر ويتم ربطها بنظم معالجة لامركزي، مما سيقلّل بالنتيجة من مخاطر الضرر ويتحكم في انتشار الملوّثات مقارنة بالنظم المركزية ذات الشبكات الطويلة. وثمة مكسب إضافي آخر مهم وهو وجود مرفق التخزين الوسيط في مكانه (على سبيل المثال، خزان معالجة الصرف الصحي في شبكات الصرف الصحي الخالية من المواد الصلبة) قد يسمح للبيوت بمواصلة استخدام المراحيض حتّى في حال تعطل شبكة الصرف الصحي ومرافق المعالجة اللامركزية في هذه النظم (شيربا وآخرون، 2014). وتشمل الاحتياطات الأخرى التي قد تساهم في منع تسرّب مياه الفيضانات وتعويم شبكة الصرف الصحي التعديلات الإنشائية، مثل ترسيخ خطوط الصرف الصحي في الأرض، وعزل أغطية المناهل، ووضع صمامات أحادية الاتجاه. وعلاوةً على ذلك، فإنّ رفع قاعدة الحُفر (في نظام شبكة الصرف الصحي الخالي من المواد الصلبة) أثبت أنّه إجراء فعال في تحمّل مستويات الفيضانات العالية. ويمكن أيضًا أن تكون مغلّفة بالإسمنت والطين أو الرمل لمنع التآكل بواسطة موجات المياه خلال الفيضانات (مرشد وسبحان، 2010). ويمكن تصميم الحفر الأصغر حجمًا والأكثر عمقًا للتقليل من خطر الانهيار ومن كمية البراز المعرّضة للفيضان. ويمكن أن يساعد ضغط التربة حول الحفر أيضًا في حماية الإنشاء. وبدلًا من ذلك، يمكن توصيل المراحيض الدافقة بمفاعل للغاز الحيوي حيث يمكن جعل قبة المفاعل مقاومةً إنشائيًا للأضرار الناجمة عن الفيضانات. كما يمكن للأغطية الآمنة ومُحكمة الإغلاق على فتحات القبة أو بناء قبب مرتفعة عن مستوى سطح الأرض أن تمنع دخول مياه الفيضانات (شيربا وآخرون، 2014).

وفي المناطق حيث تندر المياه، يمكن أن تكون نظم المعالجة اللامركزية التي تشتمل على مجارير مبسّطة أو خالية من المواد الصلبة أكثر ملاءمة (شيربا وآخرون، 2014). وفي ظروف الجفاف هذه أو انخفاض توافر المياه، سيكون هناك قدر أقل من المياه اللازمة للغسل والتنظيف، وسوف ينخفض نصيب الفرد من المياه تدريجيًا في المستقبل بسبب الانخفاض المتوقع في هطول الأمطار. ولذلك، يمكن اختيار نظام الحفرة الواحدة، باستخدام مرحاض التدفق بالسكب اليدوي ونظام التدفق بالسكب ذي الحفرتيْن، على أن تتم صيانته

جيدًا للحد من المشكلات كالانسداد. وتعتبر النظم غير المائية (الجافة) ذات الحفر المتناوبة ونظم الحفرة الواحدة التي تستخدم المراحيض الجافة خيارات أفضل لظروف الجفاف حيث تحدّ من مخاطر تلوّث المياه الجوفية وتجفّ الحفر بشكل أسرع، مما يسهّل عملية تفريغها (شيربا وآخرون، 2014). ورغم أنّ هذه النظم قد تكون من الناحية الفنية أكثر النظم ملاءمةً وفعاليةً من حيث التكلفة في ظل ظروف الجفاف، فإنّ القبول الاجتماعي في بعض المناطق قد يشكّل عائقًا أمام التنفيذ السليم. فعلى سبيل المثال، تم الإبلاغ عن معارضة كبيرة لأنظمة معالجة مياه الصرف الصحي غير المائية في عجلون في الأردن لأسباب اجتماعية. وحتّى عند النظر في أي تقنية أخرى، واجهت أنظمة معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية معارضةً كبيرةً من المجتمع الأردني، خصوصًا عند النظر في اختيار موقع محطة المعالجة؛ حيث يرغب سكان المجتمعات الريفية في الأردن بأن يكون لديهم شبكات صرف صحي تقليدية، لكنّهم لا يقبلون بتواجد محطات المعالجة في أحيائهم. ولذلك، من المهم جدًا أن تُكفل المشاركة المجتمعية، التي تراعي الهيكل الاجتماعي والعلاقات الاجتماعية في المنطقة المستهدفة أثناء عملية التخطيط للصرف الصحي عند وضع بديل مستدام للصرف الصحي يتّسم بقدرة أكبر على مواجهة التغيّر المناخي (شيربا وآخرون، 2014). ومن شأن تعزيز القدرات وسدّ الفجوة المعرفية بشأن نظم الصرف الصحي والتقنيات واتجاهات التغيّر المناخي، أن يمكّن الأسر والمجتمعات المحلية والدول من بناء نظم صرف صحي ذو مرونة أكبر ويمكن أن يتكيّف بسهولة أكبر مع آثار التغيّر المناخي (منظمة الصحة العالمية، 2009). وفي الواقع، لدى المجتمعات المحلية خبرة ومعرفة في التعامل مع التقلّبات المناخية والظواهر الجوية الشديدة (اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغيّر المناخ، 2007، أديليكان، 2010؛ جبين وآخرون، 2010) ويجب تضمين معرفتهم في عملية تخطيط الصرف الصحي.

وباختصار، يجب تعريف مرونة تقنيات الصرف الصحي المقترحة في منطقة أو في مجتمع ما إزاء مختلف الأحداث المتصلة بالمناخ (تشارلز وآخرون، 2010). وفي دراسة حديثة، تم إجراء تقييم للخبراء للحصول على آراء بشأن قدرة خمسة من تقنيات الصرف الصحي على مواجهة المخاطر المتصلة بالمناخ الستة التالية: الجفاف، انخفاض هطول الأمطار السنوية، الفيضانات، الفيضانات الناجمة عن العواصف الكبرى، الأضرار الناجمة عن الرياح، التسرب الملحي (لوه وآخرون، 2017). وكما هو مبين في الشكل (4)، أظهر الجفاف وتناقص هطول الأمطار السنوية تفاوتًا كبيرًا في المرونة بين تقنيات الصرف الصحي المختلفة، مشيرًا إلى أهمية اختيار التقنية بالنسبة إلى المناطق المعرّضة للجفاف. وتعتبر المراحيض ذاتية الحفرة والمراحيض السمادية أكثر التقنيات مرونةً في المناطق حيث تندر المياه، لأن هذيْن النوعيْن من التقنية لا يحتاجان إلى المياه. وبالنسبة إلى الفيضانات وفيضانات العواصف الكبرى، حصلت معظم تقنيات الصرف الصحي على نتائج متقاربة، باستثناء المراحيض السمادية التي كانت أكثر التقنيات مرونةً في المناطق التي تعاني من مياه الفيضانات (لوه وآخرون، 2017). ولم تحصل أي تقنية للصرف الصحي على أكثر من 5.0 في جميع المخاطر، ممّا يشير إلى أنّ مرونة تقنيات الصرف الصحي تعتمد اعتمادًا كبيرًا على نوع المخاطر المتصلة بالمناخ، وبالتالي فإنّ التقنية الناجعة مع نوعٍ معيّنٍ من المخاطر قد لا تكون ناجعةً مع غيره. و ينبغي دراسة التدابير التكيّفية الإضافية بعناية قبل اختيار تقنية الصرف الصحي (لوه وآخرون، 2017).



الشكل (4) نتائج مرونة تقنيات الصرف الصحي المقتبسة من لوه وآخرون (2017)

وبالإضافة إلى ذلك، ينبغي إيلاء اهتمام خاص لخيارات إدارة الحمأة لأنّ جمع الحمأة ونقلها قد يمثّلان تحديًا. وقد تقع مواقع التخلّص من المخلّفات على أطراف المدينة، لا سيّما في المدن الكبرى (إنغلينيلا وآخرون، 2002) وقد لا يمكن الوصول إليها. وقد يكون من الضروري وجود منشآت داخلية لزيادة مرونة تقنيات معالجة الحمأة في مواجهة التغيّر المناخي. ووُجِد أنّ أحواض تجفيف الحمأة المغطاة باستخدام أشعة الشمس أكثر كفاءة من حيث تجفيف الحمأة وحمايتها (صالح أوغلو وآخرون، 2007). وعلاوةً على ذلك، تبيّن

أنّ الكمية الإجمالية للحمأة التي سيتم التخلّص منها في نهاية المطاف أقل بنسبة 40% مقارنةً بأحواض تجفيف الحمأة المفتوحة. ومن شأن ذلك أن يؤدي إلى انخفاض تكاليف المعالجة والنقل. ومن شأن التدابير التكيّفية الأخرى المتصلة ببدائل إدارة الحمأة أن يتم تنفيذ تقنيات قادرة على تخزين الحمأة و/أو اختيار تقنيات معالجة مياه الصرف الصحي التي تتمتع بميزة إنتاج كميات أقل من الحمأة لكل كيلوغرام من الاحتياج الكيميائي للأكسجين تتم إزالته. وفي واقع الأمر، لوحظ إنتاج كميات أقل من الحمأة الزائدة بنسبة تصل إلى 90% في ظروف المعالجة اللاهوائية مقارنةً بظروف المعالجة الهوائية حسب نوع مياه الصرف الصحي المعالجة (فان لير وآخرون، 2008). ويمكن معالجة الحمأة الزائدة وتخزينها في محطة المعالجة باستخدام أحواض القصب لتجفيف الحمأة، التي لديها القدرة على تخزين الحمأة لمدة تصل إلى 10 سنوات (نيلسين وويليغباي، 2005). وقد وُجِد أنّ أحواض القصب في الأردن تنتج حمأةً تضاهي السماد عالي الجودة حسب معايير وكالة حماية البيئة الأمريكية (حلالشة وآخرون، 2015). وبلغ محتوى النيتروجين في الحمأة الموجودة في أحواض القصب 7%، في حين بلغ المحتوى العضوي 40% عند اختباره بعد 3 سنوات من التخزين (حلالشة وآخرون، 2015).

وختامًا، يعتقد بشدة أنّ المبدأ الرئيسي الذي يحكم التكيّف مع التغيّر المناخي عند النظر في خطط الصرف الصحي هو «التوجّه للأصغر حجمًا»، والذي يعكس في الواقع مفهوم اللامركزية الذي اقترحته الإدارة المتكاملة لإدارة الموارد المائية في وقت سابق. والمبدأ الرئيسي الثاني في تكيّف نظم الصرف الصحي مع التغيّر المناخي هو «التكامل»، الذي يُطلب لكل قطاع وبين القطاعات أثناء تخطيط المشاريع وتنفيذها. ويجب أن تُدار مياه الصرف الصحي على مستوى الحوض مع الأخذ بعين الاعتبار أنّ المياه عبارة عن مورد محدود. ويجب أن تعطى الأولوية لإدارة جميع الموارد المائية دون المطالبة بنقل المياه بين الأحواض على أن يكون هذا خيارًا مجديًا. ويمكن أن تكون أنظمة الصرف الصحي صغيرة مثل وحدات المعالجة المنزلية، أو كبيرة مثل الأنظمة التي تغطي الحوض بأكمله. ويتعيّن اختيار الحجم والتقنية على أساس الظروف الاجتماعية والاقتصادية السائدة، ومرونة تقنيات الصرف الصحي في مواجهة التغيّرات المناخية المتوقعة، والظروف المناخية المتطرفة، والأوضاع المؤسسية القائمة. ويجب أن يراعي تكيّف نظم الصرف الصحي وإدارتها المسارَيْن «الناعم» و«التنفيذي» على السواء. ويحتاج هذا الأخير إلى اهتمام خاص لأن اختيار النظم المرنة المقبولة يجب أن تتبع معايير محددة سلفًا. وعلاوةً على ذلك، يجب الحكم بعنايةٍ وتأنٍ على العديد من المسائل ذات الصلة مثل معايير تصميم التقنية، والمبادئ الإرشادية المعمول بها، وكودات البناء، والجودة المقبولة للمياه المعالجة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي. فعلى سبيل المثال، لا تراعي المواصفات الصارمة للمياه المعالجة في الأردن حجم محطة المعالجة، وهي بالتالي تثبّط أنظمة معالجة مياه الصرف الصحي الصغيرة بسبب النفقات الاستثمارية المرتفعة. وسيكون المسار الناعم أيضًا بالغ الأهمية، حيث إنّ خيارات وتقنيات إدارة مياه الصرف الصحي الأكثر قدرة على التكيّف مع التغيّر المناخي تتطلّب برامج مكثّفة وموسّعة لبناء القدرات.

ويكشف التدقيق على الصعيديْن الإقليمي والمحلي عن تعقيدات إضافية ينبغي النظر فيها بعناية بالإضافة إلى آثار التغيّر المناخي وما يترتب على ذلك من إجراءات التكيّف المطلوبة. ومع ذلك، تؤكد جميع التحديات أنّه لا بدّ من اعتماد الركيزتيْن الرئيسيتيْن لتكيّف نظم المياه ومياه الصرف الصحي مع التغيّر المناخي؛ وهما «التوجه للأصغر حجمًا» و «التكامل» اللّذان يستند إليهما مفهوم الإدارة المتكاملة للموارد المائية. وعندما يتعلّق الأمر بخدمات الصرف الصحي، تواجه مجتمعاتنا تحديًا كبيرًا ورثته عن التصوّر التاريخي لإدارة مياه الصرف الصحي والذي ستتم مناقشته لاحقًا. ويجب إحداث نقلة نوعية على جناح السرعة من أجل تحقيق أهداف الفئة السادسة من أهداف التنمية المستدامة المتعلّق بتوفير خدمات الصرف الصحي وحماية الموارد المائية العذبة من التلوّث. وستناقش الأقسام التالية بمزيد من التفاصيل التحديات التي تواجه الصرف الصحي على الصعيد الإقليمي، كما ستعرض تطوّر نظم الصرف الصحي الحديثة. وسيناقش التقرير بعد ذلك الاستفادة القصوى من مياه الصرف الصحي في المنطقة مع التركيز على الأردن كدراسة حالة وذلك لخبرته الواسعة في الإدارة المتكاملة لمياه الصرف الصحي، ووضعه العديد من السياسات والاستراتيجيات لتحسين موارده المائية المحدودة للغاية.

الجدول (3) ملخص الآثار الهامة للتغيّر المناخي

الآثار (العامة)	المصدر
قلة الموارد المائية (الجفاف) وما يترتب على ذلك من آثار على البنى التحتية للمياه والصرف الصحي.	فارغاس-أملين وبندادو (2014)؛ ثرونتون وآخرون، (2014)
فقدان التنوع الحيوي والنظم البيئية الطبيعية (درجة الحرارة). قد يكون توقيت تقلب المناخ بنفس أهمية شدته.	فارغاس-أملين وبندادو (2014)؛ كرين وآخرون، (2012)
زيادة عمليات تآكل التربة (الفيضانات).	فارغاس-أملين وبندادو (2014)
الخسائر في الأرواح والسلع (حرائق الغابات والموجات الحارة والفيضانات).	فارغاس-أملين وبندادو (2014)
الانخفاض الحاد في الإنتاجية والفشل في التكاثر في العديد من المحاصيل (ارتفاع درجة الحرارة القصوى – المناخ أو الطقس). على سبيل المثال: يمكن أن يقلل كل يوم تزيد فيه درجة الحرارة عن 30° من الإنتاجية بنسبة 1.7% في ظروف الجفاف، وهناك العديد من الأمثلة الأخرى.	لوبيل وآخرون، (2011)؛ أمثلة أخرى محمد وتاربلي، (2009)
يمكن أيضًا أن يكون للتقلّب المناخي والأحداث المتطرفة تأثيرٌ كبيرٌ على جودة المحصول؛ حيث يمكن أن تؤثر درجات الحرارة العالية المتطرفة أثناء نمو حبوب القمح على محتوى البروتين في الحبوب.	هوركمان وآخرون، (2009)؛ أمثلة أخرى (روهاني وآخرون، 2011)؛غورنال وآخرون، (2010)
التغيّر في إنتاجية المواشي بسبب قلة الأراضي العشبية والتغيّرات في الأنواع وتكوينها.	(الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ، 2007؛ إريكسن وآخرون، (2012)

4. تسليط الضوء: وضع الإطار السياساتي لإدارة مياه الصرف الصحي

1.4 الآثار الإقليمية للتغيّر المناخي والتعقيدات الأخرى والاستجابات المقررة

سوف يُهدّد التغيّر المناخي الأمن المائي والغذائي في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا نتيجة الانخفاض المتوقع في الموارد المائية العذبة المتاحة للإنتاج الزراعي والغذائي (المزروعي 2012). وتُشير التوقعات المناخية إلى أنّ المنطقة ستشهد تغيّرات في درجة الحرارة وهطول الأمطار ومستوى سطح البحر، ممّا سيكون له آثار على توافر الموارد المائية واستخدامها (سيبكن 2012). كما تشير التوقعات إلى انخفاض معدل هطول الأمطار بنسبة 20% في المنطقة خلال الخمسين عامًا القادمة، بينما يُتوقع أن تشهد بعض المواقع انخفاضًا بنسبة 40% وفقًا لمعظم النماذج المناخية العالمية (ميسليمين 2008). ويُصنّف مؤشر المخاطر المناخية، الذي يصنّف البلدان حسب تعرّضها لمخاطر التغيّر المناخي، العراق باعتباره خامس أكثر بلد معرّض للتأثر في العالم من حيث قلة المياه وتوافر الغذاء وحالات ارتفاع درجات الحرارة المتطرفة والمشكلات الصحية المرتبطة بذلك (التقرير السادس لتوقعات البيئة العالمية، 2016). وقد أدّت موجات الجفاف الأخيرة إلى تفاقم أزمة المياه في العراق بحيث تحذّر العديد من الدراسات من إمكانية جفاف نهريْ دجلة والفرات بحلول عام 2040 (رولينج، 2014). فقد أدت هذه الصعوبات، مقرونةً بتدني جودة المياه، إلى هجر الناس لمصادر رزقهم سعيًا وراء مياهٍ أنظف للشرب (رولينج، 2014). كما تم تصنيف بلدان أخرى في المنطقة على أنّها معرّضة لمخاطر عالية، في حين تم تصنيف اليمن على أنّها معرّضة لمخاطر شديدة. ولن تؤدي آثار التغيّر المناخي إلى تقليل حجم الموارد المائية فحسب، بل سيكون لها أيضًا تأثير على جودة المياه، ومن المتوقع أن تزيد من تنوّع الظواهر المتطرفة ووتيرتها (جلاس، 2010).

في واقع الأمر، تواجه المنطقة بالفعل تحديات مائية كبرى، ويرجع ذلك أساسًا إلى ندرة المياه والنمو السكاني والتحضر وغيرها من الاحتياجات الصناعية/التنموية. وتقع على عاتق صناع القرار مسؤوليات ثقيلة لتحقيق الأمن المائي والغذائي المستقبلي في هذه البيئة

القاحلة الهشة وقدرتها المحدودة على مواجهة التحديات المختلفة، حيث إنّ ندرة المياه العذبة تُهدّد قدرة المجتمع على النمو وتوفير فرص العمل (المنتدى العربي للبيئة والتنمية، 2014). وعلى نحوٍ مماثل، تفرض الاضطرابات السياسية الإقليمية الحالية مقرونةً بزيادة الضغوطات الاقتصادية تهديداتٍ خطيرة للتنمية المستدامة. وقد أدّى هذا الوضع إلى ظهور مجموعتيْن رئيسيتيْن تحكمان الأولويات وروابطها في المنطقة، وهما «الماء والطاقة والغذاء» و«السلام والأمن والبيئة» (برنامج الأمم المتحدة للبيئة 2016). ومع ذلك، ينبغي الحذر من دراسة مثل هذه الأولويات بمعزلٍ عن الأولويات الاجتماعية والاقتصادية والمؤسسية الأخرى لكيْ تترك الحلول المقترحة آثارًا دائمة.

أمّا من جانب الطلب، فقد لوحِظ انخفاض نصيب الفرد من المياه في العديد من بلدان المنطقة، ويرجع ذلك جزئيًا إلى الزيادة الأخيرة في توافد اللاجئين عبر الحدود. وقد أثّرت الاضطرابات السياسية التي شهدتها بعض البلدان مؤخرًا، بما في ذلك العراق وسوريا واليمن، على إمدادات المياه وخدمات الصرف الصحي بشكل مباشر. كما لوحِظ الاستغلال المفرط لموارد المياه الجوفية في جميع أنحاء المنطقة، ممّا أدى إلى انخفاض جودة المياه، وتسرب المياه المالحة، واستنزاف أحواض المياه الجوفية وزيادة ملوحتها، وارتفاع تكلفة ضخ المياه الجوفية. ولوحظ أيضًا استنزاف المياه الجوفية غير المتجددة بالتزامن مع التوسّع في الزراعة. ولوحظت زيادة تقدّر بنحو 82% من إجمالي كميات المياه المسحوبة من البحار والمحيطات في المنطقة للاستخدامات الزراعية والسكنية بين عامي 2000 و 2012. ويعتبر القطاع الزراعي في جميع بلدان المنطقة تقريبًا الأكثر استهلاكا للموارد المائية بفارقٍ كبيرٍ (أبو زيد 2014)، بحيث يترك كميات قليلة فحسب للقطاعيْن الصناعي والسكني. وبالتالي، استلزمت كافة التحديات المذكورة أعلاه استجابات عاجلة من أجل تقليص الفجوة بين إمدادات المياه والطلب على المياه.

كما ذُكِر آنفًا، تُعدّ «الإدارة المتكاملة للموارد» من أفضل النُهُج التي من شأنها أن تساعدنا على تحقيق الاستخدام الأمثل للموارد المائية في زمن ندرة المياه والتغيّر المناخي. يستلزم هذا النهْج تنسيق إدارة الأراضي والمياه، وتحديد الروابط بين كمية المياه وجودتها، وتحسين أساليب إدارة الطلب والحفاظ على المياه، والتعلّم من خلال تجارب الإدارة التكيّفية. وفي هذا الصدد، قد تكون إعادة توزيع المياه نحو القطاعيْن الصناعي والسكني - بدلًا من الزراعة - طريقة حاسمة واستفزازية للتكيّف مع ندرة المياه وتعزيز توافر المياه. ورغم عدم اعتماد سياسة إعادة توزيع المياه على القطاعات بصفة رسمية في العديد من البلدان، فإنّ إعطاء الأولوية القصوى للاستخدام السكني أدّى إلى إعادة توزيع المياه من القطاع الزراعي (أبو زيد و الراوادي 2014). فعلى سبيل المثال، قامت دول العراق والأردن وقطر بإعادة توزيع المياه بشكلٍ كبيرٍ. علاوةً على ذلك، وضع الأردن سياسةً منفصلةً لإعادة توزيع المياه وسياسةً أخرى لإحلال المياه وإعادة الاستخدام في عام 2016. ومن المرجح أن يكون التوجّه المتمثّل في إعادة توزيع المياه العذبة للاستخدام السكني وتخصيص المياه غير التقليدية – مثل مياه الصرف الصحي المعالجة ومياه الصرف الزراعي – للزراعة جزءًا من إدارة المياه المستقبلية في المنطقة بأسْرِها (أبو زيد 2014). ويقدّر الحجم المحتمل للموارد المائية غير التقليدية في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا بنحو 1.27 مليار م^3 من مياه الصرف الصحي المعالجة (أبو زيد و الراوادي 2014). هذا إلى جانب الموارد الأخرى غير التقليدية مثل الصرف الزراعي وتحلية المياه قليلة الملوحة ومياه البحر. من الواضح أنّ مياه الصرف الصحي تساهم كمورد مائي متجدّد للتوسّع الزراعي (أبو زيد، 2014).

2.4 الاستفادة القصوى من موارد الصرف الصحي في المنطقة

تتطلّب الاستفادة القصوى من مياه الصرف الصحي في الزراعة تخطيطًا متكاملًا، وذلك أمر بالغ الأهمية لتلبية التزامات البلدان تجاه العديد من أهداف التنمية المستدامة، ولا سيّما الهدف السادس المتعلّق بالمياه والصرف الصحي. ورغم أنّ بعض بلدان المنطقة لديها تطابق جيد نسبيًا بين مياه الصرف الصحي المجمّعة والمعالجة، فما تزال هناك حاجة كبيرة إلى توفير خدمات أفضل خارج المدن الكبيرة وفي المناطق المتحضرة حديثًا. وما تزال مياه الصرف الصحي في مثل هذه المناطق تُصرّف إلى البيئة مباشرةً وتُستخدَم جزئيًا فقط لأغراض الري، وإن كان ذلك بطريقة غير آمنة. وفي كثيرٍ من الحالات، تتسرّب مياه الصرف الصحي ومياه الري الزائدة إلى المياه الجوفية مُسبّبةً تلوّثا كيميائيًا و ميكروبيولوجيًا. على سبيل المثال، تم الإبلاغ عن ارتفاع تركيز النترات والتلوّث الممرض في بعض الينابيع شمال الأردن (عجلون) بسبب تسرّب مياه الصرف الصحي المنزلي من مصادر غير محدّدة، وخصوصًا الحفر الامتصاصية. وقد تسبّب التلوّث في إغلاق بعض ينابيع مياه الشرب، بينما تسبّب في زيادة أعباء المعالجة في حالاتٍ أخرى. ومن الواضح أنّ خدمة المجتمعات الريفية المشتّتة والمناطق الحضرية سريعة التوسّع أمر بالغ الأهمية لحماية الموارد المائية الشحيحة وتوفير مورد مائي غير تقليدي للري الزراعي.

1.2.4 معوّقات تقديم خدمات الصرف الصحي والاستفادة الكاملة من مياه الصرف الصحي

تعتبر شبكات الصرف الصحي التقليدية وخيارات معالجة مياه الصرف الصحي المركزية النموذج السائد حتّى هذه اللحظة. ورغم أنّ هذا النهج التقليدي لإدارة مياه الصرف الصحي المركزية لا يعتبر كخيار متاح للمجتمعات الصغيرة المشتّتة والمناطق شبه الحضرية سريعة التوسع، تجدر الإشارة إلى أنّ استخدام المياه العذبة لدفق الفضلات البشرية إلى شبكة الصرف الصحي ليست ذروة الإنجازات العلمية لا سيّما في الدول الفقيرة مائيًا. حيث بدأ استخدام هذه الممارسة التاريخية مجددًا منذ أكثر من 150 عامًا حينما لم يكن معروفًا سوى القليل جدًا عن أساسيات الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه وحينما لم يكُن علم الأحياء الدقيقة التطبيقي مكتشفًا. فقد كان التقليل من انتشار الأمراض الفتاكة في القرن التاسع عشر هو الشاغل الرئيسي، وبالتالي كانت مياه الصرف الصحي تُنقَل أبعد ما يُمكن عن المجتمعات بواسطة شبكات الصرف الصحي الرومانية القائمة في المدن الأوروبية الكبرى. في الواقع، اعتبر رئيس المجلس الصحي إدوين تشادويك أنّ الرائحة الكريهة هي سبب الأمراض في تصريحاته للبرلمان البريطاني عام 1849، مصرّحًا أنّ الهواء الملوّث كان السبب الرئيسي للوفاة وتم اتخاذ قرار بنقل مياه الصرف الصحي خارج مدينة لندن في زمن الملكة فيكتوريا وتصريفها في نهر التايمز. ثمّ انتشر هذا المفهوم إلى المدن الأوروبية الأخرى وأصبح هذا النموذج سائدًا مع مرور الوقت بما أدى إلى الفصل التام بين المواطنين المستهلكين من ناحية ومزوّدي الخدمة من ناحية أخرى. وباتت خدمات الصرف الصحي غير مرئية ومريحة بالنسبة إلى المستهلكين وتلاشت المخاطر المرتبطة بها من المجتمعات المخدومة. كما أنّ وفرة المياه لم تكُن مشكلةً في غالبية الدول الأوروبية، وبالتالي فإنّ شحن الفضلات البشرية باستخدام المياه وعبر شبكات الصرف الصحي لم يمثل عائقًا لتطبيق ذلك النموذج؛ بيد أنّ العبء المالي المرتبط بهذا النموذج أدّى إلى الحدّ من تقديم الخدمة على الصعيديْن الإقليمي والعالمي. وفي الوقت الراهن، لا يحصل 60% من سكان العالم على خدمات الصرف الصحي (راشيل وآخرون، 2013)، بينما يتم تصريف ما يقارب 80% من مياه الصرف الصحي المجمّعة في البيئة دون معالجتها. وبات جليًا أنّ نقل مياه الصرف الصحي بعيدًا ليس بالضرورة أن يكون الخيار الذي ستختاره البلدان اليوم إذا أتيحت لها فرصة ثانية للبدء من جديد؛ حيث إنّ الفهم الحالي المتقدّم لخصائص مياه الصرف الصحي الكيميائية والفيزيائية و الميكروبيولوجية – الذي توصّلنا إليه القرن الماضي – إلى جانب بعض العوامل الأخرى مثل الموارد المحدودة وتكاليف الطاقة، يشجّعنا على إيجاد بدائل أخرى لإدارة مياه الصرف الصحي. ينصّ أحد هذه البدائل على ربط إدارة الصرف الصحي بالتنمية الاقتصادية للمدن (كوني، 2010) من خلال الحفاظ على الموارد واستعادتها، بما يمثّل نقلة نوعية في نموذج الصرف الصحي لأنّه يتعامل مع الفضلات كمورد يتعيّن استغلاله. ويضع نموذج الصرف الصحي الجديد مياه الصرف في الواجهة مجددًا بحيث تصبح خدمات الصرف الصحي غير المرئية مرئية مجددًا (فان فيلت وآخرون، 2010). وبالتالي، تتطلّب كافة البدائل الصرف الصحي المقترحة مؤخرًا مستوىً عالٍ من مشاركة المجتمع (المستفيدين). ويدعو النموذج الجديد إلى اللامركزية والاستدامة ويقترح طريقة أفضل لإدارة الموارد المائية المحدودة بالاستناد إلى مختلف مبادئ الصرف الصحي المستدام اللامركزي بما في ذلك مشاركة الأطراف ذات العلاقة والجدوى الفنية والجدوى الاقتصادية والترتيبات القانونية والمؤسسية. والأفضل هو تطبيق النموذج المقترح في المناطق غير المخدومة، سواءً أكانت شبه حضرية أم ريفية أم غيرها. يوضح الجدول (4) الاختلافات الرئيسية بين النموذجيْن «القديم» و«الجديد».

الجدول (4) الاختلافات الجوهرية بين النموذجيْن القديم والجديد من حيث البنية التحتية للمياه والصرف الصحي (فان فيلت وآخرون، 2010)

النموذج القديم	النموذج الجديد
تنفيذ بطيء	تنفيذ سريع
تقنيات وصفية	حلول تكيّفية
قبول اجتماعي واسع	قبول اجتماعي محدود
معيار واحد لجودة المياه لجميع الاستخدامات	تعتمد جودة المياه على الاستخدام
تمثّل كفاءة الطاقة أولويةً متدنية	تمثّل كفاءة الطاقة أولويةً قصوى
عدم التكامل بين الجوانب الصحية والاقتصادية والهندسية	نهج الأنظمة المتكاملة
التمويل عن طريق الضرائب والدعم والتعرفات	نماذج التمويل والأعمال المبتكرة
مزوّد طاقة مركزي	أنظمة طاقة موزّعة
يمثّل الحفاظ على الموارد أولويةً متدنية	يمثّل الحفاظ على الموارد أولويةً قصوى

لسوء الحظ، رغم الفوائد الجمّة للنموذج الجديد، فإنّه ما يزال غير قابلٍ للتطبيق نظرًا للعديد من الأسباب بما في ذلك البيئة المؤسسية غير المشجّعة وضعف الإنفاذ. وفي الوقت الراهن، حيث لا تُدار مياه الصرف الصحي في المجتمعات الصغيرة عادةً من قبل الحكومة، على عكس أنظمة إدارة مياه الصرف الصحي المركزية. وتعتمد بصورة عامة على أنظمة الصرف الصحي المنزلي، والتي تتكوّن بشكل أساسي من الحفر الامتصاصية، التي تتعامل معها أطراف ذاتية التنظيم من القطاع الخاص بناءً على الطلب. على سبيل المثال، يتم نقل الفضلات المتراكمة في الحفر الامتصاصية في الأردن إمّا إلى محطات معالجة مياه الصرف الصحي، أو محطات المعالجة الخاصة، أو يتم تصريفها في البيئة مباشرة بشكلٍ مخالفٍ للقانون في حال غياب الرقابة الكافية. علاوةً على ذلك، وفي كثير من الحالات التي يكون فيها إنفاذ القانون ضعيفًا، لا تجد الأسَر ضرورةً لنضح الحفر الامتصاصية لأنّ مياه الصرف الصحي تتسرّب إلى التربة ونادرًا ما تمتلئ الحفر الامتصاصية بما يكفي لإزعاج السكان. وفي حالات أخرى، قد يكون من الأسهل على الأسرة أن تغلق الحفرة الامتصاصية بعد امتلائها وحفْر حفرة امتصاصية جديدة، خصوصًا عندما تتوفر المساحة الكافية.

تواجه المجتمعات الصغيرة والمناطق شبه الحضرية العديد من التحديات للحصول على خدمات الصرف الصحي والتي يمكن تلخيصها على النحو التالي:

1. الحجم الصغير لشبكات الصرف الصحي في المناطق ذات الكثافة السكانية المنخفضة والذي يجعل من أنظمة تجميع مياه الصرف الصحي التقليدية (وأحيانًا غير التقليدية) غير مجدية اقتصاديًا.
2. تحديات الابتكار المتعلّقة بنموذج الصرف الصحي الجديد، حيث يجب اتباع نهج يتضمّن أصحاب مصلحة متعدّدين، ممّا يتطلّب مستوىً عالٍ من مشاركة المجتمع (المستفيدين). وتجدر الإشارة إلى أنّ القبول الاجتماعي لأنظمة الصرف الصحي اللامركزية لا يمكن تحقيقه على المدى القصير بصورة عامة، وذلك لأنّه يتطلّب برامج متخصّصة طويلة الأجل تكون مخصصةً وموجهةً ومصممةً لحالات مختلفة.
3. معظم السلطات الحكومية لا تخطط أو تستثمر في بدائل الصرف الصحي غير التقليدية؛ مثل خيارات إدارة الحمأة البرازية المناسبة، مع أنّه من الواضح أنّها تستطيع من خلال الاستثمار في إدارة الحمأة البرازية أن تقلل من كميات معالجة مياه الصرف الصحي للفرد الواحد، وتجنّب الاستثمارات اللازمة لربط الجميع بشبكة الصرف الصحي (ريموند وآخرون، 2016). بيد أنّ القطاع العام يفتقد حتّى اللحظة إلى القدرات والحوافز اللازمة للتخطيط السليم وإدارة الحمأة البرازية الناتجة عن المجتمعات الصغيرة. بالإضافة إلى ذلك، فإنّ محطات معالجة مياه الصرف الصحي الصغيرة التي تعتمد على تقنيات بسيطة أو أنظمة المعالجة في الموقع (استخدام منزلي) لا تجذب انتباهًا كافيًا على غرار الأنظمة واسعة النطاق، ممّا يجعل الأخيرة أكثر جاذبيةً لصناع القرار. هذا وتميل البيئات الحالية إلى تشجيع التقنيات المتقدّمة ولا تزال تتبع النهج التنازلي المستخدم في أنظمة معالجة مياه الصرف الصحي المركزية حتّى تاريخه.
4. إنّ العديد من الأحياء السكنية في المجتمعات الريفية والمناطق شبه الحضرية غير رسمية، وبما أنّ السلطات لا تعترف بها فإنّها لن تقدّم لها الخدمات إطلاقًا.
5. تطلّب خدمات الصرف الصحي المستدامة غير التقليدية أنظمةً مختلفةً أقل صرامةً مقارنةً بخدمات الصرف الصحي المركزية، وذلك من أجل تمكين نماذج الأعمال المستدامة. وبالتالي، فقد تكون هناك حاجة إلى ترتيبات مؤسسية مختلفة.

تتطلّب معالجة التحديات المذكورة أعلاه توفير بيئة مواتية تعطي الأولوية للترتيبات المؤسسية والمشاركة المجتمعية المناسبة، إلى جانب أهمية الجدوى الفنية والاقتصادية. وهنا يضرب الأردن مثالًا جيدًا في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا فيما يتعلّق بتقديم خدمات الصرف الصحي واستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة، حيث حقق الأردن تقدمًا كبيرًا في توفير بيئةٍ مواتيةٍ لخدمات الصرف الصحي المركزية التقليدية، وبدرجةٍ أقل لخدمات الصرف الصحي اللامركزية غير التقليدية. وعلى الرغم من أنّ التجربة الأردنية في خدمات الصرف الصحي اللامركزية المستدامة ما تزال محدودة، إلا أنّ الأردن خطا خطوةً مهمة تمثّلت في وضع إطارٍ وطنيٍ لسياسات الصرف الصحي اللامركزي المستدام للمجتمعات التي يقل عدد سكانها عن 5000 نسمة. ومن الواضح أنّ الدافع الرئيسي لوضع هذه السياسة كان لحماية المياه الجوفية في ظل الموارد المائية العذبة المحدودة للغاية. كما كان تحقيق الهدف السادس من أهداف التنمية المستدامة وما يترتب عليه من التزامات دولية دافعًا رئيسيًا آخر لوضع هذه السياسة. وسيتم في الأقسام التالية تقديم ومناقشة التجربة الأردنية فيما يتعلّق بتوفير بيئةٍ مواتية لتقديم خدمات الصرف الصحي واستخدام مياه الصرف الصحي.

2.2.4 تسليط الضوء على الوضع الراهن لإدارة مياه الصرف الصحي في الأردن

على غرار العديد من دول المنطقة، يعاني قطاع المياه في الأردن من مشكلات ندرة المياه التي اشتدّت نتيجة زيادة الطلب على المياه نتيجة النمو السكاني المرتفع واحتياجات التنمية الاقتصادية (وزارة المياه والري، 2016). كما تفاقمت التحديات المتعلّقة بالنمو السكاني المرتفع مؤخرًا نتيجة توافد أعداد كبيرة من اللاجئين نتيجة الاضطرابات السياسية المستمرة في المنطقة، بما في ذلك نحو 650 ألف لاجئ سوري و 750 ألف مقيم سوري. علاوةً على ذلك، تتفاقم تحديات ندرة المياه نتيجة التغيّر المناخي وما يرتبط به من ظروف الجفاف المتزايدة. في الحقيقة، لا يتجاوز متوسط نصيب الفرد السنوي من المياه حاليًا أكثر من 100م^3، وهو أقل بكثير من الحدّ المعترف به عالميًا لندرة المياه الشديدة والبالغ 500 م^3 للفرد/سنويًا. كما أنّ المنافسة بين القطاعات السكنية والزراعية والصناعية تمثّل تحديًا خطيرًا لاستدامة المياه، حيث تحصل 5% فقط من الأراضي على كفايتها من الأمطار لدعم الزراعة البعلية، بينما يروي المزارعون أقل من 10% من إجمالي الأراضي الزراعية. وفي عام 2013، شكّل احتياج القطاع الزراعي من المياه حوالي 60% من إجمالي الاحتياجات المائية الوطنية التي قُدِّرَت بنحو 700 مليون م^3، في حين تراوحت مساهمة القطاع الزراعي في الناتج المحلي الإجمالي من 3% إلى 4% (وزارة المياه والري، 2016). وقد تم اتخاذ بعض التدابير لترشيد استخدام مياه الري، مثل تقنيات الري بالتنقيط، لكنّ نظام الدعم في الأردن ينعكس على استخدام مياه الري، الأمر الذي يستلزم ترشيدًا صارمًا لتوزيع الموارد المائية المتبقية. وبالطبع يمكن استخدام التسعيرة المناسبة للمياه لتحسين أنماط المحاصيل وتوزيع المياه، بما يُسهم في زيادة الإنتاج الزراعي والحفاظ على المياه بشكلٍ كبير (أولمستيد، 2014؛ وزارة المياه والري، 2016).

وبالرغم من النقص الحاد في المياه، فإنّ الأردن من البلدان القليلة في العالم التي نجحت في إدارة مواردها المائية العذبة بصورة جيدة نسبيًا، حيث تبلغ نسبة تغطية شبكة المياه في البلاد 97%؛ وهي من الأعلى في المنطقة. كما يسعى الأردن حاليًا إلى زيادة توافر المياه من خلال التأثير على سلوك المستهلك، وتحسين نقل المياه وتوزيعها، وإعادة استخدام المياه المعالجة في الري، وتوفير مصدر إضافي للمياه العذبة عن طريق تحلية المياه المالحة. وقد أقرّت الحكومة الأردنية مؤخرًا عددًا من السياسات لمواجهة التحديات المرتبطة بنقص المياه. وتناولت العديد من الوثائق الإرشادية الصادرة قضية إدارة مياه الصرف الصحي، بما في ذلك سياسة إحلال المياه وإعادة الاستخدام، وسياسة إعادة توزيع المياه، وسياسة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية، والاستراتيجية الوطنية للمياه 2016-2025، والخطة الاستراتيجية الوطنية لمياه الصرف الصحي، وسياسة التغيّر المناخي. وتعمل وزارة المياه والري حاليًا على إعداد خطط عمل تستند إلى هذه السياسات من أجل تحسين إدارة الموارد المائية الشحيحة.

ويُعدّ استخدام مياه الصرف الصحي في الزراعة ممارسةً راسخةً في الأردن منذ عقود وقد تم تحديدها كأولوية كما سيُوضَّح لاحقًا. وقد تمكّن الأردن من تغطية 63% من سكانه (البالغ عددهم 9 ملايين نسمة) بشبكة الصرف الصحي. وتُعالَج جميع مياه الصرف الصحي المجمّعة في 31 محطة معالجة موزّعة في جميع أنحاء البلاد، بالإضافة إلى محطتيْن تخدمان مخيمات اللاجئين السوريين. وتُستخدَم معظم مياه الصرف الصحي المعالجة للإنتاج الزراعي بعد خلطها مع المياه العذبة. ومن ناحية أخرى، يستخدم بقية السكان أنظمة إدارة الصرف الصحي في الموقع والتي تتكوّن بشكلٍ رئيسي من الحفر الامتصاصية. وتعتبر استراتيجية الحكومة التي تركّز على جمع ومعالجة مياه الصرف الصحي شاملةً نسبيًا: يُتوقع من 31 محطة معالجة 240 مليون م^3 سنويًا من مياه الصرف الصحي بحلول عام 2025، بما يساهم في حوالي 16% من إجمالي الميزانية المائية. وكحدٍ أدنى، تخضع مياه الصرف الصحي المجمّعة للمعالجة الحيوية الثانوية بينما يخضع 70% منها للمعالجة بعد الثانوية.

هذا ويحدّد التكيّف مع التغيّر المناخي في الأردن دور مياه الصرف الصحي في دورة الماء بدقة. وبما أنّ مياه الصرف الصحي هي مورد مائي متجدد ومتزايد؛ فإنه يجب استخدامها على النحو الأمثل لتعزيز الأمن الغذائي. ورغم ريادة الأردن في استخدام المياه المعالجة لإنتاج المحاصيل الزراعية، فإنّه ما يزال يواجه بعض التحديات التي تنقسم إلى مجموعتيْن. تتعلّق المجموعة الأولى منها بالزيادة المطلوبة في جمع ومعالجة مياه الصرف الصحي، بما في ذلك عدم وجود خدمات (مجدية اقتصاديًا) يمكن تقديمها للمجتمعات المشتّتة في المناطق الريفية وللمناطق شبه الحضرية سريعة التوسع. ويمثّل الافتقار إلى مثل هذه الخدمات عائقًا حقيقيًا أمام الاستغلال الكامل لمياه الصرف الصحي، والأهم من ذلك منع تلوّث المياه الجوفية. وقد شكّلت التكاليف الاستثمارية الباهظة للأنظمة التقليدية لجمع مياه الصرف الصحي، وحتّى عدم جدوى تنفيذها في معظم الحالات، عائقًا أمام تزويد هذه المجتمعات بخدمات الصرف الصحي. وبالتالي، فإنّ الحل الوحيد المحتمل هو تنفيذ النموذج الجديد الذي يقدم خيارات الصرف الصحي المستدامة اللامركزية باعتبارها النهج الأساسي. أمّا بالنسبة إلى المجموعة الثانية من التحديات فتتعلّق بقدرات النموذج الجديد؛ حيث تشمل التحديات الرئيسية ذات الصلة غياب القبول الاجتماعي والثقافي والإطار القانوني والترتيبات المؤسسية ذات الصلة. كما يُعدّ الربط المحدود بين العلم والسياسات تحديًا آخر يرتبط بشكل غير مباشر بالاستفادة المحدودة من مياه الصرف الصحي في المجتمعات الريفية والمناطق شبه الحضرية. فإنّ التقنيات الحديثة المبتكرة لمعالجة مياه الصرف الصحي تستغرق عادةً وقتًا طويلًا حتّى تطبيقها على أرض الواقع. ويحتاج الأمر إلى مشاريع إيضاحية ومستوىً عالٍ من التواصل والتنسيق لدعم تطبيق مثل هذه المفاهيم الحديثة.

وبما أنّ توسيع تغطية شبكة الصرف الصحي أمرٌ مكلفٌ، فقد مثّلت إعادة تخصيص النفقات من إمدادات المياه إلى الصرف الصحي في الأردن في الفترة ما بين 2011 – 2013 خطوةً مهمةً نحو توسيع التغطية (وزارة المياه والري، 2016). وقد قدّمت الخطة الاستراتيجية الوطنية الأردنية لمياه الصرف الصحي، التي نُشرَت كجزءٍ من برنامج الدعم المؤسسي والمساعدات الفنية (2014) لمحةً عن مياه الصرف الصحي ومعالجتها في الأردن، مبيّنةً الاستثمارات اللازمة لجمع مياه الصرف الصحي. وتعرض الأقسام التالية تجربة الأردن فيما يتعلّق بممارسات إدارة مياه الصرف الصحي والسياسات الراهنة ذات الصلة والتوصيات الممكنة طرحها لتطوير القطاع.

3.2.4 السياسات والقوانين والترتيبات المؤسسية لإدارة مياه الصرف الصحي في الأردن

قبل التطرّق إلى قوانين وسياسات إدارة مياه الصرف الصحي ومواصفات إعادة الاستخدام، سيكون من المفيد تقديم الجهات الحكومية الرئيسية التي تتعامل مع إدارة مياه الصرف الصحي في الأردن. الجهات الحكومية التي تشارك بشكل مباشر أو غير مباشر في إدارة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها هي كالتالي (الجمعية العربية لمرافق المياه، 2011):

- وزارة المياه والري
- سلطة المياه وسلطة وادي الأردن اللتان تم دمجهما مع وزارة المياه والري
- وزارة البيئة
- وزارة الصحة
- وزارة الزراعة
- مؤسسة المواصفات والمقاييس الأردنية
- المؤسسة العامة للغذاء والدواء
- وزارة الشؤون البلدية

يحتوي الملحق (1) على ملخصات للسياسات والاستراتيجيات والمواصفات والخطط الراهنة ذات الصلة، بينما تناقش الأقسام الفرعية التالية الأطر التنظيمية الرئيسية لإدارة مياه الصرف الصحي في الأردن، بالإضافة إلى تطوّرها.

1.3.2.4 السياسات ذات الصلة بإدارة واستخدام مياه الصرف الصحي

أقرّ الأردن أول سياسة رسمية لاستخدام مياه الصرف الصحي عام 1978 (حدادين وشتيوي، 2006)، التي نصّت على جمع مياه الصرف الصحي من قطاع البلديات ومعالجتها في محطات معالجة مياه الصرف الصحي إلى درجة مقبولة، ثم تتجه المياه المعالجة إلى سد الملك طلال حيث يتم خلطها مع المياه العذبة، ومن ثم تتجه إلى وادي الأردن لاستخدامها في الري (غنيم، 2010).

وفي عام 1998، أقرّ مجلس الوزراء سياسةً جديدةً أطلِق عليها اسم «سياسة إدارة مياه الصرف الصحي» (غنيم، 2010)، وكانت هي السياسة الحكومية الرسمية لإدارة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها من 1998 وحتّى 2008. وقد نصّت السياسة على العديد من التأكيدات المهمة (نزال وآخرون، 2000) مثل:

1. اعتبار مياه الصرف الصحي جزءًا من الموازنة المائية الأردنية.
2. امتلاك المدن والقرى الرئيسية الأردنية أنظمةً مناسبةً لجمع مياه الصرف الصحي ومعالجتها من أجل حماية الصحة العامة والبيئة.
3. إعطاء أولوية الاستخدام للري الزراعي.
4. مراقبة جودة مياه الصرف الصحي المعالجة وتنبيه المستخدمين إلى أي حالة طارئة تتسبب في تدني جودة المياه للتوقف عن استخدامها حتّى يتم اتخاذ الإجراءات التصحيحية الضرورية.
5. اختيار المحاصيل المروية بالمياه المعالجة أو خليطٍ من المياه المعالجة والعذبة بحيث تتناسب مع مياه الري، ونوع التربة وخصائصها الكيميائية، والمنافع الاقتصادية لإعادة الاستخدام.
6. مراقبة المحاصيل المروية بالمياه المعالجة أو المياه المخلوطة.

7. معالجة الحمأة الناتجة عن عمليات معالجة مياه الصرف الصحي بحيث يمكن استخدامها كمخصّب وسمادٍ للتربة، مع مراعاة الامتثال لأنظمة حماية الصحة العامة والبيئة.
8. تشجيع استخدام المياه المعالجة والمُعاد تدويرها للأغراض الصناعية.

لقد خصصت الاستراتيجية الوطنية للمياه 2008-2022 والتي أطلِق عليها اسم «المياه من أجل الحياة» (وزارة المياه والري، 2009) فصلًا كاملًا لمياه الصرف الصحي، وحدّدت عددًا من الأهداف لمياه الصرف الصحي، بما في ذلك:

1. حماية الصحة العامة والبيئة من جميع الملوّثات وخاصة في محيط محطات معالجة مياه الصرف الصحي.
2. امتثال مياه الصرف الصحي المعالجة للمواصفات الوطنية ومراقبتها بشكل دوري.
3. تشغيل جميع محطات معالجة مياه الصرف الصحي وفقًا للمواصفات الدولية وتدريب القوى العاملة جيدًا لضمان التشغيل السليم.

وحدّدت الاستراتيجية أيضًا نُهُج تحقيق الأهداف المتعلّقة بمياه الصرف الصحي بحلول عام 2022، بما في ذلك:

1. تقييم الأثر البيئي لكل مشروع من مشاريع الصرف الصحي. ولا يجوز تنفيذ أي مشروع من هذا النوع ما لم يتم التأكد من عدم وجود آثار بيئية سلبية له.
2. توجيه عملية معالجة مياه الصرف الصحي إلى إنتاج المياه المناسبة للاستخدام في الري وفقًا لإرشادات منظمة الصحة العالمية (1989) ومنظمة الأغذية والزراعة كحدٍ أدنى، وخضوع استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة لأغراض أخرى للمواصفات المناسبة لذلك.
3. المراقبة المنتظمة لجودة مياه الصرف الصحي المعالجة في كلٍ من محطات معالجة مياه الصرف الصحي.
4. تشجيع المزارعين على استخدام تقنيات الري الحديثة والفعالة، واتخاذ الإجراءات المناسبة لحماية صحة العمال في المزارع ومنع تلوّث المحاصيل بسبب مياه الصرف الصحي المعالجة.
5. التوعية بشتّى الوسائل بمخاطر التعرّض لمياه الصرف الصحي غير المعالجة وبالقيمة الكبيرة لمياه الصرف الصحي المعالجة في الاستخدامات النهائية المختلفة.
6. تصميم وتنفيذ برامج توعية الجمهور والمزارعين لتشجيعهم على استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة وتوفير المعلومات حول طرق الري والتعامل مع المحصول، مع التركيز على طرق حماية صحة المزارعين والبيئة المحيطة.

تم إقرار استراتيجية المياه الحالية (2016 – 2025) من قبل مجلس الوزراء والتي تركز على معالجة مياه الصرف الصحي واستخدامها كأحد مكوّنات الإدارة المتكاملة للموارد المائية، حيث سيستبدل الأردن تدريجيًا المياه العذبة المستخدمة في الري بمياه الصرف الصحي المعالجة حيثما أمكن. وسيتم إعادة النظر في تعرفة المياه ومياه الصرف الصحي وفقًا لنماذج توزيع المياه. وإنّ هذا الأمر غايةٌ في الأهمية لإيصال الرسائل الصحيحة فيما يتعلّق بندرة الموارد المائية. علاوةً على ذلك، سيتم تحسين معالجة مياه الصرف الصحي المركزية واللامركزية وإعادة استخدامها، مع التركيز بشكلٍ خاصٍ على الأنظمة المركزية للمساعدة في توفير مياه الري للمشاريع الزراعية الكبرى. بيد أنّ الاستراتيجية لا تشجّع أنظمة جمع مياه الصرف الصحي للمجتمعات التي لا يتجاوز عدد سكانها 5000 نسمة، التي يمكن خدمتها بواسطة أنظمة الإدارة المستدامة الأخرى لمياه الصرف الصحي وفقًا لسياسة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية الصادرة عام 2016.

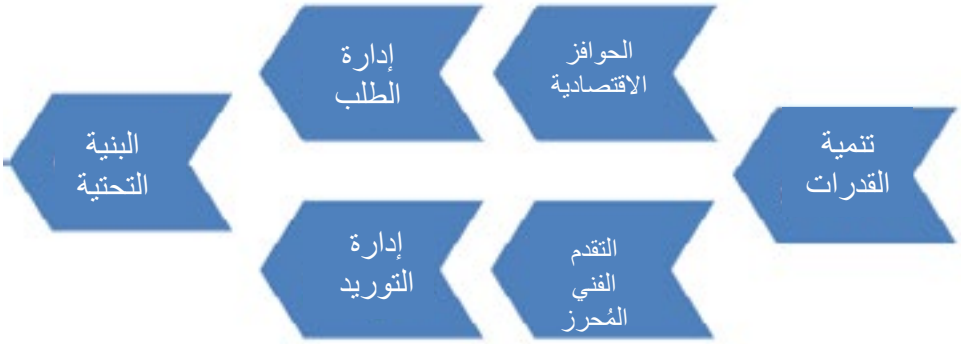
وكانت سياسة إعادة توزيع المياه قد صدرت عام 2016 والتي اعتمدت على واقع الموارد المائية المحدودة، وبالتالي فإنّها تُعطي الأولوية لاستخدامات المياه السكنية، بينما تُحدّد أولوية القطاعات الاقتصادية الأخرى بناءً على مساهمتها في الناتج المحلي الإجمالي. ويتمثّل الهدف الرئيسي في إعادة توزيع المياه بمرونة بين القطاعات والمحافظات المختلفة من خلال تفعيل أنظمة نقل المياه ومياه الصرف الصحي. ويهدف نظام نقل مياه الصرف الصحي المعالجة إلى وادي الأردن إلى زيادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري وتحرير المياه العذبة للاستخدامات السكنية. وتنصّ السياسة بوضوح على ما يلي:

- معالجة مياه الصرف الصحي والاستفادة الكاملة منها لأغراض الصناعة والزراعة والتبريد وغيرها باستثناء الشرب. ويعني ذلك استخدام المياه المعالجة قدر الإمكان وتحرير المياه العذبة للاستخدامات السكنية.
- مطابقة جودة مياه الصرف الصحي المعالجة من جميع محطات معالجة مياه الصرف الصحي البلدية والصناعية للمواصفات الوطنية ومراقبتها بانتظام.
- مراجعة مواصفات مياه الصرف الصحي وتعديلها لتصبح صالحة لإعادة الاستخدام المباشر وغير المباشر في إنتاج المحاصيل الزراعية ذات القيمة العالية بالتعاون مع جميع الأطراف ذات العلاقة.
- تقليل كمية المياه العذبة المخصّصة لأغراض الري واستبدالها بمياه الصرف الصحي المعالجة، بحيث يمكن التوسّع في الزراعة المروية فقط حيثما تتوافر مياه الصرف الصحي المعالجة.
- تعزيز وتوسيع دور القطاع الخاص فيما يتعلّق باستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة.

توضّح سياسة إحلال المياه وإعادة الاستخدام الصادرة عام 2016 عزم الحكومة الأردنية على استخدام المياه المعالجة في الري والأنشطة الاقتصادية الأخرى. كما تدعو إلى توسيع نطاق جمع ومعالجة مياه الصرف الصحي لاستخدامها في التنمية الاقتصادية وتشجّع الإدارة المركزية واللامركزية لمياه الصرف الصحي كليْهما. وتنصّ السياسة بوضوح – من بين أمور أخرى – على ما يلي:

- سعي وزارة المياه والري إلى زيادة حجم مياه الصرف الصحي المعالجة إلى 240 مليون م^3 بحلول عام 2025 من خلال إنشاء مرافق جديدة.
- استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة أو المياه السطحية بدلًا من المياه الجوفية لري المزارع المروية في المرتفعات الجبلية. وإنشاء جمعية تعاونية لمستخدمي المياه في المناطق الجبلية بهدف مراقبة استخدام المياه الجوفية ومياه الصرف الصحي المعالجة مع إمكانية المزج بينهما.
- اختيار آلية فعّالة تحظى بتأييد الجميع لتسعير مياه الصرف الصحي المعالجة تضمن الإنصاف واسترداد التكاليف ودعم الأنشطة الاقتصادية، بالإضافة إلى وضع خطة تنمية اقتصادية حيوية ومستدامة لاستخدام مياه الصرف الصحي بكفاءة.
- تشجيع المزارعين على اختيار أنماط المحاصيل التي تحقق أعلى الإيرادات وأفضل ممارسات الري، بالتنسيق مع وزارة الزراعة وجمعيات مستخدمي المياه.
- وضع خطة وطنية لتشغيل وصيانة محطات معالجة مياه الصرف الصحي مع مراعاة مشاركة القطاع الخاص، بالإضافة إلى تشجيع القطاع الخاص ومنظمات المجتمع المدني والمنظمات غير الحكومية على المشاركة في خطط وعمليات إعادة الاستخدام

وتنصّ سياسة التغيّر المناخي الصادرة عام 2016 بوضوح على أنّ قطاع المياه سيكون القطاع الأكثر تأثرًا وأنّ قدرة الأردن على التكيّف مع التغيّر المناخي سيتم تعزيزها بالاستناد إلى مبادئ الإدارة المتكاملة للموارد المائية. وتعتمد سياسة التغيّر المناخي - بين أمور أخرى - على سياسة إحلال المياه وإعادة الاستخدام لعام 2016، واستراتيجية المياه لعام 2016، وسياسة إعادة توزيع المياه لعام 2016. وتشتمل إجراءات التكيّف مع التغيّر المناخي في قطاع المياه على حلولٍ ناعمة وتنفيذية على السواء، كما هو موضح في الشكل (5) أدناه، حيث تَرِد إدارة مياه الصرف الصحي صراحةً في الحلول الناعمة والتنفيذية المقترحة للتكيّف مع التغيّر المناخي.



الشكل (5) متتالية الحلول الناعمة والتنفيذية في قطاع المياه للتكيّف مع التغيّر المناخي (مقتبسة من سياسة التغيّر المناخي، 2016)

تدعو السياسة إلى التنسيق والتكامل مع القطاعات الأخرى، وتحديدًا وزارة البيئة، ووزارة الزراعة، ووزارة الطاقة والثروة المعدنية، ووزارة التخطيط والتعاون الدولي، ووزارة الشؤون البلدية.

وأخيرًا، تم إصدار سياسة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية عام 2016، التي وُضِعت في الأصل بهدف حماية المياه الجوفية من مصادر التلوّث المختلفة مثل الحفر الامتصاصية. وكانت زيادة الموارد المائية هدفًا رئيسيًا آخر في ضوء حقيقة أنّ مياه الصرف الصحي تشكّل موردًا مائيًا متزايدًا، حيث قدّرت وثيقة السياسة أن تُسهم خدمات الصرف الصحي اللامركزية بزيادة إضافية نحو 64 مليون م^3 سنويًا من المياه المعالجة. كما قدّرت المنافع الزراعية بنحو 679 دينارًا أردنيًا لكل دونم بالنسبة إلى البيوت البلاستيكية و 173 دينارًا أردنيًا لكل دونم مزروع بأشجار الفاكهة. وتم احتساب الوفورات الإضافية المتحققة من الاستفادة من العناصر المغذية الموجودة في المياه المعالجة واستخدامها بدلًا من الأسمدة، بحيث أشارت التوقعات إلى تراوح تلك الوفورات من 1000 إلى 3000 دينار أردني سنويًا (سياسة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية، 2016)؛ بالإضافة إلى تقدير التكاليف السنوية لتنظيف الحفر الامتصاصية والتي يُمكن تفاديها بواقع 20,039 دينار أردني لكل 500 نسمة. وتوصي السياسة أيضًا باختيار حلول إدارة مياه الصرف الصحي الأكثر فعالية من حيث التكلفة باستخدام أداة تقييم الحلول المحلية الأقل كلفة للمياه العادمة (ALLOWS) التي تم تطويرها لوزارة المياه والري.

تُشدّد السياسة على ما يلي:

- يجب تعزيز مشاركة المجتمعات المحلية لا سيّما خلال مرحلة التخطيط، ولا غنى عن بناء القدرات على مختلف المستويات من أجل الإدارة اللامركزية الناجحة لمياه الصرف الصحي.
- تشمل الاعتبارات القانونية إعادة النظر في كلٍ من مواصفات جودة المياه المعالجة المتدفقة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية والظروف المطلوبة لتقييم الأثر البيئي لمشاريع مياه الصرف الصحي اللامركزية. ويجب أن تأخذ المواصفات في الاعتبار حكمًا متوازنًا لتنفيذ أنظمة معالجة فعالة من حيث التكلفة دون تهديد الصحة البشرية والبيئة. وقد حدّدت السياسة مواصفات الجودة للمياه المعالجة المتدفقة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي التي تتراوح قدرتها التصميمية من 50 إلى 500 نسمة ومن 501 إلى 5000 نسمة. كما تم تجميع شروط التقييمات البيئية المطلوبة وفقًا لحجم المجتمع المخدوم.
- يُعدّ رصد الميزانية الكافية ضروريًا لتمكين السلطات والمجتمعات الوطنية والمحلية من تنفيذ مشاريع الصرف الصحي.
- إشراك القطاع الخاص في الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي من خلال خيارات عقود التشغيل والصيانة المختلفة.

يهدف مشروع « مبادرة إدارة المياه» الذي موّلته مؤخرًا الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية إلى وضع خطط عمل لكافة السياسات التي تمّت صياغتها مؤخرًا. ومن المتوقع أن تكون خطط العمل جاهزة في عام 2018. علاوةً على ذلك، هناك توجّه لدمج بعض خطط العمل معًا نظرًا لوجود الكثير من التقاطعات بين السياسات. فعلى سبيل المثال، تتقاطع سياسة إعادة توزيع المياه مع سياسة إحلال المياه وإعادة الاستخدام وسياسة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية، ويبدو أنّ دمج هذه السياسات ووضع خطة عمل موحّدة من شأنه أن يسهّل عمليات التنفيذ والمتابعة.

2.3.2.4 القوانين ذات الصلة بإدارة واستخدام مياه الصرف الصحي

كان قانون البلديات رقم (29) لسنة 1955 أول قانون يُعنى بإدارة مياه الصرف الصحي في الأردن (غنيم، 2010). وبموجب هذا القانون، أصبحت الجهات الحكومية في العاصمة عمّان والبلديات الأخرى مسؤولةً عن إنشاء شبكات الصرف الصحي وتشغيلها وإدارتها (غنيم 2010؛ الجمعية العربية لمرافق المياه، 2011). وينصّ أحدث قانون للبلديات رقم (41) لسنة 2015 وتعديلاته على أنّ المجلس البلدي مسؤولٌ عن إعداد البرامج ومتابعة تنفيذها لتحقيق التنمية المستدامة بمشاركة المجتمع المحلي، وإدارة جميع المرافق والخدمات والمشاريع المحلية الموكلة إليه من خلال كوادر البلدية أو بالشراكة مع البلديات الأخرى أو أي سلطة مختصة أخرى أو من خلال إنشاء شركات مملوكة للبلدية سواء بمفردها أو بالتعاون مع القطاع الخاص ومؤسسات المجتمع المحلي، شريطة الحصول على الموافقة المسبقة من معالي الوزير. كما وينبغي للمجلس البلدي التنسيق مع الجهات المعنية لإنشاء شبكات الصرف الصحي وإدارة دورات الماء ومراقبتها. وتم سابقًا إقرار قانون تنظيم المدن والقرى والأبنية رقم (79) لسنة 1966 من قبل الحكومة الأردنية (نزال وآخرون، 2000)، الذي مكّن الجهات الحكومية من تنظيم التخلّص وجمع وتصريف مياه الصرف الصحي التي قد تسبب إزعاجًا أو ضررًا (نزال وآخرون، 2000).

وتوفر المادة (51) من قانون الصحة العامة رقم 27 لسنة 2008 إطار الصحة العامة لتنظيم مياه الصرف الصحي. ويمنح هذا القانون وزارة الصحة صلاحية تنظيم ومراقبة جودة مياه الصرف الصحي المعالجة. ومن ناحية أخرى، يسند قانون سلطة وادي الأردن رقم (3) لسنة 2001 مسؤولية تخطيط وتنفيذ مشاريع البنية التحتية في وادي الأردن إلى سلطة وادي الأردن، لذا أشرفت سلطة وادي الأردن على إنشاء وإدارة أنظمة الصرف الصحي في منطقة وادي الأردن.

وفي سياق مشابه، تُفوّض المادة (3 أ) من قانون اللامركزية رقم (49) لسنة 2015 وزارة الداخلية باتخاذ الإجراءات اللازمة للحفاظ على الصحة العامة والسلامة والبيئة. ويُفوّض القانون الوزارة بتشكيل لجان الرقابة والتفتيش ويمنحها صلاحية الإغلاق المؤقت للمتاجر والمنشآت والمواقع المخالفة والوصاية على أصولها لحين إحالة المخالفات إلى المحكمة المختصة. وتأسّست سلطة المياه الأردنية عام 1983 بموجب القانون المؤقت رقم (34) لسنة 1983، في حين تم تحديد مسؤوليات وواجبات سلطة المياه في وقتٍ لاحقٍ وفقًا لقانون سلطة المياه رقم (18) لسنة 1988، والذي ينصّ على مسؤولية سلطة المياه عن تنفيذ السياسات ذات الصلة بتقديم خدمات المياه المنزلية والبلدية والتخلص من مياه الصرف الصحي. وتشمل مسؤولياتها تصميم هذه الخدمات وإنشائها وتشغيلها، والإشراف على إنشاء الآبار العامة والخاصة وتنظيمها، وترخيص الحفّارين والحفّارات، وإصدار التصاريح للمهندسين والمهنيّين المرخّصين لتنفيذ الأنشطة ذات الصلة بالمياه ومياه الصرف الصحي (برنامج الدعم المؤسسي والمساعدات الفنية، 2012؛ الجمعية العربية لمرافق المياه، 2011). وتجدر الإشارة إلى أنّه قد تم تعديل قانون سلطة المياه في عام 2001، بإضافة المادة (28) التي سمحت بمشاركة القطاع الخاص في تقديم خدمات نقل المياه ومياه الصرف الصحي من خلال السماح بتفويض أي من واجبات أو مشاريع سلطة المياه إلى أي جهة أخرى حكومية أو خاصة، أو شركة مملوكة كليًا أو جزئيًا لسلطة المياه، حيث مكّن هذا التعديل سلطة المياه من خصخصة المرافق العامة وإبرام عقود (البناء – التشغيل – النقل) وغيرها من خيارات مشاركة القطاع الخاص (برنامج الدعم المؤسسي والمساعدات الفنية، 2012).

وفي عام 1988، صدر قانون تطوير وادي الأردن رقم (19) لسنة 1988، الذي حلّ محلّه لاحقًا القانون رقم (3) لسنة 2001. وتنصّ المادة (38) من القانون رقم (3) لسنة 2001 على أنه لا يجوز تلويث مياه وادي الأردن أو التسبّب بتلويثها عن طريق إدخال أي مادة إلى الوادي من أي مصدر كان. وبشكل عام، يعهد القانون إلى سلطة وادي الأردن تنفيذ جميع الأعمال المتعلّقة بتنمية الموارد المائية في وادي الأردن واستخدامها وحمايتها والحفاظ عليها. وتشمل مسؤوليات سلطة وادي الأردن الأخرى (برنامج الدعم المؤسسي والمساعدات الفنية، 2012) ما يلي:

1. رفع كفاءة استخدام المياه في الزراعة.
2. دراسة وتصميم وتنفيذ وتشغيل وصيانة مشاريع الري وجميع السدود الكبرى ومنشآت الحصاد المائي.
3. الدفاع عن حقوق الأردن في الموارد المائية العابرة للحدود.

أنشئت وزارة المياه والري في عام 1992 بموجب النظام رقم (54) لسنة 1992 بهدف توحيد إدارة الموارد المائية في الأردن تحت مظلة واحدة (نزال وآخرون، 2000). وكان تنظيم معالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها جزءًا من واجبات وزارة المياه والري (نزال وآخرون، 2000).

وفي عام 1996، تبيّن لوزارة الصحة أنّ المياه التي تصبّ في سيل الزرقاء من منطقة جسر السخنة إلى سد الملك طلال كانت ملوثة بمياه الصرف الصحي المعالجة الآتية من محطة السمرا لمعالجة مياه الصرف الصحي، واشتبهت في أنّ الخضروات المروية بهذه المياه ربما كانت ملوثة أيضًا. كما تبيّن لوزارة الصحة أنّ هذه الخضروات قد تكون ضارة بصحة من يستهلكها. وبالتالي، أصبحت هذه الخضروات

تشكّل خطرًا على الصحة وفق التعريف المنصوص عليه في قانون الصحة العامة والذي يقضي بإتلافها واتخاذ الإجراءات اللازمة لمنع نقلها إلى أماكن أخرى حيث يمكن استهلاكها. وعليه، وافق وزير الصحة على إتلاف جميع الخضروات المروية بالمياه التي تصبّ في سيل الزرقاء ضمن الحدود المذكورة أعلاه، كما حظر استخدام مياه سيل الزرقاء في ري الخضروات نهائيًا حتّى إشعار آخر. وبناءً على هذا القرار، اقتصر استخدام مياه سيل الزرقاء على ري الأعلاف والمحاصيل الحقلية والأشجار بشرط وقف الري قبل أسبوعيْن من الحصاد.

وفي عام 2002، صدر قانون الزراعة رقم (44) لسنة 2002، وحلّ محلّه لاحقًا القانون رقم (13) لسنة 2015. وفقًا للمادة (3 أ) من القانون الأخير، فإنّ وزارة الزراعة هي المسؤولة عن تنظيم وتطوير القطاع الزراعي بالتعاون مع الجهات ذات الصلة، حيثما دعّت الحاجة. وذلك من أجل تحقيق عدة أهداف مثل الاستخدام المستدام للموارد الزراعية الطبيعية دون الإضرار بالبيئة، وبالتالي توفير البيئة المحمية والثروة الحيوانية والنباتية. وتنصّ المادة (3 ب) من القانون نفسه على أنّ وزارة الزراعة تتحمّل مسؤولية تقديم الخدمات الزراعية الأساسية في المناطق التي لا يقدّم فيها القطاع الخاص مثل هذه الخدمات أو يقدّمها بلا كفاءة وفاعلية. وتشمل هذه الخدمات إجراء التحاليل المخبرية في المجالات المتعلّقة بالإنتاج الزراعي. كما تعتبر الدراسات والبحوث وعمليات الرصد المتّصلة بملوحة التربة من الأنشطة ذات الصلة بهذا القانون.

هذا وتنصّ المادة (15 ج) من قانون الزراعة رقم (13) لسنة 2015 على أن يصدر وزير الزراعة اللوائح الناظمة التي تحدّد شروط استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة والمياه المالحة ومياه قليلة الملوحة في ري المحاصيل. ويحدّد الوزير بموجب تلك اللوائح الناظمة أنواع المحاصيل التي يجوز ريّها بكل نوع من أنواع المياه المذكورة أعلاه. ويُحظَر استخدام مياه الصرف الصحي أو مياه الصرف الصحي المعالجة لغرض غسْل النباتات والمنتجات الزراعية وفقًا لأحكام المادة (15 د) من هذا القانون؛ ويعاقب كل من يخالف المادة (15 د) بغرامة مقدارها 500 دينار أردني عن كل طن تم غسْله بمياه الصرف الصحي أو بمياه الصرف الصحي المعالجة مع إلزام المخالف بإتلاف تلك النباتات والمحاصيل.

كما تنصّ المادة (15 هـ) من قانون الزراعة رقم (13) لسنة 2015 على معاقبة كل من يستخدم مياه الصرف الصحي أو مياه الصرف الصحي المعالجة لري المحاصيل مخالفًا للتعليمات الصادرة بموجب الفقرة (ج) من المادة (15) بغرامة مقدارها 300 دينار أردني عن كل دونم (= 1000 م²) أو جزء من الدونم قام بريّه، مع إلزام المخالف بإزالة المحاصيل المزروعة وإتلافها تحت إشراف وزارة الزراعة. وفي حالة رفض المخالف أو تأخره في إزالة المحاصيل وإتلافها، فيقوم الحاكم الإداري حينها بإصدار أمر إتلاف المحاصيل على نفقة المخالف الخاصة تحت إشراف وزارة الزراعة.

وفي عام 2006 صدر قانون حماية البيئة رقم (52) لسنة 2006. وتنصّ المادة (4) من هذا القانون على أن تتولّى وزارة البيئة عددًا من المهام لتحقيق أهداف حماية البيئة وتحسين عناصرها المختلفة بصورة مستدامة، بالتعاون والتنسيق مع الجهات المعنية؛ بما في ذلك:

1. مراقبة وقياس ومتابعة عناصر ومكوّنات البيئة من خلال بعض المراكز المحدّدة والمعتمدة من وزارة البيئة وفقًا للمعايير المعتمدة.
2. إصدار الأنظمة البيئية اللازمة لحماية البيئة وعناصرها، والشروط التي يمكن على أساسها إقامة المشاريع الزراعية والخدمات ذات الصلة التي يجب الالتزام بها وتضمينها في الشروط المسبقة لإصدار أو تجديد تصاريح هذه المشاريع وفق المعايير القانونية المنصوص عليها.

وفي عام 2008، صدر قانون الصحة العامة رقم (47) لسنة 2008. وتنصّ المادة (18 ب) من هذا القانون على أنّه في حالة تفشي مرضٍ ما أو وقوع إصابات بذلك المرض، يتعيّن على وزارة الصحة اتخاذ الإجراءات اللازمة لمنع انتشار المرض مثل مراقبة الموارد المائية العامة والخاصة والمحاصيل المزروعة والمواد الغذائية وغيرها من المصادر التي قد تشكّل وسائل محتملة لانتقال العدوى. كما تنصّ المادة (21 أ) من القانون ذاته على أنّه يحق للمسؤولين في وزارة الصحة إلزام السلطات المسؤولة عن الصرف الصحي باتخاذ الإجراءات اللازمة لحماية الصحة العامة خلال الفترة الزمنية التي تحدّدها الوزارة، بهدف منع تفشي مرضٍ ما قد ينتج عن مياه الصرف الصحي.

وتنص المادة (51 أ) من قانون الصحة العامة رقم (47) لسنة 2008 على أن تتولى وزارة الصحة، بالتنسيق مع الجهات ذات الصلة، مراقبة مياه الصرف الصحي وشبكات الصرف الصحي والتمديدات الصحية ومحطات معالجة مياه الصرف الصحي وفقًا لتشريعاتها الخاصة لضمان امتثالها للشروط الصحية. وتتحمّل وزارة الصحة أيضًا مسؤولية اتخاذ الإجراءات المناسبة لمنع أي أضرار من أن تلحق بالصحة العامة. وتنصّ المادة (51 ب) من قانون الصحة العامة رقم (47) لسنة 2008 على أنّه إذا تبيّن لوزارة الصحة إنّ مياه الصرف الصحي أو الشبكات أو التمديدات أو محطات معالجة مياه الصرف الصحي تشكّل أو قد تشكّل تهديدًا للصحة العامة، فعليها أن تتخذ جميع الإجراءات اللازمة لمنع حدوث الخطر الصحي المتوقع.

وفي عام 2008، صدر قانون المؤسسة العامة للغذاء والدواء (قانون رقم 41 لسنة 2008). وتتولى المؤسسة وفقًا للمادة (5) من هذا القانون مسؤولية الرقابة على الغذاء من حيث جودته وصلاحيته بما يتفق مع القواعد الفنية والتشريعات المعمول بها.

3.3.2.4 المواصفات ذات الصلة بإدارة واستخدام مياه الصرف الصحي

تمت صياغة قوانين جودة المياه، وأنظمة مياه الصرف الصحي المعالجة، ومواصفات تصريف مياه الصرف الصحي المعالجة في الجداول والمسطحات المائية، ومواصفات استخدام المياه المعالجة في الري المطبّقة في الأردن حاليًا، بالاستناد إلى المبادئ والأنظمة الصادرة عن منظمة الصحة العالمية أو مبادئ ولاية كاليفورنيا الأمريكية التي تُعدّ أكثر صرامة (عليمات، 2012). والجهة الوطنية المسؤولة عن إصدار مثل هذه المواصفات في الأردن هي مؤسسة المواصفات والمقاييس الأردنية.

تمت إعادة استخدام مياه الصرف الصحي للري الزراعي في الأردن في البداية وفقًا للإرشادات الصحية لاستخدام مياه الصرف الصحي في الزراعة وتربية الأحياء المائية الصادرة عن منظمة الصحة العالمية في عام 1989 (غنيم، 2010). واستمرّ استخدام إرشادات منظمة الصحة العالمية لعام 1989 حتّى اعتماد المواصفة الأردنية الأولى لاستخدام مياه الصرف الصحي في عام 1995، حين تم وضع المواصفة الأردنية 1995/JS893 من قبل سلطة المياه واعتمادها من قبل اللجنة الفنية للمياه والمياه العادمة في مؤسسة المواصفات والمقاييس الأردنية (الجمعية العربية لمرافق المياه، 2011). وكان الاستخدام المباشر للمياه المعالجة في ري محاصيل الخضروات التي تؤكل نيئة مثل الخيار والطماطم والخس محظورًا وفق المواصفة الأردنية 1995/JS893 (ماكورنيك وآخرون، 2004)، بالإضافة إلى حظر الري بالرش وري المحاصيل لمدة 14 يومًا قبل الحصاد (ماكورنيك وآخرون، 2004). وتناولت المواصفة الأردنية 1995/JS893 أيضًا مواصفات تصريف المياه المعالجة في الأودية (الجداول) والمسطحات المائية وتربية الأحياء المائية وتغذية المياه الجوفية.

وتم استبدال المواصفة الأردنية 1995/JS893 بالمواصفة الأردنية لمياه الصرف الصحي المستصلحة 2002/JS893 (الجمعية العربية لمرافق المياه، 2011). ويمكن تلخيص أسباب مراجعة المواصفة الأردنية 1995/JS893 وتعديلها في عام 2002 فيما يلي:

1. الحاجة إلى توسيع نطاق أنشطة إعادة الاستخدام الواردة في المواصفة الأردنية 1995/JS893 (الجمعية العربية لمرافق المياه، 2011).
2. تضرّر سوق تصدير الخضار والفواكه الأردنية بالأنظمة الصارمة الجديدة في بعض الدول المستوردة مثل دول الخليج، والتي فرضت حظرًا على عملية الاستيراد (ماكورنيك وآخرون، 2004). وبالتالي، بات من الضروري وضع مواصفات جديدة لتعزيز معايير الصحة والسلامة للمزارعين والمستهلكين على السواء (غنيم، 2010).

لقد انقسمت المواصفة الأردنية 2002/JS893 إلى مجموعتيْن رئيسيتيْن هما مجموعة المعايير القياسية ومجموعة الاسترشادات، وتناولت أيضًا تغذية المياه الجوفية وتصريف المياه المعالجة في الجداول والأودية ومناطق تخزين المياه. كما اشتملت المواصفة على ثلاث فئات للري، وهي الفئات (أ) و (ب) و (ج). الفئة (أ) ترمز إلى ري الخضروات التي تؤكل مطبوخة، ومواقف السيارات، وجوانب الطرق داخل المدن، والملاعب. والفئة (ب) تشير إلى ري الأشجار البرية والمساحات الخضراء وجوانب الطرق خارج المدن. أمّا الفئة (ج) فتشير إلى ري المحاصيل الصناعية والحقلية والأشجار الحرجية. وتم حظر الاستخدام المباشر لمياه الصرف الصحي في الري للخضروات التي تؤكل نيئة في المواصفة الأردنية 2002/JS893 على غرار سابقتها 1995/JS893 (ميداوير، 2005). وتم السماح باستخدام مياه الصرف الصحي من خلال الري بالرش لملاعب الجولف وفي وقت الليل فقط. وفي هذه الحالة، يجب ألّا تكون آليات الرش متاحة للاستخدام على مدار اليوم ويجب أن تكون من النوع المتحرك (ميداوير، 2005). كما هو الحال في المواصفة الأردنية 1995/JS893 أيضًا، يجب إيقاف الري قبل أسبوعين من الحصاد عند استخدام المياه المعالجة لري أشجار الفاكهة.

وبالنسبة إلى المواصفة الحالية التي تحكم استخدام مياه الصرف الصحي في الأردن فقد صدرت في عام 2006 (الجمعية العربية لمرافق المياه، 2011). وتنقسم المواصفة الحالية (المواصفة الأردنية 2006/JS893) أيضًا إلى مجموعتيْن رئيسيتيْن هما مجموعة المعايير القياسية ومجموعة الاسترشادات. وتتضمن المجموعة الأولى المواصفات التي يجب أن تمتثل لها المياه المعالجة التي تنتجها محطات معالجة مياه الصرف الصحي (عليمات، 2012)، بينما تخدم مجموعة الاسترشادات أغراضًا إرشادية فقط لا أكثر.

وقد تناولت المواصفة الأردنية 2006/JS893 تصريف المياه المعالجة في الجداول والمسطحات المائية، وتغذية المياه الجوفية، والري. على غرار ما جاء في المواصفة الأردنية 2002/JS893؛ هناك ثلاث فئات للري وهي (أ) و (ب) و (ج)، ولكن تمت إضافة فئة ري جديدة وهي ورود القطف.

وفقًا لمكوّن مراقبة الجودة في المواصفة الأردنية 2006/JS893، يتوجّب على الجهة المالكة لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي والجهة التنظيمية التأكد من أنّ جودة مياه الصرف الصحي المعالجة تتوافق مع مواصفات الاستخدام النهائي (عليمات، 2012). ويجب إجراء التحاليل المخبرية من قبل الجهتيْن الرقابية والتشغيلية وفقًا لوتيرة أخذ العيّنات الواردة في المواصفة الأردنية 2006/JS893 (عليمات، 2012). أما بالنسبة إلى مكوّن التقييم في المواصفة الأردنية 2006/JS893، فينصّ على أنّه في حال عدم تطابق أي نتائج العينة المفحوصة مع المواصفات المنصوص عليها لتصريف مياه الصرف الصحي المعالجة في الجداول والمسطحات المائية، فيجب عندئذٍ أخذ عيّنة تأكيدية إضافية (الجمعية العربية لمرافق المياه، 2011). وإذا تجاوزت العيّنتان الحدود المسموح بها في المواصفات، فسيتم إبلاغ الطرف المعني لاتخاذ الإجراءات التصحيحية اللازمة في أقرب وقت ممكن (الجمعية العربية لمرافق المياه، 2011). هذا وتجدر الإشارة إلى أنّ المواصفات المعمول بها هي قيْد المراجعة حاليًا في مؤسسة المواصفات والمقاييس الأردنية ومن المتوقع أن تصدر المواصفات الجديدة في نهاية عام 2019.

وفي الآونة الأخيرة، صدرت المواصفة الأردنية 2014/JS1766 باعتبارها إرشادات (غير إلزامية) لتنظيم استخدام مياه الري – بما في ذلك مياه الصرف الصحي المعالجة – بما يتماشى مع إرشادات منظمة الصحة العالمية (2006) وإرشادات منظمة الأغذية والزراعة. تتناول الإرشادات الصادرة مياه الري بشكل عام حسب جودتها بغض النظر عن مصدرها. وتُحدّد الإرشادات المقدّمة مستوى تقييد استخدامات الري بناءً على جودة مياه الري وخصائص التربة وحساسية المحاصيل وتدابير الحماية في المزرعة وإدارة الري. كما تتضمّن قسمًا يمكن استخدامه كدليل إرشادي لاختيار المحاصيل المناسبة للري حسب جودة المياه من حيث درجة الملوحة وغيرها من العوامل؛ حيث تعتبر الملوحة مصدر قلق كبير في مياه الري.

ويستند البرنامج المعتمد حاليًا في الأردن لمراقبة المحاصيل المروية بالمياه المعالجة إلى عدة مواصفات دولية (الجمعية العربية لمرافق المياه، 2011). وتحدّد هذه المواصفات الأساليب التي يتعيّن اتباعها في جمع العيّنات وإعدادها وتحليلها. فيما يلي أهم المواصفات (الجمعية العربية لمرافق المياه، 2011):

1. مواصفة أخذ عينات الخضار والفواكه الطازجة - . رقم 1999/1239.
2. خضار وفواكه ومنتجاتها - تفكيك المواد العضوية قبل التحليل (الطريقة الرطبة) . المواصفة رقم 1999/1246.
3. خضار وفواكه ومنتجاتها - تفكيك المواد العضوية قبل التحليل (طريقة الترميد) . المواصفة رقم1999/1247.

وتجدر الإشارة هنا إلى إيقاف برنامج مراقبة المحاصيل المروية بالمياه المعالجة في وادي الأردن بسبب القيود المالية.

4.2.4 تنفيذ السياسات وتأثيرها

لقد حقّق الأردن إنجازات كبيرة حتّى الآن على صعيد تنفيذ سياسات ومواصفات إدارة مياه الصرف الصحي التي تم توضعها. سيكون من الصعب مناقشة التقدّم المحرز في تنفيذ سياسات عام 2016 لأنّ خطط العمل ما تزال قيد الإعداد، لكنّ من الممكن مناقشة تنفيذ سياسات الصرف الصحي السابقة. فقد نجح الأردن في تغطية 64% من السكان بأنظمة جمع ومعالجة مياه الصرف الصحي، وتُستخدم مياه الصرف الصحي المعالجة غالبًا بعد خلطها بالمياه السطحية للزراعة المروية. وتعتبر معظم محطات معالجة مياه الصرف الصحي المبنية أنظمة إدارة مركزية باستثناء عددٍ قليلٍ من محطات المعالجة لإدارة الحمأة البرازية، والتي تُعالج الحمأة البرازية التي يتم تصريفها من الحفر الامتصاصية في المناطق المطوّرة حديثًا وفي المجتمعات الريفية غير المربوطة بأنظمة الصرف الصحي. كما أنّ مديرية إعادة الاستخدام في سلطة المياه مسؤولة عن إدارة عملية استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في المناطق المجاورة لمحطات المعالجة باستثناء محطة السمرا لمعالجة مياه الصرف الصحي التي تديرها سلطة وادي الأردن. ويجب على المزارعين الذين يريدون استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة أن يتقدّموا بطلبٍ إلى المديرية. وبناءً على المنطقة، تقوم مديرية إعادة الاستخدام بإبرام اتفاقية مع المزارعين وتخصيص كمية معيّنة من المياه لهم، علمًا أنّ مثل هذه الاتفاقيات اقتصرت حتّى تاريخه على زراعة الأعلاف والأشجار المثمرة فقط؛ حيث يتم تركيب عدادات و صمامات المياه داخل محطة معالجة مياه الصرف الصحي، ويتم التحكم بها من قبل موظفي سلطة المياه، ويتم نقل مياه الصرف الصحي المعالجة عن طريق خطوط المياه إلى المزارع المجاورة واستخدامها للري مباشرة.

وتجدر الإشارة إلى أنّه بالرغم من أنّ الأنظمة والمواصفات الأردنية (لوائح تنظيم وشروط استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة والمياه المالحة والمياه قليلة الملوحة الصادرة عن وزير الزراعة بالاستناد لأحكام المادة (15 ج) من قانون الزراعة رقم (13) لسنة 2015 والمواصفة الأردنية 2006/JS893) تسمح بري الخضروات التي تؤكل مطبوخة باستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة (أي نظام الاستخدام المباشر لري الخضروات التي تؤكل مطبوخة)، فقد حصرت سلطة المياه حتّى تاريخه الاستخدام المباشر لمياه الصرف الصحي المعالجة في ري المحاصيل العلفية وأشجار الزيتون والأشجار الحرجية. وستكون العوائد المالية أعلى بكثيرٍ إذا تم منح المزارعين الإذن بري الخضروات أيضًا ضمن حدود المواصفات الحالية (مجدلاوي، 2003).

1.4.2.4 التحديات

تم تشكيل لجنة وطنية لتنسيق إعادة استخدام المياه بموجب قرار مجلس الوزراء رقم 6826/11/57 بتاريخ 2003/5/21 تحت إشراف أمين عام سلطة المياه، بعضوية ممثلين عن الديوان الملكي ووزارة البيئة ووزارة الصحة ووزارة الزراعة وسلطة وادي الأردن والمركز الوطني للبحوث الزراعية والجمعية العلمية الملكية والاتحاد العام للمزارعين الأردنيين والجامعات والقطاع الخاص. وتتمثل المهمة الرئيسية للّجنة في التنسيق مع مديرية إعادة الاستخدام (المعروفة سابقًا باسم وحدة إعادة استخدام مياه الصرف الصحي) لتفادي التداخل بين مسؤوليات الوزارات المختلفة؛ لكنّ اللجنة لم تكُن نشطة ولم يُلحَظ أي تحسّن يُذكَر.

كما أشرنا سابقًا، يترتب على مخالفة تعليمات إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة إتلاف المحصول ودفع غرامة مالية. ومع ذلك، فإنّ المواصفات الأردنية لاستخدام مياه الصرف الصحي غير مطبّقة بشكل كامل. ورغم وجود برامج للرصد والمراقبة تهدف إلى ضمان الامتثال للأنظمة من حيث جودة المياه ونوع المحاصيل المروية، إلا أنّ المزارعين لا يلتزمون دائمًا بهذه الشروط.

يمكن أن يُعزى عدم تطبيق المواصفات إلى عدة تحديات، على سبيل المثال (غنيم، 2010):

1. الحمل الزائد على بعض محطات المعالجة. وبالتالي، فإنّ جودة المياه الناتجة لا تتوافق دائمًا مع المواصفة الأردنية 2006/JS893. وتخضع العديد من محطات معالجة مياه الصرف الصحي حاليًا لعمليات تجديد وتحديث.
2. اعتبار المواصفات الأردنية لتصريف واستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة صارمة بشكل غير ضروري، ممّا يؤدي إلى عدم الامتثال لها دائمًا.
3. قد يتسبب العدد الكبير نسبيًا من الأطراف ذات العلاقة، مثل وزارة الزراعة ووزارة المياه والري وسلطة وادي الأردن وسلطة المياه ووزارة البيئة ووزارة الصحة، في تداخل المسؤوليات وغياب التنسيق (الجمعية العربية لمرافق المياه، 2011) في بعض المجالات؛ حيث يؤدي غياب التنسيق الواضح إلى فقدان الموارد عند النظر إلى ازدواجية بعض المهام الموجودة بين مختلف الأطراف ذات العلاقة.
4. يستخدم بعض المزارعين مياه الصرف الصحي المعالجة التي يتم تصريفها في الجداول للري غير المقيّد قبل خلط مياه الصرف الصحي المعالجة بالمياه العذبة في الخزانات، وتُعدّ هذه ممارسةً غير قانونية ومخالفة للمواصفة الأردنية 2006/JS893. ناهيك عم عدم وجود بديل لمياه الري، فربما يمارس المزارعون هذه الممارسة جهلًا منهم بأنّها غير قانونية أو لعدم وجود بديل آخر لمياه الري.
5. يمكن أن يؤدي نقص الموارد المالية إلى إعاقة المراقبة الصارمة التي تهدف إلى اكتشاف بعض المخالفات في ضوء العدد الكبير من المزارع الصغيرة.
6. تواجه إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة للري منافسةً من الموارد المائية العذبة، مثل المياه الجوفية، على الرغم من ندرتها. ويرجع ذلك إلى انخفاض تكلفة استخدام المياه العذبة في الري، وبالتالي، فإنّ المزارعين الذين يمكنهم الوصول إلى المياه العذبة ليس لديهم أي دافع لاستخدام المياه المعالجة.

بالإضافة للنقاط المناقشة أعلاه، هناك بعض المسائل المتعلّقة بالاستخدام الأمثل لمياه الصرف الصحي المعالجة من حيث الكمية وليس الجودة. أولًا، يمثّل الافتقار إلى سياسة واضحة لأنماط المحاصيل تحديًا يعيق الاستخدام الأمثل لهذا المورد المائي. بشكل عام، يجب أن تحدّد وزارة الزراعة أنماط المحاصيل بناءً على عوامل مختلفة. ورغم أنّ وزارة الزراعة بذلت بعض المحاولات لتوجيه المزارعين فيما يتعلّق بأنماط المحاصيل، لنّ تلك المحاولات لم تكن شاملة بما فيه الكفاية وفقًا للاعتقاد السائد. على سبيل المثال، لقد أغفل النهج المعتمد الجانب التسويقي تمامًا، ممّا أدى إلى فقدان ثقة المزارعين وعدم موافقتهم على أنماط المحاصيل المقترحة. وثانيًا، فإنّ التعرفة الحالية المنخفضة للغاية لمياه الري لا تدعم الاستخدام الأمثل من حيث الكمية.

كان بالإمكان توظيف العديد من الحلول لتعزيز تنفيذ سياسات مياه الصرف الصحي ومواصفات إعادة الاستخدام، أبرزها الحلول الآتية:

1. ربما تكون مراجعة المواصفات خطوةً ضرورية، حيث يوصى بمواصفات أقل صرامة، لا سيّما فيما يتعلّق بتراكيز النيتروجين والفوسفور المقبولة في المياه المعالجة. علاوةً على ذلك، يجب الأخذ بعين الاعتبار التلوّث الميكروبيولوجي المقبول في إطارٍ أوسع حيث يتم توجيه استخدام المياه المعالجة بالاستناد إلى مفهوم إدارة المخاطر عوضًا عن تفاديها. وبناءً على ذلك، يجب النظر في وضع خطة عمل للمواصفة الأردنية 1766JS/2014 وهو ما يناقشه القسم (5) من هذا التقرير بمزيدٍ من التفصيل.
2. يجب وضع خطط للتنسيق بين مختلف الأطراف ذات العلاقة. على سبيل المثال، يمكن أن تشترك جهات تنظيمية مختلفة في برامج المراقبة. ويمكن أن تستخدم السلطات قدرات كل جهة حكومية للرصد الجزئي بينما يبقى بالإمكان تجميع البيانات من الجهات المختلفة وتبادلها فيما بينها من أجل تعظيم الاستفادة من الموارد المالية المحدودة. ويمكن بعد ذلك اتخاذ قرارات منسّقة.
3. يجب تكثيف حملات التوعية العامة من أجل إدراك قيمة المياه المعالجة وتقديرها. ويجب تقديم برامج تدريبية خاصة تستهدف المزارعين لتعريفهم بأفضل الممارسات الزراعية التي بوسعهم اتباعها لتحسين استخدام المياه وجودة المنتج وتسويق المحاصيل.
4. يجب مراجعة تعرفات المياه والمياه المعالجة بحيث تعكس ندرة المياه وترسل رسائل واضحة إلى المستهلكين بهذا الشأن.

على صعيد معالجة مياه الصرف الصحي المجمّعة، اتخذت سلطة المياه خطوات مثيرة للإعجاب لتحسين وتجديد محطات معالجة مياه الصرف الصحي القائمة. علاوةً على ذلك، لدى سلطة المياه خطط لبناء مرافق معالجة إضافية عند الضرورة. وتعمل معظم المحطات الجديدة والمجدّدة بصورة رئيسية بأنظمة الحمأة النشطة التي تتفوّق على الأنظمة الأخرى بمرونتها التشغيلية التي تُسهم في رفع جودة المياه المعالجة. وقد اكتسب الفريق التشغيلي لدى سلطة المياه خبرةً كبيرةً في مثل هذه الأنظمة التي تعتبر التقنية المفضّلة لدى الفريق. وعلى الرغم من أنّ التقنية بتعديلاتها المختلفة معروفة بفعاليتها في إنتاج المياه المعالجة عالية الجودة، إلا أنّ استهلاك الطاقة وإنتاج الحمأة الزائدة هم من عيوبها الرئيسية. على سبيل المثال، وحتّى أواخر عام 2009، تمت معالجة معظم مياه الصرف الصحي المجمّعة باستخدام تقنية برك الاستقرار، المعروفة بقدرتها العالية على تخزين الحمأة واستقرارها، ناهيك عن قلة استهلاك الطاقة. ويمكن تخزين الحمأة في الأحواض لمدة تتجاوز 10 أعوام. ويتم استقرار الحمأة وهضمها أثناء التخزين نتيجة الاحتفاظ بها لفتراتٍ طويلةٍ جدًا. ولكن بسبب تدني جودة المياه المعالجة الناتجة باستخدام هذه الأنظمة، فقد تم تحويل معظم محطات المعالجة التي تستخدم أحواض الاستقرار إلى أنظمة الحمأة النشطة. وقد أدّى ذلك بالفعل إلى تحسين جودة المياه المعالجة، لكنّه أفضى أيضًا إلى إنتاج كميات كبيرة من الحمأة والتي يجب إدارتها. وأشارت تقديرات 2016 إلى أنّ محطات معالجة مياه الصرف الصحي في الأردن وعددها 31 محطة تُنتج 300 طنًا من الحمأة (الجافة) يوميًا، بافتراض أنّ إنتاج الفرد للحمأة يبلغ 53 غرامًا يوميًا وأنّ 63% من السكان متصلون بمحطات المعالجة (الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية، 2014). وتواجه سلطة المياه حاليًا تحديات في إدارة الحمأة لأنّ وزارة الزراعة تحظر استخدام المواد الصلبة الحيوية في الإنتاج الزراعي (الملحق 1). وبالتالي، يتم تخزين الحمأة الناتجة إمّا في محطات معالجة مياه الصرف الصحي أو خلطها مع مياه الصرف الصحي الداخلة إلى محطات المعالجة الكبيرة. في الواقع، سيكون الحل العملي هو العمل المشترك مع كافة الأطراف ذات العلاقة لتمكين الاستخدام الأفضل للمواد الصلبة الحيوية وتحسين نظرة مختلف الأطراف ذات العلاقة إلى المواد الصلبة الحيوية باعتبارها موردًا وليس منتجًا ثانويًا عديم الفائدة في محطات معالجة مياه الصرف الصحي. و ينبغي أن يشجّع هذا أيضًا سلطة المياه على اختيار تقنيات معالجة مياه الصرف الصحي الأفضل للسكان غير المخدومين أو عند النظر في توسيع محطات المعالجة القائمة، بحيث يكون إنتاج الحمأة معيارًا مهمًا في عملية الاختيار. وفي الحقيقة، فإنّ الجمع بين التقنية اللاهوائية متبوعةً بالتقنية الهوائية من شأنه دائمًا زيادة جودة المياه المعالجة وتقليل إنتاج الحمأة. وقد تكون صناعة السماد من الحمأة المخلوطة بمخلفات الطعام (حيثما أمكن) خيارًا جيدًا من شأنه أن يدعم الجهود المبذولة في استغلال مثل هذا المورد.

2.4.2.4 التأثير

عند التفكير في الاستخدام المباشر للمياه المعالجة، يستخدم معظم المزارعين الري الشريطي والري بالأخدود، ويرجع ذلك إلى حقيقة أنّ الري يقتصر حتّى الآن على المحاصيل العلفية أو أشجار الزيتون أو غيرها من أشجار الفاكهة، ولا تُستخدَم أنظمة الري بالتنقيط سوى في المزارع التي تستخدم المياه المعالجة من محطة تنقية وادي موسى (انظر الجدول 5) كجزءٍ من مشروع مموّل من الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية لخدمة مدينة البتراء والقرى المجاورة لها (أديسون، 2005). وتعتبر أنظمة الري بالتنقيط أكثر كفاءةً لكنّها أيضًا أعلى كلفةً مقارنةً بأنظمة الري الشريطي والري بالأخدود. بالإضافة إلى ذلك، يجب استبدال أنظمة الري بالتنقيط بمعدل مرة كل 5 أعوام. وعندما يُسمح للمزارعين بري العلف والأشجار المثمرة فقط، واللذان لا يدرّان دخلًا كبيرًا مثل المنتجات الزراعية الأخرى (مجدلاوي، 2003)، فإنّ ذلك لا يشجّعهم على الاستثمار في أنظمة أكثر كفاءة للري. وبناءً على ذلك، فإنّ التحوّل إلى المحاصيل ذات القيمة الأعلى التي تحقق عوائد مالية أفضل للمزارعين هو وضع مربح لكلا الجانبيْن يُفضي إلى استخدام أنظمة الري الأكثر كفاءة وعلى الأرجح إلى قبول أوسع لرفع التعرفة؛ حيث إنّ التعرفة الحالية للمياه لا تتجاوز 40 فلس/م^3 (0.056 دولار أمريكي/م^3)، ممّا يحول دون ترشيد المياه في مثل هذه المزارع، وبالتالي عدم تشجيع أنظمة الري الأكثر كفاءة. ويمكن أن تكون رغبة المزارعين في زيادة إيراداتهم المالية إلى الحد الأقصى عاملًا مثبّطًا آخر. في الواقع، إنّ إدارة الاستخدام المباشر لمياه الصرف الصحي المعالجة، التي تأخذ في الاعتبار تعظيم الفوائد النهائية وتقليل المخاطر المرتبطة بها، ممكنة على النحو الذي المقترح في إرشادات منظمة الصحة العالمية (2006) والتي تم اعتمادها مؤخرًا من قبل مؤسسة المواصفات والمقاييس الأردنية في المواصفة الأردنية 2014/JS1766. وسيناقش القسم التالي هذا الشأن بمزيدٍ من التفصيل.

وفي وادي الأردن، يتبع المزارعون أساليب الاستخدام غير المباشر بصورة رئيسية، مثل أنظمة الري بالتنقيط ذات الأغطية البلاستيكية لتفادي التبخّر المفرط كما هو موضح في الشكل (6)، حيث تنعكس هذه الممارسة إيجابًا على السلامة المكروبيولوجية للمحاصيل، نظرًا لعدم وجود تلامس بين مياه الري والمحاصيل المزروعة. وكما ورد آنفًا، فإنّ الاستخدام غير المباشر لمياه الصرف الصحي المعالجة للري يحدث حاليًا في الغالب في وسط وجنوبيْ وادي الأردن (الجمعية العربية لمرافق المياه، 2011 وكار وآخرون، 2011)، علمًا أنّ الاستخدام غير المباشر هو للري غير المقيّد (عماري، 2007). ومع ذلك، فإنّ إمدادات المياه العذبة لسلطة وادي الأردن آخذةٌ في التناقص المطّرد نتيجة انخفاض تدفق المياه في نهر اليرموك والأودية الجانبية وتراجع هطول الأمطار في مستجمعات مياه نهر الأردن (برنامج الدعم المؤسسي والمساعدات الفنية، 2012). وتشتمل أنواع المحاصيل المروية بمياه الصرف الصحي المعالجة المخلوطة في وسط وجنوبيْ وادي الأردن على الخضروات والعنب والحمضيات والموز وأنواع معيّنة من الفاكهة ذات النواة الصلبة (عماري، 2007). وفقًا لسلطة وادي الأردن ووزارة الزراعة (2010)، فقد تم ري 212,525 دونمًا (1 دونم = 0.1 هكتار) في وسط وجنوبيْ وادي الأردن بشكل غير مباشر بالمياه المعالجة في عام 2010. ثمة بعض المخالفات لمواصفة إعادة الاستخدام 2006/JS893 والتي تحدث على ضفاف الجداول الواقعة في اتجاه مجرى المياه المنخفض الناتجة عن محطات معالجة مياه الصرف الصحي حيث يستخدم المزارعون المياه المعالجة التي يتم تصريفها في هذه الجداول لري المحاصيل غير المقيّدة قبل عملية خلط المياه المعالجة بالمياه العذبة التي في السد (غنيم، 2010).

ومن ناحية أخرى، تم استخدام حوالي 23.82% من مياه الصرف الصحي المعالجة المنتجة في محطات المعالجة بشكل مباشر للري في عام 2013 (سلطة المياه، 2013). يُظهر الجدول (5) أدناه تفاصيل الاستخدام المباشر لمياه الصرف الصحي المعالجة للري في كل محطة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي أو بالقرب منها، بما في ذلك نوع المحاصيل المروية والمساحة المزروعة. وكما هو موضح في الجدول (5)، فلقد بلغ إجمالي كمية مياه الصرف الصحي المعالجة التي أنتجتها محطات معالجة مياه الصرف الصحي في عام 2012 نحو 118 مليون م^3، وكانت المساحة الإجمالية المروية بالمياه المعالجة في محطات معالجة مياه الصرف الصحي 14266 دونمًا في العام نفسه (سلطة المياه، 2012)، بما يمثّل حوالي 6% من إجمالي الأراضي المروية بشكل مباشر أو غير مباشر بمياه الصرف الصحي المعالجة. ويبيّن الجدول (5) أيضًا عدد الاتفاقيات المبرمة بين المزارعين وسلطة المياه، حيث تحدّد هذه الاتفاقيات شروط استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة للري المباشر بالقرب من محطات معالجة مياه الصرف الصحي.

الشكل (6) نظام ومخطط الري العام في وادي الأردن بواسطة المياه المخلوطة من خلال الري بالتنقيط

الجدول (5) استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في محطات معالجة مياه الصرف الصحي أو بالقرب منها

محطة معالجة مياه الصرف الصحي	كمية المياه المعالجة (مليون م^3 سنويًا)[أ]	كمية المياه المعالجة المعاد استخدامها (بشكل مباشر وغير مباشر) (مليون م^3 سنويًا)[أ]	المساحة المروية في محطات معالجة مياه الصرف الصحي أو بالقرب منها (دونم)[أ]	نوع المحاصيل المروية [أ]	عدد الاتفاقيات المبرمة مع المزارعي ن[ب]	النسبة المئوية لإعادة الاستخدام المباشر لمياه الصرف الصحي المعالجة [ب]	وجهة المياه المعالجة الزائدة [أ]	النسبة المئوية لإعادة الاستخدام المباشر وغير المباشر لمياه الصرف الصحي المعالجة [أ]
السمرا	87	87	3990	العلف وأشجار الزيتون	34	15	سد الملك طلال	100
الفحيص	0.8	0.8	30	العلف	1	4	سد وادي شعيب	100
الرمثا	1.4	1.4	1302	العلف	22	100	-	100
مادبا	1.8	1.8	1213	العلف وأشجار الزيتون	27	100	-	100
البقعة	4.1	4.1	437	المشاتل وملعب البولو	15	13.6	سد الملك طلال	100
كفرنجة	0.9	0.9	812	الأشجار الحرجية	10	100	-	100
الكرك	0.7	0.7	609	العلف والأشجار الحرجية	8	100	-	100
المفرق	0.6	0.6	660	العلف	18	100	-	100
السلط	2.2	2.2	100	أشجار الزيتون والفاكهة	5	4.4	سد وادي شعيب	100
معان	0.8	0.4	357	العلف	9	47	السيل	47
الأكيدر	1.0	0.961	1069	أشجار الزيتون والفاكهة	17	100	-	100
الشريعة [ج]	0.1	0.1	181	أشجار الزيتون والفاكهة	16	100	-	100

وادي السير	1.2	1.2	62	زيتون	1	4.3	سد الكفرين	100
وادي حسّان	0.4	0.4	721	أشجار الزيتون والفاكهة	1	100	-	100
وادي موسى	0.9	0.9	1069	العلف وأشجار الزيتون	38	100	-	100
أبو نصير	0.9	0.18	75	أشجار الزينة	1	20	سيل بيرين	22

أ المصدر: سلطة المياه (2012)، ب المصدر: (سلطة المياه، 2013) ج محطة تحلية

الجدول (6) (تتمة) استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في محطات معالجة مياه الصرف الصحي أو بالقرب منها

محطة معالجة مياه الصرف الصحي	كمية المياه المعالجة (مليون م³ سنويًا)[أ]	كمية المياه المعالجة المعاد استخدامها (بشكل مباشر وغير مباشر) (مليون م³ سنويًا)[أ]	المساحة المروية في محطات معالجة مياه الصرف الصحي أو بالقرب منها (دونم)[a]	نوع المحاصيل المروية [أ]	عدد الاتفاقيات المبرمة مع المزارعين [ب]	النسبة المئوية لإعادة الاستخدام المباشر لمياه الصرف الصحي المعالجة [ب]	وجهة المياه المعالجة الزائدة [أ]	النسبة المئوية لإعادة الاستخدام المباشر وغير المباشر لمياه الصرف الصحي المعالجة [أ]
العقبة / محطة المعالجة الطبيعية	**2.0**	**2.0**	**1580**	**أشجار النخيل و مصدات الرياح والمساحات الخضراء**	**4**	**100**	**-**	**100**
العقبة / محطة المعالجة الميكانيكية	**2.6**	**2.6**	**-**	**المساحات الخضراء [ج]**	**1**	**100**	**-**	**100**
الطفلية	**0.5**	**-**	**-**	**-**	**0**	**0**	**غور فيفا**	**0**
اللجون	**0.3**	**-**	**-**	**-**	**0**	**0**	**سيل اللجون**	**0**
وادي العرب	**3.7**	**-**	**-**	**-**	**0**	**0**	**نهر الأردن**	**0**
الطالبية	**0.1**	**0.1**	**-**	**الأشجار الحرجية وأشجار الزينة**	**0**	**100**	**-**	**100**
تل المنطح	**0.1**	**0**	**-**	**العلف**	**0**	**0**	**-**	**0**
المعراض	**0.3**	**0.3**	**-**	**-**	**1**	**0**	**سد الملك طلال**	**100**
اربد المركزية	**3.0**	**-**	**-**	**-**	**0**	**0**	**نهر الأردن**	**0**
جرش	**1.2**	**1.2**	**-**	**-**	**0**	**0**	**سد الملك طلال**	**100**
وادي الشلالة	**0.8 [ب]**	**-**	**-**	**-**	**0[ب]**	**0[ب]**	**نهر الأردن**	**0 [ب]**

أ المصدر: سلطة المياه (2012)، ب المصدر: (سلطة المياه، 2013)، ج تُستخدَم مياه الصرف الصحي المعالجة أيضًا للأغراض الصناعية

5. المناقشة النهائية

إنّ التغيّر المناخي حقيقة لا يمكن إنكارها وتتوقع جميع النماذج العالمية حدوث تغيّر في درجة الحرارة والظروف الجوية المتطرفة، بما في ذلك زيادة الفيضانات وفترات الجفاف. لقد لوحظت التغيّرات بالفعل في جميع أنحاء العالم وتأثرت بها جميع الدول تقريبًا، علمًا أنّ آثار الظواهر المناخية المتطرفة في منطقةٍ ما لا تنحصر بالضرورة في تلك المنطقة ويمكن ملاحظة آثارها في مواقع جغرافية أخرى، خاصة عند النظر في الآثار على الصادرات الزراعية. وهناك أدلة واضحة على أنّ الدول النامية ستكون هي الأكثر تضررًا من التغيّر المناخي نتيجة قابليّتها للتأثر وانخفاض قدرتها على مواجهة التغيّرات المتطرفة. ويبدو أنّ قطاع المياه هو القطاع الرئيسي الذي سيتأثر بشكل مباشر بالتغيّر المناخي، وبالتالي، لا غنى عن التخطيط السليم للتكيّف مع التغيّرات المتوقعة. وعند النظر في الآثار المترتبة على قطاع المياه، تتأثر كافة أنشطة التنمية الاقتصادية بما في ذلك الصحة والزراعة والطاقة.

لقد كان موضوع التكيّف مع التغيّر المناخي وزيادة مرونة أنظمة المياه قيْد المناقشة على المستويات الدولية والإقليمية والمحلية منذ عقود، حيث تطوّرت العديد من المفاهيم، أكثرها تطوّرًا كان مفهوم الإدارة المتكاملة للموارد المائية. في الواقع، يدعو المفهوم إلى اللامركزية بحيث تُدار المياه على مستوى الحوض. ويدعو أيضًا إلى التكامل، سواءً أكان ذلك ضمن قطاع المياه أم عبر القطاعات المختلفة. بالإضافة إلى ذلك، تتطلّب اللامركزية والتكامل كليْهما النظر المباشر في النظام الذي يحكم إدارة المياه، بما في ذلك الأنظمة الحالية والهيكل الاجتماعي والاقتصادي والابتكارات التقنية وتغيّرات التصميم الهندسي والثقافة السائدة. ويُعدّ الفهم العميق للعوامل الاجتماعية والاقتصادية والثقافية التي تشكل تصوّرات صناع القرار بشأن المخاطر، أو استعدادهم للتصرّف، أو تحديد أولويات الإجراءات، أمرًا بالغ الأهمية. كما يُعدّ تحسين الحوكمة الوسيلة الرئيسية للتعامل مع منافسة القطاعات المختلفة على طلب الموارد المائية المحدودة.

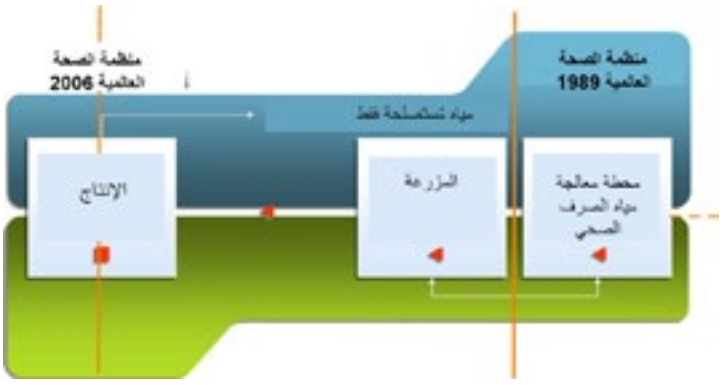
وعلى الرغم من تعقيد التكيّف مع التغيّر المناخي في قطاع المياه من خلال الإدارة المتكاملة للموارد المائية، لا يزال من الممكن التوصية بخطوات عملية مع اهتمامٍ خاص بالاستراتيجية المشتركة بين الجهات المختلفة؛ حيث يمكن لأي جهة مثل وزارة المياه والري أن تشرع بها كجزءٍ من مجموعة الإجراءات التقديرية الخاصة بها في حدود صلاحياتها. وقد اتّبع التكيّف مع التغيّر المناخي في قطاع المياه في الأردن مسارًا ناعمًا بالدرجة الأولى ومسارًا تنفيذيًا بالدرجة الثانية. ويشتمل المسار الناعم على تبادل المعرفة والخبرة من خلال الشبكات على مستويات مختلفة. كما أنّ وزارة المياه والري، التي نشرت سياسة التغيّر المناخي لقطاع مياه مرن في عام 2016، تركّز على تنمية قدرات القطاع الحكومي لتحسين القدرات الداخلية أو بناء الخبرة اللازمة للتعامل مع التعقيدات الإضافية المرتبطة بالتغيّر المناخي. بالإضافة إلى الوثائق الحكومية الإرشادية الأخرى (الملحق 1)، فإن التكيّف مع التغيّر المناخي يتضمّن تعظيم استخدام الموارد المائية غير التقليدية بشكل أساسي للري الزراعي. وإنّ التوسع في خدمات الصرف الصحي من أجل حماية أفضل للمياه الجوفية وإعادة الاستخدام القصوى للمياه من شأنه أن يزيد اهتمام الحكومة بمعالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها باعتباره إجراءً للتكيّف مع التغيّر المناخي. ويغطّي هذا الموضوع تحديدًا عدة سياسات مختلفة، فضلًا عن استراتيجية المياه، كما هو موضح في الملحق (1). ويُشار إلى أنّ السياسات الموضوعة شاملةٌ وتتناول التكيّف مع التغيّر المناخي على مستويات مختلفة. وتُعدّ سياسة الصرف الصحي اللامركزية التي تستهدف المناطق السكنية التي يقل عدد سكانها عن 5000 نسمة على وجه التحديد من أبرز السياسات ذات الصلة، حيث تتطرّق السياسة إلى مختلف الموضوعات المتعلّقة بخدمات الصرف الصحي اللامركزية وتقترح نماذج أعمال مختلفة للتشغيل والصيانة والتي يمكن اعتمادها لتقديم خدمة مستدامة. وتقترح السياسة أيضًا مواصفات جديدة لأنظمة معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية بناءً على عدد المخدومين. وتعمل وزارة المياه والري حاليًا على وضع خطط العمل للسياسات وتحديد الجداول الزمنية والمشاريع المستقبلية المخطط إقامتها جنبًا إلى جنب مع إعداد الميزانيات المطلوبة.

وعلى الرغم من أنّ الأردن يُعدّ من البلدان القليلة في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا التي تدير مياه الصرف الصحي بشكل جيد، إلّا أنّه ما يزال ثمة - كما هو الحال دائمًا - مجال للتحسين. ويُعتقد بشدة أنّ الإدارة المتكاملة لمياه الصرف الصحي، باعتبارها أحد عناصر الإدارة المتكاملة للموارد المائية، هي السبيل الأنسب للمضي قدمًا. وهذا يعني زيادة استخدام المياه المعالجة في الزراعة على النحو المنصوص عليه في السياسات المختلفة المعمول بها والمواصفة الأردنية 2014/JS1766؛ بالإضافة إلى توسيع خدمات الصرف الصحي لتشمل المجتمعات غير المخدومة. ومع ذلك، من الصعب الفصل بين الموضوعيْن والسبب الوحيد لتقديمهما بهذا الشكل هو تيسير مناقشة بعض التفاصيل ذات الصلة في الأقسام التالية.

1.5 استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الإنتاج الزراعي

كما ذكرنا سابقًا، اعتمد الاستخدام الآمن لمياه الصرف الصحي في الزراعة حتّى تاريخه على إرشادات منظمة الصحة العالمية (1989) التي حدّدت معايير جودة مياه الصرف الصحي المعالجة لمحطات معالجة الصرف الصحي. ورغم أنّ الإرشادات تناولت المخاطر الصحية المرتبطة بمسبّبات الأمراض في مياه الصرف الصحي، لطالما اعتُبِرَت تقنيات نهاية الأنبوب (أخر مرحلة معالجة) أساسًا للاستخدام الآمن للمياه. وتم تحديد القيَم القصوى المسموح بها لتحديد جودة المياه المعالجة التي يجوز استخدامها في الري الزراعي. بيد أنّ هناك عيب رئيسي واضح في هذا النهج؛ حيث يوجد دليل على تلوّث المياه المعالجة أو إعادة نمو مسبّبات الأمراض بعد خروجها من محطة معالجة مياه الصرف الصحي، أو في المياه المعالجة المخزنة قبل إعادة استخدامها في الإنتاج الزراعي. وبالتالي، فإنّ وضع معايير جودة صارمة لا يكفي بحدّ ذاته لضمان إعادة استخدام المياه الآمنة بعد خروجها من محطة المعالجة. وفي الوقت ذاته، يجب إعادة النظر في معايير الجودة الأخرى التي تُحدّدها المواصفات المعمول بها، مثل العناصر المُغذّية التي تحتوي عليها مياه الصرف الصحي، وذلك نظرًا لأهمية هذه العناصر المغذية للإنتاج الزراعي عبر المراحل المختلفة من نمو النباتات ويجب الاحتفاظ بها في المياه المعالجة بدلًا من التخلّص منها. وبما أنّ المحاصيل لا تحتاج إلى هذه العناصر المغذية المضافة في جميع مراحل نموّها، يوصى باستخدام تقنيات معالجة تتمتّع بالمرونة اللازمة للاستجابة إلى هذه التغيّرات؛ وسيتم توضيح هذه النقطة تحديدًا في القسم التالي.

لقد استدعت القضايا المذكورة أعلاه تحوّلًا جذريًا في أساليب مراقبة استخدام مياه الصرف الصحي في الزراعة، متمثلًا في الإرشادات الصادرة عن منظمة الصحة العالمية عام 2006 (منظمة الصحة العالمية 2006) التي تضّمنت تحوّلًا واضحًا في نهج إدارة مياه الصرف الصحي، بما في ذلك الحاجة إلى إشراك مختلف الأطراف ذات العلاقة في تحديد المخاطر ووضع الاستراتيجيات لتخفيفها؛ حيث تناولت الإرشادات جودة مياه الخارجة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي إلى جانب الممارسات الزراعية الرامية إلى ضمان إعادة الاستخدام الآمن لمياه الصرف الصحي على اختلاف جودتها. يوضح الشكل (7) إزاحة منظمة الصحة العالمية للحدّ الفاصل من بعد خروج المياه من محطة معالجة مياه الصرف الصحي باتجاه الحقول الزراعية إلى نقطة أبعد في السلسلة الغذائية. وتُعدّ الممارسات الزراعية ذات أهمية قصوى في هذا النهج المتكامل؛ الذي لا يستبعد مياه الصرف الصحي المعالجة بالحد الأدنى من الاستخدام الآمن في الزراعة. وتجدر الإشارة إلى أنّ الممارسات الزراعية الأخرى التي قد يكون لها تأثير على المحصول يجب أن تؤخذ في الاعتبار؛ فقد يؤدي استخدام المبيدات الزراعية إلى الإصابة بأمراض غير معدية، كما هو الحال بالنسبة إلى المبيدات الكلورية العضوية التي من المعروف أنّها مسببة للسرطان. وقد ثبت أن هذه المجموعة من المبيدات تتراكم في التربة ويسهل دخولها في السلسلة الغذائية (البطارسة والطراونة، 2013). وبالتالي، لا غنى عن تطبيق أفضل الممارسات الزراعية إلى جانب الممارسات الأخرى ذات الصلة باستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة كما هو موضح في إرشادات منظمة الصحة العالمية (2006). مثال آخر ذو صلة يتعلّق بتلوّث المحصول بمسبّبات الأمراض الموجودة في الزبل غير المعالج الذي يستخدم كسماد. في الواقع، لا يعني الري الزراعي باستخدام المياه العذبة بالضرورة مطابقة المحصول للمواصفات المفروضة لأنّ جودة المياه ليست المعيار الوحيد لجودة المحصول. ولذلك، يجب النظر في الاستخدام الزراعي لمياه الصرف الصحي من منظورٍ شاملٍ تشكّل جودة المياه أحد عناصره فقط، علمًا أنّ المدخلات الأخرى لا تقلّ أهمية عن المياه مثل جودة الأسمدة والمبيدات الزراعية.



الشكل (7) تغيّر نهج الصرف الصحي من تقنية نهاية الأنبوب (منظمة الصحة العالمية، 1989) إلى نهج الإدارة المتكاملة (منظمة الصحة العالمية، 2006)

استجابةً لإرشادات منظمة الصحة العالمية (2006)، أصدرت مؤسسة المواصفات والمقاييس الأردنية المواصفة الأردنية 2014/JS1766 التي تبنّت هذا النهج المتكامل، ووضعت الضوابط اللازمة لمياه الري، ولم تستبعد مياه الصرف الصحي المعالجة كمورد لمياه الري. وفي حالة الأردن، فإنّ جودة مياه الصرف الصحي المعالجة أعلى بكثير من بعض موارد المياه السطحية الأخرى المستخدمة في الري والتي لا تخضع لرقابة الجهات التنظيمية. ولذلك كان من الضروري النظر في جميع موارد مياه الري بدلًا من التركيز على جودة مياه الصرف الصحي المعالجة. وعلى الرغم من متطلّبات السلامة للنظام الكامل وفقًا لإرشادات منظمة الصحة العالمية (2006) والمعتمدة في المواصفات الأردنية، فإنّ عدم وجود خطة إدارة مفصّلة يحدّ من قابلية للتطبيق. من المتوقع أن تختلف خطط الإدارة من بلدٍ إلى آخر، وحتّى داخل البلد ذاته، حسب المتغيّرات المختلفة. ويجب التأكيد على دور التنسيق بين مختلف الأطراف ذات العلاقة عند وضع خطة إدارة قابلة للتطبيق، وكذلك في مرحلة التنفيذ أيضًا. كما يمكن وضع الخطط لسلسلة الصرف الصحي بأكملها أو يمكن تطويرها تدريجيًا وفقًا للظروف الراهنة. بالإضافة إلى ذلك، يمكن تصميم خطط الإدارة للتعامل مع الاعتلالات الحادة عند استخدام مياه الصرف الصحي غير المعالجة في الإنتاج الزراعي (مثل التركيز على إدارة مخاطر المخاطر الميكروبية)؛ بينما يمكن وضع خطط أكثر شمولية عند معالجة مياه الصرف الصحي جيدًا (كما في حالة الأردن)، حيث يمكن للممارسات الزراعية الجيدة احتواء المخاطر الكيماوية الإضافية.

وتُعرف خطط الإدارة المقترحة لتطبيق المواصفة الأردنية 2014/JS1766 بخطط سلامة الصرف الصحي. وتقوم خطط سلامة الصرف الصحي بتحديد أولويات المخاطر واستغلال الموارد المحدودة لاستهداف أشدّ المخاطر بما يسمح بالتحسين التدريجي. وقد تم مؤخرًا إعداد دليل يوفّر إرشادات عملية خطوة بخطوة للمساعدة في تنفيذ إرشادات منظمة الصحة العالمية (2006) للاستخدام الآمن للمياه العادمة والفضلات البشرية والمياه الرمادية في الزراعة (منظمة الصحة العالمية، 2015). ويُعدّ وضع إطار عمل الذي من شأنه تعزيز فهم النظام وتسهيل تصميم خطط مفصّلة ودقيقة لسلامة الصرف الصحي كخطوة سابقة لعملية التخطيط لسلامة الصرف الصحي. و ينبغي لإطار العمل أن يوفّر الهيكل المفاهيمي المؤسسي اللازم للتخطيط لسلامة الصرف الصحي وأن يكون بمثابة أداة إعلامية للجهات المعنية. فيما يلي وصفٌ لعملية التخطيط لسلامة الصرف الصحي ومقترحٌ للإطار المؤسسي المطلوب لتطبيق المواصفة الأردنية 2014/JS1766.

1.1.5 تخطيط سلامة الصرف الصحي

يتبع تطوير برامج التخطيط لسلامة الصرف الصحي إطار ستوكهولم لتقييم وإدارة المخاطر بصورة استباقية. ويتبع تقريبًا ذات النهج المستخدم في التخطيط لسلامة المياه (دافيسون وآخرون، 2005). فعلى غرار خطط سلامة المياه، تشتمل خطط سلامة الصرف الصحي أيضًا على ثلاثة مكوّنات رئيسية وهي تحليل وتصميم النظام، والمراقبة التشغيلية، وخطط الإدارة كما هو موضح في الشكل (8). وتقدّم الأقسام الفرعية التالية شرحًا موجزًا لكلٍ من هذه المكوّنات، بالإضافة إلى البرامج الداعمة المطلوبة.

2.1.5 تحليل النظام

يتكوّن تحليل النظام من ثلاث خطوات متتالية:

1. **وصف النظام:** يغطي السلسلة بأكملها (من المرحاض، إلى المزرعة، ثم إلى المائدة) ويمكن تمثيله بشكل أفضل من خلال مخططٍ انسيابي يبيّن النظام بدقة.
2. **تحليل المخاطر:** تحديد كافة المخاطر المحتملة (العوامل الحيوية والكيميائية والفيزيائية والإشعاعية التي يمكن أن تسبّب ضررًا محتملًا) ومصادرها والأحداث الخطرة المحتملة وتقييم مخاطر كلٍ منها (دافيسون وآخرون، 2005).
3. **الضوابط**: وهي خطوات مطلوبة على طول السلسلة لضمان تحقيق الأهداف الصحية. وهي إجراءات أو أنشطة يتعيّن تطبيقها لتقليل المخاطر. على سبيل المثال، على مستوى المزرعة، قد يمثل تطبيق نظام الري بالتنقيط حاجزًا يمنع انتقال المخاطر الميكروبية. ويمكن تطبيق حواجز (ضوابط) أخرى كما يبيّن الشكل (9). ويجب أن تعكس الضوابط ووتيرة المراقبة احتمالية الخروج عن السيطرة وعواقبها. ويمكن أن ينطوي أيّ نظام على العديد من المخاطر والضوابط، ولذلك فمن المهم تصنيف المخاطر من أجل ترتيب الأولويات (دافيسون وآخرون، 2005).

3.1.5 المراقبة التشغيلية

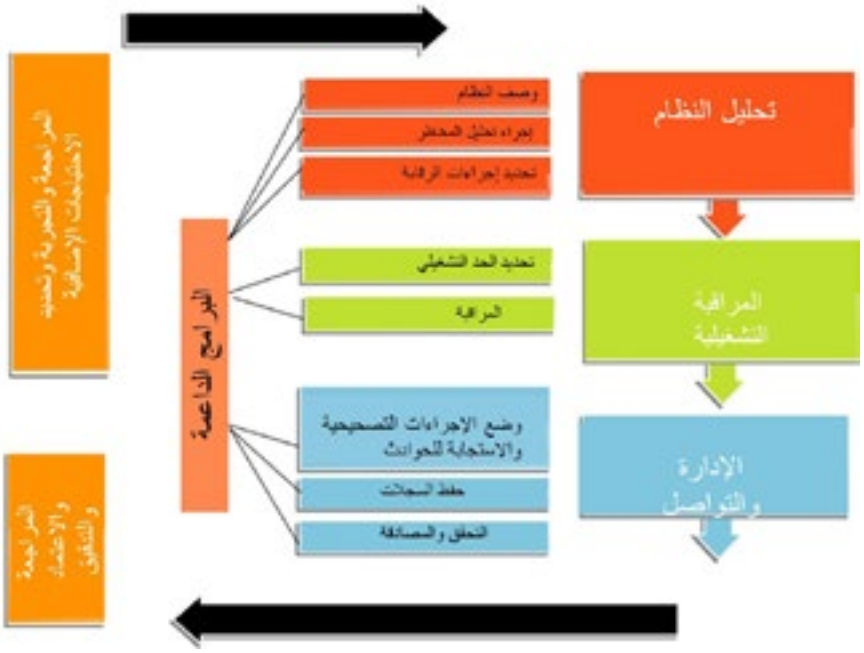
من المهم رسم الحدود التشغيلية التي تفضي إلى الممارسات الآمنة. ولا ينبغي أن تعني الحدود التشغيلية بالضرورة تركيز المخاطر، بل مقياسًا لأداء الضوابط قادر على تفسير الهدف منها. وتعتمد مراقبة الأداء على تحديد أربعة مبادئ وهي: «ماذا»، «كيف»، «متى»، «من» (دافيسون وآخرون، 2005). حيث إنّ الهدف من المراقبة هو مراقبة فاعلية الضوابط في الوقت المناسب لمنع الاستخدام غير الآمن لمياه الصرف الصحي في الزراعة. يجب إنشاء برنامج للمراقبة والاحتفاظ بسجلات المراقبة جميعًا ومشاركتها مع الأطراف ذات العلاقة كافة.

4.1.5 الإدارة والاتصال

حينما تشير المراقبة إلى حدوث انحرافٍ عن الحد التشغيلي المقرّر؛ يجب اتخاذ الإجراءات التصحيحية للعودة إلى التشغيل السليم وضمان سلامة استخدام مياه الصرف الصحي في الزراعة. ويجب تقديم شرح واضح للإجراءات الواجب اتخاذها في هذه الحالة. كما يجب توثيق الإجراءات المتخذة وإعداد التقارير المطلوبة.

5.1.5 البرامج الداعمة

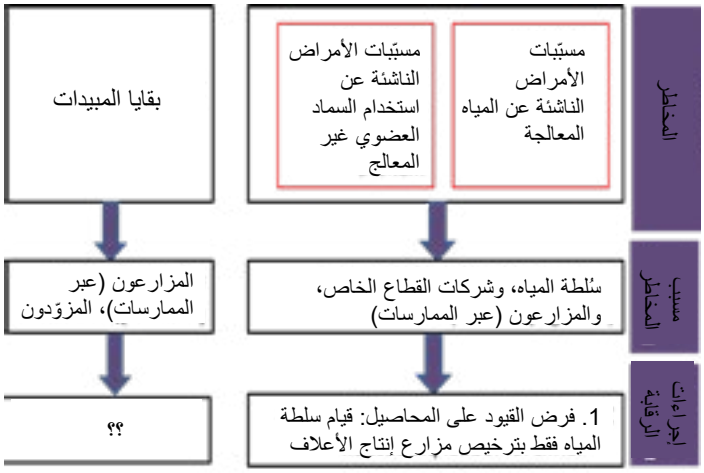
تشمل البرامج الداعمة جميع الأنشطة التي تضمن ضبط العملية مثل الإجراءات التشغيلية القياسية، والممارسات الصحية، والتوعية المجتمعية. وبالتالي، فإنّ البرامج الداعمة ليست جزءًا مباشرًا من عملية التخطيط لسلامة الصرف الصحي، لكنّها في غاية الأهمية للحفاظ على البيئة التشغيلية وضمان الرقابة المناسبة.



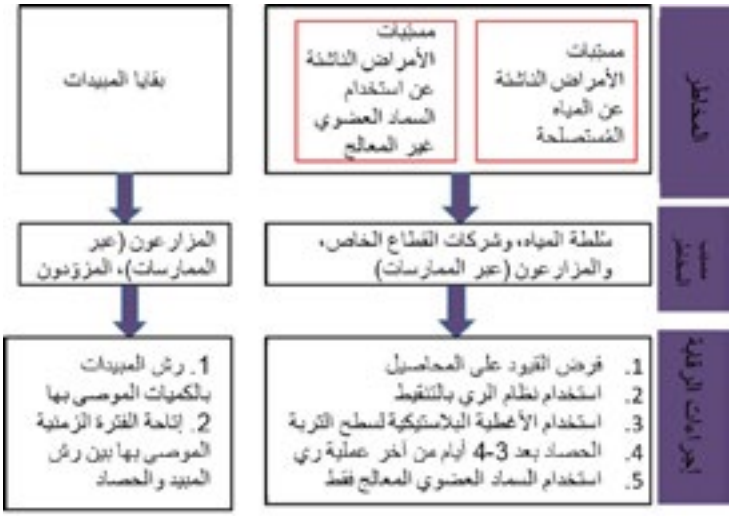
الشكل (8) مكوّنات التخطيط لسلامة الصرف الصحي (مقتبس من دافيسون وآخرون، 2005)

الشكل (9) أمثلة للضوابط (الحواجز) التي يمكن تطبيقها على مستوى المزرعة

لقد قامت دراسة سابقة أجراها فريق مشترك بين الجامعة الأردنية والجامعة الألمانية الأردنية بتحديد المخاطر بناءً على التجربة الأردنية (حلالشة وآخرون، 2018). وأظهرت الدراسة أنّ بقايا المبيدات الزراعية والتلوّث الممرض الناشئ عن مياه الصرف الصحي أو الزبل هي أبرز المخاطر. ويُظهر الشكل (10) أنّ المخاطر المتعلّقة بمسبّبات الأمراض ما تزال تحت السيطرة حتّى تاريخه. ويحدّد الشكل المخاطر ذات الأولوية مع مصادرها والضوابط المطبّقة. بيد أنّ عملية الرقابة على بقايا المبيدات الزراعية غير واضحة حتّى الآن ولا يبدو أنّ وزارة الزراعة تلعب دورًا رقابيًا في ذلك - يشار إليه بعلامة استفهام في الشكل (10)، حيث تقوم سلطة المياه ووزارة الصحة بتطبيق الضوابط حاليًا، علمًا أنّ الضوابط المطبّقة على مستوى المزرعة حتّى تاريخه تقتصر على تحديد أنواع المحاصيل. ورغم نجاح هذا النهج في السيطرة على مسبّبات الأمراض في مياه الصرف الصحي المعالجة في محطات معالجة مياه الصرف الصحي، فإنّ فاعليته محدودة بعد خروج المياه المعالجة من المحطة نظرًا لإمكانية ظهور التلوّث الممرض نتيجة استخدام الزبل. وبالإشارة إلى نتائج التجارب التي تم إجراؤها في إطار الدراسة، كان من الواضح أنّه ما يزال من الممكن تحقيق الحماية الصحية حتى بعد تخفيف القيود على جودة مياه الري. ويعتبر ذلك صحيحًا خصوصًا في ري الخضروات التي يمكن أن تؤكل نيئة، حيث إنّ العوائد المرتفعة المتوقعة على زراعة الخضروات التي تؤكل نيئة تشكل حجة قوية لزيادة المرونة في خيارات استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة (مجدلاوي، 2003). بناءً على هذه المقارنة ونتائج التجارب التي تم إجراؤها، تم اقتراح المخطط التالي الموضّح في الشكل (11).



الشكل (10) إدارة مخاطر الاستخدام المباشر لمياه الصرف الصحي في الأردن في الوقت الحالي



الشكل (11) الضوابط المقترحة للمخاطر ذات الأولوية

6.1.5 إطار العمل المقترح لتنفيذ خطط سلامة الصرف الصحي

كما ذكرنا سابقًا وكما هو مبيّن في الملحق (1)، تنظّم قوانين وزارة الصحة ووزارة الزراعة وسلطة المياه ووزارة البيئة استخدام المياه المعالجة لأغراضٍ مختلفة. ويتّضح وجود بعض التداخلات بين الجهات المختلفة؛ الأمر الذي يستدعي تنسيق الإجراءات المتخذة ووضع التعرفات وتوزيع المهام بصورة أفضل. على سبيل المثال، ما يزال ثمة جدال بين وزارتيْ الزراعة والصحة حول مسؤولية مراقبة وضمان جودة المحاصيل المروية. وبالرغم من أنّ وزارة الزراعة تراقب المحاصيل المستوردة بحثًا عن بقايا المبيدات الزراعية، فإنّها تتردّد في مراقبة الأغذية المحلية غير المصنّعة. وفي الوقت ذاته، تدّعي وزارة الصحة بأنّ مراقبة جودة المحاصيل يقع ضمن اختصاص وزارة الزراعة. في واقع الأمر، ينصّ قانون الزراعة رقم (13) لسنة 2015 على ما يلي:

- تنصّ المادة (5 ب) على أن تساهم وزارة الزراعة مع الجهات المختصة في إعداد وتطبيق تدابير الصحة والصحة النباتية التي تكفل منع انتقال المرض أو الأذى للإنسان عن طريق المنتجات النباتية والحيوانية ومدخلات الإنتاج الزراعي دون الإخلال بأي صلاحية متعلّقة بفحص الغذاء مقرّرة لأي جهة حكومية بموجب التشريعات النافذة.
- تنصّ المادة (7 ب) على أن تتخذ وزارة الزراعة التدابير الصحية والصحية النباتية اللازمة لتوفير الحماية المناسبة لصحة الإنسان والحيوان في المملكة من المخاطر الناتجة من الإضافات أو الملوّثات أو السموم أو الكائنات العضوية المسبّبة للأمراض والموجودة في المنتجات الزراعية أو مدخلات الإنتاج الزراعي.
- تنصّ المادة (8) على أن تتخذ وزارة الزراعة وفقًا لتعليمات يصدرها الوزير الإجراءات اللازمة للتأكد من مطابقة المنتجات الزراعية ومدخلات الإنتاج الزراعي للشروط الصحية والفنية، بما في ذلك إجراءات المعاينة والفحص والرقابة.

أما بالنسبة إلى وزارة الصحة، يتضمّن قانون الرقابة على الغذاء (قانون معدل لقانون الرقابة على الغذاء لسنة 2003) المواد التالية ويُقرأ مع القانون رقم (79) لسنة 2001:

لعام 2003. ويُقرأ مقرونًا بالقانون رقم 79 لسنة 2001:

- تعرّف المادة (2) الغذاء على أنّه أي مادة مخصصة للاستهلاك البشري سواءً أكانت مادة أولية أو نيئة أو شبه مصنّعة أو مصنّعة بما ذلك المشروبات والمخللات و البهارات والعلكة وأي مادة تستخدم في تصنيع الغذاء وتجهيزه ومعالجته باستثناء مستحضرات التجميل والتبغ والعقاقير الطبية وماء الشرب.
- نصّ المادة (3) على ما يلي: مع مراعاة أحكام قانون الزراعة الساري المفعول، تكون المؤسسة هي الجهة الوحيدة المصرّح لها بالإشراف والرقابة الصحية على الغذاء بما في ذلك صلاحيته للاستهلاك البشري بجميع مراحل تداوله سواءً أكان منتجًا محليًا أو مستوردًا وذلك بالتنسيق مع أي جهة رسمية ذات علاقة اذا رأى المدير العام ضرورة لهذا التنسيق
- وتنصّ المادة (11 أ) على أن تتخذ وزارة الصحة وفقًا لتعليمات يصدرها الوزير الإجراءات اللازمة للتأكد من استيفاء الغذاء للشروط الصحية أو تدابير الصحة بما فيها إجراءات المعاينة والفحص والرقابة.

توجد هناك حتمًا تداخلات بين مسؤوليات الوزارتيْن، الأمر الذي يتطلب تنسيقًا دقيقًا بينهما للرقابة المناسبة على الإنتاج. إلى جانب التداخل وغياب التنسيق، فمن المتوقع أن يكون نقص القدرات لدى الوزارتيْن كلتيْهما وراء الإحجام عن اتخاذ قرار بشأن مسؤوليات الرقابة على المحاصيل محليًا؛ حيث أنّ القدرات المؤسسية والبنية التحتية والبشرية لدى كلتيْهما بحاجة إلى تحسين. وقد تم سابقًا تنفيذ برنامج مدته ست سنوات من قبل المؤسسة الألمانية للتعاون الدولي (GIZ) استهدف الاستخدام غير المباشر لمياه الصرف الصحي المعالجة في وادي الأردن وتضمّن جانبًا ركّز على تعزيز قدرات المؤسسة العامة للغذاء والدواء على مراقبة المحاصيل. علاوةً على ذلك، ومن خلال المكوْن الأردني لمشروع منظمة الصحة العالمية / برنامج الأمم المتحدة الإنمائي / صندوق البيئة العالمي بشأن التكيّف مع التغيّر المناخي، تم بناء قدرات إضافية للمؤسسة العامة للغذاء والدواء لقياس التلوّث المسبب لمرض المحاصيل. ومن ناحية أخرى، تتمتع وزارة الزراعة بالقدرة على مراقبة بواقي المبيدات الزراعية في المحاصيل، سواءً أكانت مستوردة أم منتجة محليًا.

1.2.1.5 تحليل السيناريوهات

من الواضح أنّ تطبيق المواصفة الأردنية 2014/JS1766 سيتطلّب جهودًا إضافية لإنشاء منظومة واضحة لمراقبة العملية الزراعية بأسرها وليس فقط جودة المياه المعالجة. وعليه فقد تم اقتراح السيناريوهيْن التاليين:

السيناريو الأول:

يقترح هذا السيناريو استحداث وحدة في وزارة الصحة تتولى المسؤوليات التالية:

1. إصدار التراخيص للمزارعين الراغبين في استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة بشكل مباشر.
2. التحكم والرقابة على المحاصيل من حيث نسب بواقي المبيدات الزراعية والتلوّث الممرض، وبناء قدرة المؤسسة العامة للغذاء والدواء لتمكينها من ذلك. ويجب جمع العينات من المزارع مباشرة لأنّ عدد محطات معالجة مياه الصرف الصحي محدود، حتّى بعد احتساب تلك المخطط لإنشائها في المستقبل القريب.
3. اتخاذ الإجراءات التصحيحية اللازمة إذا فشلت العيّنات المفحوصة في تلبية معايير الجودة المقرّرة.

يتطلّب ترخيص استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة للري غير المقيّد تدريب المستخدمين على الممارسات الزراعية الجيدة التي توصي بها وزارة الزراعة واعتمادهم بشهادات. كما يجب أن توافق وزارة الزراعة على كميات ومصادر الأسمدة والمبيدات الزراعية المستخدمة. ويتعيّن على سلطة المياه أن تقدّم المعلومات المتعلّقة بجودة مياه الري إلى وزارتيْ الزراعة والصحة سنويًا. أمّا بالنسبة الزبل، يوجد في الأردن حاليًا نحو 5000 موقعًا لتحضير السماد، وليس من السهل على وزارة الزراعة مراقبتها جميعًا. وعليه، يمكن إنشاء جمعيات وجعلها مسؤولةً عن مراقبة جودة المنتج النهائي. وسيؤدي ذلك تلقائيًا إلى وضع استخدام مياه الصرف الصحي للإنتاج الزراعي في سياقٍ أوسع حيث يجب تفعيل مسؤوليات وزارة الزراعة لمراقبة جميع مدخلات الإنتاج الزراعي، بما فيها الأسمدة والمبيدات الزراعية وجودة مياه الري.

السيناريو الثاني:

تقاسم المسؤوليات بين وحدتيْن، تُستحدث الأولى في وزارة الزراعة والثانية في المؤسسة العامة للغذاء والدواء. وتخضع الوحدة المستحدثة في وزارة الزراعة مباشرةً لإشراف مساعد الأمين العام للثروة النباتية (وفق الهيكل التنظيمي لوزارة الزراعة)، وتتولى المسؤوليات التالية:

1. إصدار التراخيص للمزارعين الراغبين في استخدام المياه المعالجة سواءً أكان الاستخدام مباشرًا أم غير مباشر، على أن يتم إصدار التراخيص بناءً على أفضل الممارسات الزراعية وشهادات تدريب المزارعين.
2. المراقبة والرقابة على المحصول بالنظر إلى بواقي المبيدات الزراعية، وجمع العيّنات من المزارع مباشرة.
3. لتحكم والرقابة على الممارسات الزراعية في المزرعة وضمان مطابقتها لأغراض الترخيص.
4. اتخاذ الإجراءات التصحيحية اللازمة إذا فشلت العيّنات المفحوصة في تلبية معايير الجودة المقرّرة أو في حال مخالفة الممارسات الزراعية لأغراض الترخيص.

الجدول (6) الإيجابيات والسلبيات المتوقعة لموقع الوحدة (الوحدات) المستحدثة المقترحة المسؤولة عن إدارة استخدام المياه المعالجة

	الإيجابيات	السلبيات
السيناريو الأول:	• تركّز مسؤوليات المراقبة والرقابة في وحدةٍ واحدة	• الحاجة إلى بناء قدرات كبيرة لدى المؤسسة العامة للغذاء والدواء • الحدّ من دور وزارة الزراعة
السيناريو الثاني:	• الاستفادة من قدرات المؤسسة العامة للغذاء والدواء ووزارة الزراعة • أكثر توافقًا مع الدور القانوني المحدّد لكل وزارة	• بحاجة إلى مستوى أعلى من التنسيق بين وزارتيْ الزراعة والصحة • يجب جمع العيّنات مرتيْن من كل مزرعة (خسارة الموارد)

في كلا السيناريوهيْن، يُعدّ تفعيل دور وزارة الزراعة من خلال وحدة التنمية الزراعية في توعية المزارعين بالممارسات الزراعية الجيدة أمرًا بالغ الأهمية. ويمكن لوزارة الزراعة وضع البرامج التدريبية الضرورية للتطبيق السليم للمواصفة الأردنية 2014/JS1766. والاحتمال الثاني هو اعتماد القطاع الخاص لتقديم البرامج التدريبية اللازمة. يُوضّح الجدول (6) أعلاه إيجابيات وسلبيات كلا السيناريوهين؛ حيث يركّز السيناريو الأول المسؤولية في وحدة واحدة تُستحدَث في المؤسسة العامة للغذاء والدواء، لكنّه يحدّ من دور وزارة الزراعة بموجب قانون الزراعة الأردني المؤقت رقم (44) لسنة 2002. ومن ناحية أخرى، فإنّ توزيع المسؤوليات بين المؤسسة العامة للغذاء والدواء ووزارة الصحة يؤدي إلى الاستفادة من موارد وقدرات الجهتيْن، لكنّه ينطوي كذلك على بعض القيود المتعلّقة بالحاجة إلى مستوى أعلى من التنسيق والازدواجية المحدودة في الأدوار.

2.5 خدمات الصرف الصحي اللامركزية

دون الإخلال بسياسة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية الصادرة عام 2016، يُنصح بإعادة تعريف اللامركزية في إطار الإدارة المتكاملة للموارد المائية عن طريق اختيار وحدة محددة جيدًا ومتفق عليها - على مستوى الحوض مثلًا - لإدارة جميع الموارد المائية بما في ذلك مياه الصرف الصحي. ربما يكون هذا مهمًا لأنّ التعريف الحالي يعتمد على عدد الأشخاص المعادل، وهو أمر قابل للنقاش وليس له مبرر واضح حقًا. ولكن حتّى ذلك الحين، ستوجّه سياسات وزارة المياه والري النقاش التالي. علمًا أنّ السياسات النافذة لا تشجّع شبكات الصرف الصحي للمجتمعات التي لا يتجاوز عدد سكانها 5000 نسمة. ورغم أنّ خدمة المجتمعات المشتّتة بشبكة الصرف الصحي التقليدية وفق الأنظمة الحالية ليست مجدية اقتصاديًا، فإنّ أي اعتبارات أو تحديثات مستقبلية للسياسة يجب ألّا تستبعد توفير شبكات الصرف الصحي شريطة السماح بشبكات الصرف الصحي غير التقليدية وتنظيمها. وعلى أية حال، فإنّ عدم تشجيع شبكات الصرف الصحي سيحدّ من الخيارات الرئيسية المتاحة لخدمات الصرف الصحي اللامركزية إمّا من خلال أنظمة المعالجة في الموقع أو أنظمة إدارة الحمأة البرازية.

ومن الواضح أنّ أنظمة الصرف الصحي الأقرب إلى المجتمعات تتطلّب إشراك هذه المجتمعات بدءًا من مراحل التخطيط المبكّرة وجميع المراحل اللاحقة، حيث إنّ القبول الاجتماعي ضروري بالنسبة إلى أنظمة الصرف الصحي اللامركزية. علاوةً على ذلك، تحتاج أنظمة المعالجة في الموقع إلى أنظمة أقل صرامةً (سواءً أكانت مواصفات أم تعليمات تطبّقها الجهات الحكومية المختلفة). في الواقع، يمكن استخدام المواصفة الأردنية 2014/JS1766 باعتبارها نقطةً للانطلاق. وسيحتاج تطبيق هذه المواصفات إلى تطوير برامج التخطيط لسلامة الصرف الصحي بمشاركة جميع الأطراف المعنية. ويجب إطلاق حوار في الأردن لمناقشة البيئة المواتية المطلوبة لتقديم مثل هذه الخدمات. كما ويجب تطوير نماذج الأعمال الناجحة لتشغيل وصيانة هذه الخدمات. وفي الوقت ذاته، يجب تعريف التقنيات المحتملة مع مراعاة قدرتها على الصمود في وجه الظواهر المناخية المتطرفة. ويجب تطوير هذه الأنظمة بعد إجراء استشارات وثيقة مع مختلف الأطراف المعنية استنادًا إلى معايير واضحة. ويجب أيضًا تطوير هذه المعايير لكل نظام من أنظمة المعالجة في الموقع وأنظمة إدارة الحمأة البرازية. وتحظى مراعاة البساطة والمتانة والمرونة وإنتاج الحمأة ومتطلّبات التشغيل والصيانة بأهمية قصوى، حيث يجب اختيار الأنظمة التي تقلّل من إنتاج الحمأة في حالة أنظمة معالجة مياه الصرف الصحي في الموقع. علاوةً على ذلك، يجب مراعاة التقنيات البسيطة المعروفة بقوتها ومرونتها في وجه التغيّر المناخي. على سبيل المثال، من المعروف أنّ المفاعلات اللاهوائية ذات الحواجز والتي تليها الأراضي الرطبة المنشأة ذات التدفق العمودي تتمتع بهذه المزايا. ومن ناحيةٍ أخرى، فيما يتعلّق بإدارة الحمأة البرازية، تُعرف أحواض القصب لتجفيف الحمأة أيضًا بمتانتها وقدرتها على تخزين الحمأة وضمان استقرارها، فضلًا عن مرونتها في وجه الظروف المناخية المتطرفة وخاصةً هطول الأمطار الغزيرة. لهذه الأسباب تحديدًا، يُظهر مشروع الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي من أجل التكيّف مع التغيّر المناخي في الأردن (ACC) من خلال أنشطته التنفيذية جدوى هذه التقنيات لمعالجة مياه الصرف الصحي وإدارة الحمأة البرازية. ولأسبابٍ عملية، تم افتراض أنّ الحمأة الثانوية الناتجة من محطة معالجة مياه الصرف الصحي في وادي حسّان لها نفس خصائص الحمأة البرازية الناتجة في الحفر الامتصاصية. وفي كلتا الحالتين، تتم معالجة مياه الصرف الصحي واستهلاك المواد العضوية القابلة للتحلل الحيوي بسهولة؛ ما قد يبرّر هذا النهج. وسيتم استخدام الخبرة المكتسبة من تشغيل هذه الأنظمة ومشاركتها مع مختلف الأطراف ذات العلاقة. وعلاوةً على ذلك، من المخطط تنفيذ المزيد من الأنشطة الناعمة دعمًا لمفهوم الصرف الصحي اللامركزي وإعادة الاستخدام باعتباره أحد التدابير الهامة للتكيّف مع التغيّر المناخي.

6. المراجـــع

Abuzeid,K. (2014). 'An Arab perspective on the applicability of the water convention in the Arab region: key aspects and opportunities for the Arab Countries'. Workshop on legal frameworks for cooperation on transboundary water. Tunis, 11-12 June 2014.

Abuzeid, K. and Elrawady, M. (2014). 2nd Arab State of the Water report. Center for Environment and Development for the Arab Region and Europe and Arab Water Council

Adelekan, I.O. (2010). Vulnerability of poor urban coastal communities to flooding in Lagos, Nigeria. Environment and Urbanization 22, 433-450

AFED (2014). Water efficiency handbook: identifying opportunities to increase water use efficiency in industry, buildings, and agriculture in the Arab countries.

Almazroui, M.(2012). 'dynamical downscaling of rainfall temperature over the Arabian Peninsula using RegCM4'. Climate Research 52, 49-62. http://www.int-res.com/articles/cr_oa/co52po49.pdf

Ammary, Bashar (2007), Wastewater Reuse in Jordan: Present Status and Future Plans. Desalination, 211, 164-176

Anton, J., Kimura, S., Lankoski, J., Cattaneo, A. (2012). A comparative study of risk management in agriculture under climate change. OECD Food, Agriculture and Fisheries working papers, No. 58, OECD Publishing. Available at: http://dx.doi.org/10.1787/5k94d6fx5bd8-en (accessed on Dec. 18, 2017)

Arab Countries Water Utilities Association (ACWUA) (2011). Safe Use of Treated Wastewater in Agriculture: Jordan Case Study, Prepared by Eng. Nayef Seder (JVA) and Eng. Sameer Abdel-Jabbar (GIZ),

Amman, Jordan

Aylett, A. (2013). The socio-institutional dynamics of urban climate governance: a comparative analysis of innovation and change in Durban (KZN, South Africa) and Portland (OR, USA). Urban Stud. 50(7), 1386-1402

Aylett. A. (2015). Institutionalizing the urban governance of climate change adaptation: results of the international survey. Urban Climate 14, 4-16

Barbier, B., Yacouba, H., Karambiri, H., Zorome, M., Some, B. (2009). Human vulnerability to climate variability in the Sahel: Farmers' adaptation strategies in northern Burkina Faso. Environment Management, 43, 790-803

Barnett, B.J., Barrett, C.B., Skees, C.B. (2008). Poverty traps and index-based risk transfer products. World Development, 36, 1766-1785

Biswas, A. K. (2004). Integrated water resources management: a reassessment. Water International 29(2): 248-256

Carmin, J., Anguelovski, I., Roberts, D. (2012a). Urban clime adaptation in the global south: planning in an emerging policy domain. J. Planning and Education research. 32, 18-32

Carmin, J., Nadkarni, N., Rhie, C. (2012b). Progress and challenges in Urban Climate adaptation planning: results of a global survey. DUSP/MIT, Cambridge, MA.

Corral, L.R. (1997). Price and non-price influence in urban water conservation. PhD. Dissertation. University of California, Berkeley (90 pp.)

Carter, J.G., Cavan, G., Connelly, A., Guy, S., Handley, J., Kazmierczak, A. (2015). Climate change and the city: building capacity for urban adaptation. Prog. Plann. 95, 1-66.

Codjoe, S., Owusu, G. (2011). Climate change/ variability and food systems: evidence from the Afram Plains, Ghana. Regional Environmental Change, 11, 753-765

Crespo, O., Hachigonta, S., Tadross, M. (2011). Sensitivity of souther African maize yields to the definition of sowing dekad in a changing climate. Climatic Change, 106, 267-283

Dodman, D., Satterthwaite, D. (2008). Institutional capacity, climate change adaptation and the poor. IDS Bull. 39 (4)

Dovers, S.R., Hezri, A.A. (2010). Institutions and policy processes: the means to the ends of adaptation. WIREs Clim. Change 1, 212-231

Ebi, K.L., Semenza, J.C. (2008). Community-based adaptation to the health impacts of climate change. Am. J. Preventive Med. 35(5), 501-507

Engle, N.L., Johns, R., Lemos, M., Nelson, D.R. (2011). Integrated and adaptive management of water resources: tension, legacies, and the next best thing. Ecology and Society 16(1): 19. Online URL: http://www.ecologyandsociety.org/vol16/iss1/art19/

FAO (Food and Agriculture Organization) of the United Nations (2010). Climate-Smart Agriculture: Policies, Practices and Financing for Food Security, Adaptation and mitigation. FAO, Rome, Italy

Forsyth, T., Evans, N. (2013). What is autonomous adaptation? Resource scarcity and smallholder agency in Thailand. World Development, 43. Pp. 56-66. ISSN 0305-750X. DOI: 10.1016/j.worldev.2012.11.010

GEO-6, (2016). Global Environment Outlook. Regional assessment for West Asia. United Nations Environment Program (UNEP). ISBN 978-92-807-3548-2

Ghneim, Azmi (2010). Wastewater Reuse and Management in the Middle East and North Africa: A Case Study of Jordan, PhD Dissertation, Technical University of Berlin, Germany

Glass, N. (2010). 'The water crisis in Yemen: Causes, consequences and solutions'. Global Majority E-Journal, Vol. 1, No. 1 (June 2010), pp. 17-30 1(June 2010), 17-30

Gornall, J., Betts, R., Burke, E., Clark, R., Camp, J., Willett, K., Wiltshire, A. (2010). Implications of climate change for agricultural productivity in the early twenty-first century. Philosophical Transaction of the Royal Society, B. 365, 2973-2989

Haddad, B.M., Merritt, K. (2001). Evaluating regional adaptation to climate change: the case of California water. In: Hall, Darwin C., Howarth, Richard B. (eds.), The long-term economics of climate change: Beyond a doubling of greenhouse gas concentrations. Elsevier Science, Amsterdam, pp. 65-93

Haddadin, M., Shteiwi, M. (2006). Linkages with social and cultural issues. In: Haddadin, M.J. Water resources in Jordan: evolvinh policies for development, the environment, and conflict resolution. Issues in water resource policy (resources for the future) Washington, DC, 2011-235

Haines, A., Kovats, R.S., Campbell-Lendrum, D., Corvalan, C. (2006). Climate change and human health. Pub. Health 120, 585-596

Hamin, E.M., Gurran, N. (2009). Urban form and climate change: balancing adaptation and mitigation in the U.S. and Australia. Habitat int. 33(3), 238-245.

Hammer, S.A., Keirstead, J., Dhakal, S., Mitchell, J., Colley, M., Connell, R., Gonzalez, R., Herve-Mignucci, M., Parshall, L., Schulz, N., Hyams, M. (2011). Climate change and urban energy systems. In: Rosenzweig, C., Solecki, W.D., Hammer, S.A., Mehrotra, S. (Eds.), Climate change and cities: First assessment report of the urban climate change research network. Cambridge University press, Cambridge, UK, pp. 85-111

Hardoy, J., Pandiella, G. (2009). Urban poverty and vulnerability to climate change in Latin America. Environ. Urban. 21(1), 203-224

Hellin, J., Shiferaw, B., Cairns, J.E, Mathew Reynolds, M.P., Ortiz-Monasterio, I., Banziger, M.,

Sonder, K., La Rovere, R. (2012). Climate change and food security in the developing world: potential of maize and wheat research to expand options for adaptation and mitigation. Journal of Development and Agricultural Economics, 4, 311-321

Holling, C.S. (1978). Adaptive environmental assessment and management. John Wiley, New York, USA

Howard, G., Charles, K., Pond, K., Brookshaw, A., Hossain, R., Bartram, J. (2010). Securing 2020 vision for 2030: climate change and ensuring resilience in water and sanitation services. Journal of water and climate change 2-16.

Huitema, D., Mostert, E., Egas, W., Moellenkamp, S., Pahl-Wostl, C., Yalcin, R. (2009). Adaptive water governance: assessing the institutional prescriptions of adaptive (co-) management from a governance perspective and defining a research agenda. Ecology and society 14(1): 26. Online URL: http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss1/art26/

Ingallinella, A.M., Sanguinetti, G., Koottatep, T., Montangero, A., Strauss, M. (2002). The challenge of faecal sludge management in urban areas: strategies, regulations and treatment options. Water and Sanitation Technology 265-294

ISSP (2012). Water Valuation Study Program. Institutional Support and Strengthening Program (ISSP). USAID/Jordan

ISSP (2014). Institutional Support and Strengthening Program: National strategic wastewater master plan

final report. http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00JRPX.pdf. Accessed on September 30, 2017

Jabeen, H., Allen, A., Johnson, C. (2010). Built-in resilience: learning from grassroots coping strategies from climate variability. Environment and Urbanization 22, 415-431 (http://www.eau.sagepub.com/content/22/2/415)

Jordan Valley Authority (JVA) and Ministry of Agriculture (MoA) (2010), Annual Report, JVA and MoA, Amman, Jordan.

Kirshen, P., Ruth, M., Anderson, W. (2008). Interdependencies of urban climate change impacts and adaptation strategies: a case study of Metropolitan Boston. Clim. Change 86, 105-122

Kone, D. (2010). Making urban excreta and wastewater management contribute to cities' economic development: a paradigm shift. Water Policy 12(4) 602-610

Lawrence, J., Sullivan, F., Lash, A., Ide, G., Cameron, C., McGlinchey, L. (2015). Adapting to changing climate risk by local government in New Zealand: institutional practice barriers and enablers. Local Environ., The International Journal of Justice and Sustainability. 20(3), 298-320

Lipper, L. (2011). Stability of food security in a green economy environment. FAO/OECD Expert Meeting on Greening the Economy with Agriculture, Paris, 5-7 September 2011. Working Document 3

Luh, J., Royster, S., Sebastian, D., Ojomo, E., Bartram, J. (2017). Expert assessment of the resilience of drinking water and sanitation systems to climate-related hazards. Science of the Total Environment. 592, 334-344

Majdalawi, M. (2003). Socio-Economic and Environmental Impacts of the Re-Use of Water in Agriculture in Jordan. Farming systems and resources economics in the tropics No 51. Dissertation. Hohenheim University, Stuttgart, Germany

McCornick, P.G., Hijazi, A., and Sheikh, B. (2004). From Wastewater Reuse to Water Reclamation: Progression of Water Reuse Standards in Jordan. In Scott, C., Faruqui, N.I., and Raschid, L. eds.: Wastewater Use in Irrigated Agriculture: Confronting the Livelihood and Environmental Realities, CABI/IWMI/IDRC

MEDAWARE (2005). Development of Tools and Guidelines for the Promotion of the Sustainable Urban Wastewater Treatment and Reuse in the Agricultural production in the Mediterranean Countries, Project Acronym (MEDAWARE), Task 5: Technical Guidelines on Wastewater Utilization.

Mehrotra, S., Lefevre, B., Zimmerman, R., Gercek, H., Jacob, K., Srinivasan, S. (2011b). Climate change and urban transportation systems. In: Rosenzweig, C., Solecki, W.D., Hammer, S.A., Mehrotra, S. (Eds.), Climate change and cities: First assessment report of the urban climate change research network. Cambridge University press, Cambridge, UK, pp. 145-177

Meslemani, Y. (2008). Climate change impacts and adaptation in the eastern Mediterranean/Syria: draft UNFCCC initial national communication for Syria. Ministry of State for Arab Affiars, Demascus, Syria.

Ministry of Water and Irrigation (2016). National Water Strategy of Jordan, 2016-2025. http://www.mwi.gov.jo/sites/en-us/Hot%20Issues/Strategic%20Documents%20of%20%20The%20Water%20Sector/National%20Water%20Strategy(%202016-2025)-25.2.2016.pdf. Accessed on September 30, 2017

Morshed, G., Sobhan, A. (2010). The search for appropriate latrine solutions for flood prone areas of Bangladesh. Waterlines 29 (3), 236-245

Muller, M. (2007). Adapting to climate change: water management for urban resilience. Environ. Urban. 19(1), 99-113

MWI (2009). Water for life: Jordan's water strategy 2008-2022. http://www.mwi.gov.jo/sites/enus/Documents/Jordan_Water_Strategy_English.pdf

Nazzal, Y.K., Mansour, M., AL Najjar, M., and McCornick, P. (2000), Wastewater Reuse Laws and Standards in the Kingdom of Jordan, The Ministry of Water and Irrigation,

Amman, Jordan

Neumann, J.E., Price, J.C. (2009). Adapting to climate change. The public policy response: public infrastructure. Resources for the future. http://www.rff.org/files/sharepoint/WorkImages/Download/RFF-Rpt-Adaptation-NeumannPrice.pdf. Accessed December, 15, 2017.

Nielsen, S., Willoughby, N. (2005). Sludge treatment and drying reed bed systems in Denmark. Water and Environment Journal. Vol. 19(4): pp.296-305

O'Hara, J.K., Georgakakos, K.P. (2008). Quantifying the urban water supply impacts of climate change. Wat. Res. Mang. 22(10), 1477-1497

Olmstead, S.M. (2014). Climate change adaptation and water resource management: Areview of the literature. Energy Economics, Vol. 46: 500-509

Patz, J.A., Campbell-Lendrum, D., Holloway, T., Foley, J.A. (2005). Impact of regional climate change on human health. Nature 438, 310-317

Rachel, B., Jeanne, L., Jamie, B. (2013). Sanitation: A global estimate of sewerage connections without treatment and the resulting impact on MDG progress. Environmental Science and Technology. Vol. 47 (4), pp 1994-2000

Rashid, H., Hunt, L. H., Haider, W. (2007). Urban flood problems in Dhaka, Bangladesh: slum residents' choices for relocation to flood-free areas. Environmental management 40, 95-104

Reymond, P., Renggli, S., Luthi, C. (2016). Towards sustainable sanitation in an urbanizing world. Chapter 5 in the bool Sustainable Urbanization. Edited by Mustafa Ergen, ISBN 978-953-51-2653-9. Publisher: InTech.Print ISBN 978-953-51-2652-2

Rhodes, R. (1996). The new governance: governing without government. Polit. Stud. 44, 652-667

Rowling, M. (2014). 'Iraq's environment water supply in sever decline' Thomson Reuters Foundation News, 27 January.

Salihoglu, N.K., Pinarli, V., Salihoglu, G. (2007). Solar drying in sludge management in Turkey. Renewable Energy. 32(10), pp 1661-1675

Sherpa, A.M., Koottatep, T., Zurbruegg, C. (2014). Vulnerability and adaptability of sanitation systems to climate change. Journal of water and climate change. In press (IWA publishing)

Sipkin, S. (2012). Water conflict in Yemen. ICE case studies (235). http://www.1.american.edu/ted/ice/yemen-water.htm

Solano, C., Bernues, A., Rojas, F., Joaquin, N., Fernandez, W., Herrero, M. (2000). Relationships between management intensity and structural and social variables in dairy and dual-purpose systems in Santa Cruz, Bolivia. Agricultural systems 65, 159-177

Thornton, P., Erickson, P., Herrero, M., Challinor, A. J. (2014). Climate variability and vulnerability to climate change: a review. Global Change Biology, 20, 3313-3328

Trilling, D.R. (2002). Notes on transportation into the year 2025. The potential impacts of climate change on transportation workshop, October 1-2. Center for climate change and environmental forecasting, US department of transportation, Washington, DC, USA, pp. 65-76

Williamson, L.E., Conner, H., Moezzi, M. (2009). Climate-proofing energy systems. Helio-International, Paris, France.

Ulimat, Ahmad (2012), Wastewater Production, Treatment, and Use in Jordan, Second Regional Workshop: Safe Use of Wastewater in Agriculture, New Delhi, India, 16-18 May, 2012

UNDP (2006). Human development report 2006: beyond scarcity: power, poverty and the global water crisis. UNPD, New York.

UNEP (2016). Global Environment Outlook: regional assessment for West Asia. United Nations Environment Program (UNEP). IBSN: 978-92-807-3548-2

UNFCCC (2007). Climate change: Impacts, vulnerabilities and adaptation in developing countries. UNFCCC, Bonn, Germany (http://www.unfcc.int/resource/docs/publications/impacts.pdf

Van Lier, J., Mahmoud, N., Zeeman, G. (2008). Anaerobic wastewater treatment. Chapter 16 in: Biological wastewater treatment: principles, modeling and design. IWA publishing. ISBN: 1843391880

Van Vliet, B., Spaargaren, G., Oosterveer, P.(eds.). (2010). Social perspectives on the sanitation challenge. Springer, Dordrecht. ISBN 978-90-481-3721-3

Water Authority of Jordan (WAJ) (2012), Quantities of Treated Wastewater Exiting WWTPs and Used Directly and Indirectly for Irrigation, Technical report, Water Reuse and Environment Unit, WAJ, Amman, Jordan

Water Authority of Jordan (WAJ) (2013), Agreements with Farmers for Purposes of Reusing Treated Wastewater in Irrigation, Technical report, , Water Reuse and Environment Unit, WAJ, Amman, Jordan

Wilke, A.K., Morton, L.W. (2015). Climatologists' patterns of conveying climate science to the agricultural community. Agriculture and Human Values, Vo. 32, Issue 1, pp. 99-110

Ziervogel, G., Opere, A. (eds) (2010). Integrating meteorological and indigenous knowledge-based seasonal climate forecasts in the agricultural sector. International Development Research Center, Ottawa, Canada. Climate Change Adaptation in Africa learning paper series

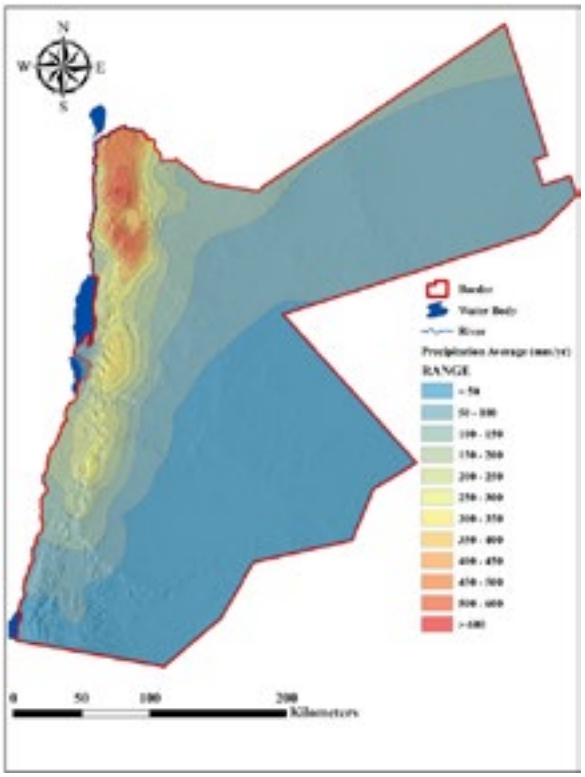
الجزء (ب) إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المنزلي في سياق الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي في الأردن من أجل التكيّف مع التغيّر المناخي

المؤلف: أحمد صبح
بمساهمة من: د. إسماعيل الباز، ينز جوتزنبيرغر، هشام السلامات

1. المقدّمة

يقع الأردن في الجزء الشرقي من منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط ويمتد على طول أخدود وادي الأردن من جنوب سوريا إلى شمال المملكة العربية السعودية. وتبلغ مساحة الأردن 90000 كم^2 تقريبًا. ويكاد الأردن أن يكون بلدًا غير ساحلي لولا نقطة الوصول الوحيدة إلى البحر والتي تنحصر في خليج العقبة جنوبًا.

وتتحكم الخصائص الطبوغرافية و الجيومورفولوجية (علم تشكل وتضاريس سطح الأرض) المتنوّعة في أنماط نظم تصريف المياه التي تنقسم إلى نمطيْن رئيسييْن:



الشكل (12) خريطة هطول الأمطار في الأردن

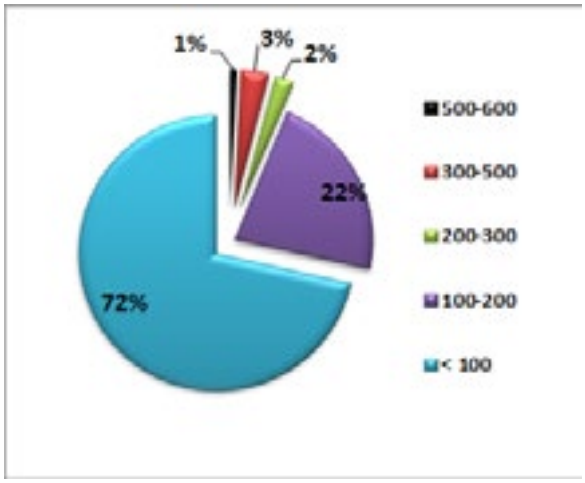
يعمل نظام التصريف الأول على تصريف المياه نحو وادي الأردن من خلال الأودية والأنهار العميقة التي تشقّ وادي الأردن وصولًا البحر الميت، وهو ما يفسّر وجود جميع السدود المُقامة على الجانب الشرقي من الوادي. في حين يصرّف نظام التصريف الثاني المياه من خلال الجداول والسيول الضحلة التي تتدفق شرقًا من المناطق الجبلية الغربية نحو المنخفضات الصحراوية الداخلية والسهول الطينية.

ويتراوح مناخ الأردن من متوسطي إلى جاف، حيث يسود المناخ شبه الجاف إلى الجاف في أخدود وادي الأردن والصحراء، شرق المناطق الجبلية، بينما يسود المناخ المتوسطي في معظم المناطق الجبلية المجاورة لوادي الأردن.

وتعتمد موارد الأردن المائية بشكلٍ كبيرٍ على الأمطار في تغذيتها، حيث يُقدّر إجمالي الأمطار السنوية على المدى الطويل (1937 – 2014) بنحو 8.2 مليار متر مكعب؛ بحيث يتم فقدان 92.6% منها بسبب التبخّر، ويتدفق 2.4% منها على شكل جريان سطحي، بينما يصل 5% منها فقط إلى آبار المياه الجوفية.

هذا ويعاني الأردن من الجفاف الدوري الذي يمتدّ لبضعة أعوام، بالإضافة إلى تباين التوزيع الجغرافي لهطول الأمطار. يشير الشكل (1)، الذي يوضح التوزيع الجغرافي لهطول الأمطار، بحيث يتراوح هطول الأمطار السنوي من أقل من 50 مم في المناطق الصحراوية إلى حوالي 600 مم في المناطق الجبلية الغربية المحاذية لوادي الأردن/ البحر الميت/ وادي العرب.

وتصنّف الأرض إلى فئات مختلفة من حيث توزيع هطول الأمطار كما هو موضح في الشكل (2)؛ حيث من الواضح أنّ أكثر من 90% من مساحة الأراضي الأردنية تستقبل أقل من 200 مم سنويًا، في حين ينحصر هطول الأمطار السنوي المرتفع نسبيًا، أي أكثر من 300 مم، في 4% فقط من الأراضي الأردنية.



الشكل (13) تصنيف الأراضي الأردنية بناءً على هطول الأمطار السنوي

كما يُعدّ الأردن من أفقر البلدان بالنسبة للموارد المائية. وتتفاقم مشكلة المياه لأنّ معظم موارد الأردن المائية مشتركة مع دول الجوار، مما يفرض قيودًا على إدارة هذه الموارد واستخدامها. بالإضافة إلى ذلك، استضاف الأردن وفودًا كبير من اللاجئين من الدول العربية الشقيقة بسبب الاضطرابات السياسية في المنطقة؛ وهو عامل إضافي يؤدي بلا شك إلى زيادة الضغط على الموارد المائية والبنية التحتية للصرف الصحي. وبلغ عدد سكان الأردن حوالي 9.53 مليون نسمة في عام 2015 وفقًا لسجلات دائرة الإحصاءات العامة؛ حوالي 6.58 مليون منهم أردنيّين والبقية (2.95 مليون) من غير الأردنيين، حوالي نصفهم، أي 1.3 مليون، من اللاجئين السوريين. بمعنى آخر، شكّل الأردنيون وغير الأردنيين حوالي 69% و 31% من إجمالي التعداد السكاني في عام 2015، على التوالي. ويتركّز أكثر من 90% من السكان في الربع الشمالي الغربي من البلاد حيث هطول الأمطار هو الأعلى نسبيًا وحيث تقع معظم الموارد المائية. ويقدّر متوسط معدل النمو السكاني (2004-2011) بنحو 2.2%. ومع أنّ معدل النمو السكاني للمواطنين الأردنيّين كان قد شهد تباطؤًا تدريجيًا خلال الفترة (2004-2011)، فمن المتوقع أن يعوّضه توافد اللاجئين من الدول المجاورة بسبب الاضطرابات السياسية التي تجتاح الوطن العربي.

وبما أنّ حوالي 63% فقط من سكان الأردن مخدومون حاليًا بشبكة الصرف الصحي العامة، ثمة مجال كبير لتوسيع نطاق خدمات الصرف الصحي من خلال اعتماد النهج اللامركزي في إدارة مياه الصرف الصحي لتكميل النهج المركزي في جمع ومعالجة وإعادة استخدام مياه الصرف الصحي. وينطبق هذا بشكل خاص على المحافظات الشمالية، حيث يقطن نحو 28% من سكان الأردن لكن شبكة الصرف

الصحي تخدم نحو 45% منهم فقط. ناهيك عن أنّ هذه المحافظات تستضيف معظم اللاجئين السوريين، علمًا أنّ البنية التحتية للصرف الصحي ليست مصممة لخدمة هذا العدد الكبير من السكان. علاوةً على ذلك، فإنّ توسيع نظام الصرف الصحي العام القائم الذي ينتهي بمحطات المعالجة المركزية لا تمنعه القيود المالية فحسب، بل أيضًا التضاريس الجغرافية والمجتمعات المتفرّقة، ممّا يجعل أي خطة لتوسيع النظام غير قابلة للتنفيذ وتتجاوز قدرات الأردن على الأرجح. وتؤكد جميع الحقائق المذكورة أعلاه على أهمية اعتماد الصرف الصحي اللامركزي لسدّ الفجوات الحالية في خدمات الصرف الصحي.

بالإضافة إلى ندرة المياه، يواجه الأردن طلبًا متزايدًا على الطاقة مما يشكّل عبئًا إضافيًا على الميزانية. ولتوضيح حجم هذه المشكلة المعقدة، يكفي أن نذكر أنّ قطاع المياه وحده يستهلك ما لا يقل عن 15% من إجمالي الطاقة الكهربائية التي ينتجها قطاع الطاقة.

2. الوضع المائي للأردن

يواجه الأردن ندرة مزمنة في المياه بسبب الموارد المائية المحدودة للغاية وسط الطلب المتزايد على المياه. وقد انخفض نصيب الفرد السنوي من المياه لجميع الاستخدامات من 3600 متر مكعب في عام 1946 إلى أقل من 150 مترًا مكعبًا اليوم وسيظلّ معرّضًا لمزيدٍ من الانخفاض مستقبلًا ما لم تزِد إمدادات المياه في مقابل الطلب المتزايد - وهي مهمة في غاية الصعوبة.

وفقًا للميزانية المائية الأردنية (2016 / 2017)، يُقدّر إجمالي استهلاك المياه بنحو 1044 مليون متر مكعب، في حين يُقدّر إجمالي الموارد المتجددة والموارد المائية السطحية والجوفية المتاحة معًا بنحو 700 مليون متر مكعب فقط؛ منها حوالي 136 مليون متر مكعب من مياه الصرف الصحي المعالجة. وقد تم سدّ العجز في المياه، والذي بلغ نحو 344 مليون متر مكعب في عام 2016، من خلال الإفراط في استخراج المياه الجوفية في المناطق الجبلية بما يتجاوز قدرتها الإنتاجية الآمنة (حوالي 275 مليون متر مكعب) ومن خلال استغلال المياه الأحفورية.

كما أنّ المنافسة بين القطاعات المختلفة على كميات المياه العذبة المحدودة تشهد تزايدًا مستمرًا. وبحسب الميزانية المائية (2016)، كما هو مبيّن في الجدول (1)، يعتبر القطاع الزراعي المستهلك الأكبر؛ حيث استهلك حوالي 53% من إجمالي الميزانية المائية لعام 2016 في مقابل حوالي 47% فقط لكافة القطاعات الأخرى: البلديات والصناعة. وتجدر الإشارة إلى أنّ خسائر إمدادات المياه البلدية الفنية والإدارية لا تقل عن 52%.

الجدول (7) استهلاك المياه حسب القطاعات المختلفة (2016)

القطاع	استهلاك المياه (مليون متر مكعب)		%	
البلديات	457		44	
الزراعة	المياه العذبة	421	40	53
	مياه الصرف الصحي المعالجة	134	13	
الصناعة	32		3	
المجموع	1044		100	

المصدر: الميزانية المائية لعام 2016 (وزارة المياه والري)

استهلاك المياه في الزراعة من المصادر المختلفة

الشكل (14) استهلاك المياه في الزراعة من المصادر المختلفة (بناءً على ميزانية المياه لعام 2016)

ومن الجدير بالذكر أنّ المياه المستخدمة في الزراعة تأتي من مصادر مختلفة منها: المياه الجوفية والسطحية ومياه الصرف الصحي المعالجة. ويوضّح الشكل (3) مساهمة هذه الموارد المختلفة في تلبية الاحتياجات المائية للزراعة. ورغم استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة الناتجة في جميع أنحاء البلاد في الري، فإنّ الزراعة ما تزال تفرض ضغطًا مستمرًا على المياه الجوفية والتي بدورها توفر حوالي 47% من إجمالي استهلاك المياه للزراعة في حين تساهم المياه السطحية ومياه الصرف الصحي المعالجة بنحو 29% و 24% من الاحتياجات الزراعية من المياه، على التوالي.

وبلغ إجمالي حجم مياه الصرف الصحي المعالجة الناتجة في جميع أنحاء البلاد في عام 2016 نحو 151 مليون متر مكعب منها وفقًا للتقديرات، تم استخدام نحو 134 مليون متر مكعب منها للري؛ حيث استُخدِم أكثر من 65% من هذه الكمية في وادي الأردن للري غير المقيّد بينما استُخدِم الباقي (أقل من 35%) في زراعة المحاصيل العلفية، مثل البرسيم، في المناطق المحيطة بمحطات المعالجة المركزية.

3. التجربة الأردنية في إعادة استخدام مياه الصرف الصحي

تشمل إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في الأردن الاستخدام المباشر وغير المباشر لمياه الصرف الصحي المعالجة للري. ويُستخدم كلا المصطلحيْن عن قصدٍ للتمييز بين طريقتيْ إعادة الاستخدام؛ حيث تشير إعادة الاستخدام المباشر إلى استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة الناتجة عن محطة المعالجة دون خلطها بأي نوع آخر من المياه، في حين تشير إعادة الاستخدام غير المباشر إلى استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة بعد خلطها مع مياه أخرى. وبناءً على ذلك، يتم استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة بشكل غير مباشر في وادي الأردن، وبشكل مباشر في المناطق المحيطة بمحطات المعالجة. يقدم هذا القسم لمحة عامة عن إعادة الاستخدام المباشر وغير المباشر لمياه الصرف الصحي المعالجة للري في الأردن.

ويعود تاريخ إعادة استخدام مياه الصرف الصحي لأغراض الري في الأردن إلى ثمانينيات القرن الماضي بعد تشغيل محطة السمرا لمعالجة مياه الصرف الصحي عام 1985 مباشرةً، حيث كان يتم استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة للري غير المباشر في وادي الأردن بعد خلطها بالمياه الأخرى من الجريان السطحي عند هطول الأمطار في الشتاء ومن بعض الينابيع التي تصبّ في سد الملك طلال. وفي ضوء زيادة كمية مياه الصرف الصحي التي يتم جمعها ومعالجتها في العديد من محطات المعالجة، تم توسيع ممارسة إعادة الاستخدام لتشمل الاستخدام المباشر لمياه الصرف الصحي المعالجة في الري بالقرب من محطات معالجة مياه الصرف الصحي المركزية. وتجدر الإشارة هنا إلى أنّ قرابة 90% من مياه الصرف الصحي المعالجة تُستخدم للري وفقًا للميزانية المائية (2016).

1.3 إعادة الاستخدام غير المباشر لمياه الصرف الصحي في الري

يعتبر وادي الأردن «سلة خضار» الأردن؛ حيث يسمح المناخ الدافئ الذي يمتاز به وادي الأردن في الشتاء بإنتاج المحاصيل في غير موسمها، بينما يَضَع الطقس شديد الحرارة في الصيف حدًا لموسم الخضار ويصبح مناسبًا للتعقيم الشمسي للتربة استعدادًا للموسم القادم.

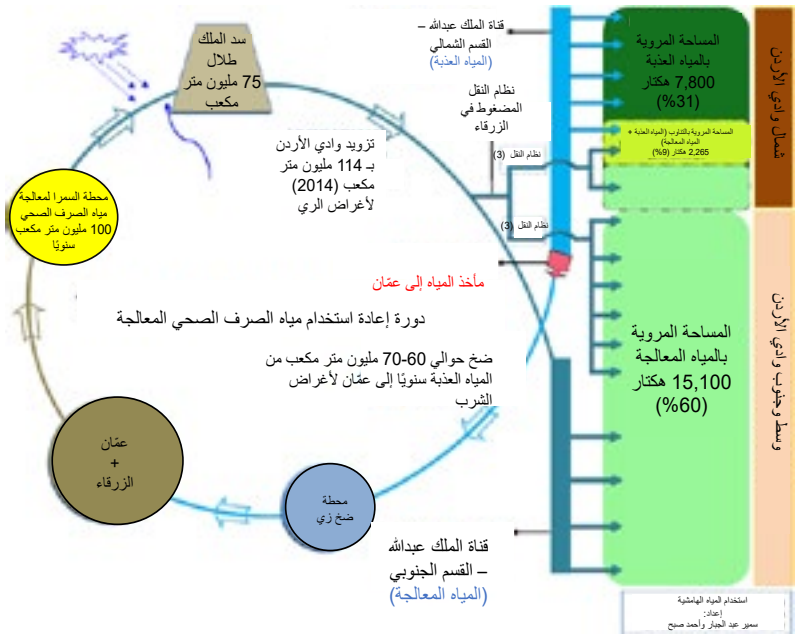
وتقدّر المساحة الصالحة للزراعة في الأغوار الشمالية والوسطى من وادي الأردن بنحو 30 ألف هكتار بينما تبلغ المساحة المروية الإجمالية نحو 25,150 هكتار. وعبر التاريخ، كان وادي الأردن يملك مصدرًا رئيسيًا للمياه العذبة السطحية، متمثّلًا بنهر الأردن الذي لا يقل تدفقه السنوي عن 1.2 مليار متر مكعب نزولًا من بحيرة طبريا حيث يلتقي نهر اليرموك مع نهر الأردن. لذلك كانت المياه العذبة هي المصدر الوحيد المتاح بوفرة للمزارعين الذين اعتادوا استخدامها في حقولهم. وبعد تحويل مسار نهر الأردن في أوائل الستينيات من قبل الجانب الإسرائيلي وما ترتّب على ذلك من نقصٍ في المياه وسط تزايد الطلب على المياه، ظهرت الحاجة إلى استغلال جميع الموارد المائية المتاحة، بما في ذلك المياه غير التقليدية، لمواجهة هذا النقص في المياه. وعليه، بدأ استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة للري في وادي الأردن في مطلع ثمانينيات القرن الماضي لتصبح أول منطقة زراعية يتم فيها إعادة استخدام المياه في الري. وتنبع أهمية إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في وادي الأردن من حقيقة أنّ الممارسة تؤدي إلى توفير المياه العذبة للاستخدامات الأخرى التي تحتاج إلى مياه عالية الجودة. ويوضح الشكل (15) أدناه مراحل دورة إعادة الاستخدام في وادي الأردن، والتي تبدأ من نهر اليرموك شمالًا، حيث يتم ضخ جزء من المياه العذبة التي تتدفق إلى قناة الملك عبدالله إلى محطة مياه زي لمياه الشرب لتتم معالجتها قبل ضخها إلى عمّان لأغراض للشرب. وفي عام 2014، تم ضخ حوالي 70 مليون متر مكعب من المياه العذبة لأغراض الشرب. ولا زال الجزء الآخر يُستخدَم للري في الأغوار الشمالية. ومن ناحية أخرى، تُصرّف غالبية مياه الصرف الصحي الناتجة من عمّان والزرقاء في شبكة الصرف الصحي

وتصبّ في محطة السمرا لمعالجة مياه الصرف الصحي. وتشقّ مياه الصرف الصحي المعالجة في محطة السمرا لمعالجة مياه الصرف الصحي طريقها عبر وادي الزرقاء إلى سد الملك طلال، وهو ثاني أكبر سد في الأردن والذي تبلغ سعته التخزينية 75 مليون متر مكعب، حيث تختلط فيه مياه الصرف الصحي المعالجة مع المياه الأخرى (من الينابيع ومجاري الأمطار). ثم يتم تصريف «مياه الصرف الصحي المعالجة المخلوطة» إلى وادي الأردن لاستخدامها في الري. وفي عام 2014، تم تصريف حوالي 114 مليون متر مكعب من «مياه الصرف الصحي المعالجة المخلوطة» من سد الملك طلال إلى وادي الأردن لاستخدامها في الري غير المقيّد.

قبل عام 2008، كان حوالي 49% و 51% من إجمالي المساحة المروية في وادي الأردن تُروى «بمياه الصرف الصحي المعالجة المخلوطة» والمياه العذبة، على التوالي. وبعد ستة أعوام شهدت هذه المنطقة توسّعًا في استخدام «مياه الصرف الصحي المعالجة المخلوطة» بالتزامن مع انخفاض استخدام المياه العذبة. وفي الوقت الراهن، يُروى ما لا يقل عن 60% من المساحة المروية بواسطة «مياه الصرف الصحي المعالجة المخلوطة» بينما يُروى أقل من 31% بالمياه العذبة، أمّا الـ 9% المتبقية فتُروى بكلا النوعيْن المياه العذبة و»مياه الصرف الصحي المعالجة المخلوطة». وينبغي التركيز على أنّ الخطط الحكومية تهدف إلى ري وادي الأردن بالكامل في غضون سنوات قليلة بواسطة «مياه الصرف الصحي المخلوطة»؛ حيث سيتم تحقيق هذا الهدف على الأرجح في المستقبل القريب في ضوء زيادة كمية مياه الصرف الصحي المعالجة من محطة السمرا لمعالجة مياه الصرف الصحي، بالإضافة إلى استخدام مياه الصرف الصحي من محطات معالجة مياه الصرف الصحي الثلاثة شماليْ وادي الأردن، وهي محطات إربد المركزية والشلالة ووادي العرب.

وتكمن أهمية إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في وادي الأردن في الاستعاضة عن المياه العذبة بكمية كافية من «مياه الصرف الصحي المعالجة المخلوطة»، بما يضمن استدامة الزراعة وتوفير المياه العذبة للشرب في وادي الأردن.

وللوقوف على عوامل نجاح الاستخدام الزراعي المستدام لمياه الصرف الصحي المعالجة في وادي الأردن، يجب توضيح الأسس التي تجعل من إعادة الاستخدام حلًا استراتيجيا وعمليًا وسليمًا. فعلى خلاف المناطق الأخرى في الأردن، ينعم وادي



الأردن بالخصائص المكانية التالية والبنى التحتية القائمة التي من شأنها أن تجعل من إعادة استخدام مياه الصرف الصحي على نطاق واسع قصة نجاح أردنية.

الشكل (15) دورة إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة

1.1.3 التضاريس

رغم بُعد وادي الأردن عن نقطة إنتاج مياه الصرف الصحي المعالجة حيث تنتشر إعادة الاستخدام، فإنّ مياه الصرف الصحي المعالجة المتّجهة إلى سد الملك طلال تتدفق خلال وادٍ طبيعي (سيل الزرقاء) لمسافة لا تقل عن 45 كم وذلك بقوة الجاذبية فقط دون الحاجة إلى مضخات. علاوةً على ذلك، فإنّ فرق الارتفاع البالغ 400 متر بين سد الملك طلال ووادي الأردن يضمن أيضًا نقل مياه الري من السد إلى وادي الأردن بقوة الجاذبية. بالمعنى الحرفي، فإنّ وجود مثل هذا الوادي الطبيعي بانحدارٍ مستمرٍ من موقع محطة المعالجة حتّى موقع إعادة استخدام المياه، يمثل نموذجًا مثاليًا من حيث فعالية التكلفة التشغيلية لإمدادات مياه الري ويلعب دورًا حاسمًا للغاية في جدوى مخططات إعادة استخدام المياه، لا سيّما بالنسبة إلى بلدٍ أثقلت كاهله تكاليف الطاقة العالية، مثل الأردن. ناهيك عن أنّ الوادي الطبيعي يغني عن الحاجة إلى إنشاء خط لنقل المياه، سواءً على شكل أنبوب أم قناة خرسانية.

2.1.3 المساحة المروية المحصورة

على خلاف أي منطقة زراعية أخرى في الأردن، فإنّ المنطقة الصالحة للزراعة في وادي الأردن محصورة جغرافيًا في شريطٍ ضيقٍ يحدّه نهر الأردن غربًا والمناطق الجبلية شرقًا. ولذلك فإنّ المساحة المروية في وادي الأردن محدودة الحجم ومن الصعب أن تتوسّع. ومن الناحية الإدارية، تنقسم المنطقة المروية إلى مزارع متلاصقة. أمّا من ناحية الجدوى، فيُعتبر تلاصق المزارع الزراعية مهمًا للغاية؛ حيث أنّه يمكّن تنفيذ أي خطط توسّعية لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي في مناطق أخرى من وادي الأردن في إطار الرؤية المستقبلية من جانب، ومن جانبٍ آخر، فإنّه يعزّز من فعالية التكلفة والجدوى لأي استثمارات في البنية التحتية للري.

3.1.3 استدامة الزراعة

لا شكّ أنّ نجاح مشاريع إعادة استخدام مياه الصرف الصحي للري يعتمد دومًا على استدامة الزراعة التي تمثّل المستهلك النهائي لمياه الصرف الصحي المعالجة، علمًا أنّ القانون يحمي المنطقة القابلة للزراعة في وادي الأردن تحديدًا من مخاطر تقلّص مساحتها الذي قد ينجم عن تغيير استخدام الأراضي الزراعية إلى استخدامات غير زراعية، أو التمدّد الحضري، أو تجزئة ملكية الحيازات الزراعية بسبب الالتزامات التي يفرضها نظام الميراث. ولهذا السبب فإنّ استدامة الزراعة في وادي الأردن تعزّز استدامة إعادة استخدام مياه الصرف الصحي والعكس صحيح.

4.1.3 عدم توافر المياه البديلة الكافية للري

إن الموارد المائية العذبة المحدودة في وادي الأردن لا تكفي لتلبية الاحتياجات الزراعية، فضلًا عن تحويلها لاستخدامات الشرب، حيث يتم ضخ حوالي ٦٠-٧٠ مليون متر مكعب من المياه العذبة سنويًا من قناة الملك عبدالله للشرب، علمًا أنّ تخصيص هذه المياه العذبة للشرب بات ممكنًا نتيجة إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة كمياهٍ بديلةٍ للري. وحاليًا، تستخدم 60٪ على الأقل من المساحة المروية في وادي الأردن مياه الصرف الصحي المعالجة «المخلوطة» وسيستمرّ التوسّع في إعادة الاستخدام هذه في ضوء زيادة كميات مياه الصرف الصحي المعالجة الناتجة من محطة السمرا لمعالجة مياه الصرف الصحي. علاوةً على ذلك، من المتوقع جمع كميات إضافية من مياه الصرف الصحي المعالجة، تبلغ 15 مليون متر مكعب تقريبًا، من محطات إربد والشلالة ودوقرا، لاستخدامها في الأغوار الشمالية في المستقبل القريب.

وتُعدّ ممارسة إعادة الاستخدام مجديةً وفعالةً من حيث التكلفة نظرًا لاستخدام ٦٥٪ تقريبًا من مياه الصرف الصحي المعالجة على مستوى البلاد لأغراض الري في وادي الأردن، وهو ما يُعلّل توافر هذه الكميات الكبيرة من مياه الصرف الصحي المعالجة في وادي الأردن.

5.1.3 توافر البنية التحتية الملائمة لإدارة المياه

يتمتّع وادي الأردن بمخطط ريٍ وبنيةٍ تحتيةٍ فريدةٍ ومرافق أخرى جميعها مفيدة لمراقبة وتزويد وإدارة الموارد المائية في جميع أنحاء وادي الأردن. بالطبع، كما ذكرنا آنفًا، فإنّ تلاصق المنطقة المروية يجعل تنفيذ مثل هذه البنى التحتية المكلفة مجديةً للغاية رغم الاستثمارات الكبيرة المطلوبة. وتشمل البنى التحتية الرئيسية ما يلي:

أ. يعتبر سد الملك طلال مهمًا جدًا للإدارة السليمة لإمدادات مياه الري لتلبية الاحتياجات من مياه الري على مدار العام، ما يمنح المشغّلين مرونةً عاليةً لجدولة إمدادات المياه وبالتالي زيادة كفاءة استخدام مياه الري؛ حيث يسمح هذا السد بتخزين الفائض من احتياجات الري في أوقاتٍ معيّنة لتلبية الطلب خلال فترات الذروة.

ب. تشكّل قناة الملك عبدالله العمود الفقري لنظام شبكة الري في وادي الأردن. وهي تمتدّ على طول وادي الأردن من أقصى الشمال باتجاه الجنوب بطول 110 كم، ممّا يجعلها أكبر قناة ري والأهم من ذلك أنّها تعمل بقوة الجاذبية. وتنقسم قناة الملك عبدالله إلى قسمَيْن؛ يحمل القسم الشمالي المياه العذبة في حين يحمل القسم الجنوبي مياه الصرف الصحي المعالجة المخلوطة. وتفصل بين القسمَيْن «نظام سيفون (شفط)» تسمح بتدفق المياه في اتجاه واحد فقط، بحيث تسمح بتدفق فائض المياه العذبة من القسم الشمالي – إن وجد – إلى القسم الجنوبي، وليس العكس.

ج. يتيح نظام النقل المضغوط في الزرقاء توسيع نطاق إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في المناطق المروية الأخرى شمالي وادي الأردن.

د. تعمل محطات ضخ مياه الري الموزّعة على ضفاف قناة الملك عبدالله في وادي الأردن على تزويد المزارع بمياه الري من خلال شبكات التوزيع، عن طريق الضخ أو بواسطة الجاذبية في بعض الحالات. ويتم تخزين إمدادات مياه الري في بركة بالمزرعة ليستخدمها المزارعون عند الحاجة نظرًا لكون إمدادات المياه متقطعة.

هـ. يسمح مركز التحكم لموظفي التشغيل بمراقبة وإدارة جميع الموارد المائية في وادي الأردن، ولجميع الاستخدامات عن بعد.

2.3 إعادة الاستخدام المباشر لمياه الصرف الصحي في الري

أحرزت وزارة المياه والري تقدمًا ملحوظًا في توسيع تغطية خدمات الصرف الصحي في جميع أنحاء الأردن. وفي هذا الصدد، تم توسيع شبكة الصرف الصحي العامة لتجميع مياه الصرف الصحي الناتجة عن المناطق ذات الكثافة السكانية العالية في شتّى أرجاء الأردن. وقد تم إنشاء 34 محطة مركزية لمعالجة مياه الصرف الصحي حتّى تاريخه للتعامل مع كميات مياه الصرف الصحي المتزايدة. وقد شجّع توافر مياه الصرف الصحي المعالجة المزارعين على البدء في زراعة المحاصيل العلفية مثل البرسيم في المناطق المجاورة لمحطات المعالجة، حيث تُشكّل مياه الصرف الصحي المعالجة المستخدمة للري في تلك المناطق نحو 35% من مياه الصرف الصحي المعالجة المستغلّة على مستوى المملكة. ومن الجدير بالذكر أنّ الطلب على مياه الصرف الصحي المعالجة من قبل المزارعين يشهد ارتفاعًا بسبب ربحية زراعة المحاصيل العلفية. كما تسمح الأراضي المناسبة في جوار محطات المعالجة للمزارعين بتوسيع مزارعهم بالتناسب مع زيادة إنتاج مياه الصرف الصحي المعالجة. وتجدر الإشارة هنا إلى أنّ إعادة الاستخدام المباشر لمياه الصرف الصحي جاءت نتيجةً لتوافر مياه الصرف الصحي المعالجة بعد تشغيل هذه المحطات، حيث لم تكُن هناك أي مشاريع للري في هذه المناطق سابقًا، ما يفسّر سبب عدم استبدال المياه العذبة كنتيجةٍ لإعادة الاستخدام في هذه المناطق.

هناك عوامل نجاح محددة تسهّل إذا اجتمعت التوسّع في إعادة الاستخدام المباشر لمياه الصرف الصحي في المناطق المحيطة بمحطات معالجة مياه الصرف الصحي المركزية. ويمكن إيجاز هذه النقاط فيما يلي:

i. توافر مياه الصرف الصحي المعالجة بجودة مناسبة لزراعة المحاصيل العلفية وبكمية كافية للزراعة على نطاق واسع.

ii. سماح المواصفة الأردنية 2006/JS893 بالاستخدام المباشر لمياه الصرف الصحي المعالجة لري المحاصيل من الفئة (ج)؛ أي المحاصيل العلفية، حيث إنّ الربح العالي لزراعة المحاصيل العلفية تضمن ارتفاع الطلب على مياه الصرف الصحي المعالجة من قبل المزارعين.

iii. يتيح توافر المساحة الكافية من الأراضي تحقيق الاستفادة القصوى من مياه الصرف الصحي المعالجة في محطات المعالجة هذه. ويمكن إدارة الفائض المائي بسهولة عن طريق تصريفه في الأودية. علاوةً على ذلك، فإنّ الأراضي المروية تكون مخصصة لأغراض الري فقط، وبالتالي فهي تدعم استدامة مشروع إعادة استخدام مياه الصرف الصحي.

iv. عدم إتاحة الحصول على أي مياه تقليدية أخرى للمزارعين لاستخدامات الري في المنطقة، أي عدم وجود مياه ري بديلة في المنطقة.

4. إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في سياق نظام الصرف الصحي اللامركزي

1.4 وظيفة أنظمة إعادة الاستخدام في الإدارة المتكاملة لمياه الصرف الصحي

تستلزم الجودة الخاصة لمياه الصرف الصحي تطبيق سلسلة مترابطة وظيفيًا من الأنظمة المتعاقبة التي تعمل بشكل تآزري ومتكامل لإدارة مياه الصرف الصحي من نقطة إنتاجها إلى نقطة استخدامها أو التخلّص منها. تتضمن هذه الأنظمة (1) جمع/نقل مياه الصرف الصحي، (2) معالجة مياه الصرف الصحي و(3) النظام الآمن للتخلّص من مياه الصرف الصحي المعالجة في البيئة؛ أي نظام إعادة الاستخدام.

وتنشأ ضرورة تكامل الأنظمة الثلاثة في إدارة مياه الصرف الصحي من حقيقة أنّ الأنظمة الثلاثة لها الأهمية ذاتها؛ حيث تعمل هذه الأنظمة بتكامل وتخدم معًا الهدف النهائي المتمثّل في إدارة مياه الصرف الصحي، أي حماية البيئة والصحة العامة. يلخّص الجدول (2) أهمية الأنظمة الثلاثة في الإدارة المتكاملة لمياه الصرف الصحي.

الجدول (8) أنظمة إدارة مياه الصرف الصحي ووظائفها

أنظمة إدارة مياه الصرف الصحي	الوظائف
نظام جمع/نقل مياه الصرف الصحي	i. تقليل تعرض سكان المجتمعات لمسبّبات الأمراض ii. تقليل مخاطر التلوّث المحتملة للموارد المائية iii. تمكين معالجة مياه الصرف الصحي المجمّعة في موقع واحد iv. تمكين إعادة استخدام مياه الصرف الصحي على نطاقٍ مجدٍ اقتصاديًا
نظام معالجة مياه الصرف الصحي	i. الحفاظ على أحمال التلوّث التي يتم التخلّص منها في البيئة ضمن القدرة الاستيعابية للنظم البيئية المستقبِلة ii. تقليل عدد مسبّبات الأمراض في مياه الصرف الصحي iii. تمكين إعادة الاستخدام الآمن لمياه الصرف الصحي
نظام إعادة الاستخدام	i. تقليل التعرض لمسبّبات الأمراض ii. تقليل عدد مسبّبات الأمراض في المحاصيل المروية iii. تقليل التلوّث المحتمل بالعناصر المُغذّية الزائدة والمواد العضوية القابلة للتحلّل iv. السماح بمرونة عالية عند انخفاض جودة المياه v. السماح باعتماد تقنيات المعالجة البسيطة vi. ضمان التخلّص الآمن لمياه الصرف الصحي في البيئة بطريقة منتجة أو مربحة

يجب أن ندرك أن إحدى الطرق الأكثر أمانًا للتخلص من مياه الصرف الصحي في البيئة هي إعادة استخدام هذه المياه للري الزراعي، حيث أنّ القدرة الاستيعابية لنظام إعادة الاستخدام قادرةٌ على القضاء على الملوّثات التي تحملها مياه الصرف الصحي، وخصوصًا في المناطق القاحلة وشبه القاحلة حيث تسود عادةً الظروف الجوية الحارة والجافة. وتجدر الإشارة هنا إلى أنّ نظام إعادة الاستخدام يشمل جميع المكونات التي تدخل في عملية الزراعة بالإضافة إلى الظروف الجوية السائدة التي تتفاعل معًا لتبديد التلوّث وتقليل المخاطر إلى مستويات مقبولة بيئيًا. ويستخدم نظام إعادة الاستخدام آليات مختلفة لاستيعاب أحمال التلوّث، بما في ذلك:

1. توزيع الملوثات في البيئة على مساحة واسعة، أي الحقول المروية.
2. التحلّل الحيوي/ تمعدن الجزيئات العضوية بواسطة النباتات المجهرية والكائنات الحية الدقيقة في التربة.
3. امتصاص العناصر المُغذّية من قبل المحاصيل/ النباتات المروية بمياه الصرف الصحي وكذلك النباتات المجهرية والكائنات الحية الدقيقة التي تعيش في التربة.
4. مزج التربة بالدبال لتحسين خصائصها وزيادة خصوبتها.
5. امتصاص المعادن الثقيلة والفوسفور الزائد في التربة القلوية.
6. وضع حواجز فعالة أمام مسبّبات الأمراض التي تحملها مياه الصرف الصحي (تدبير حماية الصحة).

من أجل فهم الدور المركزي لنظام إعادة الاستخدام في إدارة مياه الصرف الصحي، يجب تسليط الضوء على مكونات هذا النظام وكيف يساهم كل مكون في الإدارة السليمة لمياه الصرف الصحي. يتضمن نظام إعادة الاستخدام المكونات التالية:

i. مياه الصرف الصحي المعالجة التي يجب التخلّص منها أو استخدامها بطريقة منتجة في الزراعة؛ هذه هي الوظيفة النهائية لنظام إعادة الاستخدام في سلسلة مياه الصرف الصحي.
ii. المحاصيل المزروعة بجميع أنواعها، وتتمثل وظيفتها في (1) ترشيح مياه الصرف الصحي المعالجة و(2) امتصاص العناصر المُغذّية المحمّلة في الماء. وتجدر الإشارة هنا إلى أنّه على الرغم من كمية المياه الهائلة التي تستخدمها النباتات، إلا أنّ جزءًا صغيرًا منها فقط يبقى في النبتة لدعم نموها. كقاعدة عامة، يتبخّر أكثر من 95% من المياه التي تمتصها النباتات إلى الغلاف الجوي بينما تحتفظ أنسجتها بأقل من 5% لتوسيع الخلايا والنمو. علمًا أنّ معظم العناصر التي تُعتبر ملوثات هي في الواقع عناصر غذائية أساسية لنمو النباتات. على سبيل المثال، تمتصّ النباتات المزروعة، وكذلك النباتات المجهرية والكائنات الحية الدقيقة التي تعيش في التربة، أيونات النيتروجين والفوسفور التي تشكل مصدر قلق كبير بسبب قدرتها على تلويث المسطحات المائية، حيث تحتاج النباتات إليها هي والبوتاسيوم بكميات كبيرة، وبالتالي يطلق عليها اسم العناصر المُغذّية الكبرى. كما تحتاج النباتات العناصر المُغذّية الأخرى المتوفرة في الماء ولكن بكميات أقل، وبالتالي يطلق عليها اسم العناصر المُغذّية الصغرى.
iii. لا تعمل التربة المروية فقط كمصرف لمياه الصرف الصحي والأحمال العضوية وغير العضوية المختلفة، ولكنّها تعمل أيضًا كنظام بيئي حاضن للأنشطة الحيوية غير المحدودة التي تقوم بها العديد من الكائنات الحية، مثل المحاصيل المزروعة والنباتات المجهرية والكائنات الحية الدقيقة المتنوعة، حيث تُسهم كل هذه الكائنات الحية في تخليص مياه الري ومحتوياتها من العناصر المُغذّية والمواد العضوية وأي جزيئات أخرى قابلة للتحلّل.
iv. توفر جزيئات التربة الصغيرة سطحًا كبيرًا لامتصاص المعادن الثقيلة إن وجدت في مياه الصرف الصحي المعالجة. وينطبق ذلك على التربة القلوية على وجه الخصوص مثل جميع أنواع التربة في الأردن تقريبًا.
v. تعتبر عناصر نظام الري، بما في ذلك بركة المياه ونظام الترشيح وشبكات الري في المزرعة، ذات أهمية كبيرة في الحد من مخاطر مسبّبات الأمراض والجزيئات العالقة الأخرى التي تحملها المياه. يقدّم الجدول التالي بعض الأمثلة لدور نظام الري في تقليل هذه المخاطر.
vi. تعمل الظروف الجوية السائدة أيضًا كحاجز إضافي أمام مسبّبات الأمراض من خلال تأثير الموت الطبيعي. وفقًا لمنظمة الصحة العالمية (2006)، يمكن أن يصل معدل الموت الطبيعي لمسبّبات الأمراض إلى 0.5-1 وحدة خفض لوغاريتمية يوميًا في الأيام الباردة الرطبة الغائمة، و 1-2 وحدات خفض لوغارثمية يوميًا في الأيام الحارة الجافة المشمسة على التوالي. بالتالي، يمكن تفادي مخاطر مسبّبات الأمراض الشائعة بسهولة، إن وجدت، عن طريق إيقاف الري لمدة 2-3 أيام فقط قبل الحصاد.

الجدول (9) المكونات الرئيسية لنظام الري ومساهمتها في تقليل المخاطر

مكونات نظام الري	أهمية مكونات نظام الري في الحد من المخاطر
بركة المياه في المزرعة	• تمنح وقتًا إضافيًا لترسيب المزيد من المواد الصلبة العالقة والموت الطبيعي لمسبّبات الأمراض
نظام الترشيح الرملي	• اعتراض إضافي للمواد الصلبة العالقة الموجودة في الماء • يوفر حاجزًا لتخفيض مسبّبات الأمراض؛ بمعدل يصل إلى 3 وحدات خفض لوغارثمية
الري بالتنقيط	• يوفر حاجزًا للحد من مسبّبات الأمراض؛ بمعدل يصل إلى 2-4 وحدات خفض لوغارثمية

المصدر: الخطة الوطنية لنظام رصد وإدارة المخاطر المرتبطة باستخدام المياه المعالجة في الري

نظرًا لقدرته الاستيعابية العالية الواضحة؛ فيجب اعتبار نظام إعادة الاستخدام نظامًا فريدًا)نظام ما بعد المعالجة) لا يمكن الاستغناء عنه وقادرًا على تبديد المياه المعالجة ومحتوياتها من الملوثات إلى البيئة بصورة آمنة ومنتجة. هذا التصوّر الجديد للقدرة الاستيعابية لنظام إعادة الاستخدام له آثار مهمة للغاية، فهو يوفر مزيدًا من المرونة للجهات التنظيمية لوضع مواصفة معقولة وأكثر واقعية لإدارة مياه الصرف الصحي المنزلي، بما يسمح باعتماد تقنيات المعالجة القريبة من الطبيعة الأقل تكلفة والتي تحتاج إلى صيانة أقل وجهد أقل لتشغيلها.

2.4 كميات مياه الصرف الصحي غير المستغلة

يُقدّر عدد سكان الأردن بحوالي 9.53 مليون نسمة حسب التعداد العام للسكان والمساكن في الأردن لسنة 2015. وفقًا للأرقام التي أعلنتها وزارة المياه والري رسميًا، فإنّ شبكة الصرف الصحي العامة تخدم 63% من سكان الأردن فقط. ويقدّر إجمالي مياه الصرف الصحي المعالجة الناتجة في جميع أنحاء البلاد من جميع محطات المعالجة المركزية بـ 151 مليون متر مكعب. وهذا يعني أنّ تدفق مياه الصرف الصحي للفرد يعادل حوالي 70 لترًا يوميًا. وبافتراض القيمة نفسها (حوالي 70 لترًا)، فمن المفترض أن يُنتِج بقية السكان الذين لا تخدمهم شبكة مياه الصرف الصحي – 37% أي 3.53 مليون نسمة – نحو 90.2 مليون متر مكعب سنويًا من مياه الصرف الصحي. وتمثّل هذه الكمية المحتملة لمياه الصرف الصحي التي لا يتم جمعها وبالتالي لا يتم استغلالها حتّى الآن. يوضّح الجدول (10) الكمية المحتملة لمياه الصرف الصحي التي سيتم جمعها في حال تغطية شبكة الصرف الصحي نسبًا مختلفة من السكان غير المخدومين والبالغ عددهم 3.53 مليون نسمة.

الجدول (10) كميات مياه الصرف الصحي المحتملة وفق سيناريوهات الجمع المختلفة

الربط بشبكة الصرف الصحي (%)	السكان المخدومون بشبكة الصرف الصحي (مليون نسمة)	كمية مياه الصرف الصحي المجمّعة المحتملة (مليون متر مكعب)
10%	0.353	9.02
25%	0.883	22.6
50%	1.77	45.2
75%	2.65	67.7
100%	3.53	90.2

بعيدًا عن المساهمة المحتملة لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي في تنمية الموارد المائية، ينبغي ألّا يغيب عن الأذهان أنّ الكميات المحتملة لمياه الصرف الصحي غير المستغلة تشكّل خطرًا مستمرًا على البيئة، بما في ذلك الصحة العامة والموارد المائية الثمينة، وبالتالي يجب إدارتها وفقًا للقدرة المالية للأردن. وهنا تأتي أهمية نهج الصرف الصحي اللامركزي في تقديم خيارٍ مناسبٍ للمناطق السكنية التي من غير المرجح أن يتم ربطها بنظام الصرف الصحي المركزي على المدى القريب أو حتّى البعيد.

3.4 المرونة في التوسع التدريجي للصرف الصحي اللامركزي

بالنظر إلى ميزة النهج اللامركزي لإدارة مياه الصرف الصحي المتمثلة في تقديم خدمات الصرف الصحي على نطاق ضيّق، فإنّ هذا النهج يمنح وزارة المياه والري مرونةً عاليةً في توسيع خدمات الصرف الصحي تدريجيًا وعلى مراحل متعدّدة. ومن الواضح أنّ الموارد المالية لا تسمح بتنفيذ مشاريع الصرف الصحي واسعة النطاق، على غرار النهج المركزي. على النقيض من ذلك، فإنّ نهج الصرف الصحي اللامركزي بفضل نطاقه الضيّق، يسمح لصناع القرار بوضع أهداف وطنية قابلة للإنجاز ومتناسبة مع الميزانية المالية السنوية المتاحة لتوسيع نطاق خدمات الصرف الصحي. وتجدر الإشارة هنا إلى أنّ تكلفة المعالجة لكل متر مكعب ربما تكون أقل في محطات معالجة مياه الصرف الصحي المركزية واسعة النطاق مقارنةً بمحطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية، ولكن بعد حساب تكلفة شبكة المجاري الطويلة وتكلفة التشغيل والصيانة في نظام الصرف الصحي المركزي، فقد تصبح الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي أكثر فعالية من حيث التكلفة. وحتّى بالنسبة إلى الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي، لن يكون هناك أي سبب لاستبعاد تقنيات المعالجة القريبة من الطبيعة والإصرار على التقنيات المتقدّمة باهظة التكلفة التي لا يمكن تحمّلها لمجرد تلبية هذه المواصفة الصارمة بشكل غير مبرر. وينطبق ذلك على وجهٍ خاصٍ على حدود العناصر المُغذّية في المياه المعالجة المخصّصة للري، النترات والفوسفات تحديدًا. وهذا أفضل من عدم اتخاذ الجهات التنظيمية لأي إجراء ومجرّد الانتظار على أمل تخصيص الميزانية الكافية للصرف الصحي المركزي لتطبيق تقنية المعالجة المرغوبة البعيدة عن متناولها يومًا ما، فيما يستمر التلوّث الناتج عن مياه الصرف الصحي غير المعالجة المتسرّبة من الحفر الامتصاصية في تهديد البيئة والموارد المائية. وعلى النقيض من ذلك، يوفّر نظام إعادة الاستخدام في الري عامل سلامة لموازنة الجودة المتدنية لمياه الصرف الصحي المعالجة، وهذه الحقيقة بحد ذاتها تمنح للمنظمين مرونةً أكبر لاعتماد مواصفة أكثر واقعية تمهّد الطريق لتقنيات معالجة أكثر فعالية من حيث التكلفة.

4.4 خيارات إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في سياق الصرف الصحي اللامركزي

من حيث المبدأ، يمكن استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في أي أنشطة إنمائية تتطلّب المياه ولأغراض غير محدودة. وتبقى جودة المياه هي العامل المحدّد الرئيسي لأي من هذه الاستخدامات، وهنا تبرز أهمية اختيار تقنية المعالجة المناسبة؛ حيث إنّ الرغبة في معالجة مياه الصرف الصحي للحصول على جودة عالية بما يؤدي إلى تفضيل تقنيات معالجة محددة، لا ينبغي لها أن تدفع الجهات التنظيمية إلى تجاهل الوضع الاجتماعي والاقتصادي في البلاد. ويجب أن تكون الجهات التنظيمية على درايةٍ بالتكاليف الرأسمالية والتشغيلية المترتبة على اختيار تقنية المعالجة لتلبية مواصفة جودة المياه المطلوبة. ناهيك عن كمية مياه الصرف الصحي التي يجب معالجتها لإعادة الاستخدام لتكون مجدية اقتصاديًا. بالنسبة إلى البلدان التي تعاني من ندرة المياه وتواجه ضغوطًا مالية مثل الأردن، من غير المستحسن اعتماد تقنيات متقدّمة لمعالجة مياه الصرف الصحي وفقًا لمواصفات عالية للغاية من أجل إعادة استخدامها لغير الاستخدامات الزراعية، ما لم تثبت الحاجة الماسة إلى ذلك. على سبيل المثال، قد يكون من غير المبرّر إنشاء أعمال تجارية جديدة تعتمد على المياه، مثل تنظيف الشوارع والاستزراع السمكي لمجرّد استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة عالية الجودة. أمّا إذا بلغ الأمن المائي مرحلةً خطيرةً جدًا تتطلّب معالجة مياه الصرف الصحي بهذه الجودة من أجل تغذية المياه الجوفية، فإنّ اعتماد التقنيات المتقدّمة الحديثة سيكون واقعيًا ومبررًا. وحتّى في هذه الحالة، قد تكون مياه الصرف الصحي المركزية هي الخيار الأنسب والأكثر جدوى للمعالجة بهذه الجودة العالية؛ وذلك ببساطة بسبب وفرتها من ناحية اقتصادية. في نهاية المطاف، يرجع مستوى المعالجة المستهدف لمعالجة مياه الصرف الصحي لخيار إعادة الاستخدام والأهم من ذلك الأولوية العاجلة لذلك الخيار من بين خيارات أخرى. وحتّى هذه اللحظة، يبدو أنّ الخيار العملي في سياق الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي للتكيّف مع التغيّر المناخي هو إعادة استخدام مياه الصرف الصحي لأغراض الري الزراعي، وذلك للأسباب التالية:

1. تكمن مزايا استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري مقارنةً بالخيارات الأخرى في كميتها والآثار الواسعة المحتملة لاستخدامها كتدبير للتكيّف مع التغيّر المناخي. سيتم تقديم المزيد من التفاصيل حول هذا الموضوع لاحقًا في هذه الورقة المفاهيمية.

2. يمكن تنفيذ مشاريع الري بسهولة نظرًا للتكلفة المعقولة وسهولة التشغيل، خصوصًا لأنّ إعادة استخدام المياه في سياق الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي يحتاج إلى مساحة صغيرة قابلة للري. وعلى النقيض من ذلك، فإنّ استحداث أعمال غير زراعية جديدة كليًا لإعادة الاستخدام قد يكون مكلفًا للغاية وقد ينطوي على تعقيدات تشغيلية كبيرة. علاوةً على ذلك، فإنّ قدرة الأعمال غير الزراعية على استهلاك المياه محدودة للغاية ومتقطّعة، بينما مياه الصرف الصحي المعالجة تتدفق بشكل مستمر وبالتالي يجب استخدامها يوميًا. فعلى سبيل المثال، لا يمكن إعادة استخدام مياه الصرف الصحي على أساسٍ يومي لأغراض أخرى غير زراعية، مثل تنظيف الشوارع أو إطفاء الحرائق.
3. بالنسبة إلى استخدامات الري، يوفر نظام إعادة استخدام مياه الصرف الصحي تكاملًا تآزريًا طبيعيًا مع محطة المعالجة للتخلّص الآمن من مياه الصرف الصحي في البيئة. على سبيل المثال لا الحصر، يتم امتصاص العناصر المُغذّية التي تحملها مياه الصرف الصحي المعالجة من قبل المحاصيل المروية والنباتات المجهرية والكائنات الحية الدقيقة التي تعيش في التربة. وبذلك، يُسهم نظام إعادة الاستخدام إلى حدٍ كبيرٍ في تقليل مخاطر النترات والفوسفور. وبدون جدال، إنّ القدرة الاستيعابية لنظام إعادة الاستخدام في الري أعلى بكثير من أي أنظمة إعادة استخدام أخرى غير زراعية.
4. على خلاف استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري، تكاد جميع الاستخدامات الأخرى غير الزراعية لمياه الصرف الصحي المعالجة أن تكون محظورة أو أنّه لا توجد مواصفات محدّدة لها. فعلى سبيل المثال، يُحظر إعادة استخدام مياه الصرف الصحي لتغذية المياه الجوفية عندما تكون مخصصةً للشرب. والمثير للدهشة أنّ الغالبية العظمى من السكان الذين من المفروض خدمتهم بنظام الصرف الصحي اللامركزي يتركزون في المناطق التي تقع فوق آبار المياه الجوفية المستخدمة للشرب. أمّا بالنسبة إلى إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في الاسترزاع السمكي، فلا توجد مواصفة وطنية أساسًا لهذا الخيار حتّى يتم تطبيقه.
5. تتطلّب إعادة استخدام مياه الصرف الصحي لأغراض الري مواصفات أقل صرامةً لجودة المياه، ممّا يؤثر بشكلٍ مباشرٍ على خفض تكلفة معالجة مياه الصرف الصحي. وبذلك تفتح المواصفات المرنة المجال لاعتماد تقنيات المعالجة القريبة من الطبيعة. وفي هذا الصدد، ستُسهِم أنظمة المعالجة اللاهوائية على وجه الخصوص أيضًا في تخفيف عبء معالجة الحمأة عن المشغّل.

5.4 التطبيقات المحتملة لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي في سياق الصرف الصحي اللامركزي

من الخطأ افتراض أنّ إعادة استخدام مياه الصرف الصحي يجب أن تؤدي دائمًا إلى أن تحل محل المياه العذبة، حيث إنّ إساءة فهم الغرض من إعادة استخدام مياه الصرف الصحي يؤدي أحيانًا إلى الخلط وعدم التمييز بين المفهومين، أي إعادة الاستخدام والإحلال؛ بمعنى أن يتم استخدام المفهومين كمترادفين وكأنّ إحلال مياه الصرف الصحي المعالجة محل المياه العذبة أمرٌ مفروغٌ منه بمجرّد استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة. من شأن هذا التفكير النمطي أن يصرف الانتباه عن الإمكانات الوظيفية لنظام إعادة الاستخدام في خدمة غايات متعدّدة بخلاف أن تحلّ مياه الصرف الصحي المعالجة محلّ المياه العذبة.

نظريًا، إنّ الهدف النهائي من إعادة استخدام مياه الصرف الصحي هو إحلالها محل المياه العذبة الثمينة ذات الجودة العالية حفاظًا على المياه العذبة للأغراض التي تتطلّب مياه عالية الجودة. ولكن عمليًا، فإنّ توافر مياه الصرف الصحي المعالجة لا يعني دائمًا أن تحل محل المياه العذبة. يكفي أن نتذكر هنا أنّ إعادة استخدام مياه الصرف الصحي للري المباشر في المناطق المحيطة بمحطات معالجة مياه الصرف الصحي المركزية كانت نتيجةً لتوافر مياه الصرف الصحي المعالجة، لكنّ المياه العذبة لم تكُن تُستخدَم للري في تلك المناطق قبل ذلك.

وفي جميع الأحوال، تظل إعادة استخدام مياه الصرف الصحي ضرورة ملحة لتحقيق التخلّص الآمن من مياه الصرف الصحي المعالجة في البيئة. ولذلك ينبغي النظر أولًا في إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في السياق الأردني بصفتها إجراءً لا بديل عنه يعمل بالتكامل مع نظام معالجة مياه الصرف الصحي لحماية البيئة. وفي خضم الصراع الشاق لتنمية الموارد المائية، يجدر بصناع القرار التركيز على توسيع نطاق إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في سياق النُهُج اللامركزية بهدف حماية البيئة والموارد المائية الثمينة من التلوّث الناجم عن الإدارة غير السليمة لمياه الصرف الصحي، وبالتالي الحد من تراجع جودة المياه في الموارد المائية المتوفرة. وفي ظل الظروف والسياقات المكانية المختلفة لمشاريع الصرف الصحي اللامركزية، عادةً ما تكون عوامل النجاح والتحديات التي تواجه إعادة استخدام مياه الصرف الصحي متباينةً للغاية. ولهذا السبب يبدو أنّه من المستحيل تحديد تطبيق معيّن لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي بحيث يكون قابلًا للتطبيق دائمًا ومناسبًا لجميع الظروف، لكن ثمة أربعة سيناريوهات عامة لتطبيقات إعادة الاستخدام والتي تختلف في تعقيدها وفعالية استجابتها للتكيّف مع التغيّر المناخي.

1.5.4 تبديد/هدر مياه الصرف الصحي من الحفر الامتصاصية في المناطق غير المخدومة بالصرف الصحي

تتم إدارة مياه الصرف الصحي المنزلي بواسطة الحفر الامتصاصية في معظم القرى الأردنية التي لا تزال غير مخدومة بشبكة الصرف الصحي، علمًا أنّ إنشاء الحفر الامتصاصية يتم بطريقة تسمح باستمرار تسرّب مياه الصرف المركزة إلى التربة المحيطة. وتشكّل مياه الصرف الصحي المتسربة خطرًا مستمرًا على الموارد المائية والصحة العامة. وفي ظل القيود المالية، لا يمكن تغطية كافة المناطق السكنية بخدمات الصرف الصحي بشكلٍ كامل خلال فترة زمنية قصيرة أو حتّى في مرحلة واحدة. وفي الوقت الذي تتم فيه إقامة شبكات الصرف الصحي في بعض القرى، فيوجد هناك حاجةٌ ملحةٌ لاتخاذ إجراءات مباشرة للحدّ من مخاطر التلوّث الناتجة عن الحفر الامتصاصية في القرى التي من غير المرجح خدمتها بشبكات الصرف الصحي عمّا قريب. ورغم أنّ الحفرة الامتصاصية هي الخيار المنطقي بتكلفة معقولة نسبيًا لإدارة مياه الصرف الصحي في الموقع، فيجب أن نطرح سؤالًا مهمًا ألا وهو: كيف يمكن تقليل مخاطر الحفر الامتصاصية قدر الإمكان؟ إلى جانب تطبيق مواصفات معيّنة على إنشاء الحفر الامتصاصية، فإنّ إعادة استخدام مياه الصرف الصحي بأبسط أشكالها ستشكّل حلًا مؤقتًا بالتأكيد حتّى تغطية المنطقة بشبكة الصرف الصحي. وفي هذه الحالة، يوصى بإعادة استخدام مياه الصرف الصحي في الموقع للتخلّص من مياه الصرف الصحي المتسرّبة من الحفر الامتصاصية، ويمكن القيام بذلك بسهولة عن طريق زراعة شجرة واحدة أو بضع أشجار بالقرب من الحفر الامتصاصية المبنية، على أن تكون الأشجار سريعة النمو ودائمة الخضرة وتستهلك كميات كبيرة من المياه. ومن أنسب الأشجار لهذا الغرض شجرة الأوكالبتوس (قلم الطوز)؛ حيث تستطيع شجرة الأوكالبتوس الواحدة، بعد أن تنضج ويبلغ قطر ظلتها 9 أمتار، أن تستهلك حوالي 90 لترًا يوميًا خلال الأشهر الأشد برودة، أي كانون الأول والثاني، و ٤٥٠ لترًا يوميًا خلال الأشهر الأشد حرارة، أي حزيران وتموز.

2.5.4 أنشطة التحريج

يبدو أنّ استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة للتحريج هو أحد أكثر تطبيقات إعادة الاستخدام استدامةً لأسباب عديدة:

i. المساحة الحرجية في الأردن ليست محدودة للغاية فحسب، بل هي في تقلّص مستمر مع مرور الوقت. هذه الحقيقة توضح أهمية التنمية الحرجية في الأردن. علاوةً على ذلك، سيحظى هذا التطبيق بالدعم السياسي باعتباره أولويةً قصوى في خطط وزارة الزراعة.
ii. من المفترض تنفيذ خطط التحريج على الأراضي المملوكة للدولة. وعندما تتوفر الأراضي المملوكة للدولة المناسبة، يوفر ذلك جزءًا من الميزانية المالية التي سيتم إنفاقها على شراء الأراضي المملوكة ملكيةً خاصةً. ويمكن تخصيص هذه الوفورات لإعادة تأهيل الأراضي المملوكة للدولة الحالية للتحريج قبل مباشرة خطة إعادة الاستخدام. في المقام الأول، يبدو أنّ استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في التحريج هو التطبيق الأكثر استدامة.
iii. يمكن تنفيذ خطط التحريج في الأراضي المحيطة بمحطات معالجة مياه الصرف الصحي أو حتّى على ضفاف الأودية المستخدمة لتصريف المياه المعالجة.
iv. يبدو أنّ المخاوف الشعبية من المخاطر المرتبطة بإعادة الاستخدام تمثّل مشكلةً للحكومة، وبالتالي فإنّ إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في ري الأشجار الحرجية، بموافقة شعبية، ستكون التطبيق الأكثر أمانًا، علمًا أنّ إجماع كافة الأطراف على هذا الخيار أمرٌ مضمون.

3.5.4 زراعة المحاصيل المدرّة للدخل

في ضوء الكميات القليلة نسبيًا من مياه الصرف الصحي المعالجة الناتجة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية، وصعوبة إيجاد أراضٍ مناسبة للزراعة، يجب اعتماد ثلاثة معايير رئيسية لاختيار المحاصيل المناسبة لتوليد الدخل:

i. من الناحية القانونية، يجب أن يكون المحصول من المحاصيل التي يُسمح بريّها بمياه الصرف الصحي المعالجة بجودةٍ معيّنة وفقًا للمواصفات التنظيمية.
ii. من الناحية الفنية، يجب أن تتميّز المحاصيل ببعض الخصائص التي تجعلها قادرةً على امتصاص أكبر قدرٍ ممكنٍ من مياه الصرف الصحي المعالجة الناتجة؛ أي أن تكون سريعة النمو، وعالية الإنتاج، مع قدرة كبير على امتصاص العناصر المُغذّية، وأن تُظهر استقرارًا نسبيًا في استهلاك المياه خلال مراحل النمو المختلفة على مدار العام، أي المحاصيل التي تتميّز بأقل التباينات في قِيَم المعامل المحصولي خلال مراحل النمو المختلفة، علمًا أنّ المحاصيل التي تتميّز بهذه الخصائص هي المحاصيل المعمّرة دائمة الخضرة.
iii. من الناحية الاقتصادية، يجب أن تتمتّع المحاصيل المختارة بربحية عالية لجذب المزارعين إلى الاستثمار في هذا النوع من مشاريع الري.

تكاد تتوافر هذه الشروط جميعًا في البرسيم وأشجار الزيتون التي تُزرع عادةً في الأردن، إلّا أنّ متطلّبات الري العالية للبرسيم تجعله خيارًا أفضل من الزيتون. وحقيقة أنّ أشجار الزيتون الناضجة هي أشجار بعلية تجعل منها خيارًا جيدًا كمحصولٍ ثانوي في سيناريو إعادة الاستخدام. وتُصنّف المواصفة الأردنية 2006/JS893 البرسيم تحت الفئة (ج)، وهي الفئة الأكثر مرونة من حيث محتوى النترات، لكنّ المشكلة أنّ البرسيم يستطيع إنتاج احتياجه من النيتروجين بشكلٍ طبيعي عن طريق عملية تثبيت النيتروجين، ممّا قد يحدّ من امتصاص البرسيم للنترات وبالتالي يزيد من تراكم النترات في التربة. وفي مثل هذه الظروف حيث يرشُح الماء بسبب إضافة كمية إضافية من الماء تزيد عن احتياج المحصول بهدف إدارة ملوحة التربة، من الممكن نظريًا أن تتسرّب النترات تدريجيًا إلى أعماق التربة بحيث تهدّد المياه الجوفية على المدى البعيد. ونظرًا لذلك، يتمثّل الحل في الزراعة البينية حيث تتم زراعة البرسيم وأشجار الزيتون معًا لتعظيم نسبة امتصاص النترات من قبل أشجار الزيتون.

ويجب ألّا يغيب عن الأذهان أنّه ينبغي تخصيص المساحة القصوى لزراعة البرسيم في موقع إعادة الاستخدام بناءً على ذروة الطلب على مياه الري خلال شهريْ حزيران وتموز، والتدفق اليومي لمياه الصرف الصحي المعالجة. وسيكون الفائض المائي أقل ما يُمكن عند ري البرسيم، لكنّ ذلك لا يعني عدم الحاجة إلى زراعة محاصيل إضافية أخرى لتبديده. سيتم تناول هذا الموضوع لاحقًا بمزيدٍ من التفصيل في القسم المعني بإدارة الفائض المائي.

4.5.4 استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة بدلًا من المياه العذبة في الري

من خلال التقييم السريع للأنشطة الزراعية في جميع المناطق والقرى السكنية تقريبًا التي من المتوقع خدمتها بنظام الصرف الصحي اللامركزي، يمكن استنتاج النتائج الأولية التالية:

- المحاصيل السائدة المزروعة في هذه القرى هي بشكل رئيسي أشجار الزيتون وبدرجة أقل أشجار الفاكهة ذات النواة، وعادةً ما تكون كلّها بعلية. لقد تشكّل نمط المحاصيل هذا نتيجة التضاريس الجبلية للقرى والأمطار الغزيرة نسبيًا.
- ينحصر استخدام المياه العذبة في الري – إن وجد – في بعض القرى في نطاقٍ ضيقٍ للغاية عند توافر بعض الينابيع وقدرة المزارعين على الوصول إلى هذه المياه المتدفقة في الطبيعة، والتي تُستخدم لري بعض أنواع الخضار أو بعض أشجار الفاكهة في قطع أراضٍ صغيرة موزّعة على ضفاف الأودية.
- تستخدم بعض الأسر المحظوظة مياه الصنبور لري حدائقها الصغيرة من حينٍ لآخر، لكنّ هذا ليس حال الجميع؛ فمياه البلدية في بعض القرى بالكاد تكفي للأنشطة الروتينية اليومية داخل المنزل.
- فيما عدا بعض الينابيع، فإن المياه الجوفية لا تستخدم للري في هذه القرى، حيث تقع مشاريع الري باستخدام المياه الجوفية في مناطق بعيدة عن التجمعات السكنية.

بناءً على النتائج المذكورة أعلاه، فمن الواضح أنّه يستحيل إحلال مياه الصرف الصحي المعالجة محل المياه العذبة في سياق الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي. ومع ذلك، يمكن من حيث المبدأ استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة بدلًا من المياه العذبة في ظروفٍ معيّنة.

ويوضح الجدول (11) السيناريوهات الأربعة المقترحة لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي وآثارها المتوقعة على أساس الغرض المتصوّر لكل منها، وهي مرتبةٌ تصاعديًا من (أ) إلى (د)، حسب حجم التأثير المتوقع لكلٍ منها. ورغم التباين الكبير بين تأثير هذه السيناريوهات، فإنّها جميعًا تخدم الهدف ذاته وهو التخلّص الآمن من مياه الصرف الصحي، بما يمنح الأردن الحد الأدنى من المساهمة في إعادة استخدام مياه الصرف الصحي لغرض التكيّف مع التغيّر المناخي. ويعتمد حجم التأثير على سيناريو تطبيق إعادة الاستخدام، ومن الواضح أنّ حجم التأثير يتناسب طرديًا مع مدى تعقيد نظام إعادة الاستخدام. وبالطبع، فإنّ قابلية تطبيق أيٍ من هذه السيناريوهات على أرض الواقع لا تخضع لتفضيلات المخططين أو صناع القرار لتطبيقٍ معين. لهذا السبب، عندما يكون أحد السيناريوهات الطموحة لإعادة الاستخدام غير قابل للتطبيق في بيئة مكانية معيّنة، فلا ينبغي حينها استبعاد أي سيناريوهات أخرى من الخطة حتّى إذا كان تأثيره الأقل حجمًا بين جميع السيناريوهات. وهذا ينطبق على سبيل المثال على التبديد الفوري لمياه الصرف الصحي غير المعالجة المتسرّبة من الحفر الامتصاصية بواسطة الأشجار دائمة الخضرة. ومع مرور الوقت، سيظلّ الباب مفتوحًا أمام إمكانية الاستبدال بسيناريو آخر أكثر طموحًا من خطة إعادة الاستخدام الحالية عندما يتغيّر السياق المحلي بحيث يسمح بذلك. في البداية، فإنّ أي سيناريو لإعادة الاستخدام من شأنه أن يساهم في التكيّف مع التغيّر المناخي، وبالتالي لا ينبغي الاستهانة بأي سيناريو أو استبعاده؛ لا سيّما أنّ توسيع نظام الصرف الصحي اللامركزي لا يمكن أن يحدث خلال فترة زمنية قصيرة، بل ينبغي تنفيذه تدريجيًا على مراحل متعدّدة تمتدّ لفترة زمنية طويلة.

في الختام، تشترك تطبيقات إعادة الاستخدام المذكورة أعلاه في الوظيفة الأساسية التي تكمن في حماية البيئة والموارد المائية وتحسين الظروف الصحية. وبالرغم من بعض المكاسب الإضافية التي يمكن تحقيقها من خلال التطبيقات الأكثر تعقيدًا، فلا ينبغي تجاهل أيٍ من هذه التطبيقات؛ حيث أنّ كل سياق مكاني له ظروفه الفريدة التي تُحدّد التطبيق الأمثل لإعادة الاستخدام. وينبغي فورًا تطبيق السيناريو (أ) على وجه الخصوص لإبطاء التلوّث – على الأقل – كتدبير مؤقت بالتزامن مع التوسّع التدريجي لنظام الصرف الصحي اللامركزي، الأمر الذي يمنح وزارة المياه والري مهلةً ضروريةً حتّى وصول خدمة الصرف الصحي إلى المنطقة المستهدفة.

الجدول (11) سيناريوهات تطبيقات إعادة الاستخدام في الري ومساهمتها في التكيّف مع التغيّر المناخي والتخفيف من آثاره

سيناريوهات إعادة استخدام	الغرض من سيناريوهات الري	التأثير المتوقع من حيث المساهمة في التكيّف مع التغيّر المناخي والتخفيف من آثاره
(أ)	تبديد/هدر مياه الصرف الصحي غير المعالجة المتسرّبة من الحفر الامتصاصية في المنطقة غير المخدومة بشبكة الصرف الصحي	• الحد من التلوّث البيئي • تحسين الظروف الصحية • دعم حماية الموارد المائية من التلوّث • خفض تكلفة نضح الحفر الامتصاصية
(ب)	أنشطة التحريج	• تعزيز تأثير السيناريو (أ) • زيادة المساحات الخضراء/ الحفاظ على التنوّع الحيوي النباتي والحيواني • المساهمة في منع تآكل التربة
(ج)	زراعة المحاصيل المدرّة للدخل	• تعزيز تأثير السيناريوهيْن (أ) و (ب) • توليد الدخل لكسب الرزق • زيادة صافي الربح عن طريق تقليل الأسمدة • تعزيز الأمن الغذائي
(د)	إحلال مياه الصرف الصحي المعالجة محل المياه العذبة في الري (جزئيًا على الأقل)	• تعزيز تأثير السيناريوهات (أ) و (ب) و (ج) • استدامة الزراعة في المنطقة المستهدفة • توفير المياه العذبة للاستخدامات الأخرى • تعزيز التكيّف مع ندرة المياه

5. إدارة الفائض المائي

من البديهي أن يعتمد الطلب على مياه الري بصورة رئيسية على العامليْن المتغيّريْن التاليَيْن:

i. التبخّر الزراعي (النتح) المرجعي والذي يختلف مكانيًا وزمنيًا على مدار العام.
ii. المعامل المحصولي (Kc) والذي تختلف قيمته من محصولٍ إلى آخر وحتّى خلال مراحل النمو المختلفة للمحصول نفسه.

تبلغ الاحتياجات المائية للمحصول ذروتها في شهريْ حزيران وتموز بينما تنخفض لأدنى حد في شهريْ كانون الأول والثاني. وبشكل عام، تتراوح قِيَم التبخّر الزراعي (النتح) المرجعي في السياق الأردني من حوالي 2 مم/يوميًا في الأشهر الأشد برودة إلى حوالي 7 مم/يوميًا في أشهر الصيف. ولهذا السبب تُظهر متطلّبات الري لأي محصولٍ تغيّرًا ملحوظًا بمرور الوقت على مدار العام. وبما أنّ مياه الصرف الصحي المعالجة تُنتَج بشكل مستمر في تدفق يومي ثابت غالبًا على مدار العام، بينما يتم حساب الطلب على الري بناءً على متطلّبات الذروة، فمن المتوقع وجود فائض مائي زائد عن متطلبات الري خلال الأشهر التي تقل فيها متطلّبات الري مقارنةً بأشهر الذروة.

وبما أنّ التبخّر الزراعي (النتح) المرجعي غير قابل للتغيير، يمكن إدارة الفائض المائي عن طريق الخيارات التالية:

1. تصريف الفائض المائي إلى الأودية.
1. استخدام هيكل تخزيني قادر على تخزين الفائض المائي خلال أشهر الطلب المنخفض على الري من أجل توفير مياه الري ليتم استخدامها في أشهر الذروة.
1. استخدام الفائض المائي في الري التكميلي لمجموعة أخرى من المحاصيل، غير تلك المحاصيل الرئيسية المروية بنظام إعادة الاستخدام.

1.5 تصريف الفائض المائي إلى الأودية

بصورة عامة، إنّ تصريف الفائض المائي إلى نظام تصريف طبيعي مثل الأودية هو الخيار الأسهل والأكثر جدوى في إدارة مياه الصرف الصحي المعالجة أو الفائض. وفيما يخصّ الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي على وجه الخصوص، لا بدّ من توافر الأودية الطبيعية لنقل الفائض المائي، وبالتالي ينبغي أن يكون هذا معيارًا رئيسيًا في تحديد الأولوية للمجتمعات التي سيتم خدمتها بشبكات الصرف الصحي اللامركزي قبل غيرها.

وتترتب على إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في الري استخدام مزدوجٌ وإجباريٌ لمياه الصرف الصحي المعالجة، يتألف من الاستخدام في الري والتصريف إلى الوادي كليْهما في الوقت ذاته. وبناءً على ذلك، يُفترض أن تكون جودة مياه الصرف الصحي المعالجة الناتجة من محطة المعالجة مطابقةً للمواصفة الأكثر صرامةً بين مواصفتيْ كلا الاستخداميْن. وفي الممارسة العملية، وفقًا للمواصفة الأردنية 2006/JS893، تكون عادةً مواصفة تصريف مياه الصرف الصحي المعالجة إلى الأودية هي المواصفة الأكثر صرامة. وبالتالي، تكون هي الأساس المستخدم في تصميم محطة المعالجة وفي تقييم أداء محطة المعالجة. ولكن عندما لا تكون جودة الفائض المائي مطابقةً لمواصفة تصريف المياه المعالجة إلى الأودية لكنّها مطابقة لمواصفة الاستخدام في الري، فما يزال بالإمكان الحفاظ على الامتثال للمواصفة. وفي هذه الحالة، يمكن زراعة ضفاف الوادي بأشجار حرجية قوية دائمة الخضرة تتمتّع بالقدرة على التكيّف مع الجفاف ولديها أيضًا قدرة عالية على استهلاك المياه، وتُعدّ شجرة الأوكالبتوس (قلم الطوز) من أفضل الأمثلة التي تتمتّع بكلتا الخاصتيْن.

2.5 تخزين الفائض المائي

في بعض الأماكن، حينما يكون تخزين الفائض المائي ممكنًا، فمن الممكن استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة بكفاءةٍ أكبر دون هدر أي جزءٍ منها. هذا الخيار يعطي المشغّل مرونةً أكبر لجدولة إمدادات مياه الري على مدار العام حسب متطلّبات الري المتغيرة. وبذلك يمكن استخدام كامل مياه الصرف الصحي المعالجة الناتجة، ويمكن تحديد المساحة القصوى القابلة للري على أساس الميزانية المائية السنوية بدلًا من التدفق اليومي لمياه الصرف الصحي. وعلى الرغم من مزايا تخزين الفائض المائي، ينبغي أن تكون الجهات التنظيمية والتشغيلية على درايةٍ بالعواقب البيئية لهذا الخيار، وعلى رأسها الروائح الكريهة التي سوف تنشأ بسبب ركود المياه المخزّنة وما يترتب على ذلك من انتشار البعوض، فضلًا عن صعوبة إيجاد الأرض المناسبة لبناء موقع التخزين والتكلفة العالية المطلوبة لذلك.

5.3 استخدام الفائض المائي في الري التكميلي لمحاصيل إضافية أخرى

يبدو أنّ استخدام الفائض المائي في ري مساحات إضافية أخرى مزروعة بالمحاصيل البعلية هو الخيار السليم لإدارة الفائض المائي. و ينبغي تحديد المساحة الإجمالية التي يمكن زراعتها بالمحصول الرئيسي – كالبرسيم مثلًا – في نظام إعادة الاستخدام بناءً على ذروة الطلب على الري خلال شهريْ حزيران وتموز. ومن المتوقع أن يبدأ الفائض المائي اليومي بالتوافر بعد انتهاء أشهر الذروة وأن يستمرّ حتّى تأتي أشهر الذروة مرة أخرى، في حين ينخفض الطلب على مياه الري إلى أدنى مستوياته في شهريْ كانون الأول والثاني. وباستثناء أشهر الذروة، يمكن إدارة الفائض المائي الناتج طوال الوقت في الأشهر المتبقية من خلال استخدامه في الري التكميلي لبعض المحاصيل البعلية. فعلى سبيل المثال، يمكن أن يكون الجمع السليم بين السيناريوهات الزراعية التالية الخيار الأمثل للري التكميلي، شريطة توافر

الأراضي المناسبة لممارسة إعادة الاستخدام في الموقع أو بالقرب من نقطة إنتاج مياه الصرف الصحي المعالجة.

1.3.5 بساتين الزيتون البعلية

نظرًا لانتشار أشجار الزيتون البعلية في معظم المناطق المستهدفة، يمكن استخدام الفائض المائي في الري التكميلي لهذه البساتين، فأشجار الزيتون البعلية تمتاز بقوة جذورها التي تضرب في أعماق التربة، علمًا أنّ الطبقات السفلى من التربة تستطيع تخزين كميات كبيرة من المياه والتي يمكن استخدامها لاحقًا خلال الأشهر غير المطرية. محاسن هذا الخيار هي كالآتي:

- زوّد الري التكميلي أشجار الزيتون بالماء الإضافي اللازم لزيادة إنتاجيتها.
- يُستخدم الري التكميلي فقط عند توافر الفائض المائي، ولا يكون على حساب المحاصيل الرئيسية خلال أشهر ذروة الطلب على الري.
- التوقف عن استخدام الفائض المائي خلال موسم قطف الزيتون الذي يكون عادةً خلال شهريْ تشرين الثاني وكانون الأول. وهذا من شأنه أن يحرّر الفائض المائي – خلال هذه الفترة على الأقل – لري المحاصيل الحقلية الشتوية الأخرى التي تتزامن زراعتها مع موسم قطف الزيتون حينما يكون الفائض المائي في ذروته.

2.3.5 زراعة المحاصيل الحقلية الشتوية

إنّ المحاصيل الشتوية – مثل القمح والشعير – هي محاصيل بعلية، وبالتالي فهي تزدهر في المناطق حيث تزيد كميات هطول الأمطار عن 250 مل. ويمكن استخدام بقية الفائض المائي الزائد عن الري التكميلي لبساتين الزيتون، في الري التكميلي لهذه المحاصيل الحقلية. وتكمن ميزة هذا الخيار في أنّ هذه المحاصيل تُزرع في تشرين الثاني وبداية كانون الأول بينما تُحصد في أيار. ويمكن أيضًا زراعة بذور القمح والشعير في تشرين الأول على أن يتم ريّها. علاوةً على ذلك، تتميّز هذه المحاصيل بقدرتها العالية على تحمّل الملوحة وعلى امتصاص العناصر المُغذّية، ولهذا السبب تُستخدم في استصلاح التربة من خلال تخليصها من الأملاح الزائدة.

وعندما تتوفر أرض سهلية تتمتّع تربتها بقدرةٍ كافيةٍ على الاحتفاظ بالماء، تكون زراعة هذه المحاصيل الحقلية الشتوية خيارًا مثاليًا لممارسة إعادة الاستخدام في سياق إدارة الفائض المائي. كما تتميّز هذه المحاصيل بأنّ توقيت زراعتها يتزامن مع ذروة الفائض المائي. جميع الأسباب المذكورة أعلاه تجعل هذه المحاصيل مناسبةً لإدارة كميات الفائض المائي.

3.3.5 زراعة الأشجار الحرجية

كما يمكن تبديد الفائض المائي من خلال استخدامه في ري الأشجار الحرجية إمّا في المنطقة المجاورة لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي أو في المناطق القريبة منها. ولتحقيق الفائدة القصوى من إعادة استخدام المياه، يُفضّل اختيار المواقع المعرّضة لتآكل التربة. ويجب أن تتمتّع أنواع الأشجار بخصائص معيّنة: دائمة الخضرة وسريعة النمو وقوية الجذور وتستهلك كميات كبيرة من المياه عند توافرها، بالإضافة إلى امتلاكها القدرة الكبيرة على التكيّف مع الجفاف.

بالإضافة إلى المواقع المحتملة المذكورة أعلاه، وكما ذُكِر آنفًا، فإنّ ضفاف الوادي المستخدَم لتصريف المياه يمكن أن تشكّل خيارًا جيدًا لزراعة الأشجار الحرجية، حيث يحقق هذا السيناريو الفوائد التالية:

- استغلال الفائض المائي في خلق مساحات خضراء إضافية.
- يمثّل تبديد الفائض المائي على بُعد مسافةٍ معيّنة على طول الوادي تدبيرًا جيدًا لرفع جودة مياه الصرف الصحي المعالجة عندما لا ترقى جودتها إلى المواصفة المطلوبة لطرحها في الأودية.
- تُسهم إحاطة محطات المعالجة بالمساحات الخضراء في تحسين صورتها لدى المجتمعات المحلية، وبالتالي في زيادة القبول الاجتماعي لنهج الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي.
- يُسهم الغطاء النباتي بشكلٍ كبيرٍ في الحدّ من تآكل التربة، لا سيّما في الأردن الذي يعاني من تآكل التربة بسبب التضاريس الجبلية.

6. إعادة استخدام مياه الصرف الصحي والتغيّر المناخي

سوف يكون الأردن وغيره من دول المنطقة تحت وطأة الأعباء التي يفرضها التغيّر المناخي. فقد تراجع هطول الأمطار بمعدل 20% على مدى العقود الثمانية الأخيرة وفقًا لسجلات وزارة المياه والري. ويتجلّى التغيّر المناخي في الآثار السلبية التي لا تُعدّ ولا تُحصى على البيئة والموارد المائية والمستوى المعيشي وحتّى الظروف الصحية للسكان. إنّ مواجهة نقص المياه حفاظًا على التنمية المستدامة تقتضي اعتماد مجموعة من التدابير التكيّفية وتطبيقها معًا بصورة متزامنة لتحقيق التغيير المنشود في مواجهة التغيّر المناخي.

ويشكل التغيّر المناخي تحديًا عالميًا يجب مجابهته بمشاركة كافة الدول الموقعة على اتفاقية باريس للمناخ. وعليه، ينبغي على الأردن، كغيره من البلدان، أن يساهم بنصيبه من الالتزام العالمي تجاه تخفيض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، وهذا يستلزم اتخاذ تدابير تخفيفية. وفقًا لتقرير البلاغات الوطنية الثالث لتغير المناخ المقدّم بموجب اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغيّر المناخ، فإنّ انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في الأردن في عام 2030 ستبلغ حوالي 51.028 مليون طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون، وبالتالي ستتضمّن مستهدفات المساهمات الوطنية المحددة تخفيضات غير مشروطة بنسبة 1.5% وتخفيضات مشروطة بنسبة 12.5% لمكافئ ثاني أكسيد الكربون، بما يعادل 0.77 مليون طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون و 6.38 مليون طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون على التوالي. وسيكون المستهدف الإجمالي للمساهمات الوطنية المحددة للحد من انبعاثات مكافئ ثاني أكسيد الكربون حوالي 7.1 مليون طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون. ومن جهة أخرى، لا مناصّ للأردن سوى التكيّف الجيّد مع الآثار السلبية الناجمة عن التغيّر المناخي من خلال تطبيق التدابير التكيّفية، حيث إنّ الالتزام بتنفيذ مشاريع التكيّف يسمح للأردن بالاستفادة من تمويل الصناديق الاستئمانية العالمية المختلفة، مثل صندوق البيئة العالمي، والصندوق الخاص لتغير المناخ، والصندوق الاستئماني لأقل البلدان نموًا، وصندوق التكيّف.

وفي هذا القسم تركّز هذه الورقة المفاهيمية وتسلط الضوء على بعض الآثار الإيجابية لإعادة الاستخدام من أجل التكيّف مع التغيّر المناخي، والتي من الواضح أنّه يمكن تتبّعها وتحقيقها.

1.6 إعادة استخدام المياه كتدبير تكيّفي

في ضوء الزيادة المطردة في الطلب على المياه، أصبح من الواضح أكثر من أي وقت مضى أنّ توسيع نطاق إعادة استخدام مياه الصرف الصحي خيارٌ لا مفرّ منه بالنسبة إلى البلدان التي تعاني من ندرة المياه، مثل الأردن؛ وذلك أولًا للتأقلم مع ندرة المياه وثانيًا للتكيّف مع التغيّر المناخي. وبالنظر إلى الطابع الشامل لتأثيرها، فإنّ مساهمة إعادة الاستخدام في التكيّف مع التغيّر المناخي لن يقتصر على التأقلم مع ندرة المياه، ومن الواضح أنّ تأثيراتها متعدّدة الأبعاد وآثارها الإيجابية تمتدّ لتشمل شتّى جوانب الحياة وكافة قطاعات التنمية. ويُشار إلى أنّ مساهمة إعادة الاستخدام في الاستجابة للتغيّر المناخي ثنائية الأبعاد، وهذان البعدان هما: التكيّف والتخفيف.

1.1.6 تحقيق الكفاءة التآزرية في إدارة مياه الصرف الصحي من أجل تحسين البيئة الصحية

من خلال تكميل دور معالجة مياه الصرف الصحي في التخلّص الآمن منها، تُسهِم إعادة الاستخدام في تكامل الظروف الصحية المجتمعية وبالتالي تحسين البيئة الصحية، وهو هدف لا يتحقق بمجرّد جمع مياه الصرف الصحي ومعالجتها؛ بمعنى أنّ مياه الصرف الصحي المعالجة منخفضة الجودة تُشكّل خطرًا على البشر، وخصوصًا على الأطفال، الذين يقطنون المناطق القريبة من المياه المعالجة. ولذلك، ينبغي إعادة استخدام هذه المياه المعالجة، بغض النظر عن جودتها، لتقليل احتمالية تعرّضهم لهذه المياه غير الآمنة. وحينما تكون جودة المياه المعالجة منخفضة، كما هو الحال في بعض محطات المعالجة في الأردن، تزداد أهمية الاعتماد على إعادة الاستخدام في تقليل المخاطر. وينبغي أن يختلف تقييم مساهمة إعادة الاستخدام بهذا الشكل حسب الظروف المحلية؛ أي بناءً على توافر المياه للاستخدامات السكنية. وبالنسبة إلى بلدٍ يعاني من ندرة المياه مثل الأردن، حيث يقلّ نصيب الفرد اليومي من المياه النظيفة عن 80 لترًا ومن المرجح أن ينخفض أكثر، فإنّ تحسين خدمات الصرف الصحي سيعوّض النقص الشديد في المياه - لا سيّما أنّ سوء النظافة الصحية والصرف الصحي يُسهِم في انتشار الأمراض المعوية.

2.1.6 حماية الموارد المائية المتوفرة

إنّ الحفاظ على سلامة الموارد المائية الموجودة وحمايتها من التلوّث لا يقلّ أهميةً عن الجهود الدؤوبة لتنمية الموارد المائية. وبما أنّ مياه الصرف الصحي المنزلي تُدار عادةً بواسطة الحفر الامتصاصية في المناطق غير المخدومة بشبكة الصرف الصحي العامة، سوف تستمرّ مياه الصرف الصحي غير المعالجة في التسرّب إلى المياه الجوفية، عدا عن كونها تشكّل خطرًا كبيرًا على المياه السطحية. ولذلك ينبغي لحماية الموارد المائية أن تحتلّ الأولوية القصوى في أي تدخلٍ لأسبابٍ عديدة. فمن ناحية، إذا تلوّثت الموارد المائية ستكون تكلفة

الإجراءات العلاجية أعلى دون أن تكون نتائجها مضمونة، ناهيك عن أنّ أي تلوّث خطير من شأنه أن يربك المشغّل ويسبّب انقطاعًا مؤقتًا في إمدادات المياه. ومن ناحية أخرى، يجب جمع ومعالجة مياه الصرف الصحي المنزلي – وهي المصدر الرئيسي للتلوّث – من أجل استخدامها في تخفيف الضغط عن الموارد المائية من خلال إعادة الاستخدام في نهاية المطاف. وفي هذا الصدد، فإنّ جمع ومعالجة مياه الصرف الصحي بحدّ ذاته لا يُغني أبدًا عن ضرورة التبديد الكامل لمياه الصرف الصحي المعالجة في البيئة. وإنّ الدور التكميلي لإعادة الاستخدام في إدارة مياه الصرف الصحي يعزّز حماية الموارد المائية من الملوثات التي تحتويها مياه الصرف الصحي المعالجة، والتي تظلّ خطرةً مهما انخفاض تركيزها.

3.1.6 التعامل مع احتياجات المياه المتزايدة

في ضوء ندرة المياه الشديدة في الأردن والتي تزداد بفعل التغيّر المناخي، هناك حاجة ماسة لتنمية الموارد المائية حفاظًا على عجلة التنمية المستدامة، وجمع مياه الصرف الصحي يساعد الحكومة الأردنية في سعيها للنجاح في تنفيذ هذه المهمة الطموحة. وليس من المفاجئ أن تعتبر الاستراتيجية الوطنية للمياه أنّ مياه الصرف الصحي تشكّل موردًا مائيًا متجددًا ومتزايدًا يمكن جمعه ومعالجته وإعادة استخدامه، حيث إنّ مياه الصرف الصحي المعالجة تتمتّع بمزايا عديدة تجعلها موردًا مائيًا موثوقًا للتكيّف مع الطلب المطرد من قبل جميع القطاعات، ولا سيّما قطاع الري – القطاع الأكثر استهلاكا للمياه؛ فهي توفّر موردًا مائيًا متجددًا ومتزايدًا. وتمنح إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة الأردن قدرةً كبيرةً على التأقلم مع ندرة المياه والتكيّف مع التغيّر المناخي بطريقتيْن. فمن ناحية، تعتبر إعادة الاستخدام وسيلةً مساندةً لرأب الفجوة بين العرض والطلب على المياه. ومن ناحية أخرى، تدعم إعادة توزيع الموارد المائية على كافة القطاعات حسب أولويتها. وعلى خلاف القطاعات الأخرى، فإنّ استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة للري يعزّز استدامة الزراعة بشكلٍ كبيرٍ لأنّ الري لا يحتاج إلى مياهٍ عالية الجودة. ولهذا السبب فإنّ استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة يجعل من وادي الأردن المنطقة الزراعية الأكثر استدامةً والأقل تأثرًا بنقص المياه المتزايد، في حين أنّ بالإمكان جمع ما لا يقل عن 90 مليون متر مكعب من مياه الصرف الصحي التي ما تزال غير مستغلة حتّى الآن من خلال الصرف الصحي اللامركزي.

4.1.6 تعزيز الأمن الغذائي

تُعدّ الزراعة الشريان الحيوي للاقتصاد في البلدان النامية ذات الدخل المنخفض تحديدًا، حيث إنّ الأمن الغذائي في هذه البلدان يعتمد إلى حدٍ كبيرٍ على استدامة الزراعة. وبالطبع فإنّ اعتماد الزراعة على إمدادات المياه يجعلها الأكثر تأثرًا بنُدرة المياه والتغيّر المناخي. وهذه الحقيقة تفسّر الصلة الوثيقة بين إعادة استخدام المياه والأمن الغذائي، لا سيّما في البلدان التي تعاني من ندرة المياه حيث يعاد توزيع المياه العذبة على قطاعات أخرى. وفي ظلّ هذه الظروف، لا يمكن استدامة الزراعة بدون استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري كمياهٍ بديلة. فمن جانب، سيدعم استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة توفير المياه العذبة للشرب. ومن جانب آخر، تُستخدَم مياه الصرف الصحي المعالجة كمياه ريٍ بديلةٍ ضروريةٍ لاستدامة الزراعة، ناهيك عن دور الاستدامة الزراعية بالغ الأهمية في حماية التربة الزراعية الثمينة من التدهور والتآكل.

هذا ويُعرّف مؤتمر القمة العالمي للأغذية 1996 الأمن الغذائي بأنّه الحالة التي يتحقق فيها الحصول المادي والاقتصادي على الغذاء الكافي والآمن والمغذي لكل الناس وفي كل الأوقات بشكل يلبي احتياجاتهم الغذائية كما يناسب أذواقهم الغذائية المختلفة بما يدعم حياة نشطة وصحية. ويمكن تعريف أربعة أبعاد رئيسية للأمن الغذائي من هذا التعريف. يظهر الجدول (12) هذه الأبعاد ومساهمة إعادة استخدام المياه في كلٍ منها. وتتوقف أهمية هذه المساهمة على الحالة الاجتماعية الاقتصادية للمجتمع. وبالنسبة إلى البلدان ذات الدخل المنخفض، لا سيّما تلك التي يقل دخل الفرد فيها عن دولاريْن يوميًا، يكون لإعادة استخدام المياه، ولو على نطاقٍ ضيّق للغاية، تأثير إيجابي كبير على حياة الناس الذين تعتمد سبل رزقهم إلى حد كبير على إعادة استخدام مياه الصرف الصحي لإنتاج الغذاء.

الجدول (12) مساهمة إعادة استخدام المياه في الأبعاد المختلفة للأمن الغذائي

أبعاد الأمن الغذائي	مساهمة إعادة استخدام المياه
1. توافر الغذاء	• زيادة الإنتاج الغذائي
2. الوصول إلى الغذاء	• تحسين الوصول إلى الغذاء
أ. الوصول المادي	• تحسين الإنتاج الغذائي المحلي والاكتفاء الذاتي الغذائي
ب. الوصول الاقتصادي	• توفير الدخل لكسب الرزق • خفض تكلفة الإنتاج الغذائي • زيادة صافي الربح للمزارعين – نتيجة انخفاض أسعار المياه والعناصر المُغذّية التي تحتوي عليها • الحد من ارتفاع أسعار المواد الغذائية من خلال زيادة الإمدادات الغذائية
3. الاستفادة القصوى من الغذاء	• تحسين الظروف الصحية في المجتمعات المحلية • تحرير المياه العذبة النقية للاستخدام المنزلي
4. استقرار كافة الأبعاد	• تعزيز استدامة الزراعة • استدامة التخلّص الآمن من مياه الصرف الصحي المعالجة • تخفيف الضغط على الموارد المائية العذبة

5.1.6 التدبير العلاجي لتآكل التربة

تتعرّض التربة للتآكل المستمر بشكل طبيعي بفعل المياه والرياح بصورة رئيسية. ويحدث التآكل بمعدلات متفاوتة تعتمد على عوامل عديدة مثل درجة الانحدار، وكثافة تساقط الأمطار ووتيرتها، وسرعة الرياح واتجاهها، والغطاء النباتي في المنطقة. وعلى خلاف التآكل بفعل الرياح والذي يحدث في الغالب في المناطق السهلية، تزداد حدة تآكل التربة بفعل المياه في المناطق الجبلية الوعرة، وخصوصًا حيث تحدث العواصف المطرية بشكل معتاد، كما هو الحال في المناطق القاحلة وشبه القاحلة. وفي حين يمكن أن تنتقل التربة المتآكلة بفعل الرياح إلى أي مكان حسب اتجاه الرياح وسرعتها، فإنّ المياه تحمل التربة المتآكلة من الأماكن المرتفعة إلى الأماكن المنخفضة بقوة الجاذبية. وعندما تزيد كميات هطول الأمطار عن القدرة الاستيعابية لتخلل المياه في التربة، فإنه من المتوقع أن يبدأ الجريان السطحي الذي يستمرّ في التدفق حتّى ينتهي به المطاف في المسطحات المائية والسدود حيث تترسّب التربة المتآكلة التي يحملها. وتزيد الرواسب من عكورة المياه لبعض الوقت، ممّا يربك المشغّل ويمكن أن يتسبّب في انقطاعٍ مؤقتٍ في إمدادات المياه. وقد يؤدي استمرار تراكم الرواسب بمعدلات عالية على مدى فترة طويلة إلى الحد من السعة التخزينية للسدود. ومن الجدير بالذكر أنّ الجزء المتآكل من التربة عادةً ما يكون من الطبقة العليا الغنية بالفوسفور، والذي يُعدّ من العناصر المُغذّية الرئيسية المسؤولة عن ظاهرة التشبّع الغذائي في المسطحات المائية. وإلى جانب التدابير الهندسية، يلعب الغطاء النباتي دورًا مهمًا في الحدّ من معدلات تآكل التربة، وهنا تأتي أهمية استغلال مياه الصرف الصحي المعالجة في زيادة الغطاء النباتي؛ فعلى خلاف التربة الجرداء، يحمي الغطاء النباتي التربة المزروعة من التآكل بدرجة كبيرة، كما هو مبيّن فيما يلي:

يمتصّ الغطاء النباتي جزءًا من الطاقة الحركية لقطرات الماء المتساقطة ممّا يمنع تدمير بنية التربة السطحية، الأمر الذي يُمثّل الخطوة الأولى في بدء الجريان السطحي.

- تمتدّ جذور النباتات بجميع الاتجاهات تحت التربة لتشكّل شبكةً داعمةً تدعم تماسك التربة.
- يعمل الغطاء النباتي على استقرار التربة من خلال تبديد الرطوبة الزائدة عن طريق عملية النتح التبخّري.
- يحسّن الغطاء النباتي من خاصيّتيْ التخلل والتصريف للتربة.
- يساعد الغطاء النباتي في إبطاء سرعة الجريان السطحي، ممّا يساعد على ترسّب جزيئات التربة التي تحملها المياه.

إنّ إمكانية زيادة الغطاء النباتي باستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة كمياهٍ بديلةٍ للري تُثبت أهمية إعادة استخدام مياه الصرف الصحي على نطاقٍ واسعٍ في مكافحة تآكل التربة وبالتالي حماية المسطحات المائية من الرواسب.

2.6 إعادة استخدام المياه كتدبير تخفيفي

تشمل تدابير التخفيف من آثار التغيّر المناخي تخفيض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بصورة مباشرة أو غير مباشرة. ويمكن تحقيق التخفيض المباشر من خلال تقليل إنتاج الأسمدة واعتماد عمليات الإنتاج الأعلى كفاءةً التي تُنتِج الحد الأدنى من الانبعاثات، في حين يمكن تحقيق التخفيض غير المباشر من خلال تقليل استخدام الأسمدة عبر الاستفادة من العناصر المُغذّية الموجودة في مياه الري وحجز ثاني أكسيد الكربون الموجود في الغلاف الجوي في الكتلة الحيوية النباتية. وتكمن مساهمة إعادة الاستخدام في التخفيض غير المباشر لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون على النحو التالي:

1.2.6 تقليل استعمال الأسمدة

لا شكّ أنّ صناعة الأسمدة تعتبر من المسبّبات الرئيسية لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون، فهي مسؤولة عن حوالي 1.2% من إجمالي الانبعاثات العالمية وفقًا لتقارير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ.

ويلجأ المزارعون الأردنيون إلى استخدام الأسمدة التركيبية في مزارعهم بهدف زيادة إنتاجيتها وبالتالي زيادة صافي الربح. ويتفكّك السماد التركيبي عند ذوبانه في الماء إلى أيونات تُشبه في شكلها العناصر المُغذّية التي توجد في مياه الصرف الصحي المعالجة. وبغض النظر عن مصدر العناصر المُغذّية تستطيع النباتات امتصاصها بسهولة إذا كانت متاحةً بشكلٍ قابل للامتصاص. وبالتالي، فإنّ استغلال العناصر المُغذّية الموجودة في مياه الصرف الصحي المعالجة يمكن أن يؤدي إلى الحدّ بشكلٍ كبيرٍ من الحاجة إلى استخدام الأسمدة التركيبية أو حتّى الاستغناء عنها تمامًا. وبذلك، يستطيع المزارعون الاستغناء عن كميات كبيرة من هذه الأسمدة التي يقترن إنتاجها بطبيعتها بإطلاق انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. وبمعنى أدق، فإنّ إعادة الاستخدام تُشكّل تدبيرًا للتخفيف من التغيّر المناخي. وقد تم تحليل نوعيْ المياه المستخدميْن للري في وادي الأردن من أجل تسليط الضوء على أهمية محتوى العناصر المُغذّية في مياه الصرف الصحي من وجهة النظر الزراعية، حيث يُظهر التحليل أنّ «مياه الصرف الصحي المُعالجة المخلوطة» تحتوي على كمية كبيرة من العناصر المُغذّية الموجودة مقارنةً بالمياه العذبة. يُقدّم الجدول (13) محتوى العناصر المُغذّية في هذه المياه. وقد أظهرت حسابات مشروع المؤسسة الألمانية للتعاون الدولي (GIZ) «استخدام المياه الهامشية»، والتي أكدتها التجارب الميدانية، أنّ العناصر المُغذّية الموجودة في «مياه الصرف الصحي المعالجة المخلوطة» توفر 20-40% على الأقل من احتياجات المحاصيل الفعلية. ولتقييم الفارق بين الممارسات الزراعية الجيدة وممارسات المزارعين التقليدية فيما يتعلّق بالري والتسميد، أجرى فريق المؤسسة الألمانية للتعاون الدولي (GIZ) العديد من التجارب الميدانية على محاصيل متنوّعة في المزارع على مدار ثلاثة أعوام متتالية، بالتعاون مع المزارعين. وكشفت النتائج عن فوارق ملحوظة بين ممارسات المزارعين والممارسات الزراعية الجيدة. انظر الجدول (14).

وعند إجراء التجربة الميدانية، تجاوزت تكلفة الممارسات التقليدية 150 دينارًا أردنيًا لكل دونم، في مقابل 62.8 دينار أردني للممارسات الزراعية الجيدة، نتيجة التكلفة العالية لأسمدة الفوسفور والبوتاسيوم. وكما يُظهر الجدول، تؤدي ممارسات المزارعين إلى استخدام الفوسفور والبوتاسيوم بشكلٍ زائدٍ عن الحاجة، وتحديدًا 3 أضعاف للفسفور و 7 أضعاف للبوتاسيوم.

الجدول (13) محتوى العناصر الغذائية (النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم) في المياه المستخدمة للري في وادي الأردن

مصدر المياه	متوسط القيم (مغ/لتر) لمحتوى العناصر الغذائية		
	نيتروجين	فوسفور	بوتاسيوم
المياه العذبة من القسم الشمالي من قناة الملك عبدالله	1.4	0.23	10.5
"مياه الصرف الصحي المعالجة المخلوطة" من القسم الجنوبي من قناة الملك عبدالله	18.4	3.1	26

المصدر (إرشادات حول الري بالمياه المعالجة في وادي الأردن، 2006) استنادًا إلى نتائج اختبارات سلطة وادي الأردن ومختبرات الجمعية العلمية الملكية (2003-2005)

الجدول (14) المقارنة بين ممارسات المزارعين التقليدية والممارسات الزراعية الجيدة في زراعة الخيار في البيوت الزجاجية

المعامل		الممارسات التقليدية	الممارسات الزراعية الجيدة	الفرق
الشكل		مماثل		0
الإنتاج (طن/دونم)		14.8	15.3	0.5 +
تكلفة الأسمدة (د.أ.)		155.5	62.8	92.7 -
كمية الأسمدة (كيلوغرام/ دونم)	نيتروجين	57.4	56.6	0.8 -
	فوسفور	13.4	6.3	7.1 -
	بوتاسيوم	40.4	5.6	34.8 -
الري ($م^3$/ دونم)		510	495	15 -

المصدر: (إرشادات حول الري بالمياه المعالجة في وادي الأردن، 2006)

للوقوف على المزيد من الحقائق الملموسة حول مساهمة إنتاج الأسمدة في انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، يبيّن الجدول (15) كمية انبعاثات ثاني أكسيد الكربون واستهلاك الطاقة لإنتاج بعض الأسمدة شائعة الاستخدام.

تختلف كمية انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بإنتاج الأسمدة من منطقةٍ لأخرى، ويعتمد ذلك على العديد من العوامل بما فيها عمليات التصنيع، ومصادر الطاقة، والمواد الخام المستخدمة، والكفاءة في خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بعملية الإنتاج. وتمثّل البيانات المقدّمة في الجدول (15) انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بإنتاج الأسمدة في مناطق الإنتاج الرئيسية، إلى جانب الطاقة المستهلكة في إنتاج الأسمدة الشائعة في أوروبا حيث تتّسم عمليات الإنتاج بالكفاءة العالية. وبما أنّ البيانات الواردة في الجدول هي حول منتجات الأسمدة بينما محتويات الأسمدة الذائبة في مياه الصرف الصحي المعالجة تكون على شكل عناصر غذائية، ينبغي التعبير عن القيَم من حيث محتوى العناصر المُغذّية لتصبح المقارنة ممكنة. وبالتالي، تم تحويل القيم إلى الأشكال الأولية للعناصر الغذائية – انظر الجدول (16). وبما أنّ العناصر المُغذّية الأولية يمكن أن توجد في العديد من منتجات الأسمدة المركبة المختلفة، والتي تختلف من حيث انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بإنتاجها، فقد تم حساب متوسط انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لكل عنصر غذائي بهدف توحيد القيمة المعيارية لأغراض المقارنة.

الجدول (15) القيم المرجعية للبصمة الكربونية للأسمدة المعدنية (2011) واستهلاك الطاقة لإنتاج الأسمدة في أوروبا

المنتج السمادي	محتوى العناصر المُغذّية	انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بإنتاج السماد (كغ من مكافئ ثاني أكسيد الكربون لكل كغ من المنتج)[1]				استهلاك الطاقة لإنتاج السماد في الموقع في أوروبا (ميغا جول لكل كغ من المنتج)[2]
		أوروبا	روسيا	الولايات المتحدة	الصين	
نترات الأمونيوم	33.5% نيتروجين	1.18	2.85	2.52	3.47	14.02
نترات أمونيوم الكالسيوم	27% نيتروجين	1.00	2.35	2.08	2.86	11.78
نترات كبريتات الأمونيوم	26% نيتروجين 14% كبريت	0.82	1.58	1.44	2.22	10.61
نترات الكالسيوم	15.5% نيتروجين	0.67	2.03	1.76	2.20	7.23
كبريتات الأمونيوم	21% نيتروجين 24% كبريت	0.57	0.71	0.69	1.36	8.07
اليوريا	46% نيتروجين	0.89	1.18	1.18	2.51	23.45
محلول يوريا-نترات الأمونيوم	30% نيتروجين	0.81	1.65	1.50	2.37	13.84
السوبر فوسفات الثلاثي	48% خماسي أكسيد الفوسفور	0.18	0.25	0.19	0.26	0.18
كلوريد البوتاسيوم	60% أكسيد البوتاسيوم	0.23	0.23	0.23	0.23	3.00

المصدر: 1) تحليل البصمة الكربونية لإنتاج الأسمدة المعدنية في أوروبا ومناطق أخرى في العالم 2) الأسمدة في أوروبا

تُظهر البيانات الواردة في الجدول (16) أدناه أنّ حجم انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بإنتاج الأسمدة، على شكل نيتروجين وفوسفور وبوتاسيوم، تبلغ حوالي 6.30 (في المتوسط) و 1.05 و 0.46 كغ من مكافئ ثاني أكسيد الكربون لكل كغ من العناصر المُغذّية على التوالي. ولغايات تقدير الخفض المحتمل في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون عن طريق استخدام العناصر المُغذّية الموجودة في مياه الصرف الصحي المعالجة في الأردن، تم استخدام معدل الحدود المسموح بها لمجموع النيتروجين والفوسفور في مياه الصرف الصحي لاستخدامات الري بموجب المواصفة الأردنية 2006/JS893. وأمّا بالنسبة إلى البوتاسيوم فقد افترضنا 30 مل/لتر لأنّ المواصفة الأردنية لا تحدّد له حدًا مسموحًا به في مياه الصرف الصحي لاستخدامات الري. إذن، فإنّ حدود النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم المستخدمة في العملية الحسابية هي كالتالي: النيتروجين 70 مل/لتر، الفوسفور 10 مل/لتر، البوتاسيوم 30 مل/لتر.

الجدول (16) القيم المرجعية المعدّلة للبصمة الكربونية واستهلاك الطاقة لإنتاج الأسمدة المعدنية

المنتج السمادي	محتوى العناصر المُغذّية (%)	محتوى العناصر المُغذّية (كغ من العنصر الغذائي لكل كغ من المنتج)	متوسط انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بإنتاج السماد		استهلاك الطاقة لإنتاج السماد في أوروبا	
			(كغ من مكافئ ثاني أكسيد الكربون لكل كغ من المنتج)	(كغ من مكافئ ثاني أكسيد الكربون لكل كغ من العنصر الغذائي)	(ميغا جول لكل كغ من المنتج)	(ميغا جول لكل كغ من العنصر الغذائي)
نترات الأمونيوم	%33.5 نيتروجين	0.335 نيتروجين	2.51	7.49	14.02	41.85
نترات أمونيوم الكالسيوم	27%	0.27 نيتروجين	2.07	7.67	11.78	43.63
نترات كبريتات الأمونيوم	26% نيتروجين 14% كبريت	0.26 نيتروجين	1.52	5.85	10.61	40.81
نترات الكالسيوم	%15.5 نيتروجين	0.155 نيتروجين	1.67	10.77	7.23	46.65
كبريتات الأمونيوم	21% نيتروجين 24% كبريت	0.21 نيتروجين	0.83	3.95	8.07	38.43
اليوريا	%46 نيتروجين	0.46 نيتروجين	1.44	3.13	23.45	50.98
محلول يوريا-نترات الأمونيوم	%30 نيتروجين	0.30 نيتروجين	1.58	5.27	13.84	46.13
متوسط القيم لعنصر النيتروجين				6.30		44.07
السوبر فوسفات الثلاثي	48% خماسي أكسيد الفوسفور	(0.437 × 0.48) = 0.21 فوسفور	0.22	1.05	0.18	0.86
كلوريد البوتاسيوم	60% أكسيد البوتاسيوم	(0.830 × 0.60) = 0.498 بوتاسيوم	0.23	0.46	3.00	6.02

بناءً على هذه الافتراضات المعقولة، تبلغ كميات العناصر المُغذّية في كل متر مكعب من مياه الصرف الصحي المعالجة 0.07 كغ من النيتروجين، 0.01 كغ من الفوسفور، 0.03 كغ من البوتاسيوم. وبالتالي، من المحتمل أن يؤدي استخدام العناصر المُغذّية الموجودة في كل 100 متر مكعب من مياه الصرف الصحي المعالجة في الأردن كبديلٍ للأسمدة التركيبية إلى تخفيض انبعاثات مكافئ ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بإنتاج الأسمدة التركيبية بنحو 46.53 كغ. يوضح الجدول (17) التخفيضات السنوية المحتملة في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بإنتاج الأسمدة التركيبية كنتيجةٍ لاستغلال العناصر المُغذّية في مياه الصرف الصحي المعالجة وفق سيناريوهات مختلفة لجمعها.

بالمقارنة مع المساهمات الوطنية المحددة غير المشروطة للأردن (تخفيض يعادل 0.77 مليون طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون)، والمساهمات الوطنية المحددة المشروطة (تخفيض يعادل 6.38 مليون طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون) والمساهمات الوطنية المحددة الإجمالية (تخفيض يعادل 7.1 مليون طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون) بحلول عام 2030، فإنّ التخفيضات المحتملة في مكافئ ثاني أكسيد الكربون التي يمكن تحقيقها من الاستغلال الكامل للعناصر الغذائية الموجودة في مياه الصرف الصحي المعالجة غير المستغلة حتّى الآن ستشكّل 5.45% و0.66% و0.59% من هذه المساهمات الوطنية المحددة لتخفيض مكافئ ثاني أكسيد الكربون على التوالي. وبناءً على متطلّبات الطاقة لإنتاج الأسمدة المبيّنة في الجدول (17) أدناه، فإنّ الطاقة «الكامنة» المفترضة لمحتويات العناصر المُغذّية في مياه الصرف الصحي المعالجة، والتي ما تزال غير مستغلة، تعادل نحو 82 مليون كيلوواط ساعي – أي نفس كمية الطاقة المطلوبة لإنتاج الكمية المقابلة من العناصر المُغذّية في شكل أسمدة تركيبية في ظل ظروف التصنيع في أوروبا.

الجدول (17) التخفيضات السنوية المحتملة في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بإنتاج الأسمدة في ظل سيناريوهات مختلفة لاستغلال العناصر المُغذّية في مياه الصرف الصحي المعالجة

السيناريوهات المحتملة لجمع مياه الصرف الصحي غير المستغلة (% من الإجمالي المتاح، 90.2 مليون م³)	كمية مياه الصرف الصحي المعالجة المحتملة (مليون م³)	كمية النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم في مياه الصرف الصحي المعالجة (كغ)			التخفيضات السنوية المحتملة في انبعاث ثاني أكسيد الكربون عند استغلال العناصر المُغذّية في الماء (كغ)	الطاقة السنوية اللازمة لإنتاج نفس الكمية من العناصر المُغذّية (ميغا جول) في الدول الأوروبية
		نيتروجين	فوسفور	بوتاسيوم		
10%	9.02	631,400	90,200	270,600	4,197,006	29,532,382
25%	22.55	1,578,500	225,500	676,500	10,492,515	73,830,955
50%	45.10	3,157,000	451,000	1,353,000	20,985,030	147,661,910
75%	67.65	4,735,500	676,500	2,029,500	31,477,545	221,492,865
100%	90.20	6,314,000	902,000	2,706,000	41,970,060	295,323,820

من الجدير بالذكر أنّ تركيز العناصر المُغذّية في مياه الصرف الصحي المعالجة يعتمد بشكلٍ كبيرٍ على تصميم/أداء محطة المعالجة، وتقنيات المعالجة المستخدمة، وقوة مياه الصرف الصحي غير المعالجة. ونظرًا لأنّ محتوى العناصر المُغذّية يختلف بين المياه المعالجة في محطات معالجة مياه الصرف الصحي المختلفة، يجب إجراء عملية حسابية أكثر دقة للتخفيض الفعلي من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بناءً على كمية العناصر المُغذّية الفعلية الموجودة في المياه المعالجة ذات الصلة. بالإضافة إلى ذلك، يجب ألّا يغيب عن الأذهان أنّ التخفيض المحتمل في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، المحسوب في هذه الورقة المفاهيمية نتيجةً لاستغلال العناصر المُغذّية الموجودة في مياه الصرف الصحي المعالجة، تشمل فقط الانبعاثات الناتجة عن عملية إنتاج الأسمدة، لكنّه لا يشمل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن نقل الأسمدة من المصانع في البلدان المنتجة إلى المزارع في البلدان المستهلكة. وبالطبع فإنّ التخفيض المحتمل لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون سيكون أعلى عند حساب الانبعاثات الناتجة عن نقل الأسمدة.

2.2.6حجز ثاني أكسيد الكربون الموجود في الغلاف الجوي

يتم حجز ثاني أكسيد الكربون الموجود في الغلاف الجوي في الكتلة الحيوية النباتية من خلال عملية البناء الضوئي، وهي عملية حيوية يتم من خلالها امتصاص الكربون من ثاني أكسيد الكربون بواسطة الكتلة الحيوية النباتية لإنتاج السكر الأحادي البسيط - الجلوكوز، وهو الجزيء الأولي المطلوب لإنتاج الطاقة (الأدينوسين ثلاثي الفوسفات) التي تحتاج إليها النبتة من خلال عملية التنفس. ثم يُستخدم الجلوكوز كمركب طليعي لبناء كافة الجزيئات العضوية الدقيقة والكبيرة والتي تختلف في تعقيدها من الكربوهيدرات البسيطة إلى الكربوهيدرات الهيكلية الأكثر تعقيدًا مثل السليلوز. هذا هو السبب في أنّ الكربون يشكّل العماد الأساسي لهذه الجزيئات العضوية جميعًا دون استثناء. وفي الطبيعة، من المفترض أن تكون دورة الكربون في حالة توازن؛ حيث تكافئ كمية الكربون الناتجة تلك المحجوزة من الغلاف الجوي، لكنّ الأنشطة البشرية، وخصوصًا بعد الثورة الصناعية في القرن الثامن عشر، أخلّت بالتوازن الطبيعي لدورة الكربون. كما ساهمت أنشطة إزالة الغابات المستمرة في تفاقم هذه المعضلة وخطورتها. وهنا تلعب إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في الري دورًا حاسمًا في تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من خلال حجز ثاني أكسيد الكربون في الأنسجة النباتية، علمًا أنّ الكربون يشكّل 50% تقريبًا من الكتلة الجافة للأشجار. وعند استخدام أخشاب تلك الأشجار في المنتجات الخشبية المختلفة، فإنّ المنتج يحتفظ بالكربون طيلة دورة حياته، ولا يعود الكربون المخزّن في الخشب إلى الغلاف الجوي مجددًا إلّا عند حرق المنتج الخشبي أو تحلّله.

لنأخذ أستراليا كمثالٍ لتوضيح أهمية حجز ثاني أكسيد الكربون، إنّ الغابات الأسترالية ومنتجاتها الخشبية مسؤولةٌ عن حجز 57 مليون طن من ثاني أكسيد الكربون تقريبًا، بما يعادل حوالي 10% من إجمالي غازات الدفيئة المنبعثة في أستراليا. وتمتاز شجرة الأوكالبتوس المنتشرة في أستراليا وبقية العالم، بالقدرة العالية على التكيّف مع جميع البيئات، وسرعة النمو، والجذور القوية، والاستهلاك العالي للمياه، ولهذا السبب يُوصى بشدة في هذه الورقة المفاهيمية باستخدامها لتبديد مياه الصرف الصحي؛ حيث إنّ شجرة الأوكالبتوس التي يبلغ ارتفاعها 8 أمتار وقطرها 40 سم قادرة على حجز حوالي طن واحد من ثاني أكسيد الكربون.

كما أنّ البرسيم أيضًا. والذي يُزرع على نطاقٍ واسعٍ في المناطق المحيطة بمحطات معالجة مياه الصرف الصحي المركزية في الأردن، ويوصى في هذه الورقة المفاهيمية بزراعته باعتباره المحصول الأساسي ضمن الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي لحجز ثاني أكسيد الكربون لأسبابٍ عديدة. فمن ناحية، إنّ البرسيم محصول معمّر يدوم من 5 إلى 7 أعوام ويحقّق دخلًا مرتفعًا ويُحصد 8-9 مرات في السنة. ومن ناحية أخرى، فإن جذوره العميقة مناسبة للغاية لتخزين الكربون بما يُعزّز الكربون العضوي في التربة.

وقد أظهرت نتائج بحثٍ ميداني أُجْرِيَ في كندا أنّ معدل الحجز السنوي للبرسيم يبلغ حوالي 1.9 طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون لكل هكتار بعمق 34 سم للتربة، في ظل التناوب المستمر في زراعته. كما أظهر بحث ميداني آخر أُجْرِيَ في الصين زيادةً كبيرةً في الكربون العضوي في التربة على عمق مترَيْن، يُقدّر بنحو 24.1 طن من الكربون لكل هكتار على مدار فترة نمو البرسيم البالغة 7 أعوام، في حين انخفض الكربون العضوي في التربة بمقدار 4.2 طن من الكربون لكل هكتار في التربة الجرداء. أي أنّ كمية الكربون المعزولة في محصول البرسيم تعادل 88.5 طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون للهكتار، أو 12.64 طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون للهكتار سنويًا.

بيد أنّ تحديد قدرة المحاصيل المختلفة على حجز ثاني أكسيد الكربون في الظروف الأردنية يتطلّب إجراء بحوث مماثلة من قبل المؤسسات الأكاديمية والبحثية.

7. تحديات إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في سياق الصرف الصحي اللامركزي

رغم الإيجابيات الواضحة لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي فإنّها لا تخلو من التحديات، والتي يمكن تلخيصها على النحو التالي:

1.7 المخاوف البيئية والصحية

ترتبط إعادة استخدام مياه الصرف الصحي عادةً ببعض المخاطر المتعلّقة بجودة المياه المنخفضة نسبيًا. وتضمّ هذه المخاطر الأمراض المنقولة بالمياه والمعادن الثقيلة وملوحة المياه. قبل التطرّق إلى هذه المخاطر، ينبغي لصناع القرار إدراك الحقائق التالية:

I. تختلف طبيعة المخاطر ومدى خطورتها بشكلٍ كبيرٍ في ظل السياقات المختلفة. على سبيل المثال لا الحصر، فإنّ خطر تلوّث المياه الجوفية الضحلة كما هو الحال في الدول الأوروبية، أشدّ خطورةً بكثير من خطر تلوّث المياه الجوفية العميقة كما هو الحال في الأردن. ولذلك لا ينبغي الاعتماد على التقييمات الخارجية للمخاطر لأنّها عادةً ما تكون مضلّلة وليس

بالضرورة أن تنطبق على السياق المحلي.

II. يجب مقارنة المخاطر المرتبطة بإعادة استخدام مياه الصرف الصحي بالمخاطر المرتبطة بغياب الإدارة السليمة لمياه الصرف الصحي أو حظر إعادة استخدامها بحجة أنّها محفوفة بالمخاطر. وفي هذا الإطار، يجب إجراء تقييم كمي ونوعي للمخاطر لتقدير أضرارها المحتملة، وتداعياتها، وإمكانية إدارتها في السياق المحلي، والتكلفة المترتبة على ذلك. وبناءً على هذا التقييم، يتم تصنيف المخاطر وترتيبها حسب الأولوية بهدف اختيار السيناريو الأقل خطورة في السياق الأردني واقتراح تدابير فعالة لتقليل المخاطر.

III. لا يهدف تقييم المخاطر إلى تحديد المخاطر بهدف تفاديها، بل يهدف إلى ترتيبها حسب الأولوية حتّى يتمكن صناع القرار من تحديد المخاطر الأقل خطورة، واعتماد التدابير الفعالة لجعل هذه المخاطر المقبولة قابلة للإدارة. في الواقع، لا يوجد خيار «خالٍ من المخاطر»، فعند اتخاذ قرار بعدم قبول مخاطرة ما، ستكون هناك دائمًا مخاطر أخرى من نوعٍ آخر يجب التعامل معها. على سبيل المثال، تترتّب مخاطر مختلفة على كلٍ من استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري والتخلّص منها، ممّا يثير التساؤل حول أي الاستخدامين أكثر أمانًا لكي يتم اعتماده. وهنا تكمن أهمية تقييم المخاطر لتحديد أي سيناريو هو الأقل خطورة وأيّهما يسمح بإدارة المخاطر بكفاءة وفعالية أكبر من حيث التكلفة ممّا يجعله السيناريو الأكثر قبولًا.

IV. من المفترض أن تشكّل التجربة الأردنية في إعادة الاستخدام المباشر لمياه الصرف الصحي في المناطق المجاورة لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي وإعادة الاستخدام غير المباشر للري غير المقيّد في وادي الأردن دليلًا إرشاديًا أوليًا على الأقل لتقييم هذه المخاطر في السياقات المحلية.

V. يمكن أن تقتصر إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في سياق الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي على الاستخدام المباشر لمياه الصرف الصحي المعالجة للري المقيّد؛ حيث إنّ تقييد إعادة استخدام مياه الصرف الصحي لري محاصيل معيّنة يمثّل تدبيرًا احترازيًا لتقليل المخاطر. وهذا هو السبب في أن جميع تطبيقات إعادة الاستخدام المقترحة في هذه الورقة المفاهيمية تنطبق حصريًا على المحاصيل المندرجة تحت الفئة (ج) في المواصفة الأردنية 2006/JS893.

VI. من ناحية أخرى، لا توجد وسيلة موثوقة للتحقق من سلامة الاستخدام طويل الأمد لمياه الصرف الصحي المعالجة في الري، سوى تنفيذ برنامج مراقبة شامل للموارد المائية والتربة والمحاصيل المروية بمياه الصرف الصحي المعالجة.

7.1.1 الأمراض المنقولة بالمياه

بناءً على الدروس المستفادة من التجربة الأردنية الطويلة في إعادة استخدام مياه الصرف الصحي، لا ينبغي المبالغة في المخاوف الصحية بشأن مسبّبات الأمراض المنقولة بالمياه في ظل تطبيق الممارسات الزراعية الجيدة على مستوى المزرعة. على وجه الخصوص، من المفترض أن تكون صرامة المواصفة الأردنية 2006/JS893 للحد الأقصى المسموح به من مسبّبات الأمراض في مياه الصرف الصحي المعالجة وكذلك القيود المفروضة على استخدامات الري كافيةً لتبديد المخاوف الصحية. علاوةً على ذلك، تسمح إرشادات منظمة الصحة العالمية لعام 2006 باستخدام مياه الصرف الصحي غير المعالجة للري غير المقيّد بشرط اتخاذ التدابير المناسبة لتقليل مسبّبات الأمراض. وطالما أنّ استخدام مياه الصرف الصحي غير المعالجة مسموحٌ في الزراعة غير المقيّدة، فليس من المنطقي أن نكون أكثر قلقًا من استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة للري المقيّد. وتُعتبر محطات معالجة مياه الصرف الصحي جزءًا واحدًا فقط من هذه التدابير، وبالتالي فإنّ الاعتماد عليها بشكلٍ كاملٍ من شأنه أن يحدّ من إمكانات إدارة المخاطر الناشئة عن تدني جودة مياه الصرف الصحي المعالجة، والذي قد يحدث في أي محطة نتيجةً لأي أسباب غير متوقعة.

إذن، يجب التركيز على توعية المزارعين بالممارسات الزراعية الجيدة والتدابير الفعالة التي يجب الالتزام بها في المزارع. ثمّ تقع على عاتق الجهات التنظيمية والتشغيلية مسؤولية التحقق من التزام المزارعين التام بتطبيق هذه التدابير والممارسات في مزارعهم.

2.1.7 المعادن الثقيلة

تشكّل مياه الصرف الصناعي بلا أدنى شك أكبر مصدرٍ للمعادن الثقيلة. وبالرغم من المعادن الثقيلة الناتجة عن الاستخدام المنزلي، فمن الخطأ افتراض أنّ مياه الصرف الصحي المنزلي المعالجة غير ملائمة للري؛ حيث أنّ كافة المعادن الثقيلة موجودة بشكل طبيعي في البيئة بكميات ضئيلة ويمكن تناولها مع الطعام والماء والهواء. وهي تشمل بعض المعادن التي تعتبر من العناصر المُغذّية الصغرى

الأساسية للنبات مثل المنغنيز والزنك. ومن ناحية أخرى، يعتبر الكوبالت عنصرًا أساسيًا في تركيبة فيتامين ب 12 (كوبالامين) وبالتالي فإنّ نقص مستوياته في التربة يؤثر على مستويات فيتامين ب 12 في المصادر التي تزوّد الإنسان بهذا الفيتامين، أي المنتجات الحيوانية مثل لحوم الماشية.

كما أنّ النظم البيئية للتربة ومياه الري يمكن أن تتلوّث بالمعادن الثقيلة نتيجة الأنشطة البشرية المختلفة، مثل الحمأة والتعدين غير المقيّد والانبعاثات الصناعية وانبعاثات المركبات والاستخدام المكثّف للكيماويات الزراعية والأسمدة التركيبية. على سبيل المثال، تشكّل الصخور المتآكلة المصدر الرئيسي للزنك في التربة بينما تحتوي الأسمدة التركيبية على شوائب مثل الكادميوم.

تُصنّف هذه المعادن الثقيلة إلى أربع مجموعات استنادًا إلى معايير معيّنة تشمل (1) الاحتباس بالتربة (2) النقل في النبات (3) السمية النباتية (4) المخاطر المحتملة على السلسلة الغذائية. انظر الجدول (18) أدناه.

عرض المجموعات الأربعة المختلفة للمعادن الثقيلة بالاستناد إلى المعايير الواردة أعلاه.

الجدول (18) مجموعات التوافر الحيوي للمعادن

المجموعة	المعدن	امتصاص التربة	السمية النباتية	المخاطر على السلسلة الغذائية
1	فضة، كروم، قصدير، تيتانيوم، إتريوم، زركونيوم	ذائبية منخفضة واحتباس طويل في التربة	منخفضة	مخاطر ضئيلة لأن النباتات لا تمتصها مطلقًا
2	زرنيخ، زئبق، رصاص	تمتصها غرويات التربة بشكلٍ كبير	ربما تمتصها جذور النباتات لكنّها لا تنقلها إلى البُتيْلات؛ بشكل عام، غير سامة للنبات إلا بتراكيز عالية جدًا	مخاطر محدودة على السلسلة الغذائية البشرية
3	بورون، نحاس، منغنيز، موليبدنوم، نيكل، زنك	تمتصها التربة بشكلٍ أقل من المجموعتين الأولى والثانية	تمتصها النباتات بسهولة وهي سامة للنبات بتراكيز لا تشكّل خطرًا يُذكَر على صحة الإنسان	نظريًا، يحمي "حاجز التربة والنبات" السلسلة الغذائية من هذه العناصر
4	كادميوم، كوبالت، موليبدنوم، سيلينيوم	أقل مجموعة	تشكل خطرًا على صحة الإنسان والحيوان بتراكيز غير سامة للنبات عادةً	التراكم الأحيائي من خلال السلسلة الغذائية للتربة والنبات والحيوان

المصدر: الخطة الوطنية لنظام رصد وإدارة المخاطر المرتبطة باستخدام المياه المعالجة في الري

تعتمد تراكيز المعادن التي تصبح النباتات عندها سامةً على العديد من العوامل بما في ذلك نوع التربة وخصائصها ونوع النبات و تراكيز المعادن المتاحة حيويًا ومدة التلوّث. على سبيل المثال، تُظهر أنواع التربة المختلفة تفاوتًا كبيرًا من حيث امتصاص النباتات للمعادن رغم تساوي تراكيز المعادن فيها، ما يعني تفاوتًا كبيرًا في السمية النباتية للمعادن. ومن ناحية أخرى، فإنّ تراكم المعادن الثقيلة في الأوراق يعادل تقريبًا 10 أضعاف تراكمها في البذور أو الثمار. كما أنّ بعض المعادن مثل الرصاص والزنك تتنافس مع المعادن الأخرى مثل الكوبالت ما يقلّل امتصاصها من قبل النباتات. ولذلك فإنّ تباين التوافر الحيوي للمعادن نتيجة العديد من العوامل المترابطة يدلّ على أنّ تراكيز المعادن الإجمالية في التربة قد لا تكون مؤشرًا مناسبًا للسمية النباتية.

وأثبتت برامج رصد جودة المياه التي نفّذتها الجمعية العلمية الملكية أنّ المعادن الثقيلة في مياه الصرف الصحي المعالجة في الأردن – إن وجدت – توجد بمستويات ضئيلة للغاية بحيث لا يمكن رصدها. ومن المنطقي أن تتوافق نتائج برامج الرصد مع حقيقة أنّ الأردن بطبيعة الحال ليس بلدًا صناعيًا، المعادن الثقيلة تُشكّل مصدر قلق كبير في البلدان الصناعية وليس في البلدان غير الصناعية كالأردن. ناهيك عن عدم تواجد أي نشطة صناعية عمومًا في المواقع المحتملة للإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي. وبالإضافة إلى ذلك، فإنّ التربة في الأردن شديدة القلوية على النقيض من التربة الحمضية في الدول الأوروبية؛ حيث إنّ التربة القلوية تلعب دورًا مهمًا في حجز المعادن الثقيلة – إن وجدت – ومنع النباتات من امتصاصها. بيد أنّ كل هذه الحقائق الأولية لا تغني عن ضرورة تنفيذ رصدٍ شامل للتحقق من جودة أي محصول مروي بمياه الصرف الصحي ومخصّص إما للاستهلاك البشري مثل الزيتون أو للاستهلاك الحيواني مثل

البرسيم. علاوةً إلى ذلك، يجب تنفيذ برنامج رصد يشمل جميع الحقول المروية بمياه الصرف الصحي لمتابعة تراكم المعادن الثقيلة في التربة على المدى الطويل.

وفي أسوأ الأحوال، إذا كانت مياه الصرف الصحي المعالجة شديدة التلوّث بالمعادن الثقيلة، فيوصى بشدة باستخدامها في ري الأشجار الحرجية وذلك لسببيْن اثنيْن:

1. تشكّل الأشجار الحرجية مراكمات حيوية جيدة للمعادن الثقيلة التي تدخل التربة، والأهم من ذلك،
2. أنّ هذه الأشجار الحرجية المروية ليس لها أي أثر سلبي على السلسلة الغذائية.

خلاصة القول إنّ المخاوف الصحية المرتبطة بالمعادن الثقيلة ينبغي ألّا تكون سببًا لحظر إعادة استخدام مياه الصرف الصحي، خاصةً أن هذا الاستخدام مقيّد لدرجةً كبيرٍ بموجب المواصفة الأردنية. ويجب الانتباه إلى أهمية اختيار المحاصيل المناسبة. كما تُعدّ قدرة التربة العالية على الامتصاص في الأردن بمثابة تدبير احترازي يحمي من المعادن الثقيلة إن وجدت في مياه الصرف الصحي المعالجة. حتّى أنّ التركيز العالي للمعادن الثقيلة في مياه الري يجب أن يشكّل حافزًا قويًا لاستخدامها في التحريج، فهو يبقى كاستخدام أكثر أمانًا من تصريف مياه الصرف الصحي المعالجة في الأودية.

3.1.7 ملوحة المياه

تُشكّل الملوحة مصدر قلق من ثلاث وجهات نظر، وهي الآثار السلبية المباشرة على إنتاجية المحاصيل، والأثر السلبي للصوديوم على بنية التربة، وزيادة ملوحة التربة على المدى الطويل. ولتبسيط الموضوع لا بدّ من التذكير بالحقائق التالية:

1. تُعزى الملوحة إلى العديد من المصادر والتي تشمل التربة ذاتها، والأسمدة المستخدمة، والزبل المستخدم في العادة، ومياه الري بجميع أنواعها. ونظرًا للتباين الواسع في خصائص كل مصدر وجودته، فإنّ محتوى الأملاح يتفاوت كثيرًا حتّى في المصدر ذاته.

الجدول (19) قدرة محاصيل مختارة على تحمّل الملوحة والإنتاجية المحتملة مع تفاوت ملوحة مياه الري

المحصول	إنتاجية المحصول (%) مع تفاوت ملوحة مياه الري (ديسي سيمنز لكل متر)				
	100%	90%	75%	50%	0%
الشعير	5.3	6.7	8.7	12	19
القمح	4	4.9	6.3	8.7	13
نخيل التمر	2.7	4.5	7.3	12	21
الزيتون	1.8	2.6	3.7	5.6	9
البرسيم	1.3	2.2	3.6	5.9	10
الدراق	1.1	1.5	1.9	2.7	4.3

المصدر: منظمة الأغذية والزراعة

2. تتفاوت قدرة النباتات المختلفة على تحمّل الملوحة، حتّى أنّ قدرة نفس النوع من النباتات على تحمّل الملوحة تختلف حسب صنفها ومرحلة نموها، لكنّ النباتات تملك عادةً الآليات اللازمة للتكيّف مع زيادة الملوحة إلى مستويات معيّنة قبل أن تبدأ بالتأثر تدريجيًا بزيادة الملوحة عند تجاوز هذه المستويات. ومن أجل توضيح تأثير ملوحة مياه الري على الإنتاجية المحتملة للمحاصيل، يُقدّم الجدول (19) مجموعة مختارة من المحاصيل وقدرتها على تحمّل الملوحة.
3. بما أنّ الملوحة تعتمد على العديد من العوامل المترابطة التي تتفاعل مع بعضها بعضًا، فإنه من الصعب إن لم يكُن من المستحيل توقع آثار الملوحة أو تقييمها بدقة بمعزلٍ عن تلك العوامل؛ حيث أنّ العديد من العوامل تؤثر في قدرة النبات على تحمّل الملوحة وفي تراكم الملوحة في التربة على المدى الطويل. هذه الحقيقة تجعل من الملوحة مسألةً يمكن التحكم فيها في معظم الحالات وهنا تبرز أهمية تطبيق ممارسات الزراعية الجيدة والشاملة لإدارة الملوحة. وبشكل أدق، فإن الحكم على ملاءمة المياه للري بناءً على ملوحتها فقط سيؤدي بلا شك إلى حكمٍ خاطئٍ تستند إليه قرارات غير حكيمة وسلوكيات متحفّظة تجاه إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في ظل ملوحتها.
4. ترتبط إدارة الملوحة ارتباطًا وثيقًا بإدارة الري، حيث تنطوي خطة الإدارة الجيدة للري على استخدام كمية كافية من المياه لتلبية احتياج المحصول للمياه من أجل النمو المثالي من ناحية، وتلبية متطلّبات الترشيح اللازمة لإبقاء الأملاح المتراكمة في التربة حيث تتواجد الجذور ضمن المستويات المقبولة التي لا تضرّ بالمحصول. ويمكن إجراء عملية الترشيح في كل مرة

يتم فيها ري المحصول، أو مرةً بعد مرة، أو بوتيرة أقل من ذلك، أو حتّى على فترات متباعدة، حسبما يقتضي الحفاظ على الملوحة دون الحدّ الذي يمكن أن يؤدي إلى انخفاض الإنتاجية بشكل غير مقبول.

5. يعتبر تصريف التربة للمياه العامل الرئيسي الذي يحدد اتجاه تراكم الأملاح، وما يترتب على ذلك من تراكم الملوحة في التربة، والأهم من ذلك كفاءة عملية الترشيح. فحتّى عند استخدام المياه العذبة عالية الجودة في التربة ذات القدرة المحدودة على تصريف المياه، فمن المتوقع أن تتراكم الملوحة في التربة. وعلى العكس من ذلك، عند استخدام المياه المالحة في التربة التي تتميّز بنظام تصريف جيد، فإنه من الممكن تجنّب تراكم الملوحة بسهولة من خلال إجراء عمليات الترشيح الكافية للتربة في المزارع.
6. يمنح نظام الري بالتنقيط المرونة للري اليومي وبكميات متدنية (4-8 لتر في الساعة لكل منقط)، حيث إنّ التجديد اليومي للمياه التي يستهلكها المحصول يحافظ على محتوى رطوبة للتربة عند سعة التخزين الحقلية للمياه ؛ أي الحالة المثلى لتوافر المياه للمحصول. وأي زيادة طفيفة في الري فوق السعة الحقلية للتربة ستؤدي إلى تحسين عملية ترشيح الأملاح.
7. نظرًا لجودة مياه الأمطار العالية، فإنّ هطول الأمطار في المنطقة المستهدفة يلعب دورًا مهمًا في ترشيح الأملاح لما دون منطقة جذور المحصول، بما يمنع تراكم الأملاح في التربة. وغالبًا ما يكون المطر أفضل وسيلة للترشيح، وخصوصًا في الحقول المروية بشكلٍ متكرّر – يوميًا على سبيل المثال.
8. يُشكّل محتوى الصوديوم في التربة ومياه الري مصدرًا للقلق، وذلك بسبب تأثيره المدمّر على بنية التربة على المدى الطويل عندما يكون الصوديوم هو الأيون السائد في مياه الري. ويؤدي تدمير بنية التربة بواسطة الصوديوم إلى ضعفٍ شديدٍ في تخلل المياه في التربة، ولكن بما أنّ ملوحة مياه الصرف الصحي المعالجة في الأردن تبلغ حوالي 2.4 ديسي سيمنز لكل متر ونسبة امتصاص الصوديوم تتراوح من 6 إلى 9 وفقًا للمواصفة الأردنية، فمن غير المرجح أن يحدث هذا التأثير المدمّر للصوديوم على التربة. يمكن استنتاج ما يلي من المناقشة السابقة:

- تّضح أنّ الحقول المختارة لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة يجب أن تتمتع بقدرة عالية على تصريف المياه لتفادي زيادة ملوحة التربة على المدى الطويل، حيث تلعب قدرتها هذه دورًا مهمًا في تسهيل وتحسين كفاءة عملية الترشيح. ولهذا السبب يُمكن إدارة الآثار قصيرة الأمد للملوحة على المحصول في التربة ذات القدرة الجيدة على تصريف المياه.
- عادةً ما تكون ملوحة مياه الصرف الصحي المعالجة في الأردن حوالي 2.4 ديسي سيمنز لكل متر. بالمقارنة مع قيم ملوحة المياه المبيّنة في الجدول، يتضح أنّ مياه الصرف الصحي المنزلي المعالجة مناسبة جدًا للاستخدام في ري المحاصيل المدرّة للدخل مثل الزيتون والبرسيم والشعير والقمح.
- يُفترض أن يتم الري يوميًا في سياق الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي. وبالتالي، لا تترتب أي مخاطر جسيمة على إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة سواءً أكان ذلك على المحاصيل أم على التربة. ومع ذلك، ينبغي تطبيق الممارسات والتدابير التالية:

أ. بما أنّ العناصر المُغذّية اللازمة للنمو السليم للنباتات متوفرة في كل من مياه الصرف الصحي المعالجة والتربة، فقد يكون من الضروري تقييد استخدام الأسمدة لتفادي زيادة ملوحة التربة. وكبديلٍ عن ذلك، يمكن استخدام التسميد الورقي للمواد المُغذية الدقيقة في بعض الحالات المعيّنة.

ب. يجب إضافة كمية إضافية من المياه، تعادل 10-20% من الاحتياجات المائية للمحصول، بانتظامٍ في الحقول المروية بمياه الصرف الصحي المعالجة، وخصوصًا خلال فترات انخفاض متطلّبات الري.

ج. يجب مواصلة الري بعد الأيام التي ينخفض فيها هطول الأمطار في بداية الموسم المطري.

د. يُعتبر مراقبة التربة والمحاصيل مفيدًا للتحقق من الاتجاهات والتغيّرات طويلة الأجل في ملوحة التربة.

2.7 القبول الاجتماعي

عادةً ما يرتبط القبول الاجتماعي بإدارة مياه الصرف الصحي لا سيّما عندما يتعلّق الأمر بتقنيات المعالجة وقرب محطات المعالجة إلى المجتمعات السكنية. وتُعزى التصوّرات الشعبية الخاطئة لإدارة مياه الصرف الصحي إلى التجارب السلبية الناشئة عن تشغيل محطات معالجة مياه الصرف الصحي المركزية على مدى فترة طويلة، وتحديدًا الرائحة الكريهة والتداعيات المتعلّقة بانخفاض أسعار الأراضي. لذلك من المهم هنا أن نقف بوضوحٍ على التحديات المرتبطة بالقبول الاجتماعي من وجهات النظر المختلفة. وفي هذا الصدد، ثمة مجموعتان مختلفتان وهما المجتمع والمزارعين واللّتان تتباينان من حيث المصالح والمخاوف. وبناءً على الخبرة الطويلة في العمل الوثيق مع المجتمعات، يتضح أنّ القبول الاجتماعي يرتبط عادةً بقبول المجتمعات لنهج الصرف الصحي اللامركزي بحد ذاته، ولكن عندما يتعلّق الأمر بإعادة استخدام مياه الصرف الصحي، يتمثّل التحدي في النزاع الناشئ عن المنافسة بين المزارعين على المياه، علمًا أنّه من المتوقع حدوث مثل هذه المنافسة في ضوء الربحية والمكاسب التي يمكن تحقيقها من استخدام المياه في المشاريع الزراعية المدرّة للدخل. من المؤكد أنّ رفض المزارعين لاستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة سيكون متوقعًا في حالة واحدة، وهي عندما يهدف استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة لأن يحلّ محل المياه العذبة التي يستخدمها المزارعون لري حقولهم، لا سيّما عندما يستطيع المزارعون الحصول على كميات كافية من المياه العذبة لري حقولهم.

3.7 استدامة نظام إعادة الاستخدام

تتطلّب الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي (كما تقترح هذه الورقة المفاهيمية) استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في المناطق المجاورة لإنتاج المياه، ممّا يضيّق نطاق المواقع المحتملة ويزيد من صعوبة العثور على موقعٍ مناسبٍ لممارسة إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في منطقة جغرافية صغيرة نسبيًا.

انطلاقًا من الخبرة الطويلة في الزراعة وإعادة استخدام المياه، يجب مراعاة المعايير التالية عند اختيار الموقع:

1. يجب تخصيص الموقع للري حصريًا، حيث إنّ استدامة نظام إعادة الاستخدام تعتبر غاية في الأهمية في سياق الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي، وتغيير استخدام الأرض سيعرّض استدامة مشروع إعادة الاستخدام للخطر. وخصوصًا عندما تكون الأرض مملوكة ملكية خاصة، بحيث لا توجد أي ضمانات بعدم تغيير استخدام الأرض لأغراض أخرى غير زراعية، كما هو الحال في معظم المناطق الريفية، حيث تتعرّض الأراضي الزراعية للتجزئة والتقلّص باستمرار بسبب الالتزامات التي يفرضها نظام الميراث. وهذا العامل هو الدافع الرئيسي لتغيير استخدامات الأرض مع مرور الوقت، من الاستخدامات الزراعية إلى السكنية أو غيرها من الاستخدامات الأكثر ربحية، لا سيّما أنّ أسعار الأراضي في الأردن تشهد ارتفاعًا مطردًا. وفي ضوء هذه الحقائق، ستكون الأراضي المملوكة للدولة هي الخيار الأمثل لضمان استدامة إعادة الاستخدام. وبالتالي، يوصى – حيثما أمكن – بحيازة أراضٍ كافية في محيط محطة المعالجة لإنشاء مشروع الري عليها، والذي يُعدّ في غاية الأهمية حيثما لا تتوافر الأراضي المملوكة للدولة في المنطقة المستهدفة لتنفيذ مشروع إعادة الاستخدام.
2. يجب أن تكون مساحة موقع (مواقع) إعادة الاستخدام كافيةً لاستغلال أقصى حدٍ ممكنٍ من المياه المعالجة واستيعاب كميات المياه المعالجة المتزايدة مع الوقت، حتّى بلوغ القدرة التصميمية الكاملة لمحطة المعالجة. ومن المهم لدى اختيار موقع إعادة الاستخدام الأخذ بالاعتبار الكمية الأولية من مياه الصرف الصحي المعالجة عند بدء التشغيل وأيضًا الزيادة اللاحقة في تلك الكمية، أي القدرة التصميمية لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي. ومن المحبّذ توافر مساحة إضافية قابلة للزراعة، ووجود أشجار بعلية مثل أشجار الزيتون أو الأشجار الحرجية في موقع محطة المعالجة أو في جوارها، لأنّ ذلك يساعد في إدارة الفائض المائي. وفي هذا الصدد، يوفر تنوّع الخيارات للمشغّل مساحةً كافيةً للمناورة من أجل الإدارة السليمة لإمدادات مياه الري والفائض المائي على حدٍ سواء.
3. يجب أن تكون تكلفة تزويد موقع إعادة الاستخدام بمياه الري معقولة. ولذلك يجب دائمًا إعطاء أولوية خاصة لقرب موقع إعادة الاستخدام من محطة المعالجة عند اختيار الموقع. علاوةً على ذلك، من المحبّذ دائمًا نقل مياه الري إلى موقع إعادة الاستخدام بقوة الجاذبية؛ حيث تنخفض التكاليف التشغيلية بشكلٍ كبيرٍ إذا كان الفرق في الارتفاع بين موقع محطة المعالجة وموقع إعادة الاستخدام كافيًا لتشغيل نظام الري بدون مضخات أو باستخدام الحد الأدنى من المضخات. وفي ظل هذه الظروف المثالية، ستكون التكاليف التشغيلية المنخفضة مغريةً للغاية للمزارعين لاستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في ري حقولهم أو حتّى الاستثمار في مشروع ريٍ جديد.
4. من المنظور الزراعي، يجب أن يكون الموقع مناسبًا للزراعة المروية بمياه الصرف الصحي. ويجب أن يستند القرار

بشأن ملاءمتها للري بمياه الصرف الصحي المعالجة إلى اختباراتٍ شاملة لخواصّ التربة، بما في ذلك عمق التربة وقوامها وبنيتها وملوحتها وقابليتها للتملّح وقدرتها على تصريف المياه. ومن ثمّ يجب تحليل ملاءمة التربة في ضوء جودة مياه الري وخصائص المحصول المراد زراعته. وأخيرًا، يجب مراجعة تقييم موقع إعادة الاستخدام والموافقة عليه من قبل مهندسين زراعيّين متمرّسين.

4.7 نظام التصريف الطبيعي في حالات الطوارئ

يجب أن يتوفر لدى محطة المعالجة نظام تصريفٍ طبيعي، أي وادٍ، في ظل تذبذب الطلب على الري طيلة الموسم، ويجب أن يكون وصولها إلى الوادي مضمونًا من الناحية القانونية وملائمًا من الناحية الفنية. وعليه، يجب ألّا يقع الوادي في أراضٍ مملوكة ملكية خاصة وأن يكون قادرًا على تصريف المياه بصورة آمنة وفعّالة. ويلعب الوصول إلى الوادي دورًا مهمًا للغاية، ليس فقط في إدارة إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في سياق الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي، ولكن أيضًا في استدامة منظومة الإدارة اللامركزية للصرف الصحي برمتها. وتكمن أهمية الوصول إلى الوادي في الأسباب التالية:

i. إمكانية إدارة الفائض المائي بسهولة عن طريق الوادي.
ii. توفير حل بديل في حال تغيير استخدام الأرض المخصّصة لموقع إعادة الاستخدام إلى أي استخدامات أخرى، لا سيّما عندما يكون موقع إعادة الاستخدام قائمًا على أرض مملوكة ملكية خاصة. وفي هذه الحالة، يمكن استخدام الوادي لتصريف مياه الصرف الصحي المعالجة.
iii. يمكن أن يخدم الوادي الذي يمكن الوصول إليه غرضيْن اثنيْن في آنٍ واحد. فمن ناحية، يعمل كنظامٍ لتصريف مياه الصرف الصحي المعالجة. في ظروفٍ استثنائية، عندما تقع محطة معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية في منطقة مرتفعة على مقربةٍ من سدٍ يُستخدم لتخزين مياه الري حصرًا، بحيث يمكن تصريف مياه الصرف الصحي المعالجة الناتجة من محطة معالجة مياه الصرف اللامركزية إلى ذلك السد. وفي هذه الحالة، سيتم بلا شك استخدام المياه في الري ولكن في موقعٍ آخر. ومن ناحية أخرى، يُشكّل الوادي بحدّ ذاته موقعًا بديلًا لإعادة الاستخدام، حيث لا يلزم سوى زراعته بالأشجار الحرجية.

بناءً على ما تقدّم، من الواضح أنّ إدارة الفائض المائي أو المياه المعالجة في أسوأ السيناريوهات لن تكون ممكنةً بدون ضمان الوصول إلى الوادي، ممّا يثير تساؤلًا عمّا سيكون عليه الوضع إذا تم تغيير استخدام الموقع على الأراضي المملوكة ملكيةً خاصةً إلى استخدامات أخرى غير زراعية ولم يعُد بإمكان محطة المعالجة الوصول إلى الوادي لتصريف المياه المعالجة. في هذه الحالة، سيكون انهيار مشروع الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي حتميًا. والأهم من ذلك، إنْ حدث ذلك ستزداد الشكوك حول جدوى النهج اللامركزي لإدارة مياه الصرف الصحي في السياق الأردني.

5.7 لإطار القانوني (المواصفة الأردنية 2006/JS893)

إنّ المواصفة الأردنية (2006/JS893) لتصريف مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها هي المواصفة الإلزامية التي تغطي المجالات المتعلّقة بما يلي: (1) تصريف مياه الصرف الصحي المعالجة إلى الأودية والسيول والمسطحات المائية (2) إعادة استخدام المياه المعالجة لتغذية المياه الجوفية (3) إعادة الاستخدام المباشر لمياه الصرف الصحي في الري الزراعي.

ويهدف هذا القسم إلى تسليط الضوء على بعض النتائج المستخلصة من مراجعة المواصفة من أجل لفت انتباه صناع القرار إلى إمكانية إدخال بعض التحسينات والتعديلات الضرورية لجعل المواصفة أكثر ملاءمةً لتوسيع نطاق إعادة استخدام المياه في السياق الأردني.

1. ما تزال المواصفة الأردنية 2006/JS893 تعتمد إرشادات منظمة الصحة العالمية القديمة (1989) على الرغم من صدور نسخة محدّثة منها بعد 16 سنة؛ حيث إنّ إرشادات منظمة الصحة العالمية القديمة (1989) تستلزم معالجة مياه الصرف الصحي وفقًا لمواصفات معيّنة لإعادة استخدامها في الري دون اقتراح حلولٍ للمخاطر المحتملة التي ربما تنشأ عن انخفاض جودة المياه المعالجة لأيٍ سببٍ من الأسباب. في حين أنّ إرشادات منظمة الصحة العالمية لعام 2006 تعتمد

نهجًا متعدّد المستويات لإدارة المخاطر على أساس تقييم المخاطر دون الإخلال بالجوانب الصحية. كما أنّ توسيع نطاق إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في الري يتطلّب فهمًا عميقًا لإرشادات منظمة الصحة العالمية لعام 2006 والتي ينبغي اعتمادها في مراجعة المواصفة الأردنية الحالية 2006/JS893 لأسبابٍ عديدة، بما في ذلك:

i. إنّها نسخة محدّثة من إرشادات منظمة الصحة العالمية القديمة (1989) التي تستند إليها المواصفة الأردنية 2006/JS893.
ii. تتناول إرشادات منظمة الصحة العالمية لعام 2006 استخدام مياه الصرف الصحي من منظورٍ جديدٍ وتستند إلى النتائج والأدلة الجديدة المستخلصة من البحوث والدراسات الميدانية والعلمية والوبائية.
iii. لقد أثبتت إعادة الاستخدام المباشر وغير المباشر لمياه الصرف الصحي لفترة طويلة في الأردن صحة هذه الإرشادات. وفي المقابل، توضّح هذه الإرشادات كيف بقيَت ممارسة إعادة الاستخدام آمنةً طيلة هذه السنين دون وجود خطة لإدارة المخاطر.
iv. تأخذ إرشادات منظمة الصحة العالمية لعام 2006 في الاعتبار الأوضاع الاجتماعية والاقتصادية للبلدان دون المساس بالقضايا الصحية. في هذا الصدد، تقترح إرشادات منظمة الصحة العالمية لعام 2006 العديد من التدابير الفعالة التي تعمل بالتكامل مع محطات المعالجة لتقليل المخاطر المرتبطة بإعادة الاستخدام. وهذه التدابير – التي سبق ذكرها في هذه الورقة المفاهيمية – متاحةٌ وسبق أن أثبتت فعاليتها العالية في السياق الأردني. وبالتالي، فإنّ الإصرار على اعتماد مواصفة صارمة نسبيًا سيزيد من تكلفة إدارة مياه الصرف الصحي ويتجاهل إمكانات تدابير الحماية الفعالة المتاحة للأردن والتي تدعم الاستخدام الآمن لمياه الصرف الصحي المعالجة. ومن ناحية أخرى، تُهمِل المواصفة قدرة نظام إعادة الاستخدام على استيعاب أحمال التلوّث.

2. بالنسبة إلى استخدامات الري، فإنّ المواصفة الأردنية 2006/JS893 لا تأخذ في الاعتبار التقلّبات الحتمية في الطلب على الري على مدار العام. وبما أنّ مياه الصرف الصحي المعالجة ستتدفق من محطة المعالجة بشكلٍ مستمر، فستكون هناك حاجة إلى تصريف الفائض المائي الزائد عن احتياجات الري عند تطبيق ممارسة إعادة الاستخدام. وتكمن معضلة المواصفة الأردنية 2006/JS893 بشكل أساسي في وجود مجموعتيْن متناقضتيْن من المواصفات، إحداهما للري والأخرى لتصريف المياه المعالجة، في حين أنّ الاستخدامين صنوان لا يفترقان في سياق إعادة استخدام مياه الصرف الصحي. في هذه الحالة، حينما تُستخدم المياه المعالجة للري، سيتعيّن تلقائيًا تصريف المياه المعالجة خلال أوقات معيّنة من تشغيل نظام إعادة الاستخدام. فببساطة، لا يمكن استخدام كميات المياه المعالجة الإجمالية في الري في جميع الأوقات، وبالتالي فإنّ التصريف المتكرر للفائض المائي إلى الوادي يُشكّل جزءًا لا يتجزأ من إدارة إمدادات الري. ومن هذا المنطلق، يجب تلبية مواصفتيْ كلا الاستخدامين في الوقت ذاته، إلّا أنّ التفاوت الكبير في الحدود القصوى المسموح بها للمعايير في كلتا المواصفتيْن لا يسمح بتحقيق هذا التناغم.

بناءً على ما تقدّم، ثمة خياران لاستخدام المياه المعالجة للري: (1) مطابقة جودة المياه المعالجة لمواصفة التصريف، أو (2) استخدام المياه المعالجة كاملةً للري دون تصريف أي جزءٍ منها، ولا يمكن للخيار الثاني أن يتحقق ما لم يتم تخزين الفائض المائي لاستخدامه لاحقًا خلال وقت ذروة الطلب على الري، مما يتطلّب خزانًا مناسبًا لتخزين الفائض من إمدادات مياه الري، والذي يُعدّ مستحيلًا من الناحية العملية في معظم الظروف.

ويجب أن تكون الجهات التنظيمية على دراية بالترابط الذي لا يتجزأ بين كلا الاستخدامين، الري وتصريف المياه المعالجة. وبالتالي، من المهم للغاية وجود مواصفات مشتركة لكلا الاستخدامين؛ ببساطة من المستحيل تغيير جودة مياه الصرف الصحي المعالجة بحيث تفي بالمواصفة الأردنية لكلا الاستخدامين بالتناوب بعد تشغيل محطة المعالجة.

3. تحظر المواصفة الأردنية استخدام طريقة الري بالرش، سوى لري ملاعب الجولف، لكنّها تُستخدم على أرض الواقع لري حقول المحاصيل العلفية بالقرب من محطة السمرا لمعالجة مياه الصرف الصحي. وتكشف هذه الحقيقة أنّ المواصفة الأردنية، التي من المفترض أن تكون مواصفةً وطنيةً ممّا يجعلها إلزاميةً على مستوى المملكة، تختلف في تطبيقها حسب موقع إعادة الاستخدام والجهة المسؤولة عن تشغيل نظام إعادة الاستخدام.

4. تعلّق المواصفة الأردنية 2006/JS893 أهميةً أقل على معايير جودة مياه الري المهمة من المنظور الزراعي، بينما تفرض حدودًا أكثر صرامةً على بعض المعايير التي هي في الواقع أقل أهمية. وبهذا، تتّسم المواصفة الأردنية 2006/JS893 بمرونة كبيرة فيما يتعلّق بقيمة مجموع المواد الصلبة العالقة لمحاصيل الفئة (ج) مع أنّ محاصيل هذه الفئة هي المحاصيل المستهدفة الرئيسية لإعادة الاستخدام المباشر، ناهيك عن أنّ طريقة الري بالتنقيط هي طريقة الري المسموحة الوحيدة. ويعتبر مجموع المواد الصلبة العالقة العامل المحدِّد لاستخدام الري بالتنقيط بسبب مشكلات الانسداد المرتبطة بارتفاع مجموع المواد الصلبة العالقة.
5. تتباين حدود مجموع المواد الصلبة العالقة لفئات الري المختلفة بشكلٍ كبيرٍ؛ حيث تتراوح قِيَم الحدود من 15 مغ/لتر إلى 300 مغ/لتر. وبما أنّ خطورة مجموع المواد الصلبة العالقة تكاد تكمن حصرًا في انسداد أنظمة الري بالتنقيط، فلا يوجد مبرر لوضع حدود مختلفة لمجموع المواد الصلبة العالقة لفئات الري المختلفة؛ ببساطة، فإنّ طريقة الري بالتنقيط هي طريقة الري الوحيدة المسموحة بموجب المواصفة الأردنية ويجب بالتالي استخدامها في جميع الأحوال، رغم أنّ مجموع المواد الصلبة العالقة لا تأثير له على المحصول نفسه لتبرير التباين في حدود مجموع المواد الصلبة العالقة.
6. إنّ حدود النترات لاستخدامات التصريف (80 مغ/لتر) أعلى من تلك المطلوبة لكافة استخدامات الري (30-70 مغ/لتر). ومن المستغرب تجاهل قدرة النبات على امتصاص النترات رغم أنّه أيون أساسي لنمو النباتات وتحتاج إليه بكميات كبيرة. والأهم من ذلك أنّ الحدّ المسموح به من النترات في مياه الشرب يبلغ 50 مل/لتر (إرشادات منظمة الصحة العالمية).
7. إضافةً إلى ذلك، فإنّ حدود النترات للمحاصيل من الفئة (ج) أكثر مرونة نسبيًا منها للمحاصيل من الفئتيْن (أ) و(ب). على سبيل المثال يستطيع البرسيم – وهو من محاصيل الفئة (ج) التي من الشائع زراعتها حول محطات المعالجة –إنتاج احتياجه من النيتروجين بشكل طبيعي من خلال عملية تثبيت النيتروجين الجوي في نظام جذوره. وفي ضوء هذه الحقيقة، ينبغي تعديل حدود النترات في المياه المستخدمة لري البرسيم. وفي هذه الحالة، تُعدّ ممارسة الزراعة البينية ضروريةً لضمان الامتصاص الكافي للنترات بواسطة المحصول الآخر.
8. إنّ الحد الأقصى المسموح به من الإشريكية القولونية لري ورود القطف صارمٌ للغاية؛ أقل من 1.1 (الرقم الأكثر احتمالًا أو وحدة تشكيل كولون لكل 100 مللي لتر (مل)). وهو ما يثير تساؤلًا عمّا إذا كان خطر تعرّض الأشخاص لورود القطف المروية بمياه الصرف الصحي المعالجة أعلى من خطر استهلاك المحاصيل التي تؤكل نيئة المروية بمياه ذات جودة أقل في وادي الأردن. ويبيّن الجدول (20) جودة المياه من حيث الإشريكية القولونية لكلا نوعيْ المياه المستخدميْن للري في وادي الأردن. وعلى الرغم من أنّ المتوسط الهندسي للإشريكية القولونية في «مياه الصرف الصحي المعالجة المخلوطة» والمياه العذبة من قناة الملك عبدالله يبلغ 103 و 102 على التوالي، فمن المرجح أن يتجاوز عدد الإشريكية القولونية حدود المتوسط الهندسي، ويصل إلى 104 و 103 على التوالي وفقًا للتقرير السنوي للجمعية العلمية الملكية.

يتّضح أنّه على الرغم من سماح المواصفة الأردنية بري ورود القطف بمياه الصرف الصحي المعالجة، فإنّ صرامة المواصفة الأردنية لإعادة الاستخدام تجعل ذلك أمرًا مستحيلًا من الناحية العملية!

9. لا تحدّد المواصفة الأردنية 6002/398SJ عدد الإشريكية القولونية في المياه المعالجة لري المحاصيل العلفية التي تندرج تحت الفئة (ج)، رغم أنّها المحاصيل الأكثر انتشارًا في المناطق المجاورة لمحطات المعالجة.
10. خدم المواصفة الأردنية 2006/JS893 غرضًا مزدوجًا. أولًا ضمان الأداء التشغيلي لمحطات المعالجة، وثانيًا تنظيم استخدامات مياه الصرف الصحي المعالجة بما في ذلك استخدامات الري. وإلى جانب رصد جودة المياه؛ تفرض المواصفة الأردنية التدابير التالية:
    i. حظر استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة في ري الخضار التي تؤكل غير مطبوخة (نيئة).
    ii. استخدام طريقة الري بالتنقيط، التي تكاد لا تُستخدم على أرض الواقع.

الجدول (20) متوسط عدد الإشريكية القولونية في نوعيْ المياه المستخدميْن للري غير المقيّد في وادي الأردن

	الإشريكية القولونية (الرقم الأكثر احتمالًا لكل 100 مللي لتر (مل))
«مياه الصرف الصحي المعالجة المخلوطة»	1.3×10^3
المياه العذبة السطحية	1.9×10^3

المصدر: التقرير السنوي للجمعية العلمية الملكية (2015/2014)

iii. اقتصار استخدام طريقة الري بالرش على ري ملاعب الجولف على أن يتم ذلك ليلًا فقط.
iv. إيقاف الري قبل جني المحصول بأسبوعيْن عند استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة لغايات ري الأشجار المثمرة مع استبعاد جني الثمار الساقطة والملامسة للتربة.

وعلى الرغم من الأهمية المفروغ منها للتدابير المذكورة أعلاه التي تفرضها المواصفة الأردنية، فإنّها تفتقد إلى تدبيرٍ مهمٍ وهو آلية التحقق من جودة المحاصيل المروية بمياه الصرف الصحي، والأهم من ذلك التحقق من تأثير مياه الصرف الصحي المعالجة على التربة الزراعية على المدى الطويل.

11. تعتمد حدود الملوثات المسموح بها في مياه الصرف الصحي المعالجة على تركيزها في المياه وليس على حمل التلوّث الإجمالي. ولتبسيط الفكرة، يهدف المثال التالي لتوضيح العلاقة بين حجم محطة المعالجة، وأداء المعالجة، وحمل التلوّث في المياه الخارجة من محطة المعالجة إلى البيئة.

بالنسبة إلى نظام معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزي الذي من المفترض تنفيذه في الأردن لخدمة 5000 نسمة كحدٍ أقصى، وعلى افتراض أنّ تدفق مياه الصرف الصحي للفرد يساوي 70 لتر يوميًا، لن يتجاوز الناتج اليومي من مياه الصرف الصحي المعالجة 350 مترًا مكعبًا. وفي المقابل، سيبلغ الناتج اليومي من مياه الصرف الصحي المعالجة 1750 مترًا مكعبًا لمحطة معالجة مركزية أكبر حجمًا تخدم 25 000نسمة، على افتراض نفس التدفق اليومي. وعلى افتراض أن يكون أداء المعالجة في محطة المعالجة اللامركزية بنصف مستوى أداء محطة المعالجة المركزية فقط، ستكون أحمال التلوّث المحتملة للمعايير الرئيسية في المياه الخارجة من محطتيْ المعالجة على النحو المبيّن في الجدوليْن (21) و (22) أدناه.

الجدول (21) حمل التلوّث اليومي المفرغ في 350 م3 من المياه المعالجة في محطة تعمل بموجب مواصفة ليّنة نسبيًا

المعامل	مواصفة جودة المياه (مغ/ل)	حمل التلوّث اليومي (كغ) في (350م³/يوم)
الاحتياج الحيوي للأكسجين	60	21
النترات	80	28
إجمالي النيتروجين	70	24.5
الفوسفات	15	5.25

الجدول (22) حمل التلوّث اليومي المفرّغ في 1750 م3 من المياه المعالجة في محطة تعمل بموجب مواصفة صارمة نسبيًا

المعامل	مواصفة جودة المياه (مغ/ل)	حمل التلوّث اليومي (كغ) في (0571م3/يوم)
الاحتياج الحيوي للأكسجين	30	52.5
النترات	40	70
إجمالي النيتروجين	35	61.3
الفوسفات	7.5	13.1

يمكن استنتاج الآتي من خلال المقارنة السريعة بين النظاميْن:

- على الرغم من أنّ أداء المعالجة في المحطة المركزية المفترضة أفضل من أداء المحطة اللامركزية بضعفيْن، فإنّ حمل التلوّث الناجم عن محطة معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية يعادل 40% فقط من إجمالي حمل التلوّث الناجم عن محطة المعالجة المركزية.
- في حال استخدام المياه المعالجة في كلتا المحطتيْن المفترضتيْن في ري المحصول نفسه، سيكون الفائض المائي الزائد عن

متطلبات ري المحصول أكبر في سياق محطة مياه الصرف الصحي المركزية، وبالتالي سيكون حمل التلوّث في مياه الفائض أعلى في سياق محطة مياه الصرف الصحي المركزية.

- من المنظور البيئي، يُعدّ التلوّث من حيث الحمل الإجمالي مؤشرًا جيدًا لتقييم أثر تلوّث مياه الصرف الصحي على البيئة والموارد المائية. وفي المقابل، يُعدّ التلوّث من حيث التركيز مؤشرًا جيدًا لتقييم أداء المعالجة في المحطة.

في الختام، لا يمكن للمواصفة الأردنية في شكلها الحالي أن تدعم توسيع نطاق الصرف الصحي اللامركزي بدون مراجعتها وتعديلها. وطالما أنّ المواصفة الأردنية 2006/JS893 هي المواصفة الوحيدة المنطبقة على معالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها في سياق الصرف الصحي اللامركزي، يوصى بشدةٍ بمراجعة المواصفة وإدخال التعديلات الضرورية عليها. أمّا الخيار الآخر فهو وضع مواصفة أخرى منفصلة لسياق الصرف الصحي اللامركزي، لا سيّما أن سياسة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية نفسها اعتمدت هذا الخيار واقترحت مجموعتيْن منفصلتيْن من المواصفات. والأهم من ذلك أن تأخذ المواصفة في الاعتبار المخاوف والاحتياجات التالية:

i. اختلاف حجم محطات المعالجة
ii. القدرة الاستيعابية لجميع النظم البيئية، بما في ذلك نظام إعادة الاستخدام ونظام التصريف والمسطح المائي المستقبِل
iii. قرب محطة المعالجة إلى المسطحات المائية، فيما يتعلّق باحتمالية وصول الملوثات إلى المسطحات المائية وكمياتها
iv. الوضع الاجتماعي والاقتصادي في الأردن والتداعيات المالية والفنية
v. تقنيات المعالجة ميسورة التكلفة وأدائها

1.5.7 تعقيبات على المواصفة المقترحة في سياسة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية (2016)

حرصًا على تيسير إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة لأغراض الري في سياق الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي، اقترحت سياسة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية مجموعتيْن من المواصفات للمياه المعالجة الناتجة من فئتيْن مختلفتيْن من محطات المعالجة اللامركزية، الأولى بقدرة استيعابية تتراوح من 51 إلى 500 نسمة والثانية من 501 إلى 5000 نسمة. وبعد مراجعة المواصفة المقترحة، تم استخلاص الاستنتاجات التالية:

- تحتوي المواصفة على ستة معايير فقط من المعايير العديدة التي تفرضها المواصفة الأردنية 2006/JS893 وتنظّم جودة المياه المعالجة الناتجة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي المركزية. وتشمل هذه المعايير الاحتياج الكيميائي للأكسجين، ومجموع المواد الصلبة العالقة، ومجموع النيتروجين، والنترات، و الإشريكية القولونية، والرقم الهيدروجيني (pH). وبعد تقليص عدد المعايير التي تنظّم جودة المياه المعالجة إلى ستة، فإنّ للمواصفة المقترحة ميزة نسبية على المواصفة الإلزامية 2006/JS893، ما يجعل تطبيقها ممكنًا.
- رغم أنّ المواصفة المقترحة تنظّم فئتيْن مختلفتيْن من حيث الحجم من محطات المعالجة اللامركزية، ما يقتضي ضمنيًا أن تكون على أساس أحمال التلوّث، إلّا أنّها تقترح نفس القيمة لكل معيار ضمن مجموعتيْ المعايير اللتان تنطبقان على كلتا الفئتيْن. وبالتالي، فهي لا تأخذ بالاعتبار الفرق في حجم محطات المعالجة أو حتّى أحمال التلوّث. ممّا يطرح سؤالًا بشأن الغرض من وجود قيمتيْن، لكنّهما متساويتيْن لكل معيار في هذه المواصفة، طالما أنّ الفلسفة الكامنة وراء اقتراح مجموعتيْن من المواصفات تتلخّص في تنظيم فئتيْن مختلفتيْن من محطات المعالجة.
- تتناول المواصفة المقترحة ثلاثة استخدامات عامة لمياه الصرف الصحي المعالجة، وهي التصريف المفتوح، وخندق الترشيح، والري. ويصنّف هذا الاستخدام الأخير وفقًا إلى ثلاث طرق للري: الري السطحي، بالتنقيط، والري المكشوف. أما بالنسبة إلى خندق الترشيح، فهو ينطبق فقط على محطات المعالجة الصغيرة التي تخدم 50-500 نسمة.
- وفقا للمواصفة المقترحة في السياسة، يُشترط أن تكون منطقة التصريف مسيّجة للسماح بالتصريف المفتوح للمياه المعالجة. وتُعدّ المواصفة المقترحة أشدّ صرامةً من المواصفة الأردنية 2006/JS893 في هذا الشأن. وينبغي أن تكون الجهات التنظيمية على علمٍ بالتكاليف المترتبة على هذا الشرط، بما في ذلك التكاليف الرأسمالية وتكاليف الصيانة والتدابير

اللازمة لحماية الموقع من الأعمال التخريبية الممكن حدوثها.

- لا تضع المواصفة أي قيود واضحة على المحاصيل التي يجوز ريّها بمياه الصرف الصحي المعالجة، لكنّها تذكر استثناءً صريحًا واحدًا وهو حظر ري المحاصيل الجذرية مثل الجزر والبطاطس بمياه الصرف الصحي المعالجة. وحتّى هذا الحظر لا يسري إلّا في حالة استخدام طريقة الري السطحي، وفقًا للمواصفة. فمن ناحية، يمكن تفهّم حظر ري هذه الأنواع من المحاصيل بمياه الصرف الصحي المعالجة بصرف النظر عن طريقة الري، دون أي استثناء؛ حيث إنّ مياه الري – بغض النظر عن جودتها – ستصل إلى طبقة التربة حيث توجد الجذور، وبالتالي يجب أن تكون مخاطرها – إن وجدت – على هذه الأنواع من المحاصيل مصدر قلقٍ دائمٍ، بغض النظر عن طريقة الري المتّبعة. وفي ظل عدم وجود خطة لإدارة المخاطر، ينبغي استخدام تقييد المحاصيل باعتباره تدبيرًا احترازيًا أساسيًا لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي في سياق الصرف الصحي اللامركزي، وهذا ضروري بصفة خاصة لأنّ نهج الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي ما يزال نهجًا جديدًا ولا يوجد في الأردن نموذج أعمال ناضج مطبّق بفعالية لهذا النهج الجديد بعد.
- في حالة الري بالتنقيط، تشترط المواصفة المقترحة تسييج منطقة الري أو استخدام الأغطية البلاستيكية. ومن المفاجئ أنّ المواصفة لا تشترط هذا التدبير للحقول المروية بالري السطحي (المكشوف/المفتوح) رغم أنّ المخاطر الناجمة عن التعرّض لمياه الري والتربة الرطبة مرتفعة نسبيًا في حالة الري المكشوف مقارنةً بالطرق الأخرى مثل الري بالتنقيط أو الري السطحي. علاوةً على ذلك، فإنّ الخيار الآخر – أي الأغطية البلاستيكية – غير قابل للتطبيق على معظم المحاصيل مثل البرسيم.
- تُحدّد المواصفة المقترحة القيمة القصوى للنترات في المياه المعالجة عند 60 مغ/لتر، وهي أشدّ صرامةً من القيمة المحدّدة في المواصفة الأردنية 2006/JS893 للاستخدام ذاته (80 مغ/لتر). ولا تقترح المواصفة قيمًا للنترات لاستخدامات الري. أمّا بالنسبة إلى مجموع النيتروجين، فتقترح المواصفة قيمةً واحدةً (70 مغ/لتر) لجميع الاستخدامات النهائية لمحطات المعالجة الكبيرة فقط، بينما لا تقترح قيمةً لمجموع النيتروجين لأي استخدامات نهائية لمحطات المعالجة الصغيرة باستثناء تصريف المياه المعالجة.
- يبلغ الحد الأقصى المسموح به لعدد الإشريكية القولونية في المواصفة المقترحة 1000 لكلا الاستخدامين، تصريف المياه المعالجة والري، وينخفض إلى 100 فقط في حالة الري المكشوف، بينما يُترك بدون تحديد للري السطحي وخندق الترشيح. من غير المفهوم كيف تم اقتراح الحد الأقصى لعدد الإشريكية القولونية دون تحديد المحاصيل التي يُسمح بزراعتها مسبقًا في المواصفة.
- تقترح المواصفة نفس القيمة لمجموع المواد الصلبة العالقة لجميع استخدامات الري دون مراعاة التفاوت في مخاطر مجموع المواد الصلبة العالقة مع اختلاف طرق الري. وتجدر الإشارة إلى أنّ المخاطر تبلغ أوجها في طريقة الري بالتنقيط، في حين تكاد لا تُذكر في طريقة الري المكشوف.
- بالإضافة إلى استخدامات الري، تسمح المواصفة المنطبقة على محطات المعالجة الصغيرة (التي تخدم 50-500 نسمة) بالتخلّص من المياه المعالجة من خلال «خندق ترشيح» بحد أقصى 1م^3/10م^2 يوميًا. ويتبيّن من عملية حسابية بسيطة أنّ هذه الكمية من المياه يصل عمقها في خندق الترشيح 100 مم يوميًا. وبعبارة أخرى، فإنّ معدل التصريف المسموح به لمياه الصرف الصحي في خنادق الترشيح يبلغ في المتوسط نحو 4.2 مم في الساعة. ويجب أن تتمتّع الخنادق بالقدرة الكافية على الترشيح، والتي تساوي 4.2 مم/ساعة أو أكثر قليلًا، لضمان رشح كمية المياه الكاملة عبر سطح التربة وتفادي تشكّل برك المياه أو الجريان السطحي للمياه. وتعتمد قدرة الخنادق على الترشيح على عددٍ من العوامل المختلفة التي تؤثر معًا على عملية الترشيح، والتي سيغطي هذا القسم بعضًا منها فقط.

ويجب الانتباه إلى أنّ معدلات الترشيح تختلف باختلاف نوع التربة. يُظهر الجدول (23) معدلات الترشيح الأساسية لعدة أنواع مختلفة من التربة.

بصرف النظر عن آثار العوامل الأخرى، يبدو نظريًا أنّ المعدل المقترح لتصريف المياه المعالجة (4.2 مم/ساعة) قابل للتحقيق في معظم أنواع التربة، باستثناء التربة الطينية. ولكن عند النظر في العوامل الأخرى التي تؤثر على معدل الترشيح، يتضح أنّ الحمل اليومي المسموح المقترح في المواصفة (أي 1م^3/10م^2) غير دقيق، حيث يجب أخذ العوامل الرئيسية التالية بالاعتبار:

i. سيُضيف هطول الأمطار خلال فصل الشتاء عمقًا إضافيًا للمياه، ويؤدي ذلك بدوره إلى زيادة إجمالي عمق المياه التي تحتاج إلى أن تترشّح عبر سطح التربة في الخنادق. وفي هذه الحالة، فإنّ العمق الزائد عن قدرة التربة على الترشيح سيؤدي إلى ركود المياه على سطح التربة أو حدوث جريان سطحي للمياه.
ii. سوف يؤدي تراكم المواد الصلبة العالقة في التربة إلى انخفاض معدل الترشيح مع مرور الوقت، بحيث تؤدي المواد الصلبة العالقة في المياه المعالجة إلى سدّ المسامات في سطح التربة، ممّا يبطئ معدل الترشيح.
iii. تؤدي زيادة تركيز أيونات الصوديوم في التربة إلى انخفاض معدل الترشيح بشكلٍ كبيرٍ جدًا، لا سيّما في أنواع التربة الثقيلة.
iv. يعتمد معدل الترشيح إلى حدٍ كبيرٍ على سرعة تغلغل المياه عبر طبقات التربة. وبطبيعة الحال فإنّ أي تباطؤ في سرعة تغلغل المياه سيعيق حركتها إلى الأسفل، وبالتالي سيؤثر على معدل الترشيح. وتُعدّ بنية طبقات التربة السفلية من أهم العوامل المؤثرة على تغلغل المياه. وعلاوةً على ذلك، فإنّ وجود طبقة صلبة سيؤدي بالتأكيد إلى تقليل تغلغل المياه. إذن، وفي ضوء العوامل المختلفة التي تؤثر في قدرة الخنادق على ترشيح المياه، ينبغي إعادة النظر في الحد الأقصى اليومي المسموح به، مع مراعاة الأثر الجماعي لكافة هذه العوامل على معدل ترشيح المياه في الخنادق.

ويجب الانتباه إلى أنّ التخلّص من المياه المعالجة عن طريق خنادق الترشيح يشكّل خطرًا أكبر – أي تلوّث المياه الجوفية - من استخدامها في الري، لا سيّما عندما تقع هذه الخنادق فوق طبقاتٍ صخريةٍ تحتوي على الكثير من الشقوق العميقة.

وعلى الأقل، يتمتّع نظام إعادة استخدام المياه المعالجة في الري بقدرةٍ استيعابيةٍ عالية تكفي لأن تكون بمثابة تدبير للتخلّص الآمن من المياه المعالجة، والأهم من ذلك، بطريقة منتجة ومربحة.

وفي الختام، فإنّ أيًا من المواصفتيْن، المواصفة الأردنية 2006/JS893 والمواصفة المقترحة في السياسة ذات الصلة، **لا تقدّم حلًا للتناوب المتواصل بين الاستخدامَيْن** - تصريف المياه المعالجة والري - على مدار العام عند توافر الفائض المائي في أوقات انخفاض الطلب على مياه الري. وهذا يثير تساؤلًا حول الاستخدام الأهم الذي يتعيّن إعطاء الأولوية لمواصفته وتقديمها على مواصفة الاستخدام الآخر لدى تصميم محطة المعالجة. علاوةً على ذلك، تظهر كلتا المواصفتيْن **صرامةً غير مبررة** في المعايير التي **تحتاج إلى المرونة، بينما تظهران مرونةً** في المعايير التي **تحتاج إلى الصرامة!** وينطبق الشيء نفسه أيضًا على بعض المتطلّبات غير المبرّرة.

8. المقترحات والتوصيات

تهدف المقترحات والتوصيات التالية إلى تشجيع الحوار بين صناع القرار والجهات التنظيمية والتشغيلية من أجل اتخاذ القرارات والإجراءات التي من شأنها أن تخلق بيئةً مواتيةً لتوسيع نطاق إعادة استخدام المياه المعالجة في سياق الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي:

- نظرًا للقدرة الاستيعابية المحتملة لنظم إعادة الاستخدام في الري، ينبغي اعتماد إعادة استخدام مياه الصرف الصحي كعنصر لا غنى عنه للإدارة الآمنة لمياه الصرف الصحي؛ حيث سيحقق ذلك أهدافًا في غاية الأهمية، بما فيها:

i. لن تكون محطة معالجة مياه الصرف الصحي التدبير الوحيد لضمان الإدارة الآمنة لمياه الصرف الصحي. على العكس، سيكون نظام إعادة الاستخدام في الري تدبيرًا فعالًا «لما بعد المعالجة»، بدلًا من أن يكون عبئًا يحتاج مواصفةً صارمةً كمتطلّب مسبق لاستخدام مياه الصرف في الري.
ii. تسمح القدرة الاستيعابية لنظام إعادة الاستخدام للجهات التنظيمية باعتماد مواصفة أكثر واقعية تمكّن حماية البيئة وتوسيع نطاق إعادة الاستخدام وفتح الباب أمام اعتماد تقنيات المعالجة القريبة من الطبيعة والأقل كلفة،

ممّا يُخفّف من الأعباء الاقتصادية المترتبة على توسيع نطاق استخدامها بما يتماشى مع القدرات الاقتصادية الأردنية.

iii. يسمح الصرف الصحي اللامركزي ميسور التكلفة بالتوسّع التدريجي في خدمات الصرف الصحي على مراحل متعدّدة. ويُمْكن أن يساعد تطبيق أبسط أشكال إعادة استخدام مياه الصرف الصحي، والمتمثّل في تبديد مياه الصرف الصحي المتسرّبة من الحفر الامتصاصية بواسطة الأشجار الحرجية، في تقليل مخاطر التلوّث في المناطق غير المخدومة بخدمات الصرف الصحي في هذه الأثناء إلى حين تغطيتها بخدمات الصرف الصحي.

- يُوصى بتقييد إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في سياق الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي. في البداية، يمكن أن تقتصر استخدامات الري على المحاصيل العلفية وأشجار الزيتون والمحاصيل الحقلية الشتوية والأشجار الحرجية، ويُعزى ذلك إلى الأسباب التالية:

i. عدم وجود إدارة شاملة للمخاطر المرتبطة بإعادة استخدام مياه الصرف الصحي وارتفاعها نسبيًا في سياق الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي، حيث تُستخدم مياه الصرف الصحي المعالجة في مواقع التجمعات السكنية.
ii. نظرة صناع القرار شديدة التحفّظ بشأن إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في سياق الصرف الصحي اللامركزي على وجه الخصوص؛ حيث ما تزال التجربة الأردنية في مجال الصرف الصحي اللامركزي محدودةً وغير كافية لتشجيع صناع القرار على تحمّل مخاطر استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة لري مجموعة واسعة من المحاصيل.
iii. تفوق أهمية حماية البيئة، بما في ذلك الموارد المائية، وتحسين الظروف الصحية، أي دوافع أخرى لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي في سياق الصرف الصحي اللامركزي. ويمكن تحقيق هذه الغاية من خلال إعادة استخدام مياه الصرف الصحي لري مجموعة مختارة من المحاصيل والأشجار الحرجية، على النحو المقترح في هذه الورقة المفاهيمية.

- نظرًا للأهمية البالغة لاستدامة إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في سياق الصرف الصحي اللامركزي، ينبغي توفير الشروط التالية منذ البداية:

i. الوصول الخالي من العوائق إلى وادٍ مناسبٍ لإدارة مياه الصرف الصحي المعالجة؛ أي تصريف المياه المعالجة والفائض المائي أو استخدامهما للري.
ii. تخصيص مساحات كافية من الأرض الزراعية لممارسة إعادة استخدام مياه الصرف الصحي حصريًا. ويمكن أن يُشكّل الوادي نفسه موقعًا إضافيًا أو بديلًا جيدًا لإعادة الاستخدام من خلال زراعته بالأشجار الحرجية.

لا يُمكن الاستغناء عن الشرط الأول (الوادي) أعلاه حتّى في المواقع التي لا تستوفي كلا الشرطيْن معًا، وذلك لضمان استدامة تشغيل نظام الصرف الصحي.

- بالنسبة إلى المناطق التي من المستبعد ربطها بشبكة الصرف الصحي قريبًا، يوصى بتشجيع وتطبيق أبسط أشكال إعادة استخدام مياه الصرف الصحي، وهي زراعة الأشجار الحرجية بالقرب من الحفر الامتصاصية لتبديد مياه الصرف الصحي المتسرّبة منها.
- تعتمد مخاطر تلوّث البيئة والموارد المائية بفعل مياه الصرف الصحي على العوامل التالية:

i. إجمالي أحمال التلوّث التي يتم تصريفها، والتي تعتمد بدورها على تراكيز الملوثات وإجمالي كمية مياه الصرف الصحي المعالجة الناتجة من محطة المعالجة.

ii. قرب المسطحات المائية إلى مخرج محطة المعالجة، ولا يُقصد بذلك المسافة المستقيمة بل طول خط الصرف الصحي واحتمالية وصول المياه المعالجة إلى المسطح المائي.
iii. قدرة النظم البيئية على استيعاب أحمال التلوّث. وتشمل النظم البيئية نظام إعادة الاستخدام والمسطحات المائية المستقبِلة والوادي المخصص لتصريف المياه المعالجة.
iv. أمّا العامل الأهم فهو الوضع الاجتماعي والاقتصادي للبلاد. ويُفترض أن تُشكّل هذه العوامل جميعًا الأساس لوضع مواصفة معالجة مياه الصرف الصحي المنزلي واستخداماتها.

- في ضوء الاختلافات بين الإدارة المركزية واللامركزية لمياه الصرف الصحي من حيث المفهوم والسياق والنطاق، يوجد خياران لوضع مواصفة مناسبة تُفضي إلى توسيع نطاق الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي. ويتمثل الخيار الأول في تعديل المواصفة الأردنية الحالية (2006/JS893) لتشمل الإدارة المركزية واللامركزية لمياه الصرف الصحي على حدٍ سواء، بينما يتمثل الخيار الثاني في وضع مواصفة منفصلة للإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي وهو الخيار المعتمد في سياسة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية. و ينبغي لصناع القرار الموازنة بين سلبيات وإيجابيات هذين الخيارَيْن، مع الأخذ في الاعتبار إمكانية الازدواجية والتكامل بين كلا النهجيْن، إدارة مياه الصرف الصحي المركزية واللامركزية. ويبدو أنّ الخيار الثاني أسهل وأسرع وأفضل نظرًا لصعوبة تعديل المواصفة الحالية.
- يوصى بشدة بمراجعة المواصفة الأردنية الحالية (2006/JS893) ليس فقط من أجل الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي تحديدًا، بل من أجل إدارة مياه الصرف الصحي عمومًا.
- في حال اختيار تعديل المواصفة الأردنية (2006/JS893) لتشمل توسيع استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة للري في سياقيْ الصرف الصحي المركزي واللامركزي، لا يوصى باعتماد نهجٍ قائمٍ على أحمال التلوّث فقط، كما هو الحال في ألمانيا، وذلك لأسبابٍ عديدة:

i. من المفترض استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري، والأهم من ذلك، أن يكون ذلك في سياق الصرف الصحي اللامركزي. على خلاف السياق الألماني حيث يتم تصريف مياه الصرف الصحي المعالجة إلى الأنهار الجارية التي تتمتع بقدرة عالية على استيعاب أحمال التلوّث، فضلًا عن نقل أحمال التلوّث بعيدًا عن التجمعات السكنية.
ii. يتطلّب اعتماد مواصفة قائمة على أحمال التلوّث فقط في السياق الأردني استحداث فئات مختلفة من معايير الجودة ليتسنّى تطبيق المواصفة على كميات مختلفة من المياه المعالجة، حيث يستلزم التباين الكبير في حجم محطات المعالجة في الأردن مجموعةً متنوّعة من هذه الفئات. وهذا يثير التساؤل حول ما إذا كانت المواصفة الأردنية الحالية (2006/JS893) ستكون هي المواصفة المرجعية الأساسية لمحطات المعالجة الكبيرة أم الصغيرة. فمن ناحية، إذا تم اعتماد المواصفة الحالية كمواصفة مرجعية لمحطات المعالجة الكبيرة، سيؤدي تخفيف صرامتها بالتناسب مع حجم محطات معالجة مياه الصرف الصحي إلى إعطاء مرونة عالية جدًا لجودة المياه المعالجة الناتجة من محطات المعالجة الصغيرة، بما في ذلك جميع محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية، بحيث تكون غير مناسبة للري. ومن الناحية الأخرى، إذا تم اعتماد المواصفة الحالية كمواصفة مرجعية لمحطات المعالجة الصغيرة، فإنّ تكييفها لمحطات المعالجة الكبيرة سيُفضي إلى مواصفة صارمة للغاية تتطلّب تطوير محطات معالجة مياه الصرف المركزية القائمة بشكلٍ كبيرٍ، والذي يُعتبر بعيدًا عن الإمكانيات المالية للأردن.
iii. تشهد محطات المعالجة في الأردن توسّعًا مستمرًا لاستيعاب الزيادة المطردة في كمية مياه الصرف الصحي نتيجة المساكن الجديدة التي يتم ربطها بشبكات الصرف الصحي. ويستحيل في مثل هذا السياق اعتماد مواصفة قائمة على الأحمال الإجمالية في مياه الصرف الصحي المعالجة.

- بدلًا من ذلك، يبدو أنّ التوصّل إلى تسوية واقعية ما بين التوصيات التالية يشكّل طريقةً عمليةً ومجديةً لاقتراح مواصفةٍ واقعيةٍ لإدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية:

i. يوصى بأن تتعلّق المواصفة المقترحة للصرف الصحي اللامركزي بهذيْن الاستخدامَيْن فقط، أي تصريف مياه الصرف الصحي المعالجة والري.
ii. يوصى بدمج مواصفتيْ الاستخدامَيْن في مواصفة واحدة تنظّم كلا الاستخدامَيْن معًا.
iii. في هذه المواصفة، يمكن أن يكون لكل معيار أربعة حدود مسموح بها وهي القيمة الدنيا والقيمة الوسطى الدنيا والقيمة الوسطى القصوى والقيمة القصوى:

- تنطبق القيمة الدنيا فقط على تصريف جميع مياه الصرف الصحي المعالجة إلى وادٍ غير مزروع، بحيث لا يتم إعادة استخدامها إطلاقًا.
- تنطبق القيمة الوسطى الدنيا فقط على تصريف مياه الصرف الصحي المعالجة في وادٍ مزروع بالأشجار الحرجية المناسبة.
- تنطبق القيمة الوسطى القصوى فقط على استخدام الري، شريطة تصريف الفائض المائي الزائد عن متطلبات الري إلى وادٍ غير مزروع.
- تنطبق القيمة القصوى فقط على استخدامات الري، شريطة تصريف الفائض المائي، إن وجد، إلى وادٍ مزروع بالأشجار الحرجية المناسبة.
- ينبغي إعطاء استثناء لقيم إجمالي المواد الصلبة العالقة نظرًا لمشكلة الانسداد المرتبطة بارتفاع تركيز إجمالي المواد الصلبة العالقة في سياق الري بالتنقيط، وهي طريقة الري الإلزامية وفقًا للمواصفة الأردنية (2006/JS893).

iv. ثمّ يتم اختيار إحدى القيَم الأربع أعلاه واعتمادها لتصميم محطة المعالجة في مرحلة التخطيط لنظام الصرف الصحي اللامركزي في موقعٍ معيّن. وفي هذا الصدد، يجب أن تقدّم دراسة الجدوى الأولية إجابةً محددةً بشأن ما إذا كان موقع المشروع المخطط له يدعم استدامة إعادة استخدام مياه الصرف الصحي، بالإضافة إلى التحديد أي مدى يمكن ممارسة إعادة الاستخدام. وبذلك، لا تشكّل القيمة الأشد صرامةً الأساس الذي سيستند إليه تصميم محطة المعالجة.
v. فيما يتعلّق بإعادة استخدام مياه الصرف الصحي في سياق الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي فقط، يوصى بأن يقتصر استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة على ري المحاصيل المندرجة تحت الفئة (ج) في المواصفة الأردنية (2006/JS893).
vi. على الرغم من إمكانية تقسيم المواصفة المقترحة وتفصيلها لتشمل فئات مختلفة بناءً على حجم محطات المعالجة اللامركزية، فلا توجد توصية عاجلة في السياق الأردني الراهن للأسباب التالية: (1) سيتم استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري (2) كما في التوصية أعلاه، سوف يقتصر استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة على بعض المحاصيل (الفئة ج) التي تحتاج إلى نفس جودة مياه الري، (3) حجم مشاريع الصرف الصحي اللامركزية في السياق الأردني ما يزال صغيرًا نسبيًا مع تفاوتٍ ضئيلٍ لا يكاد يُذكر.
vii. يوصى بتخفيف صرامة قيَم بعض المعايير الواردة في المواصفة الأردنية (2006/JS893) بناءً على القدرة الاستيعابية لنظام إعادة الاستخدام، لا سيّما العناصر المُغذّية الذائبة (النترات والفوسفات) التي تستطيع النباتات والكائنات الحية الدقيقة التي تعيش في التربة امتصاصها بكمياتٍ كبيرةٍ. ومن ناحية أخرى، فإنّ الفرق الكبير في قيَم مجموع النيتروجين والنترات ليس مفهومًا وبالتالي يمكن خفض قيَم مجموع النيتروجين.
viii. تُسهِم الأسمدة التركيبية في زيادة ملوحة التربة ويمكن أن تحتوي على بعض المعادن الثقيلة، بينما مياه الصرف الصحي المعالجة غنية جدًا بمعظم العناصر المُغذّية، وبالتالي يوصى بشدة أن تحظر المواصفة استخدام هذه الأسمدة إلّا في حالات نادرة جدًا عند الحاجة إلى التسميد الورقي لعلاج نقص العناصر المُغذّية الصغرى لدى النبتة.

ix. يوصى بشدة بتنفيذ برنامج مراقبة شامل لدراسة تأثير إعادة استخدام مياه الصرف الصحي على التربة والمحاصيل المروية والأشجار الحرجية والموارد المائية على المدى الطويل؛ حيث إنّ هذه هي الأداة الوحيدة الموثوقة لمراقبة اتجاه التلوّث البيئي. ومن ناحية أخرى، تمكن نتائج برامج المراقبة الجهات المعنية من إعادة تقييم فعالية التدابير الراهنة وتطبيق التدابير الإضافية اللازمة. كما أنّ برامج المراقبة تُمثّل أدوات في غاية الأهمية تُساعد صناع القرار على اتخاذ القرارات الاستراتيجية بشأن إعادة استخدام مياه الصرف الصحي.

x. يوصى بأن تتضمّن المواصفة برامج المراقبة باعتبارها متطلبًا إلزاميًا.

xi. يوصى بأن تحدّد المواصفة الأردنية صراحةً المؤسسات والجهات المسؤولة عن تنفيذ برامج المراقبة ذات الصلة.

يمثّل الجدول (24) أدناه مقترحًا أوليًا لجودة مياه الصرف الصحي المعالجة فيما يتعلّق بتصريف المياه المعالجة وري المحاصيل تحت الفئة (ج) فقط في سياق الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي. ويتضمّن الجدول قيَم المعايير الواردة في المواصفة الأردنية (2006/JS893) لأغراض المقارنة. ويمكن تجاهل المعايير الأخرى إمّا لأنّها لا تُشكّل مشكلةً في مياه الصرف الصحي الأردنية، وإمّا لأنّ محطات المعالجة القائمة كافةً تفتقد إلى القدرات الفنية اللازمة لإزالتها.

الجدول (24) المواصفة المقترحة لجودة المياه المعالجة في سياق الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي

المعامل	الوحدة	المواصفة الأردنية 2006/JS893		المواصفة المقترحة لجودة المياه المعالجة في سياق الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي			
		التصريف	ري المحاصيل من الفئة (ج)	التصريف إلى وادٍ غير مزروع	التصريف إلى وادٍ مزروع	استخدام الري + تصريف الفائض إلى وادٍ غير مزروع[2]	استخدام الري + تصريف الفائض إلى وادٍ مزروع[2]
الاحتياج الحيوي إلى الأكسجين	مغ/لتر	60	300	70	80	-	-
مجموع المواد الصلبة العالقة	مغ/لتر	60	300	70	80	50	50
النترات	مغ/لتر	80 (100 في الأيام الماطرة)	70	90	100	130	150
نترات النيتروجين[1]	مغ/لتر	18.1(22.6 في الأيام الماطرة)	15.8	20.4	22.6	29.4	34
مجموع النيتروجين	مغ/لتر	70 (100 في الأيام الماطرة)	100	50	60	70	80
الفوسفات	مغ/لتر	15	30	20	25	35	40
الإشريكية القولونية	وحدة تشكيل كولون لكل 100 ملي لتر (مل) الرقم الأكثر احتمالًا لكل 100 ملي لتر (مل)	1000	-	1000	1000	10000	10000
الديدان الطفيلية المعوية	بيضة/لتر	0.1≥	0.1≥	0.1≥	0.1≥	0.1≥	0.1≥

الملاحظات:

[1] تمثّل قيمة نترات النيتروجين تركيز عنصر النيتروجين وبالتالي يتم حسابها بقسمة قيمة النترات على 4.42

[2] يُفترض الري بالتنقيط فقط في حالة استخدام الري ولا ينطبق هذا الشرط على تصريف الفائض في وادٍ مزروع

9. المراجع

Abdel-Jabbar, Sameer. 2006. Guidelines for Reclaimed Water Irrigation in the Jordan Valley.

Abdel-Jabbar, Sameer and Sobh, Ahmad. 2011. On-farm Risk Management Training Manual for Treated Wastewater Use in Irrigation. GIZ/ Use of Marginal Water Project, Amman, Jordan

Abdel-Jabbar, Sameer and Sobh, Ahmad. 2011. The Water Program Approach in promoting Good Agricultural Practices for Use of Reclaimed Water. In: Efficient 2011 Conference. Dead Sea, Jordan.

Artur, Vallentin. 2003. Guidelines for brackish water irrigation in the Jordan Valley. GIZ/ Brackish Water Project, Amman, Jordan.

Ayers R. S. and Westcot, D. W. 1985. Water Quality for Agriculture. Irrigation and Drainage, Paper 29, Rev 1, FAO, Rome

Brentrup, F., Hoxha, A., and Christensen, B. 2016. Carbon footprint analysis of mineral fertilizer production in Europe and other world regions. In: Proceedings of the 10th International Conference on Life Cycle Assessment of Food 2016, 19-21 Oct 2016, Dublin/ Ireland.

Brentrup, F. and Palliere, C. 2008. Energy Efficiency and Greenhouse Gas Emissions in European Nitrogen Fertilizer Production and Use. Fertilizers Europe. 24p.

Decentralized Wastewater Management Policy. Ministry of Water and Irrigation. Amman, Jordan.

FAO. 1992. Wastewater Treatment and Use in Agriculture. M. B. Pescod. FAO Irrigation and Drainage, Paper 47. FAO, Rome. 125p.

Jordanian Interdisciplinary Working Group. 2011. Towards the safe use of treated wastewater - The national plan for risk monitoring and management system for the use of treated wastewater upstream and downstream King Talal Reservoir.

Jordanian Standard 893/2006 for Domestic Wastewater. Jordan Standard Metrology Organization. Amman, Jordan.

Jordan's Third National Communication on Climate Change (2014), submitted to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Ministry of Environment. Amman, Jordan.

Khraisheh, M., Sobh A., and Yousef, S. 2015. Results of the State Monitoring Program for Reclaimed Water-irrigated Crops in the Jordan Valley. GIZ/ Use of Marginal Water Project. Amman, Jordan.

Ministry of Water and Irrigation. The Annual Report (2009 – 2010).

Royal Scientific Society. 2006-2016. The Annual Reports on Monitoring of Water Resources Quality.

Sobh, Ahmad. 2011. Food Security: A cross-cutting theme in the German-Jordanian Water Program.

WHO. 2006. Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater, volume 2: Wastewater use in agriculture. Geneva, World Health Organization, 2006.

الجزء (ج) نماذج الأعمال لإدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية في الأردن

المؤلف: عماد الكرابلية

بمساهمة من: كيث بوروبل، فرانك بوجاديه، غيرهارد رابولد

1. المقدّمة

انطلق مشروع «الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي من أجل التكيّف مع التغيّر المناخي في الأردن» (ACC) برعاية الوزارة الاتحادية الألمانية للتعاون الاقتصادي والتنمية في شهر حزيران من عام 2014 بهدف بناء قدرات النظراء الأردنيين، وخصوصًا وزارة المياه والري وسلطة المياه وغيرهما في مجال الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي. ويركّز المشروع على تفصيل تدابير الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي من أجل التكيّف مع التغيّر المناخي بهدف دعم تنفيذ سياسة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية الوطنية الأردنية. ويعمل المشروع حاليًا على تحديد أفضل الممارسات والتدابير في سياق الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي في الأردن، بما في ذلك وسائل التشغيل المستدامة لأنظمة الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي وتمهيد الطريق للتوسّع فيها.

وتوفّر محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية فرصةً لمعالجة مياه الصرف الصحي بغرض استخدامها للري وغيره من الاستخدامات الأخرى، مثل الصناعات والإسمنت والبستنة وملاعب الجولف وما إلى ذلك، في المناطق غير المربوطة بمحطات المعالجة المركزية أو التي لا يمكن ربطها بها بشكلٍ فعالٍ من حيث التكلفة. وتشمل مزايا التقنيات اللامركزية قدرتها على توفير البنية التحتية لمعالجة مياه الصرف الصحي في المجتمعات الريفية النائية والجبلية وقدرتها على الاستجابة لمتطلبات المجتمعات شبه الحضرية سريعة النمو. كما تستطيع الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي خدمة المناطق التي لا تستطيع الأنظمة المركزية خدمتها بسبب القيود الفنية والمالية.

هذا ويمثّل جعل الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي عملًا تجاريًا مجديًا ومغريًا للمستثمرين والمشغّلين من القطاع الخاص تحديًا كبيرًا، حيث إنّ غياب نماذج الأعمال المستدامة للإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي ربما يكون العائق الأكبر أمام تحسين الصرف الصحي على أرض الواقع في المناطق الريفية وشبه الحضرية.

2. الافتراضات العامة والمبادئ التوجيهية لهذه الدراسة

يُفترض أن تُفضي نتائج هذه الدراسة إلى فهمٍ أفضل للفرص المحتملة لـ «تحويل مشاريع الصرف الصحي الصغيرة إلى مشاريع تجارية». وتستند الدراسة إلى سياسة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية والتي تُعتبر رسميًا المبادئ التوجيهية لتطوير قطاع الصرف الصحي اللامركزي في الأردن.

يتلخّص النهج العام والافتراضات العامة للاستشاري في النقاط التالية:

- تم اختيار قرية راسون في محافظة عجلون لهذه الدراسة باعتبارها موقعًا تمثيليًا نموذجيًا، على إثر التقصيّات السابقة التي أجراها مشروع «الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي من أجل التكيّف مع التغيّر المناخي في الأردن» (ACC) في إطار دراسة «الصرف الصحي للملايين» بالاتفاق مع العميل. علاوةً على ذلك، تعتبر عجلون منطقةً ساخنةً من قبل سلطة المياه نظرًا لوجود العديد من الينابيع الضحلة المعرّضة لخطر التلوّث، ممّا يضيف سببًا آخر لاختيار هذه القرية تحديدًا.
- تم استخدام بيانات حقيقية إلى أقصى حد ممكن، والتي تم الحصول عليها من استطلاعات الأسر المعيشية في راسون من المشاريع السابقة (دورش، 2014).
- من المتوقع تمويل الاستثمار الأولي في البنية التحتية المادية (شبكات المجاري ومحطات معالجة مياه الصرف الصحي) بمنحٍ من وكالات التنمية الدولية. وبالتالي، فإنّ نموذج الأعمال يأخذ في الاعتبار التدفقات النقدية اللاحقة للاستثمار، بما في ذلك الحفاظ على رأس المال.
- لجميع الحسابات والاعتبارات، تم اختيار الأرض الرطبة المنشأة ذات التدفق العمودي ذات المرحلتيْن باعتبارها التقنية النموذجية لمعالجة مياه الصرف الصحي (انظر القسم المعني باختيار التقنية أدناه) والتي تتطلّب على الأرجح أقل النفقات الاستثمارية والتشغيلية، وبالتالي تمثّل «الحل الأفضل»، حيث لن تحقق أي تقنية أخرى أداءً ماليًا أفضل لنماذج الأعمال المختارة لأنّها تتطلّب نفقات رأسمالية وتشغيلية أعلى.
- يشمل المشغّلون المحتملون مؤسسات المياه التابعة لسلطة المياه والشركات الخاصة والجمعيات التعاونية.

3. تعريف المعالجة والإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي

تشمل معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية مجموعةً متنوعةً من النُهُج لجمع مياه الصرف الصحي ومعالجتها وإعادة استخدامها في المساكن الفردية، والمرافق الصناعية أو المؤسسية، ومجموعات المنازل أو الشركات، والمجتمعات بشكل كامل. وينبغي تقييم خصوصيات كل موقع من أجل تحديد نوع نظام المعالجة المناسب له. وتُشكّل هذه الأنظمة جزءًا من البنية التحتية الدائمة والتي يمكن إدارتها كمرافق قائمة بذاتها أو ربطها مع أنظمة معالجة مياه الصرف الصحي المركزية (شبه مركزية). وتوفر مجموعةً واسعةً من خيارات المعالجة والتي تتراوح من المعالجة البسيطة والخاملة حيث يتم تصريف المياه في التربة والتي يشار إليها عادةً باسم الأنظمة في الموقع، إلى النُهج الميكانيكية المعقدة مثل وحدات المعالجة المتطوّرة التي تجمع وتعالج مياه الصرف الصحي من عدة مبانٍ وتصرّفها في المياه السطحية أو التربة. وتكون عادةً في موقع إنتاج مياه الصرف الصحي أو بالقرب منه (كابوداغليو، 2017)، على بُعد مسافة لا تتجاوز 3-5 كم، ولا تكون متصلةً بشبكة مجاري مركزية تربطها بمحطة مركزية لمعالجة مياه الصرف الصحي (كابوداغليو، 2017).

ويشمل مصطلح «اللامركزية» أيضًا الأنظمة التي تخدم أجزاءً صغيرةً من منطقة حضرية ما وفقًا للاعتبارات المائية والطبيعية والبيئية المحلية. وتحتاج الأنظمة اللامركزية إلى مستوى أعلى من الوعي والانخراط والمشاركة من جانب المستخدمين المحليّين مقارنةً مع الأنظمة المركزية. وعادةً ما يتم اتخاذ أو مناقشة القرار بتنفيذ حلٍ لامركزي لمعالجة مياه الصرف الصحي على المستوى المحلي، وعادةً ما يكون أصحاب المصلحة المحليون أكثر مبادرةً عند مناقشةً هذه الأنظمة.

وتكمن الفكرة الأساسية وراء استخدام المعالجة المركزية للمياه في الحاجة لنقل مياه الصرف الصحي إلى خارج المدينة بعيدًا عن المواقع السكنية بأسرع وقتٍ ممكن من أجل تخفيف مخاطر الصحة العامة. ويتمتع نهج المعالجة المركزية لمياه الصرف الصحي بقدرةٍ كبيرةٍ على معالجة مشكلات الصرف الصحي بكفاءة عالية (زانغ وآخرون، 2014)، لكنّها غالبًا ما تعاني من الاستثمارات الرأسمالية المرتفعة والتشغيل غير السليم والاعتماد المفرط على تقنيات المعالجة التي لا يمكن تحمّل تكلفتها في المناطق الريفية ذات الكثافة السكانية المنخفضة والمنازل المتباعدة أو المتفرّقة. وتم تنفيذ أنظمة لامركزية تجريبية تخدم 1000 نسمة كحد اقصى في المناطق الحضرية في بعض الدول الأوروبية (ألمانيا وهولندا).

تُعرّف اللجنة الأوروبية للتوحيد القياسي محطات معالجة مياه الصرف الصحي الصغيرة على أنّها أنظمة تخدم أقل من 50 نسمة. بينما تُعرّف المفوّضية الأوروبية تقنيات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية على أنّها تخدم أقل من 5000 نسمة وفقًا لـ (بيرلاند وكوبر، 2001)، في حين يُحدّد (غاترير، بانزيربيتر، ريكيرتسوجل، وساسيه، 2009) الحد الأقصى بألف متر مكعب يوميًا من مياه الصرف

الصحي أو 10000 نسمة. وتقدم محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية معالجة لتدفقات مياه الصرف الصحي بمعدلات متقاربة من الاحتياج الكيميائي بالنسبة للاحتياج الحيوي للأكسجين وبكمية تتراوح من 1 إلى 1000 متر مكعب يوميًا لكل وحدة[8] ، وفقًا لـ (غاترر وآخرون، 2009).

أمّا في هذه الدراسة ووفقًا للتعرفات الأردنية، تُستخدَم عبارة «أنظمة الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي» لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي التي تخدم أقل من 5000 نسمة في موقع إنتاج مياه الصرف الصحي أو بالقرب منه، مع إمكانية اختلاف أحجام المحطات وتقنيات المعالجة، مثل محطات المعالجة في الموقع للمنازل الفردية، أو المحطات التي تخدم مجموعات صغيرة إلى متوسطة الحجم من المنازل، أو حتّى مجتمعات كاملة. وتتكوّن العديد من أنظمة الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي من محطات معالجة متعددة تخدم سكان منطقةٍ محدّدة. ويحيط الجدل بالمقصود بعبارة «أقل من 5000 نسمة»، فهل تشير إلى إجمالي عدد سكان المجتمع أم إلى عدد السكان المحتمل ربطهم بالشبكة أم إلى حجم محطة المعالجة؟ وعلى سبيل المثال، إذا تم ربط مجتمع مؤلف من 9000 نسمة بمحطتيْن لمعالجة مياه الصرف الصحي بحيث تخدم كلٌ منهما 4500 نسمة بسبب التضاريس، فهل يمكن اعتبارهما محطتيْن لامركزيتيْن لمعالجة مياه الصرف الصحي؟

عادةً، تمثّل أنظمة جمع مياه الصرف الصحي في المناطق ذات الكثافة السكانية العالية حول 60-80% من التكاليف الرأسمالية لنظام مياه الصرف الصحي كاملًا. وفي المناطق الأقل كثافة سكانية، ترتفع هذه النسبة أكثر وتؤدي تكلفة نقل مياه الصرف الصحي لمسافات طويلة إلى محطة معالجة مركزية إلى ارتفاع تكلفة الوحدة لدرجةٍ تجعلها غير مجدية ماليًا أو اقتصاديًا. وغالبًا ما يكون النهج اللامركزي الذي يعالج هذه المشكلات وغيرها مجديًا أكثر، لكنّ كل حالة بحاجة إلى تقييمها على حدة لضمان اتخاذ القرار الاستثماري الأمثل إجمالًا. ويمكن اعتبار نظام المعالجة نظامًا لامركزيًا عندما يستوفي المعايير التالية بغض النظر عن الكثافة السكانية وتقنية المعالجة:

1. ملاءمة الظروف المحلية شديدة التنوّع.
2. توفير المعالجة الموثوقة والفعالة لمياه الصرف الصحي المنزلي.
3. أن تكون مراحل التخطيط والتنفيذ قصيرةً زمنيًا.
4. تكاليف استثمارية معتدلة.
5. متطلّبات محدودة للتشغيل والصيانة.

كما يمكن تبرير مزايا نظام الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي في الأردن بالحقائق التالية:

1. المسافة طويلة بين مكان إنتاج مياه الصرف الصحي ومحطات معالجة مياه الصرف الصحي الكبيرة.
2. التكلفة العالية لضخ مياه الصرف الصحي بسبب التضاريس غير المواتية.
3. التكلفة الرأسمالية العالية لحفر شبكة المجاري بسبب التربة القاسية.
4. محدودية توافر الأراضي (الحكومية) لبناء محطات معالجة مياه الصرف الصحي المركزية (الكبيرة).

4. التحديات الراهنة التي تواجه نماذج أعمال الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي

تتطلّب عمليات القطاع الخاص الناجحة وضوحًا واستقرارًا مؤسسيًا وتنظيميًا وسوقيًا، بالإضافة إلى الجاذبية التجارية، وقد تمت مناقشة العوائق العديدة التي يجب تذليلها. وتُقدّم القائمة التالية ملخّصًا للمخاوف بناءً على المقابلات الشخصية والتجارب المحلية:

- **المسؤوليات المؤسسية** للإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي (<5000 نسمة) **غير واضحة**، وخصوصًا بالنسبة إلى سلطة وادي الأردن.
- **مسؤولية التشغيل والصيانة غير محدّدة** (ارجع إلى العمليات الخاصة شركة مياه اليرموك/مياهنا/العقبة).
- **الإطار التنظيمي غير شامل وغير واضح.**

(8) وفقًا لسياسة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية في الأردن، فإنّ النهج اللامركزي لإدارة مياه الصرف الصحي هو الأنسب للضواحي والمناطق الريفية (...) حيث إنّ تكاليف نقل مياه الصرف الصحي لمسافاتٍ طويلةٍ إلى محطة معالجة مركزية كبيرة تفوق التكلفة المحتملة للمحطة نفسها (وزارة المياه والري، 2016 ب).

- **عدم منح شهادات التدريب على نظم التشغيل والصيانة** (التعليم والتدريب).
- تردّد الحكومة بتطبيق **نظام تعرفة** شامل وعادل للإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي حرصًا على الاستقرار السياسي.
- **مشاركة القطاع الخاص** (التصميم والبناء والتشغيل والصيانة) **غير كافية.**
- **يعتبر اهتمام القطاع الخاص** في هذا القطاع محدود، لأنّ التعرفات القائمة **على استرداد التكلفة الكاملة وجني الأرباح المعقولة غير مضمونة.**
- لا توجد **سوق تنافسية** للتشغيل والصيانة حتّى الآن؛ وهناك **حاجة** إلى كتلة حرجة (أي عدد جيد) من محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية («معالجة لامركزية – إدارة مركزية»).
- يُعتقد بأنّ **إيرادات** بيع مياه الصرف الصحي المعالجة (كبديلٍ للمياه العذبة) **لا تغطي التكلفة**، خاصةً وأنّ تعرفة المياه منخفضة للغاية (مدعومة).

بالإضافة إلى التحديات المؤسسية المذكورة أعلاه، تعتمد المشاركة الناجحة للقطاع الخاص في التنمية المستدامة لإمدادات المياه وخدمات الصرف الصحي على العوامل التالية:

- **ضمان طويل الأجل للديمومة المالية**، ما يعني درجةً من اليقين التنظيمي والمالي بشأن التعرفات والالتزامات بتقديم الدعم عند الحاجة، حتّى أنّ أي شك بعدم الالتزام بهذه الضمانات يمكن أن يؤدي إلى اهتمامٍ محدودٍ من جانب المستثمرين، حيث سيؤدي ذلك بالتأكيد إلى اقتصار اهتمام المستثمرين على الأنشطة التشغيلية فقط والإحجام عن الاستثمار في الحفاظ على رأس المال والتوسّع.
- **دعم المستهلك** من خلال الاستعداد لدفع الرسوم ودعم الأنشطة، لا سيّما فيما يتعلّق بالمنافع الاجتماعية التي يحققها نظام الصرف الصحي الجيد.
- **التزام الأطراف الأخرى ذات العلاقة**، مثل القطاع الزراعي والمنظمات التي تدعم أنظمة رصيد الكربون، بتقديم ضمانات طويلة الأجل لتدفقات الإيرادات.
- **دعم جهات مؤسسية أخرى**، مثلًا من منظمات حماية البيئة، لضمان عمل المشغّل بالشراكة معها لتحقيق منافع عامة أوسع نطاقًا.
- **تلبية الحد الأدنى لتوقعات المستثمرين**، مثل التدفق النقدي الإيجابي والعائد المضمون على رأس المال وهامش الربح المضمون وما إلى ذلك.

5. نظرة عامة على معالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها في الأردن

1.5 سياسات المياه والصرف الصحي الأردنية

قام الأردن خلال الأعوام الأخيرة بوضع وتنفيذ مجموعة مبهرة من سياسات واستراتيجيات المياه والصرف الصحي، كما هو موضحٌ بإيجازٍ أدناه:

تشدّد استراتيجية المياه الأردنية - المياه من أجل الحياة (2008-2022) (وزارة المياه والري، 2009) على ضرورة تشجيع مشاركة القطاع الخاص في أنشطة وزارة المياه والري. وينبغي لوزارة المياه والري تشجيع وتوسيع دور القطاع الخاص في توزيع مياه التجزئة، ومياه الصرف الصحي، ومياه الصرف الصحي المعالجة، ومياه الري. وسيتم التركيز على المنافع الاجتماعية المقترنة بالاستثمار الخاص. كما سيتم النظر في إنشاء محطات لامركزية لمعالجة مياه الصرف الصحي في المناطق الحضرية الجديدة. ويجب أن تصدر وزارة المياه والري المواصفات والمعايير الدنيا لاستخدام خزانات معالجة الصرف الصحي في المناطق الريفية. بالإضافة إلى إيلاء اهتمامٍ خاصٍ لحماية طبقات المياه الجوفية الأساسية. علاوةً على ذلك، يجب أن تطوّر وزارة المياه والري أساليب مبتكرة لمعالجة مياه الصرف الصحي في الأنظمة البلدية الصغيرة، مع إقرار وتعميم معايير التصميم ومواصفات الأداء والمبادئ التوجيهية لهذه الأنظمة. بيد أنّ العديد من

الأهداف والأنشطة المنصوص عليها في هذه السياسة لم تحقق مستهدفاتها المتوقعة أو تجاوزت مواعيدها النهائية.

تتناول الاستراتيجية الوطنية للمياه 2016-2025 (وزارة المياه والري، 2016 ج) الحاجة إلى توسيع خدمات الصرف الصحي لتغطية الطلب المستقبلي المتوقع على الخدمة وإعادة تأهيل البنية التحتية الحالية لشبكات تجميع مياه الصرف الصحي وشبكات مياه الري (وزارة المياه والري، 2016 ج). وسيتم استخدام الأنظمة اللامركزية حيثما يكون مناسبًا، مع تحسين إدارة كل من الأنظمة المركزية واللامركزية. وسوف تراعي استراتيجية الصرف الصحي الصحة والنظافة والبيئة عند تطوير محطات معالجة مياه الصرف الصحي والنفايات في المراكز الحضرية والقرى الصغيرة. وسيتم زيادة قدرات معالجة مياه الصرف الصحي لتغطي كافة أنحاء الأردن وفقًا للاستراتيجية الوطنية لمياه الصرف الصحي (برنامج الدعم المؤسسي والمساعدات الفنية، 2014). وقد تمخّض عن هذه السياسة اقتراح الخطة الوطنية لتنفيذ وتشغيل وصيانة محطات معالجة مياه الصرف الصحي (وزارة المياه والري، 2015). وبالنسبة إلى المناطق التي يقل عدد سكانها عن 5000 نسمة، فلا يُقترح إنشاء أنظمة تجميع ومعالجة مياه الصرف الصحي ما لم تكُن قريبةً إلى مرافق المعالجة والتجميع القائمة مسبقًا أو في حال مواجهة ظروف استثنائية متعلّقة باعتبارات الصرف الصحي والصحة العامة.

تهدف سياسة إحلال المياه وإعادة الاستخدام (وزارة المياه والري، 2016 هـ) إلى توجيه قطاع المياه نحو استخدام أكثر كفاءة للموارد المائية، حيث تنصّ على إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة للري والأنشطة الاقتصادية الأخرى وتحرير المياه العذبة للاستخدامات البلدية. وتدعو إلى توسيع نطاق جمع ومعالجة مياه الصرف الصحي، وتحديث وتطوير المواصفات والممارسات لإحلال مياه الصرف الصحي المعالجة محل المياه العذبة المستخدمة في الري. كما سيتم تعزيز استخدام المياه السطحية في الاستخدامات البلدية لتخفيف الضغط عن المياه الجوفية. ويجب تحسين مواصفات ومعايير مياه الصرف الصحي المعالجة لضمان إعادة الاستخدام الآمن وإنتاج منتجات تحقق عوائد اقتصادية كبيرة باستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة. هذا وتستطيع الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي أن تساهم في تحقيق هذه الأهداف من خلال استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في مختلف الأنشطة الاقتصادية المدرّة للدخل، لكنّ المواصفات والمعايير الراهنة لمعالجة مياه الصرف الصحي والتخلّص منها في المحطات الصغيرة غير متوافقة مع أهداف الإحلال، وثمة حاجة إلى معايير ومتطلّبات خاصة بالمحطات الصغيرة في بلدٍ يعاني من ندرة المياه. وتشير السياسة إلى أنّ وزارة المياه والري ستُقرّ وتنفّذ خطة وطنية لتشغيل وصيانة محطات معالجة مياه الصرف الصحي بهدف تحقيق الكفاءة، وتلك الخطة تتضمّن أفضل النماذج المتوفرة بما في ذلك مشاركة القطاع الخاص.

تنصّ سياسة إعادة توزيع المياه (وزارة المياه والري، 2016 د) على استيفاء المياه المعالجة في جميع محطات معالجة مياه الصرف الصحي البلدية والصناعية للمواصفات الوطنية، ومراقبتها بشكلٍ منتظم، ومراجعتها بشكل دوري. ويجب مراجعة مواصفات مياه الصرف الصحي وتعديلها للسماح بإعادة استخدام المياه المعالجة بشكلٍ مباشرٍ وغير مباشرٍ لإنتاج محاصيل عالية القيمة. ويجب استشارة كافة الوزارات والهيئات والجهات الحكومية المعنية بقضايا البيئة والري وإشراكها في القرارات بشأن جودة المياه المعالجة، حيث إنّ المواصفة الأردنية لمياه الصرف الصحي غير متسقة وتحتاج إلى المراجعة من قبل مختلف الأطراف ذات العلاقة مثل وزارة الزراعة ومؤسسة المواصفات والمقاييس الأردنية ووزارة المياه والري وسلطة وادي الأردن والجمعية العلمية الملكية ووزارة الصحة. وتهدف سياسة إعادة توزيع المياه هذه لأن تكون بمثابة أداة لوضع خطط العمل لإعادة توزيع المياه بين القطاعات والمحافظات بمرونة. وتعتزم استخدام نظامٍ لنقل المياه يربط الشمال بالجنوب ونظام نقلٍ آخر للمياه المعالجة في وادي الأردن من أجل زيادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري قدر الإمكان وتحرير المياه العذبة الثمينة للاستخدامات السكنية.

تشدّد سياسة بناء المنعة لمواجهة أثر التغيّر المناخي على قطاع المياه (وزارة المياه والري، 2016 أ) على ضرورة إحلال المياه، والتي تهدف إلى الاستعاضة عن المياه العذبة بمياه الصرف الصحي المعالجة وغيرها من الموارد المائية غير التقليدية المحتملة، مع تفادي الآثار السلبية على جودة المياه والتربة، والتي تُشير أيضًا إلى مبادئ الإدارة المتكاملة للموارد المائية. وفيما يتعلّق بتدابير التكيّف مع التغيّر المناخي، يجب زيادة مستوى جمع مياه الصرف الصحي ومعالجتها وإعادة استخدامها في القطاعيْن الزراعي والصناعي، حينما وحيثما يكون ذلك ممكنًا من الناحية الفنية. ويُشار إلى أنّ السياسة تعطي الأولوية إلى مجموعةً معيّنةً من الحلول، مع اعتبار إعادة استخدام مياه الصرف الصحي تدبيرًا عمليًا وفعالًا من حيث التكلفة. هذا وتستطيع الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي أن تساهم في تحقيق أهداف هذه السياسة المتعلّقة بإحلال المياه وحماية البيئة.

تتيح سياسة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية، (وزارة المياه والري، 2016 ب) فرصةً لتقديم معالجة مياه الصرف الصحي وإنتاج مياه الري في الأماكن التي لم يتم ربطها بعد بمحطات معالجة مياه الصرف الصحي المركزية. وتشمل مزايا التقنيات اللامركزية قدرتها على

توفير البنية التحتية لمعالجة مياه الصرف الصحي في المجتمعات الريفية النائية والجبلية وقدرتها على الاستجابة لمتطلبات المجتمعات شبه الحضرية سريعة النمو (وزارة المياه والري، 2016 ب) (وزارة المياه والري ولجنة التنفيذ الوطنية للإدارة اللامركزية الفعالة لمياه الصرف الصحي، 2015). وبصورة عامة، يعتبر النهج اللامركزي لإدارة مياه الصرف الصحي هو الأنسب للضواحي والمناطق الريفية، وخاصةً في المناطق العلوية للمساقط المائية، حيث إنّ تكاليف نقل مياه الصرف الصحي لمسافاتٍ طويلةٍ إلى محطة معالجة مركزية كبيرة تفوق التكلفة المحتملة للمحطة نفسها. وتشير سياسة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية إلى محطات معالجة مياه الصرف الصحي التي تخدم 5000 نسمة كحدٍ أقصى. ويُشكّل تلوّث الموارد المائية السطحية والجوفية واحدًا من أبرز المخاوف البيئية المتعلّقة بالممارسات الحالية لمعالجة مياه الصرف الصحي والتخلّص منها؛ ويعتبر هذا التلوث مسألة حساسة بالنسبة إلى وزارة البيئة ووزارة المياه والري والجهات الحكومية الأخرى.

تؤكد هذه السياسة أيضًا على ضرورة توسيع إدارة مياه الصرف الصحي من خلال إعادة تدوير المياه وإعادة استخدامها بصورة أوسع من نظام معالجة مياه الصرف الصحي التقليدي الحالي، نظرًا لأهمية إعادة الاستخدام للجدوى الاقتصادية. وبالنسبة لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي التي تمت معالجتها عبر محطات ذات قدرة استيعابية تصل إلى 5000 نسمة، يجب أن يتم ذلك بعد تحقيق معايير جودة مياه الصرف الصحي المعالجة على النحو المقترح في سياسة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية تحت بند «البرامج والمواصفات القياسية لمياه الصرف الصحي المنزلية المعالجة عبر محطات ذات قدرة استيعابية تخدم 5000 نسمة كحد أقصى". علاوةً على ذلك، فإنّ وجود عدة محطات متجاورة لمعالجة مياه الصرف الصحي، بقدرة استيعابية تصل إلى 5000 نسمة لكلٍ منها، يُشكّل مجموعةً لامركزيةً لإدارة مياه الصرف الصحي.

2.5 حالة معالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها

يعاني الأردن شحًا كبيرًا في المياه، ويملك أحد أدنى مستويات الموارد المائية بالنسبة لحصة الفرد الواحد في العالم، حيث يقلّ نصيب الفرد من المياه العذبة عن 100 م^3 سنويًا، ومن المتوقع أن ينخفض إلى 90 م^3 في عام 2025. وقد دفعت هذه الظروف الأردن إلى وضع سياسة إحلال المياه وإعادة الاستخدام التي تؤكد الحكومة بموجبها على زيادة كمية مياه الصرف الصحي المعالجة واعتبارها موردًا مائيًا محتملًا ومصدرًا للإيرادات.

ويوجد في الأردن حاليًا ثلاثة أنواع مختلفة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي، وهي: برك استقرار الفضلات، والحمأة النشطة، والمرشّح بالتقطير. وتتمتع أنظمة الحمأة النشطة بأعلى كفاءة في إزالة الاحتياج الحيوي للأكسجين (أعلى من 95%)، يليها المرشّح بالتقطير (92.5-95.7%)، وتحلّ في المرتبة الأخيرة برك استقرار الفضلات (74-81%). وينطبق الترتيب ذاته أيضًا على الكفاءة في خفض الاحتياج الكيميائي للأكسجين (عبدالله، الفرة، أبو قديس، وسونيفيلد، 2016). وقد وضع الأردن الاستراتيجية الوطنية لمياه الصرف الصحي التي تهدف لضمان خدمة كافة المناطق التي يزيد عدد سكانها عن 5000 نسمة بخطةٍ لجمع ومعالجة مياه الصرف الصحي بحلول عام 2035. أمّا في المناطق الحضرية الكبرى، فيملك الأردن حاليًا أكثر من 33 محطة حكومية عاملة لمعالجة مياه الصرف الصحي، و 7 محطات خاصة لمعالجة مياه الصرف الصحي، وأكثر من 40 محطة خاصة صغيرة لمعالجة مياه الصرف الصناعي. تخدم الأنظمة الراهنة نحو 6.7 مليون نسمة، ومن المزمع خدمة 1.3 مليون نسمة إضافية بحلول عام 2035 ضمن الاستراتيجية.

بالتالي، يُشكّل ضمان إمدادات مياه الصرف الصحي المعالجة وإعادة استخدامها هو ركيزةً أساسيةً للاستراتيجية الوطنية للأمن المائي. بالإضافة إلى ذلك، تشمل الاستراتيجية الوطنية للأمن المائي عناصر مثل زيادة كفاءة التوزيع والحفاظ على الموارد الحالية واستكشاف المصادر الجديدة كجمع مياه الأمطار وتحلية المياه المالحة.

وتختلف خصائص مياه الصرف الصحي في الأردن عنها في معظم الدول الأخرى لسببيْن رئيسييْن. أولًا، ارتفاع متوسط ملوحة المياه البلدية نسبيًا، والذي يبلغ إجمالي الأملاح الذائبة نحو 580 جزء في المليون بالمتوسط. بينما متوسط استهلاك الفرد للمياه المنزلي منخفض (80 لتر/للفرد/يوميًا). ويؤدي ذلك إلى ارتفاع مستوى الملوحة والحمل العضوي في مياه الصرف الصحي التي تُعالج في محطات معالجة مياه الصرف الصحي، فضلًا عن ارتفاع معدلات التبخّر المرتفعة لمياه الصرف الصحي المعالجة في أحواض استقرار الفضلات، ممّا يزيد من مستوى الملوحة. كما يمكن أن تؤدي الأحمال العضوية العالية إلى زيادة الحمل الحيوي على محطات المعالجة في ضوء تدفق المياه المنخفض نسبيًا. على سبيل المثال، زاد الحمل الحيوي على تسع من محطات معالجة مياه الصرف الصحي في عام 2005، وكان ذلك من العوامل التي أدت إلى تطوير محطات معالجة مياه الصرف الصحي في البلاد وتحفيز إنشاء محطات جديدة لمعالجة مياه الصرف الصحي.

وفي عام 2013، تم وضع الاستراتيجية الوطنية لمياه الصرف الصحي وتقسيم إنشاء وتطوير محطات معالجة مياه الصرف الصحي إلى ثلاث فئات: التنفيذ الفوري (2013-2015)، والتنفيذ على المدى المتوسط (2016-2025)، والتنفيذ على المدى الطويل (2026-

2035). وكانت الأولوية القصوى للمناطق التي تعاني من فيضان أنظمة جمع مياه الصرف الصحي، أو الحمل الزائد على شبكة المجاري، أو تجاوز /الاقتراب من القدرة التصميمية لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي. بينما كانت الأولوية من الدرجة الثانية للمناطق حيث ستصل محطات معالجة مياه الصرف الصحي إلى طاقتها الإنتاجية القصوى بين عامي 2016 و 2025، والمناطق المخدومة بخزانات التجميع لكنّها لم تعانِ من الفيضانات، والمناطق التي من المحتمل أن تؤدي إلى تلوّث الموارد المائية الجوفية أو السطحية. في حين كانت الأولوية من الدرجة الثالثة للمناطق الأخرى التي لم تنطبق عليها معايير الأولويتيْن الأولى والثانية (برنامج الدعم المؤسسي والمساعدات الفنية، 2014).

هذا وتنصّ الاستراتيجية الوطنية للمياه (2016-2025) على أنّ الهدف الوطني لخدمات مياه الصرف الصحي هو زيادة نسبة الأشخاص المتصلين بشبكات الصرف الصحي إلى 80% بحلول عام 2025. وبما أنّ تغطية الصرف الصحي في 2018 لا تتجاوز 66%، يبدو تحقيق هذا الهدف في غضون 6 أعوام أمرًا مستبعدًا لعديدٍ من الأسباب، بما في ذلك الميزانية المالية المحدودة المرصودة لقطاع الصرف الصحي. وبالتالي، وضعت وزارة المياه والري إطارًا زمنيًا جديدًا يتزامن مع أهداف التنمية المستدامة متمثّلًا في ربط 80% من السكان بأنظمة الصرف الصحي المركزية أو اللامركزية عبر شبكات المجاري مع نهاية عام 2030.

3.5 استخدام المياه المُعاد تدويرها

تُعدّ الزراعة نشاطًا اقتصاديًا مهمًا في الأردن. وستشكّل مياه الصرف الصحي المعالجة مصدرًا ثمينًا لمياه الري الزراعي، لتحرير الموارد المائية العذبة الضرورية للمناطق الحضرية سريعة النمو. وتشهد المساحات المروية بمياه الصرف الصحي المعالجة زيادةً ملحوظةً، حيث يبقى الضغط على الموارد المائية في الأردن أمرًا في غاية الأهمية في ضوء النمو السكاني السريع واتساع رقعة الأراضي الزراعية المروية لتلبية الاحتياجات الغذائية (ميزوغراج، قطيشات، صادقة، جدرتساك، سوكوفسكا كيسيلفكس، 2014). ويتم التحكم في إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة من خلال خطة بيئية شاملة تراعي إجراءات السلامة المتعلّقة بمواصفات الجودة لمياه الصرف الصحي المعالجة المستخدمة، ما يتطلّب دراسة الآثار الفيزيائية والكيميائية والبيئية للتطبيقات المختلفة على التربة والنباتات والعمليات الإنشائية.

وقد بات استخدام المياه المعاد تدويرها في الأردن ممكنًا من خلال وضع الإطار القانوني السليم، الذي ينظّم إعادة استخدام مياه الصرف الصحي بواسطة مجموعات متعددة من المواصفات: إحداها تنظّم تصريف المواد السامة في المجاري وأخرى تحدّد مواصفات إعادة استخدام مياه الصرف الصحي ومعالجة الحمأة واستخدامها (انظر الملحق 2 للمزيد من التفاصيل).

وتُمثّل مياه الصرف الصحي المعالجة في محطة السمرا لمعالجة مياه الصرف الصحي، والتي تعالج 72% تقريبًا من مياه الصرف الصحي المعالجة في الأردن، المصدر الرئيسي لمياه الري المستخدمة في وادي الأردن، حيث تصبّ مياه الصرف الصحي المعالجة في سيل الزرقاء وينتهي بها الأمر في سدّ الملك طلال. وقد زاد حجم مياه الصرف الصحي المعالجة التي تصبّ من محطة السمرا لمعالجة مياه الصرف الصحي في سيل الزرقاء من حوالي 61 مليون متر مكعب في عام 2007 إلى حوالي 110 مليون متر مكعب في عام 2015 (وزارة المياه والري، 2016). ويتم ضخ المياه من سد الملك طلال إلى قناة الملك عبدالله حيث يتم خلطها بالمياه العذبة واستخدامها للري غير المقيّد وسط وجنوبيْ وادي الأردن.

وقد أظهر تقييم مياه الصرف الصحي المنزلي المعالجة أنّ مياه الصرف الصحي المعالجة من 9 محطات من أصل 34 محطة حكومية لمعالجة مياه الصرف الصحي لم تمتثل تمامًا للمواصفة الأردنية لجودة المياه المحيطة.[9]

وفي مطلع التسعينيات، بدأت وزارة المياه والري في تشجيع المزارعين على استخدام المياه المعالجة لري الأراضي المجاورة لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي، على أن تقتصر إعادة استخدامها على ري المحاصيل العلفية نظرًا لتدني جودتها. وكان أحد أهداف الوزارة وراء ذلك هو منع تدفق مياه الصرف الصحي المعالجة الناتجة من بعض محطات المعالجة الصغيرة إلى الأودية حيث يمكن أن تلوّث الموارد المائية السطحية والجوفية الأخرى. وتمثّلت الخطوة الأولى من إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في توصيل المياه المعالجة إلى أراضي المزارعين المجاورة لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي مجانًا. وبعد تحقيق القبول الاجتماعي، تمثّلت الخطوة التالية في استرداد تكلفة توصيل المياه المعالجة. وفي أواسط التسعينيات، تم إنشاء المزيد من محطات معالجة مياه الصرف الصحي

(9) لم تمتثل تلك المحطات لمعظم المعايير المنصوص عليها في المواصفات، لكنّ 6 منها تجاوزت مستويات الهيدروكربونات، و 5 تجاوزت معايير الاحتياج الكيميائي للأكسجين، و 4 تجاوزت معايير الفوسفات (وزارة البيئة، 2019).

وتوسيع المحطات القديمة وإعادة تأهيلها من خلال إدخال الأساليب الميكانيكية التي نهضت بجودة مياه الصرف الصحي المعالجة لترقى إلى المواصفات الوطنية والدولية لإعادة الاستخدام بلا قيود.

4.5 تصريف مياه الصرف الصناعي

يفتقد تطبيق الأنظمة المعنية بتصريف مياه الصرف الصناعي في شبكة المجاري العامة إلى الصرامة في الأردن، حيث يجري حاليًا تصريف مياه الصرف الصناعي من مختلف الصناعات على اختلاف طبيعتها وخصائصها في شبكات المجاري العامة دونما رقيبٍ أو حسيب، وتتم معالجتها في محطات معالجة مياه الصرف الصحي البلدية باستخدام التقنيات القياسية غير الكافية لمعالجة مياه الصرف الصناعي. وبالتالي، ربما تكون المياه المعالجة في محطات معالجة مياه الصرف الصحي البلدية غير صالحة للاستخدام الزراعي.

6. السياق السكاني والطلب على الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي وإعادة الاستخدام

كانت السياسات والاستراتيجيات الأردنية قبل عام 2016 – بما في ذلك الاستراتيجية الوطنية لمياه الصرف الصحي (برنامج الدعم المؤسسي والمساعدات الفنية، 2014) – تستند إلى إجمالي التعداد السكاني الذي كان يبلغ في حينها 6.6 مليون نسمة، بيد أنّ التعداد السكاني الذي أجري عام 2015 أظهر نموًا سكانيًا كبيرًا على خلاف التوقعات السابقة. وتشير أحدث الإحصاءات السكانية إلى أنّ تعداد سكان الأردن يبلغ 10.45 مليون نسمة. وتتوقع دائرة الإحصاءات العامة أن يرتفع التعداد السكاني إلى 12.1 مليون نسمة بحلول عام 2025، وإلى 14.37 مليون نسمة بحلول عام 2030، وإلى 15.17 مليون نسمة بحلول عام 2035 (انظر الجدول 30، الملحق 1).

1.6 إمدادات المياه السكنية وإنتاج مياه الصرف الصحي

يتم توفير المياه التي يستخدمها مختلف أنواع من العملاء، بما في ذلك السكان والصناعات الخفيفة والمنشآت التجارية والجهات الحكومية والسيّاح من خلال شبكة المياه العامة التي تديرها سلطة المياه. وقد شهدت إمدادات المياه العامة زيادةً كبيرةً على مدى العقود الأخيرة من حيث القيمة المطلقة والنسبية كليْهما، حيث ارتفعت من 376 مليون متر مكعب في عام 2013 إلى 470 مليون متر مكعب في عام 2017. وتمثّل هذه الأرقام حوالي 41% و45% من إجمالي استهلاك المياه، على التوالي. وتُعزى بالدرجة الأولى إلى نمو الاستهلاك البلدي، لا سيّما في عمّان الكبرى وإربد والعقبة (وزارة المياه والري، 2017).

ويُظهر الجدول (31) في الملحق (1) إمدادات المياه البلدية في الأردن على أساس «لتر/للفرد/يوميًا»، حيث بلغ نصيب الفرد من إمدادات المياه نحو 125 لتر/للفرد/يوميًا في عام 2017، وهذا أقل بكثير من الدول المجاورة. وتجدر الإشارة إلى أنّ نصيب الفرد من إمدادات المياه هو الأقل في محافظتيْ عجلون وجرش. ويتفاوت نصيب الفرد من الاستهلاك على مستوى المحافظات، بما يعكس جزئيًا التفاوت الكبير في الفاقد الإداري نتيجة الخصوصيات الفنية والاجتماعية والاقتصادية لكل محافظة. كما ينتشر الاستخدام الجائر للمياه في كلٍ من المفرق ومعان، وأيضًا مادبا التي انضمّت إليهما مؤخرًا. وتشمل العوامل الأخرى تباين المستوى المعيشي ودرجة التحضر والظروف الفنية المحلية. كما يوضح الجدول (31) أنّ نصيب الفرد من إمدادات المياه يشهد تناقصًا مطردًا بمرور الوقت، ويبدو أنّ السبب وراء ذلك يُعزى إلى الموارد المائية المحدودة والنمو السكاني.

هذا وتؤدي آثار الاحتباس الحراري العالمي وارتفاع درجات الحرارة وتذبذب هطول الأمطار إلى تقليل كمية المياه المتاحة للأغراض الزراعية والسكنية في الأردن، الأمر الذي من المرجح أن يدفع العديد من المزارعين الأردنيين إلى الإفلاس، ممّا يشكّل تحديًا إضافيًا لصنّاع السياسات (جريس، شطناوي، المومني، والأطرش، 2011).

2.6 إنتاج مياه الصرف الصحي وجمعها

وفقًا للاتجاهات الحالية، من المتوقع أن ينخفض توافر المياه إلى 90 م^3/للفرد في عام 2025.[10] وقد دفع هذا الوضع بالأردن إلى وضع سياسة إحلال المياه وإعادة الاستخدام التي تؤكد الحكومة بموجبها على زيادة كمية مياه الصرف الصحي المعالجة واعتبارها موردًا مائيًا محتملًا ومصدرًا للإيرادات. ويوجد في الأردن حاليًا ثلاثة أنواع مختلفة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي، وهي: برك استقرار الفضلات، والحمأة النشطة، والمرشّح بالتقطير[11] . وتستخدم الأنظمة اللامركزية المنشأة حتّى تاريخه تقنيتي مفاعل الدفعات المتتابعة والأرض الرطبة المُنشأة.

وتم تقدير مياه الصرف الصحي الناتجة على افتراض وصول نسبة تتراوح من 70% إلى 80% من إمدادات المياه إلى الصرف الصحي (الفرا، كيمب-بينيديكت، هوتزل، سادر، وسونيفيلد، 2011)، حيث افترضت الحسابات الأولية أن يعادل الإمداد/الاستخدام اليومي للمياه 120 لتر/للفرد/يوميًا في عمّان، و 100 لتر/للفرد/يوميًا في المدن الكبرى، و 80 لتر/للفرد/يوميًا في المناطق الحضرية والريفية الأخرى (وزارة المياه والري، 2016 د)، على أساس تدفقات عائدة إلى نظام الصرف الصحي بنسب تعادل 80% و 75% و 70% على التوالي (برنامج الدعم المؤسسي والمساعدات الفنية، 2014).[12]

ومن المتوقع أن تزداد مياه الصرف الصحي الإجمالية الناتجة عن السكان من 279 مليون متر مكعب في عام 2018 إلى 371 مليون متر مكعب في عام 2030، وإلى 411 مليون متر مكعب في عام 2035، بناءً على توقعات التعداد السكاني وإمدادات المياه الثابتة للفرد خلال الفترة القادمة (2020-2030) (وزارة المياه والري واليونيسف، 2019). وعليه، ستبلغ مياه الصرف الصحي المعالجة الإضافية حوالي 92 مليون متر مكعب مع زيادة سنوية بنحو 7.6 مليون متر مكعب. هذا ويُظهر الجدول (33) (الملحق 1) الكميات المجمّعة وغير المجمّعة من مياه الصرف الصحي الناتجة في عام 2018 حسب المحافظة. كما يسلّط الضوء على الحاجة إلى الاستثمار في زيادة ربط المجتمعات بأنظمة الصرف الصحي، علمًا أنّ كميات مياه الصرف الصحي المحتملة التي يمكن جمعها ومعالجتها من المجتمعات التي يقل تعدادها السكاني عن 5000 نسمة تشكّل نسبة صغيرة للغاية من إجمالي مياه الصرف الصحي الناتجة.

3.6 تمويل البنية التحتية للصرف الصحي

من المفترض أن يحقق التوسّع المتوقع في جمع ومعالجة مياه الصرف الصحي تغطيةً بنسبة 80% بحلول عام 2030 على النحو المقترح في استراتيجية المياه (وزارة المياه والري، 2016 ج، ص 9).

وتقدّر الاستثمارات الرأسمالية المطلوبة لتحقيق هدف التنمية المستدامة المتمثّل في ربط 80% من السكان بشبكات المجاري ومحطات معالجة مياه الصرف الصحي بنحو 1913 مليون دينار أردني للفترة 2020-2030؛ وينقسم المبلغ إلى نحو 489 مليون دينار أردني للمجتمعات المتصلة بالشبكة من أجل ربط الأشخاص غير المتصلين وتغطية النمو السكاني المستقبلي، ونحو 1.124 مليون دينار أردني لتغطية المجتمعات غير المخدومة بشبكات المجاري ومرافق الصرف الصحي، ونحو 697 مليون دينار أردني للمجتمعات المخدومة التي يتجاوز تعدادها السكاني 5000 نسمة، ونحو 428 مليون دينار أردني للمجتمعات التي يقل تعدادها السكاني عن 5000 نسمة (وزارة المياه والري واليونيسف، 2019).

ومع أنّ الحكومة ووكالات التنمية الدولية تموّل غالبية النفقات الرأسمالية لجمع ومعالجة مياه الصرف الصحي، فإنّ مساهمات العملاء من خلال رسوم التوصيل الأولية وفواتير المياه اللاحقة تفضي إلى استرداد نحو 55% من التكلفة الإجمالية. وتُدفَع رسوم التوصيل الأولية فقط من قبل العملاء الذين تتصل منازلهم بشبكة إمدادات المياه، أي أنّ المستهلكين غير المتصلين الذين يستخدمون نظام الصرف الصحي بشكل فعال لا يدفعون شيئًا. ويزيد الأمر سوءًا بفعل المستهلكين الذين يشترون المياه من مورّدين آخرين بحيث تكون مساهمتهم في نظام الصرف الصحي أقل ممّا كانت لتكون عليه في حال شرائهم كامل احتياجهم من المياه من شركة المياه (البكار، 2014).

---

(10) وزارة المياه والري / اليونيسف (2019): وضع خارطة طريق الأردن لتحقيق الهدف رقم (6.2) من أهداف التنمية المستدامة. فقط في حالة بقاء توافر المياه على ما هو عليه، أي مع تجاهل آثار التغيّر المناخي.

(11) تتمتع أنظمة الحمأة النشطة بأعلى كفاءة في إزالة الاحتياج الحيوي للأكسجين (أعلى من 95%)، يليها المرشّح بالتقطير (92.5-95.7%)، وتحلّ في المرتبة الأخيرة برك استقرار الفضلات (74-81%). (عبدالله وآخرون، 2016). وينطبق الترتيب ذاته أيضًا على الكفاءة في خفض الاحتياج الكيميائي للأكسجين.

(12) يرى الاستشاري أنّ «نسبة مياه الصرف الصحي إلى إمدادات المياه» البالغة 80% واقعية، نظرًا لارتفاع معدلات التسرّب في شبكة المجاري كما ورد في تقارير سابقة (مثل مجموعة دورش، 2014).

كما أنّ تغطية خدمات المجاري والصرف الصحي العامة أقل من تغطية المياه؛ فالعديد من منشآت معالجة مياه الصرف الصحي إما أنها تعمل فوق طاقتها التصميمية أو تستخدم تقنيات غير فعالة كما هو موضّح في (الجدول 34، الملحق 1). وفي عام 2018، يبلغ إجمالي مياه الصرف الصحي المعالجة في 33 محطة حوالي 150 مليون متر مكعب تتم إعادة استخدامها لأغراض الري في وادي الأردن في المقام الأول. ويُستخدَم نحو 90% من مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة؛ حيث يتم استخدام نحو 80% منها في وادي الأردن بعد خلطها مع المياه السطحية العذبة، بينما يتم استخدام نحو 20% بشكلٍ مباشرٍ بالقرب من محطات معالجة مياه الصرف الصحي. ومن الجدير بالذكر أنّ مياه الصرف الصحي المعالجة تشكّل نحو 14% من الميزانية المائية حاليًا، لكنّ هذه النسبة ستتجاوز 88% مع «الصرف الصحي المحسّن»[13]، رغم أنّ 66% فقط من السكان مرتبطون بشبكات الصرف الصحي العامة، حيث يستخدم ثلث السكان خزانات معالجة الصرف الصحي والحفر الامتصاصية.[14]

4.6 الصرف الصحي في المناطق الريفية

يستخدم السكان الحفر الامتصاصية لتصريف مياه الصرف الصحي من منازلهم في معظم المناطق الريفية، وبما أنّ غالبية الحفر الامتصاصية لا تمنع تسرّب المياه، فإنّ جزءًا كبيرًا من مياه الصرف الصحي غير المعالجة يتسرّب إلى المياه الجوفية. كما أنّ مياه الصرف الصحي تفيض من الحفر الامتصاصية الممتلئة في حال عدم تفريغها على الأرض والشوارع (المفلح، العياش، خالد وفاطمة، 2019). وأظهر استطلاع حديث أجراه (المفلح وآخرون، 2019) في محافظة المفرق أنّ 12.1% من المنازل موصولة بشبكة الصرف الصحي وأنّ بقية المنازل (87.9%) تستخدم خزانات التجميع. وقد وجدت الدراسة أنّ 41.2% من خزانات التجميع تُستخدم لمدة تزيد عن عشرة أعوام، و 36.9% تُستخدم لمدة تتراوح من 6 إلى 10 أعوام، و 21.9% تُستخدم لمدة تقل عن 5 أعوام. أمّا بالنسبة إلى وتيرة تفريغ خزانات التجميع، فإنّ أحدًا لم يُقر بتفريغ الخزانات يوميًا، بينما أفاد 1.0% من المستجيبين بتفريغه أسبوعيًا، وأفاد 14.0% بتفريغه شهريًا، وأفاد 85.0% بتفريغه عند الضرورة فقط.

وأفاد 83.5% من المستجيبين بأنّ خزانات التجميع لا تُسبّب أي مشكلات بيئية، في حين أفاد 16.5% بأنّ الخزانات تُسبب العديد من المشكلات (مثل الفيضان والرائحة الكريهة والتلوّث وتلويث المياه الجوفية). ومن جهة أخرى، توقع 16.5% من المستجيبين أنّ إنشاء مجارٍ جديدة سيقلّل من تكاليف حَفْر ونضح الحُفَر الامتصاصية ويحدّ من المشكلات البيئية المرتبطة بالحفر الامتصاصية (المفلح وآخرون، 2019).

خلاصة القول أنّ إنشاء شبكة مجاري سيحدّ من المخاطر الصحية الناجمة عن تسرّب مياه الصرف الصحي من الحفر الامتصاصية وأنشطة التفريغ، فضلًا عن أنّ مياه الصرف الصحي المعالجة ستُشكّل موردًا مائيًا إضافيًا يمكن استخدامه بصورة آمنة لأغراض زراعية مختلفة أو للاستخدامات الأخرى.

5.6 المجتمعات المستهدفة التي يقل عدد سكانها عن 5000 نسمة

بما أنّ حوالي 66% من السكان موصولون بنظام المجاري والصرف الصحي، يتمثّل الهدف في ربط نسبة إضافية تقدر بـ 14% من السكان ما بين 2020-2030 لبلوغ نسبة التغطية المستهدفة والبالغة 80% من السكان.

(13) الصرف الصحي المحسن هو مصطلح يستخدم لتصنيف أنواع أو مستويات الصرف الصحي لأغراض المراقبة. لقد تمت صياغة هذا المصطلح من قبل برنامج الرقابة المشترك بين اليونيسف ومنظمة الصحة العالمية لإمدادات المياه والصرف الصحي في عام 2002. وتُعتبر المراحيض الدافقة وخزانات معالجة الصرف الصحي/ خزانات التجميع جزءًا من الصرف الصحي المحسّن، بغض النظر عمّا إذا كانت متصلةً بشبكة المجاري أم لا.

(14) خزان معالجة الصرف الصحي هو خزان تجميع مصمّم لمعالجة مياه الصرف الصحي ميكانيكيًا ولا يسمح بتسرّب مياه الصرف الصحي. وتكون عادةً مصنوعةً من الخرسانة. ويجب تفريغها بانتظام عندما تمتلئ. أمّا الحفرة الامتصاصية فهي عبارة عن حفرة تحت الأرض تُستخدم كخزان لتجميع مياه الصرف الصحي دون معالجتها. وتعتمد وتيرة تفريغها على حجمها. كما أنّها تسمح غالبًا بتسرّب مياه الصرف الصحي إلى التربة.

6.6 جودة مياه الصرف الصحي المتدفقة إلى محطات معالجة مياه الصرف الصحي في الأردن

تم جمع بيانات جودة مياه الصرف الصحي المنزلي والتحليل الكيميائي لمياه الصرف الصحي المعالجة من ملفات وزارة المياه والري المفتوحة المحفوظة في نظام المعلومات المائي الوطني (وزارة المياه والري، 2019). وبالنسبة إلى خصائص مياه الصرف الصحي المنزلي في الأردن، لم تؤخذ في الاعتبار سوى محطات معالجة مياه الصرف الصحي التي تستقبل مياه الصرف الصحي المنزلي. ويعرض الجدول (25) النطاقات المحددة لجودة مياه الصرف الصحي غير المعالجة التي تشير من بين أمور أخرى إلى أهم معايير الجودة، مثل الاحتياج الحيوي للأكسجين، والاحتياج الكيميائي للأكسجين، ومجموع المواد الصلبة العالقة، ومجموع النيتروجين.

الجدول (25) الخصائص الكيميائية لمياه الصرف الصحي المنزلي في الأردن في العام2016

المعامل	متوسط درجة الحرارة	الرقم الهيدروجيني	العكورة	الاحتياج الحيوي للأكسجين	الاحتياج الكيميائي للأكسجين	الأكسجين المذاب	الأمونيا	الأمونيوم	مجموع المواد الصلبة	مجموع المواد الصلبة العالقة
كانون الثاني	16	7.48	1141	772	1512	0.53	63.0	85	1687	743
شباط	15	7.43	999	826	1348	0.53	64.9	104	1544	671
آذار	19	7.52	1051	772	1409	0.53	65.7	132	1592	828
نيسان	21	7.54	1429	768	1536	0.53	67.1	121	1449	755
أيار	23	7.49	1304	826	1418	0.42	61.4	130	1570	812
حزيران	24	7.55	1249	820	1533	0.42	68.1	100	1554	829
تموز	26	7.56	1027	760	1463	0.56	63.9	139	1494	801
آب	26	7.51	1067	814	1478	0.93	65.6	89	1476	995
أيلول	25	7.45	1092	794	1375	0.80	64.9	110	1412	726
تشرين الأول	24	7.60	1086	717	1352	0.93	71.2	119	1768	760
تشرين الثاني	25	7.47	1036	744	1424	0.88	64.3	109	1674	748
كانون الأول	21	7.47	1001	815	1615	0.93	70.0	123	1522	680
المتوسط	22	7.51	1123	786	1455	0.67	65.8	113	1562	779
الحد الأدنى	15	7.43	999	717	1348	0.42	61.4	85	1412	671
الحد الأعلى	26	7.60	1429	826	1615	0.93	71.2	139	1768	995

المصدر: تم جمع البيانات من قبل الاستشاري استنادًا إلى (وزارة البيئة، 2019)

تُستخدم هذه الأرقام كأساسٍ لتقدير جودة مياه الصرف الصحي لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية.

7.6 زيادة الطلب على مياه الري الزراعي

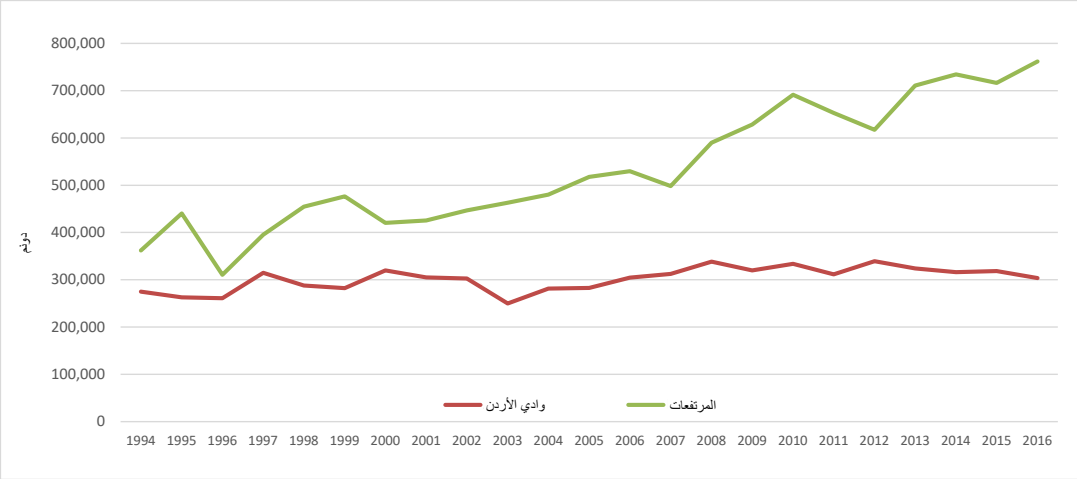
تعتمد الزراعة المروية في وادي الأردن بالدرجة الأولى على المياه السطحية، والتي تشمل المياه من روافد نهر الأردن؛ حيث تتدفق المياه من الأودية الجانبية، ومياه الصرف الصحي المعالجة من المناطق الحضرية المرتفعة.

وتعتمد الزراعة المروية في المناطق الجبلية الواقعة شرق وجنوب وادي الأردن في المقام الأول على المياه الجوفية، ما يجعلها منافسًا مباشرًا للمصدر الرئيسي الراهن لإمدادات المياه البلدية والصناعية.

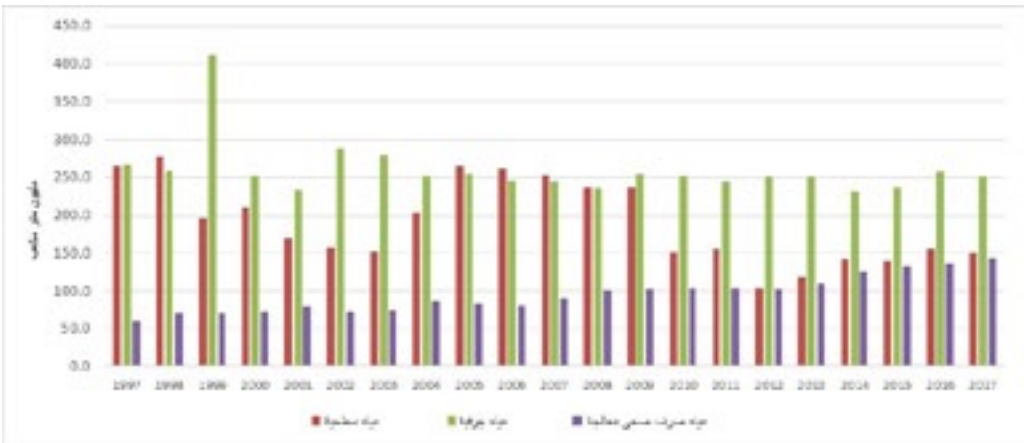
وفقًا لوزارة المياه والري (وزارة المياه والري، 2018)، بلغ ضخ المياه المسجّل للأغراض الزراعية 544 مليون متر مكعب في عام 2017، أي حوالي 52% من الاستخدام السنوي الإجمالي للمياه، على الرغم من تخفيض الكمية المخصصة للزراعة إلى 700 مليون متر مكعب سنويًا خلال العقديْن المنصرميْن.

وفيما يتعلّق بالمياه الجوفية، استخدمت الزراعة المروية 46% من إجمالي المياه المستخرجة من الآبار الجوفية لكافة الأغراض، بمجمل 251 مليون متر مكعب في عام 2017.

هذا ويتم تقليل المياه المخصّصة للزراعة كنتيجةٍ للطلب البلدي المتزايد، والتطوّر التكنولوجي لتقنيات الري الموفّرة للمياه، وزيادة كفاءة استخدام المياه. ويُبيّن الشكل (16) الاتجاهات المتزايدة للمناطق المروية في وادي الأردن والمناطق الجبلية والتي تُظهر نموًا طفيفًا في المناطق المروية في وادي الأردن ونموًا هائلًا في المناطق الجبلية، بينما يُظهر الشكل (17) المصادر الرئيسية لمياه الري. ويتبيّن من الشكل (17) أنّ المصادر الرئيسية لمياه الري في وادي الأردن هي المياه السطحية أولًا، تليها المياه الجوفية، ثمّ مياه الصرف الصحي المعالجة. أمّا في المناطق الجبلية، فإنّ المصدر الرئيسي لمياه الري هو المياه الجوفية، تليها المياه السطحية، وأخيرًا مياه الصرف الصحي المعالجة التي شهدت إعادة استخدامها تزايدًا على مر السنين.



الشكل (16) تطوّر مناطق الري في وادي الأردن والمناطق الجبلية (دائرة الإحصاءات العامة، 2019 أ)[15]



الشكل (17) تطوّر استخدام مياه الري ومصادرها بالمليون متر مكعب، (وزارة المياه والري، 2017)

تُقدّر استراتيجية المياه الأردنية أنّ الطلب على مياه الري سيبلغ 1000 مليون متر مكعب اعتبارًا من العام 2010، بناءً على المساحات المروية واحتياجات المحاصيل من المياه[16] ؛ أي أنّ القطاع الزراعي يحصل على أقل من حاجته بكثير.

8.6 إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في الزراعة المروية

يملك المزارعون خيارات محدودة للتعامل مع ندرة المياه ويلجؤون عمومًا إلى تقليص المساحات المزروعة، أو قبول استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة للري. في عام 2017، قُدّرت المياه المعالجة المستخدمة في الري الزراعي بنحو 144 مليون متر مكعب، يُستخدَم حوالي 117 مليون متر مكعب منها في وادي الأردن وحوالي 27 مليون متر مكعب في المناطق الجبلية بالقرب من محطات معالجة مياه الصرف الصحي. وقد بات الاستخدام المباشر لمياه الصرف الصحي المعالجة في ري المحاصيل الزراعية المقيّدة مثل المحاصيل العلفية (كالبرسيم والذرة) أحد الخيارات الفنية للتعامل مع ندرة المياه المتزايدة، بيد أنّ الآثار السلبية المحتملة على التربة واستخدام الأراضي والمحاصيل تشكّل مصدر قلقٍ كبيرٍ للمزارعين والجهات الحكومية على السواء (وزارة المياه والري، سلطة المياه، وزارة الصحة، وزارة الزراعة، وزارة البيئة). إضافةً إلى ذلك، يُستخدم حوالي 2 مليون متر مكعب من مياه الصرف الصحي المعالجة في بعض الصناعات لأغراض التبريد (وزارة المياه والري، 2018).

ويُشار إلى أنّ غالبية خصائص مياه الصرف الصحي المعالجة متوافقة مع إرشادات منظمة الصحة العالمية والمواصفات الأردنية للري المقيّد، لكنّها غير مطابقة لمواصفات الري غير المقيّد. كما تُفيد التقارير بأنّه ما تزال ثمة مخالفات تتمثّل في ري المحاصيل التي تؤكل نيئة بمحاذاة الأودية التي تتدفق عبرها مياه الصرف الصحي المعالجة الناتجة من محطات المعالجة قبل اختلاطها بالمياه السطحية (البكار، 2014).

7. الإطار المؤسسي والتنظيمي للإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي

1.7 تحديد الأطراف ذات العلاقة والاختصاصات المؤسسية

وزارة المياه والري هي المؤسسة الرسمية المسؤولة عن أعمال الرقابة الكلية على الصرف الصحي وما يتصل به من مشاريع، وتمويل الجهات المانحة وتنسيقها، إضافة إلى تخطيط وإدارة موارد الصرف الصحي، وصياغة استراتيجيات وسياسات المياه الوطنية، والبحث والتطوير، وأنظمة المعلومات، ومشتريات الموارد المالية[17] . ويشتمل دورها كذلك على توفير البيانات المركزية المتعلّقة بالمياه، وتوحيد البيانات و توليفها. وتضمّ وزارة المياه والري سلطتيْن معنيّتيْن بمياه الصرف الصحي في الأردن:

- سلطة المياه: مسؤولة عن إمدادات المياه وخطوط الصرف الصحي والمجاري ومحطات معالجة مياه الصرف الصحي.[18]
- سلطة وادي الأردن: مسؤولة عن التنمية الاجتماعية والاقتصادية لوادي الأردن، بما في ذلك تنمية الموارد المائية وتوزيع مياه الري الناتجة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي. وتخضع وحدات العلاقات العامة والمراقبة الداخلية والأمن المائي لوزارة المياه والري مباشرةً، ويشمل نطاق مسؤولياتها وزارة المياه والري وسلطة المياه وسلطة وادي الأردن.

تأسّست سلطة المياه بموجب المادة (3) من قانون سلطة المياه رقم (18) لسنة 1988 بصفتها سلطة مستقلة تتمتّع بالشخصية الاعتبارية وتتولّى المسؤولية الكاملة عن إمدادات المياه العامة وخدمات الصرف الصحي والمشاريع ذات الصلة، بالإضافة إلى تخطيط ومراقبة وإنشاء وتشغيل وصيانة الموارد المائية بصفة عامة (وزارة المياه والري، 2013). وتتلخص مسؤوليات سلطة المياه على النحو الآتي:

أ. دراسة مشاريع المياه والصرف الصحي وتصميمها وإنشاؤها وتشغيلها وصيانتها وإدارتها بما في ذلك القيام بعمليات التجميع والتكرير والمعالجة وكيفية التصرف بالمياه وغيرها من طرق التعامل مع المياه.

(16) الطلب على الري هو ببساطة حاصل ضرب المساحة المحصولية بالاحتياج المائي للمحصول المزروع.

(17) http://www.mwi.gov.jo/sites/en-us/default.aspx

(18) http://www.waj.gov.jo/sites/en-us/default.aspx

ب. إجراء البحوث والدراسات النظرية والتطبيقية المتعلّقة بشؤون المياه والصرف الصحي العامة ومتابعتها لتحقيق أهداف السلطة بما في ذلك وضع المواصفات المعتمدة لنوعية المياه لمختلف أوجه استعمالها وإعداد المواصفات الفنية للأشغال والمواد المستعملة وتطبيق نتائجها في مشاريع السلطة بالاتفاق مع الأجهزة والدوائر المختصة الأخرى والعمل على نشر تلك المواصفات ونتائجها النهائية وتعميم تطبيقها بالوسائل المتوفرة لدى السلطة.

ج. التصريح للمهندسين والمحترفين المرخّصين بممارسة العمل في تمديدات المياه والصرف الصحي والمساهمة في تنظيم وعقد الدورات الخاصة بتدريبهم وتأهيلهم لرفع مستوى وكفاءة العمل في هذه التمديدات والتخفيف من فقد المياه وتلويثها، وعلى العاملين في تلك التمديدات تصويب أوضاعهم مع أحكام هذه الفقرة والحصول على التصريح المطلوب بمقتضاها.

- وزارة الزراعة مسؤولة عن مجموعة متنوعة من المهام، تتراوح من إدارة الأراضي المملوكة للدولة إلى تنظيم الصيد وحماية موارد التربة. وتتمثل الأهداف المعلنة للوزارة فيما يتعلّق بالمياه في تعظيم إنتاج المخرجات الغذائية والزراعية، وتحقيق الاستخدام المستدام للموارد الزراعية الطبيعية. وهي مخوّلة بموجب القانون في مراقبة مياه الصرف الصحي المعالجة المستخدمة لأغراض الري بالتعاون مع وزارة الصحة، حيث يقوم فريق مشترك بين الوزارتيْن، بمساعدة الشرطة البيئية، بتفتيش المناطق المزروعة بالقرب من محطات معالجة مياه الصرف الصحي ومسارات المياه لمنع زراعة المحاصيل التي تؤكل نيئة. ويتمتّع الفريق بالصلاحية المطلقة لإتلاف المحاصيل المروية بمياه الصرف الصحي بشكلٍ مباشرٍ دون الحصول على الموافقة المسبقة من وزارة المياه والري ووزارة الصحة ووزارة الزراعة. وبالنسبة إلى نهج الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي، فمن الضروري إشراك وزارة الزراعة في حال استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة للزراعة المروية من أجل الاتفاق على نوع المحصول وقدرته على التحمّل ومدى ملاءمته.
- تتناول استراتيجية وزارة الصحة (2018-2022) العديد من المخاطر المشتركة والهامة المتعلّقة بالمشكلات الناشئة عن النقص في خدمات الصرف الصحي. ويتألف القطاع الصحي في الأردن من مزوّدي الخدمات (القطاع العام والخاص والدولي والخيري) والمجالس والمؤسسات التي تعمل على صياغة السياسة الصحية. وتشمل مسؤوليات وزارة الصحة تحسين صحة السكان من خلال مكافحة الأمراض المنقولة بالنواقل والأمراض المنقولة بالمياه. كما تقوم الوزارة بمعاينة الاستهلاك الغذائي للسكان للتأكد من احتوائه على جميع العناصر المُغذّية الصغرى المطلوبة والحديد والفيتامينات وغيرها من العناصر الضرورية. وتقدم وزارة الصحة مجموعةً واسعةً من الخدمات، في حين تشمل مسؤولياتها ذات الصلة بالمياه مراقبة جودة مياه الصرف الصحي المتدفقة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي ومعاينة أي مصادر محتملة للملوثات. ويتم إصدار الأنظمة بالتنسيق بين وزارتيْ الصحة والمياه والري لتنظيم استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري. وتقع مسؤولية مراقبة مياه الصرف الصحي على عاتق وزارة الصحة لضمان الامتثال لمعايير الصحة العامة. وبالتالي، سيكون الدور المتوقع من وزارة الصحة في نهج الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي مشابهًا لدورها في النهج المركزي.
- أطلقت وزارة المالية برنامجًا للشراكات بين القطاعيْن العام والخاص بهدف بناء قوة دافعة للنمو الاقتصادي وتوفير فرص العمل من خلال الشراكات الواضحة في قطاعات البنية التحتية والمرافق العامة والخدمات، حيث تتطلّب القيود المالية الاستفادة من إمكانات القطاع الخاص في تلبية متطلّبات تطوير البنية التحتية عن طريق الشراكات بين القطاعيْن العام والخاص. وتعتبر الوزارة الشراكات بين القطاعيْن العام والخاص عاملًا محفّزًا للنمو وتوفير فرص العمل وركيزةً أساسيةً لتحقيق أهداف التنمية الوطنية. وتهدف الشراكات بين القطاعيْن العام والخاص إلى تحقيق الأهداف التالية[19]:

1. بناء وتأهيل وتشغيل وصيانة البنية التحتية العامة.

(19) https://pppu.gov.jo/en-us/The-PPPU/About-Us

2. تشجيع القطاع الخاص على الدخول في مشاريع استثمارية بالشراكة مع الحكومة.
3. إيجاد التمويل اللازم لدعم المشاريع ذات الجدوى المقترحة من قبل الحكومة.
4. الاستفادة من الخبرات والمعارف الفنية والتقنية الحديثة في بناء المشاريع وإدارتها.

هذا ويُعدّ قانون الشراكة بين القطاعيْن العام والخاص لسنة 2014 الإطار القانوني الحصري لمشاريع الشراكة بين القطاعيْن العام والخاص في الأردن ويأخذ في الاعتبار جميع القطاعات، بما في ذلك قطاع المياه[20]. وتعمل وحدة مشروعات الشراكة بين القطاعيْن العام والخاص تحت إشراف وزارة المالية ومجلس الشراكة بين القطاعيْن العام والذي يُدار من قبل دولة رئيس الوزراء، بصفتها جهةً مركزيةً تُشرف على كافة الشراكات بين القطاعيْن العام والخاص التي تدخل فيها الحكومة الأردنية وتنظمّها وتدعمها.

- وزارة البيئة مسؤولة عن الحفاظ على جودة البيئة الأردنية وتحسينها من خلال استدامة الموارد البيئية الأردنية والمحافظة عليها والمساهمة في التنمية المستدامة. وتتولّى الوزارة كذلك مراقبة محطات معالجة مياه الصرف الصحي الحكومية والخاصة للتأكد من امتثالها للمواصفات والأنظمة، وتطلب الوزارة اتخاذ الإجراءات التصحيحية اللازمة عندما لا تكون جودة مياه الصرف الصحي المعالجة مطابقةً للمواصفات الأردنية. وبالنسبة إلى نهج الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي، فمن الضروري إشراك وزارة البيئة لضمان الامتثال للمواصفات المعمول بها (خصوصًا المواصفة الأردنية 2006/JS893 بشأن جودة مياه الصرف الصحي المعالجة).
- شركات المياه، وهي شركة مياه اليرموك[21] في الشمال، وشركة مياهنا[22] في العاصمة عمّان، وشركة مياه العقبة[23]، هي مؤسسات مسجّلة كشركات بشراكة محدودة بالأسهم ومملوكة لسلطة المياه وشركائها، وهي مفوّضة من قِبل سلطة المياه لتوفير إمدادات المياه لنسبة كبيرة من السكان من خلال محطات تحلية وتنقية المياه، وتعتمد الحكومة عليها لمعالجة مياه الصرف الصحي. وبما أنّ القطاع الخاص يُعدّ أيضًا مصدرًا مهمًا للتمويل، استخدمت الحكومة الأردنية عقود البناء والتشغيل والنقل في تطوير البنية التحتية للمياه والصرف الصحي، حيث تموّل الحكومة البناء عن طريق المقاولين الذين يقومون ببناء المحطة وتشغيلها لبعض الوقت، ثم تعود المحطة مجددًا تحت سيطرة الحكومة. وعادةً ما تستمرّ امتيازات التشغيل الممنوحة للقطاع الخاص لفترةٍ طويلةٍ في الأردن، حتّى أنّ الحكومة قد تقرّر أحيانًا ترك المنشأة في يد القطاع الخاص. على سبيل المثال، مشروع محطة معالجة مياه الصرف الصحي في السمرا هو عبارة عن شراكة بين القطاعيْن العام والخاص لتمويل بناء وتشغيل مشروع للبنية التحتية العامة في الأردن استنادًا إلى نهج «البناء والتشغيل والنقل» لمدة 25 عام. وقد كان أول مشروع يعتمد نهج «البناء وتشغيل والنقل» في الأردن، حيث تم تمويل المساعدة الفنية خلال مراحل التحضير والبناء وبدء التشغيل، بالإضافة إلى 18 شهرًا من التشغيل التجاري للمشروع، من قبل الوكالة السويدية للتنمية الدولية.
- تُشرف وزارة البلديات على أنشطة البلديات ومجالس الخدمات المشتركة العاملة في جميع أنحاء المملكة وعددها (93) بلدية و(22) مجلس خدمات مشتركة، وتتمثّل واجباتها الرئيسية فيما يلي: (1) إعداد خطط البناء الإقليمية والتنظيمية والتفصيلية للبلديات، بما في ذلك شبكات المجاري ومحطات معالجة مياه الصرف الصحي (2) مراقبة الالتزام بأنظمة وسياسات وتعليمات البلديات ومجالس الخدمات المشتركة، بما في ذلك شبكات المجاري ومحطات معالجة مياه الصرف الصحي.

(20) https://www.pppu.jo/portals/0/PPP-FINAL/PDF/Law%20(English).pdf

(21) http://www.ccd.gov.jo/bycompanynameframe21.aspx?CompanyID=168935

(22) http://www.ccd.gov.jo/bycompanynameframe21.aspx?CompanyID=115065

(23) http://www.ccd.gov.jo/bycompanynameframe21.aspx?CompanyID=92176

2.7 إشراك الجهات ذات العلاقة

يتطلّب التنفيذ الناجح للإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي إشراك العديد من الجهات ذات العلاقة، بما فيها الحكومية وغير الحكومية. ويجب أن تسترشد الجهود التنفيذية بتحليلٍ دقيقٍ وفهمٍ واضحٍ لأدوار الجهات المختلفة ذات العلاقة في عملية التنمية في البلاد.

وسيحتاج تنفيذ نهج الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي إلى تعاون العديد من الجهات الحكومية، بما في ذلك مكتب المحافظ، ومجلس النواب، ومؤسسات التمويل والتخطيط، والوزارات القطاعية، والجهات الحكومية المحلية، والنظام القضائي، ودائرة الإحصاءات العامة. ومن المهم بدايةً تحديد الجهة الحكومية التي ستقود عملية التنسيق. ويمكن للجهات غير الحكومية، بما في ذلك منظمات المجتمع المدني والقطاع الخاص، أن تلعب دورًا رئيسيًا في تعزيز أجندة أهداف التنمية المستدامة. ويوضّح الجدول (26) أدناه التحديات والفرص الرئيسية في العمل مع الجهات الرئيسية ذات العلاقة بالإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي.

على سبيل المثال، توفّر محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية فرصةً للقيام بمعالجة مياه الصرف الصحي وإنتاج مياه الري في الأماكن غير الموصولة بمحطات معالجة مياه الصرف الصحي المركزية، حيث تمتاز التقنيات اللامركزية بقدرتها على توفير البنية التحتية لمعالجة مياه الصرف الصحي في المجتمعات الريفية النائية والجبلية.[24]

الجدول (26) التحديات والفرص الرئيسية في العمل مع الجهات الرئيسية ذات العلاقة بالإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي

الجهة	التحديات	الفرص	الأثر
الحكومة	• لديها العديد من الأولويات • قد تكون بعض الأولويات متضاربة ومختلفة	• لها دور قيادي في تنسيق تنفيذ السياسة المستهدفة للإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي	• كبير
مجلس النواب	• لا يشارك غالبًا في كافة مراحل التخطيط التنموي الوطني • ربما يكون اطلاعه محدودًا على مشكلات الصرف الصحي • ربما يواجه تضارب في المصالح	• تفعيل دوره التشريعي • تعزيز دوره الداعم، لا سيّما فيما يتعلّق بالموازنة • توعية أعضاء المجلس بالآثار المترتبة على عدم توفير الصرف الصحي للمجتمعات الصغيرة	• كبير
السلطة القضائية	• ربما يكون اطلاعها محدودًا على مشكلات الصرف الصحي • ربما يكون هناك ضعف في إنفاذ القوانين	• تطوير أوجه التآزر مع القوانين المتعلّقة بالحوكمة الرشيدة (مثل الفساد والتهرب الضريبي والتجارة غير المشروعة)	• متوسط

الجهة	التحديات	الفرص	الأثر
التمويل والتخطيط	• ربما تكون الروابط ضعيفةً مع الوزارات القطاعية والجهات المحلية • تناول مسألة عدم توفر خدمات الصرف الصحي الضرورية في المناطق الريفية	• أن تكتسي هذه المؤسسات رمزيةً وطنيةً فيما يتعلّق بالإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي من أجل تخفيف العبء المالي عن الموازنة العامة • أن تُمنَح هذه المؤسسات دورًا رئيسيًا في تنسيق تنفيذ سياسات الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي • تطوير أوجه التآزر مع إجراءات تحصيل الإيرادات (مثل تحصيل الرسوم والتهرب الضريبي)	• كبير جدًا
الوزارات القطاعية والجهات المحلية	• ربما تكون قدراتها ضعيفة • نقص تمويل الجهات المحلية من شأنه أن يُعيق تنفيذ سياسة إدارة مياه الصرف الصحي • تفتقد بعض الوزارات القطاعية إلى العلاقات القوية مع الوزارات الأخرى	• دعمها وتمكينها من تأدية دورها في التخطيط لتطوير الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي • تشجيعها على التكامل مع الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي وإدراج أهداف الصرف الصحي في خططها وموازناتها • شراكها في مراقبة وتنفيذ الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي	• كبير
دائرة الإحصاءات العامة	• غالبًا ما تكون عمليات جمع البيانات وإدارتها ضعيفة، لا سيّما حول المجتمعات الريفية والصغيرة • لا يتم جمع البيانات عمومًا من خلال الاستطلاعات المنتظمة	• زيادة الاستثمار في أنظمة البيانات والإحصاءات الوطنية • بناء القدرة الإحصائية على رصد أنظمة الصرف الصحي، بما في ذلك القدرة على جمع وإدارة وتحليل بيانات مياه الصرف الصحي والمجتمعات الصغيرة بصورة منتظمة	• متوسط
المنظمات غير الحكومية ومنظمات المجتمع المدني	• ربما تكون قدراتها ضعيفة، لا سيّما فيما يتعلّق بالمشاركة في التخطيط الوطني • لا تشارك غالبًا في مراحل التخطيط والتنفيذ	• التخطيط التنموي، وإجراء تقييم للاحتياجات • تشجيعها على الاضطلاع بدورها الرقابي (تعزيز الشفافية والمساءلة) • تعزيز دورها في جمع وتبادل المعلومات ونشر الوعي (من صنّاع السياسات إلى المجتمعات المحلية)	• محدود

الجهة	التحديات	الفرص	الأثر
المنشآت التجارية والصناعية	• العوائق التشريعية لأنشطتها	• إشراكها في عملية التخطيط لطرح الحلول الفعالة والمبتكرة لتنفيذ السياسة المستهدفة للإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي • الاستفادة منها في تمويل سياسة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية من خلال الحوافز والإعفاءات الضريبية • تقديم خدمات تعاقدية مربحة ومجدية بالنسبة إلى القطاع الخاص	• محدود
المؤسسات الأكاديمية والبحثية	• ربما تكون بعيدةً عن التطوّرات التقنية • ربما تكون قدرتها ضعيفةً على إنتاج المعلومات المهمة لصنع السياسات	• الاستفادة من أفكارها المبتكرة، بما في ذلك الأساليب العلمية الجديدة، لتنفيذ الحلول المستدامة والتقنيات المناسبة للإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي • العمل معها لتعزيز الربط بين العلم والسياسات من أجل إيجاد الحلول لمشكلات الصرف الصحي	• محدود

المصدر: تجميع الاستشاري

3.7 الفجوات في التشريعات المتعلّقة بالمياه العادمة والصرف الصحي

هناك العديد من التداخلات والفجوات في المسؤوليات المنوطة بالوزارتيْن، الأمر الذي يتطلّب التنسيق بعناية بينهما لمراقبة الناتج بصورة مناسبة. وبالإضافة إلى التداخلات الراهنة وغياب التنسيق، من المتوقع أن يكون نقص القدرات لدى كلتا الوزارتيْن وراء التردد في اتخاذ قرارٍ بشأن المسؤوليات ذات الصلة باعتماد نهج الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي، حيث إنّ الجهات الحكومية مثقلةٌ بمسؤولياتها الراهنة، ما يجعلها تتردّد في إضافة مسؤوليات جديدة إلى أولوياتها العديدة (مثل الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي).

نظرًا لعدم وجود إطار داعم ومتسق لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي والتحكم بها ومراقبتها بين وزارتيْ المياه والري والزراعة، تتولّى وزارة المياه والري مراقبة الاستخدام المباشر للمياه المعالجة في المناطق المجاورة لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي من خلال الاتفاقيات مع المزارعين والتي تقصُر استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة على ري المحاصيل العلفية والأشجار المثمرة.

ويحدّد قانون البناء الوطني الأردني لسنة 1993 (المعدّل في 2017) نظام الصرف الصحي المطلوب في البناية ومتطلّباته. وتُلزِم المادة (75) المالك بتوفير خزانات معالجة الصرف الصحي وفتحات التصريف أو الحفر الامتصاصية في حالة عدم اتصال البناية بشبكة المجاري، ولا يجوز تصريف مياه الصرف الصحي إلى مجاري مياه الأمطار لأي سببٍ من الأسباب. بيد أنّ المواصفات الواردة في كود البناء مبالغٌ بأمرها؛ حيث تشترط توفير خزان معالجة للصرف الصحي[25] بسعة 200 لتر/للفرد/يوميًا مع فترة احتفاظ تبلغ 15 يومًا، بينما في الواقع يستطيع المالك استئجار صهريج نضح لتفريغ الخزانات حينما تمتلئ. وبالتالي، يمكن أن تؤدي هذه المواصفات المبالغ فيها إلى تشجيع الجهات ذات العلاقة والمستفيدين على اعتماد الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي لتفادي التكاليف الإنشائية الإضافية.

ويمنح قانون البلديات رقم (41) لسنة 2015 (المعدّل في 2017) البلديات الصفة القانونية لامتلاك وتشغيل محطات معالجة مياه الصرف الصحي وتحديد مواصفاتها الإنشائية. ويعهد القانون بمسؤولية «منع تلوّث الينابيع والقنوات والأحواض أو الآبار» إلى الجهة البلدية المسؤولة عن المياه على وجه التحديد. كما يمنح القانون المحافظة صلاحيات إنشاء شبكات الصرف الصحي و«إدارتها ومراقبتها». وينطبق هذا التشريع التمكيني فقط على المنطقة المحددة للبلدية. إضافةً إلى ذلك، يمنح هذا التشريع البلديات، بموافقة مجلس الوزراء، صلاحية منح امتيازات تشغيل المرافق العامة لمهندسي ومقاولي القطاع الخاص بشرط ألّا تتجاوز مدتها 30 عامًا؛ وربما

يكون هذه المادة متناقضة أو متداخلة مع قانون سلطة المياه فيما يتعلّق بإنشاء ومراقبة شبكات المجاري ومحطات معالجة مياه الصرف الصحي.

نظرًا لعدم وجود إطار داعم ومتسق لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي والتحكم بها ومراقبتها بين وزارتيْ المياه والري والزراعة، تتولّى وزارة المياه والري مراقبة الاستخدام المباشر للمياه المعالجة في المناطق المجاورة لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي من خلال الاتفاقيات مع المزارعين والتي تقصُر استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة على ري المحاصيل العلفية والأشجار المثمرة.

هذا ويُعتبر التنسيق والتآزر بين مختلف المؤسسات المعنية من أهم مشكلات حوكمة مياه الصرف الصحي، علمًا أنّ المنافسة بين مؤسسات المياه المختلفة أمر شائع، ولا تكون مسؤوليات كل منها محددة بوضوح دائمًا، ممّا يؤدي في كثيرٍ من الأحيان إلى تقديم خدمات مياه الصرف الصحي بشكلٍ غير فعال. وتجدر الإشارة إلى أنّ كافة المؤسسات والهياكل ذات الصلة بالمياه تقريبًا بحاجة إلى إصلاح مؤسسي. وبصرف النظر عن الهيكل المؤسسي، يُوصى بتشكيل لجان مشتركة بين الوزارات على أعلى المستويات، وإشراك وزارات التخطيط، والمالية والاقتصاد، والصحة، والتربية والتعليم، والتنمية الاجتماعية، والزراعة، والبيئة، ودائرة الإحصاءات العامة.

4.7 مواصفات ومعايير مياه الصرف الصحي المعالجة

تتم مراقبة عينات مياه الصرف الصحي المعالجة والحمأة من خلال التحاليل المخبرية التي تُجرى في مختبرات سلطة المياه أو مختبرات المياه ومياه الصرف الصحي في الجمعية العلمية الملكية، لتحديد خصائصها الفيزيائية والكيميائية والجرثومية وتقييم جودة المياه المعالجة وفقًا للمواصفات الأردنية، وتحديد مدى ملاءمة مياه الصرف الصحي المعالجة من المصادر المختلفة لإعادة الاستخدام. ويتم تقييم جودة المياه في المصادر الخاضعة للمراقبة استنادًا إلى نتائج التحاليل وبالرجوع إلى ما يلي:

- المواصفة الأردنية لجودة مياه الصرف الصحي المنزلية المستصلحة رقم (2006/893) (مؤسسة المواصفات والمقاييس الأردنية، 2007 ب).
- المواصفة الأردنية لجودة مياه الصرف الصناعي المستصلحة رقم (2007/202) (مؤسسة المواصفات والمقاييس الأردنية، 2007 أ).
- إرشادات جودة مياه الري الصادرة عن منظمة الأغذية والزراعة.
- المواصفة الأردنية لجودة مياه الري رقم (2014/JS1766) (مؤسسة المواصفات والمقاييس الأردنية، 2014).

حتّى تاريخه، شكّلت المواصفات الأردنية (2006/JS893) و(91/JS202) و(96/JS1145)، وأنظمة سلطة المياه بشأن جودة مياه الصرف الصناعي لغايات ربطها بنظام جمع مياه الصرف الصحي، ومواصفات سلطة المياه لأعمال الصرف الصحي، الأسس المرجعية التي يستند إليها تقييم مواصفات محطات المعالجة وإعادة استخدام مياه الصرف الصحي. ويجب مراجعة هذه المواصفات والأنظمة وتعديلها بشكل دوري لتعكس الظروف المتغيّرة. كما يجب مراعاة الجوانب الأخرى، مثل الجوانب الاقتصادية والاجتماعية والثقافية والبيئية والإقليمية. هذا وتحظر المواصفات الأردنية حاليًا استخدام المياه المعالجة لري محاصيل الخضروات التي تؤكل نيئة مثل الخس والنعناع والخضروات الورقية الأخرى.

5.7 المواصفات والمعايير الحالية لمعالجة مياه الصرف الصحي

المواصفة الأردنية (2006/JS893) (الملحق 2) لتصريف مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها هي المواصفة الأردنية الإلزامية التي تغطي المجالات التالية: (1) تصريف مياه الصرف الصحي المعالجة في الأودية والجداول والمسطحات المائية (2) إعادة استخدام المياه المعالجة في تغذية المياه الجوفية (3) إعادة الاستخدام المباشر لمياه الصرف الصحي في الري الزراعي.

أقدم العديد من المؤلفين على انتقاد محتوى المواصفة الأردنية (2006/JS893) وقابليتها للتطبيق:

1. تستند المواصفة الأردنية 2006/JS893 إلى إرشادات منظمة الصحة العالمية القديمة الصادرة في عام 1989 على الرغم من صدور نسخة محدّثة في عام 2015.

2. بالنسبة إلى استخدامات الري، لا تأخذ المواصفة الأردنية 2006/JS893 في الاعتبار التقلبات الحتمية في الطلب على الري على مدار العام، حيث يلزم التخلّص من الفائض المائي غير الضروري للري خلال فصل الشتاء في أقرب مسطح مائي أو وادٍ، مع الالتزام بمواصفات الري ممّا يؤدي إلى تحمّل تكاليف معالجة غير ضرورية.
3. يتراوح الحد الأقصى لمجموع المواد الصلبة العالقة من 15 إلى 300 مغ/لتر، وهو ما يصعب تبريره.
4. 4. تبلغ حدود النترات لأغراض التصريف 80 مغ/لتر، وهي أعلى من تلك المطلوبة لكافة أغراض الري (30 – 70 مغ/لتر)، وهو أمر غير منطقي لأنّ النباتات تحتاج إلى النيتروجين باعتباره عنصريًا غذائيًا أساسيًا، إلّا أنّ امتصاص النباتات المحتمل للنترات لم يؤخذ بعين الاعتبار. والأهم من ذلك أنّ الحدّ الأقصى المسموح به من النترات في مياه الشرب هو 50 مغ/لتر (إرشادات منظمة الصحة العالمية).
5. يُعتبر الحد الأقصى المسموح به للإشريكية القولونية لري ورود القطف صارمًا للغاية.
6. لا تأخذ المواصفة الأردنية أحمال التلوّث في الاعتبار، وتركّز فقط على تراكيز الملوثات، ممّا يجعل الامتثال لها صعبًا على محطات معالجة مياه الصرف الصحي الصغيرة.

تهدف المقترحات التالية إلى تحسين المواصفة الأردنية 2006/JS893 ودعم تطبيق معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية على مستوى المملكة[26]:

1. السماح بتصريف الفائض المائي غير الضروري للري خلال فصل الشتاء في أقرب مسطح مائي (وادي)، مع تطبيق المواصفات الحالية لتصريف المياه المعالجة في المسطحات المائية.
2. السماح بتركيز أعلى من النيتروجين والفوسفور في مياه الري، مع الاعتراف بقيمتهما الغذائية وخفض التكاليف الاستثمارية وتكاليف التشغيل والصيانة لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية.
3. بالنسبة إلى محطات معالجة مياه الصرف الصحي الصغيرة، يجب تطبيق مفهوم حمل التلوّث بالاقتران مع حدود التركيز (يستطيع المشغّل اختيار أحد الخيارَيْن).

6.7 التشريعات والأنظمة

أدّى الغياب الواضح للإرادة السياسية لتطبيق القوانين والأنظمة خلال السنوات الأخيرة إلى فقدان الثقة في إنفاذ القانون. كما ساهمت التغييرات المستمرة في المناصب القيادية في كلٍ من وزارة المياه والري وسلطة وادي الأردن وسلطة المياه والجهات المعنية بالمياه في تأخير التعديلات القانونية وفي تباين الآراء حول أولويات سياسة الصرف الصحي.

وتُعدّ أنظمة مياه الصرف الصحي ومواصفات إعادة استخدامها في الزراعة خطوةً أساسيةً لحماية الصحة العامة للمستهلكين والمزارعين على حدٍ سواء، لكنّ التحدي الحقيقي يتمثّل في تطبيق هذه الأنظمة والمواصفات وإنفاذها. وينطوي السياق الأردني على العديد من العوامل الاجتماعية والثقافية والسياسية التي تحول دون التطبيق الناجع للقوانين والمواصفات الناظمة لاستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة.

وقد شهد الأردن مؤخرًا تحوّلًا من توفير البنية التحتية المخطط لها مركزيًا نحو النُهُج القائمة على الطلب التي تحفّز الناس لتحسين أنظمة الصرف الصحي لديهم. ومع أنّ الحكم التقني السليم بشأن الحلول المناسبة ما يزال ضروريًا، إلّا أنّ نُهُج البرمجة المناسبة أصبحت الآن أكثر أهمية وتساهم بشكل أكبر في نجاح أعمال الصرف الصحي.

وتُعدّ الأنظمة اللامركزية من النُهُج الواعدة التي تنطبق على الصرف الصحي في المناطق الريفية والحضرية على السواء. ويحتاج اعتماد نهج الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي إلى تشريعاتٍ مناسبةٍ تعزّز إشراك القطاع الخاص. ويمكن أيضًا تشجيع القطاع الخاص المحلي على المشاركة في الجمع، والمعالجة، ونضح الحفر الامتصاصية، وبيع الأسمدة المركبة الآمنة المصنّعة من الفضلات البشرية، وإنتاج غاز الميثان من المراحيض المنتجة للغاز الحيوي، وتشغيل دورات المياه العامة. وقد ازدادت جاذبية الشراكات بين القطاعيْن العام والخاص بالنسبة إلى الحكومات باعتبارها آليةً خارج الميزانية لتطوير البنية التحتية لأنّها قد لا تتطلّب أي إنفاق نقدي فوري. وتشمل

(26) انظر أيضًا الأجزاء الأخرى من الخلاصة الوافية والتي تناقش المواصفة الأردنية في ضوء مفهوم إعادة الاستخدام والدليل التوجيهي.

أبرز المزايا الأخرى للقطاع العام تفادي تكاليف التصميم والبناء، وتحمّل القطاع الخاص لبعض المخاطر المعيّنة، وتحسين التصميم والبناء والتشغيل.

ومن أجل القضاء على هذه المخاطر أو تخفيفها، ينبغي أن يوجد إطار تنظيمي، بمشاركة أكثر من جهة واحدة في العادة. على سبيل المثال، يجب أن تُشرف وكالات حماية البيئة على الامتثال لجودة تصريف مياه الصرف الصحي، وأن تُشرف الوكالات الزراعية (إن لم تكن البيئية) على مواصفات إعادة استخدام مياه الصرف الصحي، وأن تُشرف جهة تنظيمية اقتصادية على مراقبة وتنظيم أسعار (أو إيرادات) الخدمات.

ويتكوّن الإطار التنظيمي في الأردن من وزارة البيئة ووزارة الصحة وسلطة المياه ومؤسسة المواصفات والمقاييس الأردنية. ويتضمّن مجموعةً من النصوص والقواعد القانونية (القوانين، عقود الاتفاقيات، القواعد التشريعية التي تضعها الحكومة...إلخ)؛ والإجراءات والعمليات (للحصول على الموافقات والتراخيص والتصاريح المطلوبة...إلخ)؛ والسلطات التنظيمية (وزارة، جهة تنظيمية، سلطة قضائية...إلخ) التي تتمتّع بالصلاحيات اللازمة. وستعتمد الوظائف الفعلية للسلطات التنظيمية الفردية على الهيكل الإجمالي للإطار التنظيمي، وتمكين السلطات بموجب النصوص والقواعد القانونية ذات الصلة، والترتيبات الإدارية والاستقلالية، والقدرة الفنية. وفيما يلي بعض الوظائف الأساسية للجهات التنظيمية:

- حماية المصلحة العامة (كافة الجهات التنظيمية)
- مراقبة الامتثال للالتزامات التعاقدية تجاه الحكومة والمستخدمين، ومراقبة المتطلّبات القانونية والتنظيمية الأخرى (نظام حماية البيئة بصورة رئيسية)
- متابعة المواصفات الفنية ومعايير السلامة والجودة (يجب أن تكون محدّدةً في العقود) ومراقبة الامتثال لها (لا حاجة إلى تضمينها في العقود إذا كانت عبارة عن معايير قانونية لأنّ القانون ينسخ أي التزامات تعاقدية)
- فرض العقوبات على المخالفات
- إدارة تعديلات التعرفة والمراجعات الدورية (الجهة التنظيمية الاقتصادية)
- وضع المعايير المحاسبية وإجراء تحليل التكلفة والأداء للمشغّل (الجهة التنظيمية الاقتصادية)
- تيسير تسوية النزاعات[27] ولكن فقط في نطاق المسائل التنظيمية. وإسداء النصح والمشورة للحكومة بشأن المسائل المتعلّقة بالسياسات والمسائل الأخرى المتعلّقة بمشاركة القطاع الخاص (بناءً على طلب الحكومة).

7.7 مراقبة وتقييم أداء خدمة الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي

إنّ المراقبة جزء أساسي من أي ترتيبٍ للإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي. وهناك ثلاث قضايا رئيسية ينبغي لصناع القرار والمسؤولين أخذها في الاعتبار وهي التكلفة العالية للمراقبة، وتقنيات المراقبة البديلة، ومسؤولية المراقبة. ويمكن أن تكون تكلفة المراقبة ضئيلة أو باهظة. وتشمل تقنيات المراقبة عمليات التفتيش والتقارير والشكاوى والمساءلة ومعايير الأداء. ويمكن إجراء المراقبة من قبل المسؤولين الحكوميّين أو الأطراف الثالثة المعيّنة على مستويات مختلفة ضمن الوكالة الحكومية (مختبرات سلطة المياه). ويجب دراسة مثل هذه الترتيبات بناءً على مزايا كل منها؛ فعلى سبيل المثال، يمكن لترتيبٍ معيّن أن يكون ناجحًا لنوعٍ من العقود في منظمة معيّنة (مختبرات الجمعية العلمية الملكية)، لكنّ الترتيب ذاته قد لا يكون ناجحًا في ظل ظروف مختلفة.

وعند اعتماد نهج الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي، يجب أن يخضع مزوّد الخدمة إلى الرقابة التنظيمية لضمان أن تعكس الخدمات المقدّمة المستوى المطلوب وأن تفي بالمواصفات أو الجودة المطلوبة، فضلًا عن أهمية الرقابة التنظيمية لضمان التنمية المستدامة للقطاع. ويجب أن تتوافر ثلاثة شروط رئيسية في أي مشروع للتنمية المستدامة: أولًا، يجب أن يكون مستدامًا من الناحيتيْن الاقتصادية والمالية لضمان استمرار القدرة على إنتاج وتوفير السلع والخدمات من الشركات المتعاقد معها. وثانيًا، يجب أن يكون مستدامًا من الناحيتيْن البيئية والإيكولوجية لضمان تحسين جودة الحياة بصورة عامة، وليس أن يُفضي فقط إلى زيادة السلع والخدمات المتداولة. وثالثًا، يجب أن يكون مستدامًا من الناحية الاجتماعية ليتسنّى توفير السلع والخدمات لكافة شرائح المجتمع على قدم المساواة.

(27) لا تتدخّل الجهات التنظيمية عادةً في تسوية النزاعات ما لم يكن للنزاع المعني تأثير تنظيمي جوهري يتمثّل في إرساء سابقة في الإطار التنظيمي، علمًا أنّ تسوية النزاعات العامة تقع عادةً ضمن اختصاص ديوان المظالم أو ما شابهه من الأجهزة.

ويجب وضع إطار واضح لمراقبة تنفيذ الخطة استنادًا إلى أطر ومؤشرات مراقبة القطاع القائمة، مع التركيز ليس فقط على المخرجات (مثل الوصول) بل أيضًا على النتائج، بحيث تشمل عوامل مثل أداء مزوّد الخدمة، ومستويات الخدمة المقدّمة، وأي مجموع إجمالي للاستدامة. ويجب استخدام هذا التتبّع في تحديث بيانات خط الأساس التي تم جمعها في مرحلة التقييم. كما يجب تضمين آليات لجمع بيانات المراقبة (وحساب تكلفتها)، مثل الاستطلاعات الدورية، ومراقبة التنفيذ والإشراف عليه، وإعداد التقارير حول مؤشرات الأداء الرئيسية لمزوّدي الخدمة، والمراجعات التشاركية الدورية مع الجهات ذات العلاقة وما إلى ذلك.

ويمكن النظر إلى المراقبة بوصفها «الرابط التفاعلي» بين صياغة السياسات والتنفيذ على أرض الواقع لإصلاحات الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي، حيث توفّر المراقبة الأدلة لتدابير الإنفاذ والتي يمكن في غيابها تحدّي تدابير الإنفاذ بسهولة. وتسمح المراقبة الفعالة بتنقيح السياسات بما يتيح إعادة توزيع المخصصات المالية على الأولويات الإصلاحية. ويُعزى عدم الامتثال وعدم القدرة على تنفيذ إصلاحات مياه الصرف الصحي بشكلٍ عامٍ إلى نقص قدرات التفتيش والمراقبة لدى سلطات المياه، وغياب الإجراءات والقواعد للتحقيق في الاعتداءات وتقييم العقوبات، وغياب الصلاحيات التنفيذية أو حتى الرغبة في تطبيقها، إذْ يجب أن تتمتع السلطات المعنية بالصلاحيات التنفيذية الكافية لضمان الامتثال دون اللجوء إلى القضاء، مثل فرض الغرامات والأنواع الأخرى من العقوبات. في الواقع، مزوّد الخدمة هو من يلجأ إلى القضاء عادةً للطعن في قرارٍ تنظيمي، وليس الجهة التنظيمية هي من تلجأ إلى القضاء في محاولةٍ منها لفرض الامتثال، حيث يجب أن يشكّل الإنفاذ عن طريق القضاء ملاذًا أخيرًا.

8. ملكية القطاع الخاص أو العام لأنظمة الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي

يمكن أن تكون محطات معالجة مياه الصرف الصحي مملوكةً بالكامل للقطاع العام أو الخاص، إلّا أنّ جميعها مملوكةٌ حاليًا للقطاع العام، ويتم تشغيلها بطرق مختلفة، إما بواسطة سلطة المياه مباشرة، أو مؤسسات المياه، أو من خلال الترتيبات التعاقدية.

وزارة المياه والري هي الجهة المسؤولة عن صياغة استراتيجيات وسياسات المياه؛ وتخطيط الموارد المائية وتطوير الخطط الرئيسية الوطنية؛ ومراقبة وتقييم الموارد المائية؛ وإجراء دراسات المياه ومياه الصرف الصحي والري. وتحت إشراف الوزارة، تعمل وحدة إدارة الأداء لمراقبة أداء الجهات التي تمت خصخصتها؛ وتطوير الشراكات بين القطاعيْن العام والخاص وتعزيز مشاركة القطاع الخاص في خدمات المياه وإدارتها.

هذا وتكون إدارة قطاع المياه مركزية إلى حدٍ كبير، كما أن التأثير السياسي غير المُبرر أمر شائع في هذا الصدد. ولا تكون شركات المياه «المستقلة» مستقلةً في الواقع (وزارة المياه والري 2010 ب). كما تظل الوظائف التنظيمية مقتصرة على مراقبة أداء الشركات من خلال مؤشرات الأداء. ومن المعروف عمومًا في هذا القطاع أنّ المبادئ الأساسية للفصل بين السياسة والتنظيم والتنفيذ، إلى جانب إضفاء الطابع التجاري على العمليات (بما في ذلك الشراكة بين القطاعيْن العام والخاص)، جميعها أمور تنطبق على السياق الأردني.

بالرغم من هذه المبادئ، تتولى سلطة المياه عدة أدوار؛ فتقوم بدور المشغّل أحيانًا، ودور المشرف على العقود أو المنظم أحيانًا أخرى. ويتمثل الهيكل التنظيمي لمعظم مشاريع الشراكة بين القطاعيْن العام والخاص في التعاقد، وتكون سلطة المياه مسؤولة بشكل مباشر عن إدارة العقود. وفي بعض الحالات، تمتد هذه المسؤولية لتشمل عمليات التدقيق الفنية والمالية الخارجية لمراجعة أداء المقاولين بغرض تحديد حوافز الأداء ذات الصلة.

يُعدّ اختيار أنظمة القطاع العام أو الخاص موضع نقاش. إذ يتألف القطاع العام عادةً من جهات غير ربحية تديرها الحكومة، وتوفر الخدمات بأسعار تحددها اللوائح التي يضعها مجلس الإدارة. بينما تكون أنظمة المياه في القطاع الخاص مدفوعة بتحقيق الأرباح ويُديرها المستثمرون والمساهمون. وبالرغم من أنّ الأسعار عادةً ما تتم مراقبتها من الجهات الحكومية أو المؤسسات العامة، إلّا أنّ أنظمة القطاع الخاص لا تخضع بالضرورة لهذا المجلس التنظيمي بل يكون ذلك من خلال أحد أشكال المراقبة التنظيمية.

لطالما كانت المُلكية جانبًا مهمًا في هيكل القطاع. إذ يؤثر تنظيم الملكية على أداء الجهة إلى حدٍ كبير لأن أنظمة الحوافز التي تُوجّه الأداء تختلف باختلاف المُلكية. كما توجد تحت تصرّف المرافق المملوكة للقطاعيْن العام والخاص أدوات مختلفة لتمويل أنظمة خدمات المياه. ويتّسم كل هيكل من هياكل الملكية بمزايا أو عيوب معينة. وبالرغم من ذلك، لا يجب استبعاد ملكية القطاع العام بالكامل كخيار تنظيمي وذلك لتعزيز الجدوى المالية لبعض جهات خدمات المياه ومياه الصرف الصحي.

لم تَتحقق الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي بالكامل ولم تُدمج في قطاع مياه الصرف الصحي في الأردن، إلّا أنّ العديد من محطات معالجة مياه الصرف الصحي مملوكة ومشغّلة من قبل القطاع الخاص ويمكن تصنيفها على أنّها محطات لامركزية، مما يُشير إلى الحاجة إلى إرساء حلول على نطاق صغير للضواحي والمناطق الريفية.

ويجب أن يتم تشغيل وصيانة أنظمة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية، أي الأنظمة التي تتألف من واحدة أو أكثر من محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية المُصممة بتدفق يخدم أقل من 5000 نسمة، بحيث يجب تشغيلها وصيانتها بإبرام اتفاقية بين وزارة المياه والري/سلطة المياه، والجهة المسؤولة عن المياه، وشركات القطاع الخاص. ويجب توقيع العقد المعني بين محطة معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية (أي المؤسسات العامة مثل سلطة المياه، أو مرافق المياه، أو المجتمع، أو البلدية، أو الشركات التجارية، أو المنازل)، وأحد مزوّدي خدمات التشغيل والصيانة المحتملين المذكورين أعلاه، إلّا أنّه يجب التحكم بصيانة وتشغيل تلك المحطات اللامركزية ومراقبتها من قبل جهة تنظيمية عامة (مثل سلطة المياه، أو وزارة البيئة، أو الجمعية العلمية الملكية)، ويجب أن ترتكز إلى نظام إصدار شهادات التشغيل والصيانة التي تغطي التعليم والتدريب على تشغيل وصيانة أنظمة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية.

في الأردن، يكون تصنيف نماذج الملكية للإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي على النحو التالي:

- تأسيس المؤسسات الحكومية وتزويدها بالممتلكات من قبل الحكومة أو سلطات الإدارة العامة الأخرى.
- جمعيات (تعاوُنيات) من المستفيدين والعملاء الذين يعملون في ظل الإطار القانوني لقوانين التعاونيات.
- تأسيس المؤسسات البلدية وتسجيل الأملاك باسمها من قبل سلطات الإدارة العامة المحلية وهي تتمتع بالشخصية الاعتبارية وتكون مسؤولةً عن التزاماتها بجميع أملاكها.
- لا تعمل الإدارات داخل البلديات كمؤسسات بلدية منفصلة، بل تديرها البلدية بشكل مباشر.
- الشركات التجارية (المساهمة أو ذات المسؤولية المحدودة).
- جهات التشغيل الخاصة التي يمكن أن تمتلك البنية التحتية كليًا أو جزئيًا.

في الأردن، يُسند قانون البلديات للإدارة المحلية (في البلديات والمدن والقرى) مسؤولية ضمان تَوفُّر الظروف المناسبة لخدمات الصرف الصحي؛ بما في ذلك تأسيس نظام الصرف الصحي ومعالجة مياه الصرف الصحي. وفي حين تتمتع مرافق المياه ومياه الصرف الصحي في المناطق الحضرية (البلديات والمدن) بالشخصية الاعتبارية، إلّا أنّ سلطة المياه هي الجهة المفوّضة بتقديم خدمات مياه الصرف الصحي والمشاريع ذات الصلة، بالإضافة إلى تخطيط الموارد المائية بشكل عام ومراقبتها وبنائها وتشغيلها وصيانتها (وزارة المياه والري، 2013).

هذا وتضطلع سلطة المياه بمسؤولية إدارة مشاريع الصرف الصحي العامة بما في ذلك جمع مياه الصرف الصحي وتنقيتها ومعالجتها والتخلص منها. تكاد الجهات المتخصصة في خدمات مياه الصرف الصحي أن تكون معدومة في المناطق الريفية؛ لذا تقع مسؤولية مياه الصرف الصحي وتصريف مياه المجاري على عاتق البلديات. في بعض المناطق الريفية، تتوافر بعض البُنى التحتية العامة لإمدادات المياه ومعالجة مياه الصرف الصحي ويتم تشغيلها من قبل البلديات. وتم إنشاء سلطة المياه بصفتها هيئة اعتبارية مستقلة تتمتع بالاستقلالية المالية والإدارية؛ غير أنه تم في الواقع فرض قيود على الخدمة المدنية، واتباع اللوائح الداخلية للمشتريات الحكومية، وفحص كافة الأنشطة من قبل ديوان المحاسبة وديوان الرقابة والتفتيش الإداري (أبو شمس والربضي، 2003).

1.8 ملكية القطاع العام لمرافق مياه الصرف الصحي

ستوفر الميزانية العامة تكلفة الاستثمار الرأسمالي لمشاريع الصرف الصحي؛ كما يجب تغطية تكاليف إعادة الاستثمار ضمن نفس الميزانية. هذا ويتعيّن على المرافق العامة مثل (شركة مياه اليرموك، وشركة مياهنا، وشركة مياه العقبة) تغطية تكلفة التشغيل والصيانة. تتمثل إحدى فوائد الملكية العامة لأصول المياه في الأردن في قدرة الحكومات على تمويل التحسينات الرأسمالية بتمويل دَيْن نسبته 100%. وتُعتبر الإجراءات البيروقراطية المُتمثلة في إجراء المشتريات لمرة واحدة إحدى العقبات الرئيسية التي تقف في وجه التشغيل الناجح لمرافق مياه الصرف الصحي. تكون الخصخصة هيكليةً بطبيعتها عندما تنطوي على نقل الملكية، إلّا أنّ العديد من خيارات الخصخصة لا تتضمن تغييرات في الملكية. ويمكن للقطاع الخاص تشغيل المرافق المملوكة للقطاع العام بأشكال مختلفة. كما تكون الجهات العامة التي تُظهر تكاليف إنتاجية وتشغيلية أعلى، تكون أقل كفاءة في ممارسات الشراء والجدولة لديها، والأبطأ على الإطلاق في تَبنّي المنهجيات والأدوات التي تُحقق وفورات في التكلفة وتُحقق الابتكار.

تنطوي ملكية القطاع العام على الاحتفاظ بقدرة القطاع على التحكم بالخدمات والبنية التحتية الأساسية اللازمة لتقديم تلك الخدمات. ويمكن القول إنه لا توجد خدمات مرافق عامة تزيد أهمية عن خدمات المياه ومياه الصرف الصحي، إذْ أنّ خدمات مياه الصرف الصحي ضرورية للصحة والوقاية الصحية.

و قد تكون الملكية العامة الحلَّ الواقعي الوحيد لمشكلات الجدوى ذات الصلة بأنظمة المياه ومياه الصرف الصحي الصغيرة، التي قد تكون صغيرة جدًا لدرجة أنها غير مُجدية من الناحية المالية دون فرض تَعرفة تتجاوز القدرة على تحمّل التكاليف.

2.8 لجمعيات (التعاونيات) المعنيّة بخدمات الصرف الصحي

تعمل الجمعيات بموجب إطار قانوني يشمل قوانين التعاونيات، على غرار جمعية مستخدمي المياه في وادي الأردن. والسمة الرئيسية لتلك التعاونيات هي طابعها غير الربحي، إلّا أنّه من الصعب جدًا تأسيس مثل هذه الجمعيات في الواقع، ولا سيّما في الأردن، الذي يعاني من ضعف المهارات والسلوكيات التعاونية.

وتُعتبر العلاقات بين المحافظة والتعاونية ضعيفة جدًا، كما أن التعاونيات غير معترف بها كمؤسسات اجتماعية، فهي جزء من الأعمال الخاصة، إضافة إلى أن عدد أعضاء التعاونيات محدود، مع غياب «الشعور بالمسؤولية» لدى الأعضاء، بسبب غياب التعليم والتدريب التعاوني.

وتُعد خدمات الدعم الحكومية غير كافية لمساعدة التعاونيات للوقوف على أقدامها والعمل بشكل مستقل. كما تفتقر التعاونيات إلى فُرص كافية للحصول على التمويل والاقتراض، وتعتمد على الجهات المانحة. فضلًا عن أن المنظمات التعاونية ضعيفة وعرضة للتأثير الحكومي غير المبرر، ممّا يُقوّض استقلاليتها أيضًا (بولات، 2010).

وبحسب الأرقام الواردة من مؤسسة التعاون الأردنية، هناك 1,591 تعاونية مسجلة لدى المؤسسة، ثلثاها في الواقع نشطة، ويصل مجمل عدد الأعضاء إلى 142 ألف مواطن. كما أن قيمة إجمالي الأصول هي 327 مليون دينار أردني، في حين لم يتجاوز النقد المتداول المتاح 42 مليون دينار أردني في عام 2018. تُعتبر الأرقام التي تقرّ بها مؤسسة التعاون الأردنية متواضعة، ويمكن مضاعفتها إذا تَلقى القطاع الاهتمام والدعم الذي يستحقه من صناع القرار. وتبلغ ميزانية المؤسسة التعاونية الأردنية مليونَي دينار أردني، يُنفق 95% منها على الرواتب والمصاريف التشغيلية. وتواجه المؤسسة التي تلعب دورًا مزدوجًا في مراقبة القطاع وتنميته تحديات مالية، وتفتقر إلى القوى العاملة المؤهلة لتتمكن من تحقيق التغيير المتوخى في طريقة عملها (العابد، 2018). هذا وتقتصر وظائف المؤسسة التعاونية الأردنية على تسجيل التعاونيات والإشراف القانوني.

3.8 وحدة الأقسام ضمن البلديات المسؤولة عن خدمات الصرف الصحي

كما هو مذكور في البند 7.3، يمكن للبلديات أن تؤسس وحدة مخصصة لمياه الصرف الصحي وتصريف مياه المجاري. وقبل تأسيس وزارة المياه والري وسلطة المياه، كان تنفيذ وتشغيل خدمات الصرف الصحي وتصريف مياه المجاري يتم من قبل البلديات وفقًا لقانون الصحة العامة وقانون البلديات. وتعمل هذه الوحدة التنظيمية في إطار البلدية وليس بصفتها مؤسسة بلدية منفصلة. كما يمكن للبلدية تسجيل شركة أو مؤسسة خاصة بملكية فردية أو مساهمين. ويتم في هذا النموذج تشغيل النظام مباشرة من قبل البلدية.

ويُتوقع من البلديات المحلية أن تشارك وتساهم في تكلفة الاستثمار الرأسمالي لمشاريع مياه الصرف الصحي. كما يُطلب من البلديات تغطية تكاليف إعادة الاستثمار أيضًا، فضلًا عن أنها مطالبة بتغطية تكلفة التشغيل والصيانة. يمكن بيع مياه الصرف الصحي المعالجة للمزارعين أو للمنشآت الصناعية أو استخدامها في أعمال التخضير لشارع البلدية.

أمّا من المنظور المؤسسي، فيمكن لملكية القطاع العام أن توفر مزايا معينة؛ فقد يكون من الأسهل للحكومة المركزية أن توفر القدرة على حيازة الأراضي وكذلك الحوافز للبلديات المحلية، بالمقارنة مع المرافق المملوكة للقطاع الخاص. وقد تعزز ملكية القطاع العام أيضًا إجراء تخطيط أكثر شمولية للموارد المائية.

4.8 المؤسسات البلدية المعنية بخدمات الصرف الصحي

يتم تأسيس المؤسسات العامة وتسجيل الأملاك باسمها من قبل الحكومة أو سلطات الإدارة العامة الأخرى. ويتم تأسيس المؤسسات البلدية وتسجيل الأملاك باسمها من قبل سلطات الإدارة العامة المحلية. وتتمتع مؤسسات الدولة والمؤسسات البلدية بالشخصية الاعتبارية وتكون مسؤولةً عن التزاماتها بجميع أملاكها. وتشمل المزايا الممنوحة للحكومات البلدية تكاليف الاقتراض المنخفضة.

يُتوقع من البلديات المحلية تعيين شركات خاصة تحت الإدارة العامة لمجلس البلدية. ويتوقع من شركات البلدية تغطية إجمالي الاستثمارات الرأسمالية، وتكاليف إعادة الاستثمار (بما في ذلك الحفاظ على رأس المال) والتشغيل والصيانة.

5.8 مشغّلو القطاع الخاص

في بعض الأحيان، يتم تقديم خدمات مياه الصرف الصحي من قبل مشغّلي القطاع الخاص، لا سيّما إذا كانت الجهة تمتلك جزءًا من البنية التحتية. في الأردن، على سبيل المثال، توجد مؤسسات خاصة متخصصة مثل الفنادق والمؤسسات شبه العامة والمنشآت الصناعية الصغيرة، توفر محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية وتقوم بتشغيلها.

هذا ويُتوقع من المرافق المملوكة للقطاع الخاص أن تعمل بكفاءة وفعالية أعلى من تلك المملوكة للقطاع العام. وتتمثل المزايا الأكثر شيوعًا لمشاركة القطاع الخاص في تحقيق الوفورات الإنشائية والتشغيلية، بالإضافة إلى تحسين الامتثال التنظيمي وإدارة المخاطر، والحدّ من التأثير السياسي غير المبرر والبيروقراطية، وتحسين ممارسات الشراء والجدولة وفرص الوصول إلى الموظفين الخبراء، والمزايا الضريبية والتدفق النقدي للحكومة المحلية، ومزايا القدرة على الاستدانة، والحصول على رأس المال الخاص.

6.8 مُلكية القطاع الخاص

يوضح (الجدول 27) المزايا والعيوب المقترنة بكل نوع من أنواع الملكية. وثمة أدلة مختلطة على اختلاف الكفاءة والاختلافات الأخرى بين جهات الخدمات باختلاف أنواع الملكية المطبقة فيها (بيتشر، دريس وستانفورد، 1995). إذ تشير بعض الدراسات إلى أنّ القطاع الخاص يمكنه تقديم الخدمات بكفاءة وفعالية أكبر؛ في حين أن الدراسات الأخرى ليست حاسمةً تمامًا في هذا الشأن، ويبدو أن كلا القطاعان يعانيان من عدم الكفاءة إلى حد معين. كما أنّ المسؤولين المحليّين يفضلون الاحتفاظ بملكية أصول جهة الخدمة واستخدام الشراكات لتنفيذ الخدمات التشغيلية.

الجدول (27) المزايا والعيوب لكل هيكل تنظيمي

الهيكل التنظيمي	المزايا	العيوب	إمكانية تطبيقها في الأردن
المرافق المملوكة للقطاع العام	تأمين تغطية تكاليف استثمار رأس المال، والتكاليف التشغيلية المطلوبة ضمن الميزانية العامة.	تكاليف الإنتاج والتشغيل أعلى نسبيًا، وانخفاض كفاءة ممارسات الشراء والجدولة، وبطء تَبنّي أدوات توفير التكاليف والابتكار.	معظم محطات معالجة مياه الصرف الصحي العامة مملوكة للحكومة.
التعاونيات	كونها جمعية تطوعية من مستهلكي الخدمات؛ يتم تسليم التقرير بشأن نشاط الجمعية إلى أعضاء الجمعية والسلطات العامة. تؤخذ الخدمات المقدمة إلى المستهلكين بعين الاعتبار ضمن عملية صنع القرار. إمكانية جذب فرص التمويل من الجهات المانحة الأجنبية. يتم اتخاذ القرارات المهمة بموافقة أغلبية أعضاء الجمعية.	لا تقدم حلولًا شاملة لخدمات مياه الصرف الصحي في المناطق الريفية. موافقة جميعة مستخدمي المياه على توصيل الخدمة للمستخدمين الجدد. لا يتم عادةً تعيين أعضاء الإدارة للجمعية من الخبراء في مجال مياه الصرف الصحي. قد يظهر تضارب المصالح بين أعضاء الجمعية.	هذا النموذج قابل للتطبيق، لا سيّما في التجمعات الريفية النائية.
المؤسسات البلدية	**تكون الممتلكات ملكًا للسلطات العامة المحلية.** **من المستحيل أن تفلس.** **إمكانية جذب فرص التمويل من الجهات المانحة الداخلية والدولية.** **إمكانية تَلقّي التمويل من الميزانية العامة.** **تتمتع مجالس البلديات بصلاحية مراقبة جودة خدمات الصرف الصحي.**	**التأثيرات السياسية غير المبررة على الإدارة وخاصة فيما يتعلّق بقرارات تحديد التعرفة.** **تتأثّر إدارة المشغّل سلبًا بالإدارة المركزية والمحلية نظرًا لعدم وجود عقود تفويض موقعة مع الإدارة.** **الإطار التشريعي لا يتوافق مع واقع تطوير العلاقة بين الإدارة العامة المحلية ومشغّلي الخدمات فيما يتعلّق بقطاع إمدادات المياه والصرف الصحي.**	**الخبرة القليلة في عقود الامتياز وعدم وجود خبرة في التأجير في الأردن.** **سيكون النموذج قابلًا للتطبيق، لكن بناء القدرات والتشريعات الجديدة أمر مطلوب.**
الإدارات داخل البلديات	**تكون الممتلكات ملكًا للسلطة العامة المحلية التي لا يمكن أن تُفلس. إضافة إلى المرونة في تعيين الموظفين الفنيين في إدارة مياه الصرف الصحي.**	**الافتقار إلى القدرة الفنية، وقلة عدد الموظفين، الذين تُسند إليهم واجبات أخرى أيضًا، والتأثير السياسي غير المبرر على الإدارة خاصةً فيما يتعلق بقرارات تحديد التعرفة. تتأثر إدارة المشغّلين بشكل سلبي بفعل الإدارة العامة.**	**الخبرة القليلة في عقود الامتياز وعدم وجود خبرة في التأجير في الأردن. سيكون النموذج قابلًا للتطبيق، لكن بناء القدرات والتشريعات الجديدة أمر مطلوب. النموذج قابل للتطبيق لكن هناك القليل من الفوائد المتحققة.**

الشركات التجارية	إمكانية جذب الاستثمارات الخاصة؛ الترحيب بالشراكة وعقود الامتياز بين القطاعيْن الخاص والعام؛ إمكانية تجميع الأصول المالية لإعادة تأهيل الأصول الثابتة وتوسيع الأنظمة القائمة؛ وتعظيم الربح. إمكانية ضمان إدارة الأداء؛ والحدّ من تأثير السياسة على أنشطة مشغّل الخدمات؛ زيادة ورفع مستوى جودة خدمات الإمداد بالمياه والصرف الصحي.	انخفاض احتمالية جذب موارد التمويل (المِنح والقروض التفضيلية) فيما يتعلّق بالممتلكات الخاصة لوسائل الإنتاج، وتدنّي مشاركة أصحاب المصلحة في أنشطة المشغّل فيما يتعلّق بخدمات مياه الصرف الصحي. العواقب الوخيمة للأخطاء والثغرات التي تحدث خلال تفويض عملية تشغيل الخدمة من السلطة المحلية إلى المشغّل؛ والمخاطر العالية فيما يتعلّق بسياسة التعرفة التي يُطبقها المشغّل في الحالات التي تنخفض فيها إيرادات الرسوم المفروضة على المستخدمين.	الخبرة المحدودة في إدارة العقود في الأردن؛ كون القطاع غير جذاب لمزوّدي الخدمة في القطاع الخاص نتيجة لقيود القدرة على تحمّل التكاليف وقواعد تحديد التعرفة.
صغار المشغّلين من القطاع الخاص	مشاركة القطاع الخاص، مع خبراته الإدارية والفنية ورأس المال (حتى لو كان رأس المال المتداول فقط)؛ وتحسين الكفاءة.	القدرة الفنية المحدودة، يجب أن تُبنى العلاقة بين سلطة الإدارة المحلية والمشغّل على أساس تعاقدي؛ العمل مع المشغّل الذي يسعى لتحقيق الربح قد يفاقم قيود القدرة على تحمّل التكاليف.	يمكن حل مشكلة القدرات الفنية من خلال الاستعانة بمصادر خارجية وتطبيق القواعد الوطنية على جميع مقدمي الخدمات (الترخيص)؛ كما يجب توقيع عقود الخدمة.
ملكية القطاع الخاص	مشاركة القطاع الخاص، مع خبراته الإدارية والفنية ورأس المال لتلبية لوائح تصريف مياه الصرف الصحي.	ارتفاع تكلفة حيازة الأراضي.	توجد محطات معالجة مياه الصرف الصحي الخاصة في الأردن. للشركات والمؤسسات الخاصة، والصناعة، والفنادق، والجامعات...إلخ.

يمكن أن تكون ملكية المجتمع لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية مستدامة. وقد يتم عزلها عن النفوذ الحكومي وإجراءاته البيروقراطية، بل ستعتمد أيضًا على الجهات الفاعلة المحلية.

تعتبر ملكية البلدية أو المجتمع لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية حلًا جذابًا في الأردن، ويرجع ذلك بشكل كبير إلى أنّ استملاك الأراضي يشكل عائقًا رئيسيًا. بحيث يمكن للبلدية اختيار الموقع المناسب لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية وتخصيص ملكيته للبلدية، حتى لو كانت الأرض مملوكة لجهة خاصة، على أساس أنّها مصلحة عامة، على النحو المحدد في قانون نزع الملكية الخاصة للمنفعة العامة.[28]

سوف تتبنّى ملكية المجتمع بهذا المعنى المسؤولية المباشرة والمستقلة عن حلول مياه الصرف الصحي المحلية الخاصة بها.

9. التنظيم والرقابة

1.9 تحديد المواصفات القياسية للإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي

يتم تطبيق المواصفات القياسية الحالية (خاصة 2006/JS893) في الأردن في محطات معالجة مياه الصرف الصحي المركزية. كما توجد مواصفات قياسية أخرى لمياه الصرف الصحي الصناعية ومحطات توليد الطاقة (صناعة الصخر الزيتي). وقد يكون من الضروري وضع مواصفة قياسية منفصلة لمياه الصرف الصحي الناتجة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية، وفقًا للنقاط المناقشة أعلاه.

2.9 إنشاء نظام مراقبة للإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي

حتى وقت قريب، كان الافتقار إلى تقنية مراقبة موثوقة أحد الأسباب التي أعاقت تبنّي أنظمة الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي، إلّا أنّ تقنية المراقبة عن بُعد الموثوقة والمتوفرة حاليًا تقلل بشكل كبير من هذه المتطلبات، مما يسمح بالتحكم عن بُعد في محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية البعيدة وإجراء الصيانة في الموقع عند الحاجة. هذا وتتمثل إحدى توصيات هذه الدراسة بإنشاء هيئة أو وحدة مراقبة واحدة لمياه الصرف الصحي في الأردن تحت إشراف وزارة المياه والري.

يتعين على هيئة المراقبة المقترحة أن تقدم التقارير بشكل منتظم لصناع القرار. ويمكن مُراقبة بعض العوامل بشكل مستمر، بينما تتم مراقبة البعض الآخر على فترات دورية أطول بشكل منتظم. هذا ويجب أن تكون الهيئة مفوّضة بمتابعة أداء محطة معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية على أساس منتظم، بمعدل مرة كل ستة أشهر على سبيل المثال. كما ينبغي جمع عينات من مياه الصرف الصحي المعالجة وتحليلها مرة كل ثلاثة أشهر على سبيل المثال. ومن أجل المراقبة الناجحة لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية، يلزم توفّر ما يلي:

أ. نظام مراقبة فعال
ب. جهة خاصة مفوّضة لمتابعة أداء الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي
ج. مختبر معتمد للمراقبة

3.9 تحديث وتعديل التشريعات

يمكن إضافة نظام إنفاذ للعقوبات المترتبة على عدم الامتثال للمواصفات القياسية المطلوبة لمياه الصرف الصحي المعالجة. إذ يمكن أن يستند ذلك إلى المبدأ القائل « الملوِّث يدفع» أي بأن يدفع الملوّث بدل مياه الصرف الصحي الداخلة للمحطة إضافة إلى تعويض رسوم المعالجة لمياه الصرف الصحي المُعالجة أو تخفيضها. وقد يتوجّب تعزيز التشريعات القائمة وذلك بتوفير آليات إنفاذ مناسبة بما في ذلك التدابير المالية.

4.9 الاعتمادات وهيئة الاعتماد للتقنيات والتشغيل

يمكن أن يُحسّن الاعتماد الفعال والمناسب من الكفاءة التشغيلية. وعند إنشاء نظام اعتماد التقنية في الأردن، يمكن تقليل وتيرة المراقبة (إذْ تطلب السلطات الألمانية واحدة إلى اثنتين من عينات مياه الصرف الصحي المعالجة كل سنة، اعتمادًا على التقنية المستخدمة ومستوى/درجة الرقابة عن بعد).

يتم حاليًا تطوير بروتوكولات الاعتماد مع ممثلين أردنيين من مجموعة عمل «الاعتماد» التابعة للجنة التنفيذ الوطنية للإدارة اللامركزية الفعالة لمياه الصرف الصحي في الأردن. والهدف من ذلك هو عرض بروتوكولات مُنسقة لوزارة المياه والري، وكذلك مواكبة تنفيذها بشكل أكبر.[29]

5.9 أداء الخدمات القائمة على العقود

بالنسبة إلى الأردن، قد ينمو السوق التنافسي لخدمات تشغيل وصيانة محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية التي تخدم أقل من 5,000 نسمة، مما سيسمح بالاستعانة بمصادر خارجية من القطاع الخاص لتأدية هذه الخدمات وتخفيف الضغط عن القطاع العام. ويحتاج هذا السوق إلى التنظيم لضمان الامتثال للالتزامات القانونية والتنظيمية.

(29) **يعمل نظام الشهادات الأوروبي (EN 12566-3, https://www.beuth.de/de/norm/din-en-12566-3/188431713) كأساس لإعداد بروتوكول اعتماد أردني وطني، ويُقدم كذلك نظرة عامة حول المعايير التي ينبغي النظر فيها.**

6.9 مراجعة القوانين والأنظمة التجارية

هناك حاجة للتشريعات والمعايير الفعالة والمطبقة بشأن البناء، وعناية التشغيل والصيانة، وإعادة الاستخدام. إذ يُعتبر تسجيل الشركة في وزارة التجارة والصناعة عائقًا. توجد الفئة الفرعية «الصيانة» فقط تحت فئة «التعاقد»، في حين يجب لأي شركة ترغب بتقديم عطاءات لمناقصات التشغيل والصيانة أن تكون مسجلة تحت فئة «شركة البناء/جهة التعاقد»، ومع ذلك هناك شركات في الأردن مسجلة بخلاف ذلك ويحق لها أيضًا أن تكون من بين مقدمي خدمات التشغيل والصيانة المنافسين. لذا، يتضح أن هناك حاجة لاستحداث الفئة الفرعية «التشغيل والصيانة لمشاريع معالجة مياه الصرف الصحي» لكلا الفئتيْن الرئيستيْن.

10. مفهوم نموذج العمل

10.1 فهم مصطلح نموذج العمل في الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي

يتمثل النهج التقليدي لتطوير نموذج (أو خطة) العمل في تقديمه من خلال سلسلة من الأسئلة:

1. ما الذي يجب علينا فعله؟ (أهداف السياسة...إلخ التي تنعكس في الالتزامات القانونية)
2. كيف سننفّذه؟ (الاستثمار والأنشطة التشغيلية المُصممة للوفاء بالالتزامات)
3. كم ستبلغ التكلفة؟ (تحديد تكاليف الأنشطة المحددة في الخطة واستخدام ذلك في توجيه عملية صنع القرار بشأن اختيار الخيارات)
4. من أين سيتم الحصول على المال؟ (التعرفة، المِنح، الإعانات، القروض...إلخ)
5. كيف نعرف ما إذا كانت الخطة ناجحة؟ (مؤشرات المراقبة والأداء)

يخدم هذا النهج المرافق المملوكة للقطاعيْن العام والخاص على حدٍ سواء، بالرغم من أن النتائج والقرارات النهائية قد تختلف اعتمادًا على الهيكل التنظيمي والملكية.

ولا تقتصر فوائد إعادة استخدام مياه الصرف الصحي على تنفيذ خدمات مياه الصرف الصحي وفوائدها الاقتصادية، بل تتعداها إلى القدرة على تحقيق عوائد أخرى بما في ذلك استعادة الموارد من تلك المرافق على شكل طاقة (توليد الغاز الحيوي، والمغذيات في مياه الصرف الصحي المعالجة، والماء القابل لإعادة الاستخدام، والمواد الصلبة الحيوية)؛ فهي تمثل فوائد اقتصادية ومالية تساهم في استدامة النظام وجهات تقديم خدمات المياه التي تُشغل تلك الأنظمة.

ويعتمد حجم تدفق الإيرادات على أنواع الموارد التي يمكن استعادتها من مياه الصرف الصحي؛ فهناك مجموعة من الخيارات للانتقال من «نموذج الإيرادات» إلى «نموذج العمل»؛ حيث توفر التكاليف المتكبدة والقيمة المستردة ميزة كبيرة من المنظور المالي، ليس فقط نتيجة لمشاركة القطاع الخاص، بل يشمل ذلك أيضًا مشاركة القطاع العام.

علاوةً على ذلك، ثمة شرط مسبق رئيسي لمشاركة القطاع الخاص الناجحة في تقديم الخدمات مع جهات القطاع العام (بما في ذلك إمدادات المياه ومياه الصرف الصحي) وهو ثقة المستثمر المدعومة باليقين التنظيمي. إذ يجب أن يكون المستثمر/المشغّل واثقًا بأن أي اتفاقية يتم التوصل إليها، سواء أكانت من خلال العقود أو التراخيص أو الأدوات القانونية الأخرى، ستكون متينة وسريعة التكيّف مع التأثيرات السياسية غير المبررة. ويتعين تحديد التعرفة، على وجه الخصوص، بمستويات من شأنها المحافظة على الجدوى الاقتصادية للأعمال، ويجب أن يكون لدى المستثمر الثقة في أن قرارات التعرفة التنظيمية المستقبلية لن يتم تقويضها لتتناسب مع الدوافع السياسية أو الدوافع أخرى. وبدون تلك الثقة، لن يكون هناك أي مصلحة للمستثمر. ولا يعني ذلك أن المُنظمين عليهم مكافأة عدم الكفاءة، لكن يجب أن تتضمن عملية اتخاذ القرار أن الجهات تعمل في إطار الكفاءة المتوقعة بشكل معقول، بما في ذلك توقعات الأداء التي تنطوي على شيء من التحدي لكنها قابلة للتحقيق في نفس الوقت، ولا تصل إلى مستوى شاق ومُتطلّب بشكل غير واقعي لا يمكن معه تحقيق الجدوى. فقد تم تطوير مفهوم التنظيم الاقتصادي المستقل لضمان تحقيق هذا التوازن الدقيق في الكفاءة مع الحماية من التأثير غير المبرر من أي فرد أو منظمة، بما في ذلك الطبقة السياسية.

2.10 تحليل التحديات والحلول المقترحة لنموذج عمل الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي

عُقدت ورشة عمل حول نموذج عمل الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي في الأردن في الأول من تشرين الثاني عام 2018، في عمّان، نظمتها المؤسسة الألمانية للتعاون الدولي (GIZ). وقام المشاركون بتحليل التحديات التي تواجههم بصفتهم مشغّلين في القطاع الخاص، ومسؤولين في القطاع العام، وأوساط أكاديمية، ومنظمات غير حكومية خبيرة، والتي تتعلّق بالتشريعات والتمويل والبناء وتنمية القدرات والتشغيل والصيانة والعوامل الأخرى التي تؤدي دورًا في إنشاء نموذج العمل للإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي. كما تم اقتراح حل لكل تحدٍّ، وتمت عملية التحليل ضمن مجموعات عمل. وفي جلسة عامة، تمت مناقشة النتائج من مجموعات العمل المختلفة وتلخصيها في مصفوفة واحدة للنتائج (انظر الشكل 5).

فيما يلي أهم التحديات الرئيسية التي تم إدراجها:

- **جدوى** الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي، وبالأخص الجدوى المالية التي لم يتم البحث فيها بشكل شامل. وتتضمن الأسئلة المفتوحة أيضًا الاستدامةَ القانونية والمالية والفنية والاجتماعية للإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي، والتي تحتاج للمزيد من التوضيح. هذا ولا يزال القبول الاجتماعي لمحطات المعالجة ومياه الصرف الصحي، والمياه المعاد تدويرها، واستعداد العملاء لدفع تكاليف معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية، يمثلان تحديات؛ فضلًا عن أنّ القدرات الفنية والتشغيلية في الأردن لم تصل بعد إلى المستوى المطلوب.

- الأدوار والمسؤوليات لأصحاب المصلحة المعنيين (بما في ذلك التشغيل والتدريب والتشريع والمراقبة والإشراف) لا تزال غير واضحة؛ ويشمل هؤلاء الحكومةَ ذاتها (وزارة المياه والري وغيرها من الوزارات المعنية الأخرى وكذلك سلطة المياه)، والبلديات، وشركات القطاع الخاص (التملك أو التشغيل من القطاع الخاص)، وأصحاب المصلحة على مستوى المجتمع.
- اللوائح الناظمة والمواصفات القياسية المصممة خصيصًا للإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي (لكميات المعالجة الصغيرة) التي لم يتم وضعها بعد، وتشمل مياه الصرف الصحي المعالجة والمواصفات القياسية للري واللوائح الناظمة الخاصة بالحمأة.

تم اقتراح مجموعة من الحلول في ورشة العمل. كما كانت الجدوى الاقتصادية أكثر التحديات التي نوقشت بشكل مستفيض وتم اقتراح حلول لها. وفيما يلي عرض للأسئلة المطروحة: كيف سيتم الحصول على التمويل اللازم؟ كيف يمكن التأكد من أن الإعانات اللازمة ستكون مطلوبة فقط في المرحلة الأولية؟ كيف يمكن للحكومة توفير الحوافز للإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي وكيف يمكن خلق مصادر دخل بديلة من الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي؟

وركّزت المجموعة الثانية من الأسئلة على الدعم المطلوب من السكان المحليين والمنازل الخاصة للإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي (من حيث الموقع، واستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة، وتغطية التكلفة).

أمّا بالنسبة إلى أسئلة الجدوى المالية/الاقتصادية، اقترح المشاركون استخدام خفض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون كمساهمة في اتفاق باريس للمناخ، ليتم بالتالي اعتباره حجة جيدة لجمع الأموال من المانحين. كما تم اقتراح إنشاء صندوق وزاري مشترك (مع وزارة الصحة ووزارة الزراعة ووزارة المياه والري وغيرها) و/أو استخدام ما تم إدراجه في ميزانية الحكومة. وقد تتمثل مصادر الدخل البديلة أيضًا في المنتجات الزراعية المزروعة باستخدام مياه الصرف الصحي المعاد تدويرها.

أمّا بالنسبة إلى الدعم العام للإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي، اقترح المشاركون زيادة التوعية والتسويق وتقديم الحوافز القائمة على الأداء. كما يمكن للمشاريع التجريبية الناجحة أن تُبيّن للعامة الفوائد المترتبة من الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي وجدواها.

11. لاعتبارات نماذج العمل المحتملة والقابلة للتطبيق

1.11 تحديد خيارات نماذج العمل المحتملة

قام الاستشاري بتحليل العديد من خيارات نماذج العمل المحتملة التي تم تلخيصها وشرحها أدناه. وفي جميع الحالات، يتم تضمين التشغيل والصيانة لنظام الصرف الصحي (انظر الملاحظات أعلاه) في نطاق الخدمات المقدمة من قبل المشغّل.

1.1.11 الخيار الأول: نقل مياه الصرف الصحي ومعالجتها فقط

يُعتبر نقل ومعالجة مياه الصرف الصحي المهمة الأساسية لمشغّل البنية التحتية لمياه الصرف الصحي (التابع لجهة عامة أو خاصة). ويمكن اعتبار الأنشطة ذات الصلة «أعمالاً تجارية» إذا كان هناك عقد إدارة شامل يسمح بتحقيق ربح معقول للمشغّل. وعادةً ما يكون تحديد التعرفة التي تغطي التكلفة شرطًا مسبقًا، لكن غالبًا ما تكون الإعانة المتبادلة المقدمة من ميزانية الدولة هي التي تضمن التمويل الكافي للعمليات.

فيما يلي سرد للخدمات المقدمة في إطار الخيار الأول:

1. تشغيل وصيانة نظام الصرف الصحي بأكمله بما في ذلك صناديق الربط مع المنازل ومحطات الضخ. ويشمل ذلك أعمال الإصلاح والاستبدال الطفيف للقطع المتآكلة والمعيبة في نظام مياه الصرف الصحي.
2. صيانة وتشغيل محطات معالجة مياه الصرف الصحي بما في ذلك جميع الأجهزة المساعدة. ويشمل ذلك أعمال الإصلاح والاستبدال الطفيف للقطع المتآكلة والمعيبة لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي.

2.1.11 الخيار الثاني: بيع مياه الصرف الصحي المعالجة للمزارعين وغيرهم من المستخدمين المحتملين

تعتبر مياه الصرف الصحي المعالجة والخالية من الملوثات الضارة والصالحة للاستخدامات الزراعية سلعةً قيّمةً يمكنها خلق مصدر إضافي للدخل لمشغّل محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية. هذا وتسمح اللوائح والتشريعات الأردنية باستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة وتشجع على ذلك، بالرغم من أن بعض التفاصيل في التشريعات الحالية مازالت محل نقاش وقد تحتاج لبعض التعديلات.

فيما يلي سرد للخدمات المقدمة في إطار الخيار الثاني:

1. تشغيل وصيانة نظام مياه الصرف الصحي بأكمله بما في ذلك صناديق الربط مع المنازل ومحطات الضخ. ويشمل ذلك أعمال الإصلاح والاستبدال الطفيف للقطع المتآكلة والمعيبة في نظام مياه الصرف الصحي.
2. صيانة وتشغيل محطات معالجة مياه الصرف الصحي بما في ذلك جميع الأجهزة المساعدة. ويشمل ذلك أعمال الإصلاح والاستبدال الطفيف للقطع المتآكلة والمعيبة لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي.
3. توفير مياه الصرف الصحي المعالجة والصالحة للري والاستخدامات الأخرى، بما في ذلك صيانة وتشغيل المنشآت المختلفة مثل الخزانات أو الأنابيب أو مصانع التعبئة. وتتضمن هذه الخدمات أنشطة المبيعات والتسويق[30] .

3.1.11 الخيار الثالث: الحصول على التعويض مقابل خفض انبعاث ثاني أكسيد الكربون

يقوم هذا النهج الجديد نسبيًا على التمويل الناتج من مدفوعات تعويضات ثاني أكسيد الكربون الدولية التي يتم جمعها وتوزيعها بواسطة جهة معينة (ليست أردنيةً بالضرورة)[31] .

يتميز نموذج العمل هذا ببرنامج دفع تعويضات مقابل خفض انبعاث ثاني أكسيد الكربون والذي يستثمر في معالجة مياه الصرف الصحي داخل المحطة مع إنتاج الكتلة الحيوية اللاحقة.

إذ يُطبّق البرنامج آليات تخفيف باستخدام معالجة مياه الصرف الصحي التي تخفض انبعاث ثاني أكسيد الكربون، والتخلص الفعّال من ثاني أكسيد الكربون في الجو. في الوقت ذاته، تتم معالجة مياه الصرف الصحي البلدية في المناطق الريفية بتكلفة مواتية للمجتمعات المخدومة، وهي مساهمة كبيرة في أهداف التنمية المستدامة، إضافة إلى اعتبارها أثرًا جانبيًا مهمًا لتعويضات خفض ثاني أكسيد الكربون. من المهم أيضًا الإشارة إلى أن مرحلة معالجة مياه الصرف الصحي ذات الصلة بهذا المفهوم ستلبي كافة المتطلبات القانونية الخاصة بجودة مياه الصرف الصحي المعالجة. ونتيجة لهذا النهج، ستشهد معالجة مياه الصرف الصحي في الدول النامية قفزة كبيرة.

تتسم محطات معالجة مياه الصرف الصحي مع إنتاج الكتلة الحيوية في المراحل النهائية بإحداث تأثيرات إيجابية لثاني أكسيد الكربون على عدة مستويات:

- تمتص النباتات ثاني أكسيد الكربون من الهواء، خاصة إذا اقترن هذا النبات بإنتاج المواد الخام المتجددة مثل خشب الخيزران (البامبو). لذا تعمل محطة معالجة مياه الصرف الصحي كبالوعة لثاني أكسيد الكربون. ويتم تصميم هذه الآلية بحيث يمكن أيضًا حساب كمية ثاني أكسيد الكربون واعتماده باستخدام آلية التنمية النظيفة.
- لا تحتاج هذه التقنية في العادة إلى أي طاقة بالمقارنة مع التقنيات الأخرى، لذا لن يتم توليد ثاني أكسيد الكربون. إذا كان هناك، في حالات استثنائية، حاجة بسيطة للكهرباء، فيمكن تغطيتها باستخدام نظام لخفض انبعاث ثاني أكسيد الكربون وهو نظام الطاقة الشمسية والذي يتضمّن جهاز بسيط لتخزين الكهرباء.

---

(30) إذا كان لدى المشغّل أعمال زراعية جانبية، فيمكنه العمل بأحد المنهجيْن التالييْن:

1. الحصول على مياه الصرف الصحي مجانًا (أي أن العملاء يدفعون ثمن مياه الصرف الصحي بالكامل) واستخدام تلك المياه للمضاربة على المزارعين المنافسين. وهم فعليًا عملاء مياه الصرف الصحي الذين يدعمون أعمال الزراعة الجانبية الخاصة به، ويمكن النظر إلى ذلك على أنه منافسة غير عادلة. ولماذا سيبيع منتجاته بسعر أقل من سعر السوق في أي حال؟ إذًا سيبيع منتجاته بسعر السوق ويجني الأرباح (المدعومة من قبل المستهلكين).
2. بيع منتجاته بسعر السوق وجني الأرباح المشابهة لأرباح المزارعين الآخرين واستخدام الفرق لتقليل الرسوم على المستهلكين؛ الأمر الذي يعتبر منافسة «أكثر إنصافًا» لكنها لا تختلف في جوهرها عن بيع المياه للمزارعين بنفس السعر الذي يُحمله لنفسه بعد خفض الرسوم على المستهلكين.
3. خلاصة القول، ليس ثمة فرق بين أن يستخدم المشغّل مياه الصرف الصحي ومياه الصرف الصحي المعالجة المجانية لمساعدة زراعته إذا تم تخفيض السعر للمستهلكين ليعكس القيمة التي وفّرها بالحصول على تلك المياه من غير مقابل، وبين أن يبيع المشغّل تلك المياه للمزارعين (بما يعادل سعر البيع المحدد).

لن تختلف قيمة مياه الصرف الصحي في حال تم بيعها للمزارعين أو استخدامها من قبل المشغّل.

(31) لمزيد من المعلومات حول هذا الموضوع، يرجى الرجوع إلى العنوان: https://www.atmosfair.de/en/climate_protection_projects/

- تتحلل النفايات في أنظمة محطات التنقية بطريقة هوائية، وليست لاهوائية، مما يؤدي إلى تجنب تكوين الميثان إلى حدٍ كبير.
- تُطمَر الكتلة الحيوية التي تم حصادها (مثل خشب الخيزران/البامبو) (باستخدام التعدين بالحفرة المكشوفة، وما إلى ذلك) ثم تُغطى لتجنب التحلل الحيوي أو يتم استخدامها بدلًا من ذلك كمواد بناء، وعليه، تصبح مخزّنة لثاني أكسيد الكربون على المدى الطويل. كما أن تصنيع الفحم النباتي (تيرا بريتا) – وهو مُخصب تربة عالي القيمة – يمكن أن يكون خيارًا آخر.

ويُعدّ هذا النهج أيضًا استراتيجية لتجنب الانبعاث، حيث يتم استبدال عمليات انبعاث الميثان/ثاني أكسيد الكربون (= محطة معالجة مياه الصرف الصحي التقليدية) بعمليات امتصاص ثاني أكسيد الكربون (تخفيف ثاني أكسيد الكربون).

كما سيؤدي هذا النهج إلى زيادة الكمية الإجمالية للغازات الدفيئة التي يمكن تجنبها مقارنة بمعالجة مياه الصرف الصحي التقليدية.

فيما يلي سرد للخصائص التي تقترن بهذا المفهوم التقني:

التقنية:

- نظام معالجة مياه الصرف الصحي القائم على التدفق العمودي («النظام الفرنسي»)
- زراعة الكتلة الحيوية كخطوة ثانية للمعالجة
- المزايا: عدم توليد الحمأة وتراكمها، ولا حاجة للطاقة أو الحاجة لطاقة منخفضة

مجالات التطبيق:

- المناطق الريفية وشبه الحضرية ذات المساحة المتاحة الكافية
- القرى / التجمعات التي يصل عدد سكانها إلى 1000 نسمة
- مياه الصرف المنزلية
- قدرة تنظيف تصل إلى 100 م3/اليوم (ما بين 1000 إلى 2000 نسمة تقريبًا في ظل الظروف السائدة في الدول النامية)

بناء محطات معالجة مياه الصرف الصحي مع تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون:

- عدم استخدام الآلات بقدر الإمكان
- المشتريات ومواد البناء محلية
- تخطيط التنفيذ وإدارة الموقع محليًا

تشغيل محطات معالجة مياه الصرف الصحي مع تقليل انبعاث ثاني أكسيد الكربون

- عدم استخدام المضخات إن أمكن
- باستخدام الطاقة الشمسية إذا لزم الأمر

استخدام الميثان

يجب تجنب توليد غاز الميثان في المحطة، إذ أنّه من الصعب استبعاد احتمالية إطلاق هذا الغاز المتعلّق بالمناخ نتيجة الإدارة التشغيلية الخاطئة و/أو الحوادث. على عكس العديد من نماذج التعويض مقابل خفض انبعاث ثاني أكسيد الكربون الأخرى، فإن هذا المفهوم لا يهدف إلى استخدام الميثان.

إنتاج الكتلة الحيوية وإزالتها من المحيط الحيوي

- إنتاج الكتلة الحيوية (مثل خشب الخيزران/البامبو، والغوادوا ضيقة الأوراق) لتقييد ثاني أكسيد الكربون (بالوعة ثاني أكسيد الكربون). ويمكن استخدام هذه الكتلة الحيوية كمواد بناء أو (لإزالتها من المحيط الحيوي) لإعادة ملء الحفر المكشوفة وما إلى ذلك.

إنتاج الكربون النباتي

- كبديل لإزالة الكتلة الحيوية التي تم إنتاجها من المحيط الحيوي، فإنه من الممكن تفحيمها لإنتاج الفحم النباتي (تيرا بريتا). يُعدّ استخدام التيرا بريتا من الأساليب المعتمدة لحجز الكربون على المدى الطويل وتحسين التربة الزراعية.

وفي إطار هذا النهج، يمكن تنفيذ إجراءات الحدّ من الانبعاثات في البلدان النامية وأن تكون هذه الانبعاثات المخفضة معتمدة. كما يمكن تسوية هذا الخفض (خفض الانبعاثات المعتمد) مع أهداف تخفيض انبعاث الكربون في البلدان الصناعية. ويجب السعي للحصول على الاعتماد وفقًا «للمعيار الذهبي لآلية التنمية النظيفة» لهذا المشروع.

الإيرادات من مدفوعات التعويض مقابل خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون

في الوقت الحالي، تتراوح أسعار السوق للتعويض مقابل خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بين 20 إلى 50 يورو/طن من ثاني أكسيد الكربون. وتعتمد الأسعار عادةً على التكاليف الداخلية المتعلّقة بالمشروع وبالتالي فهي غير ثابتة.

واعتبارًا من 2019/9/17، بلغ بدل انبعاثات الاتحاد الأوروبي 26,75 يورو/طن من ثاني أكسيد الكربون، ويتم تداوله في البورصة الأوروبية للطاقة في لايبزيـغ.

إزالة ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي من خلال إنتاج الكتلة الحيوية

يُزيل إنتاج طن واحد من خشب الخيزران/البامبو حوالي 1.8 طنًا من ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي.

يبلغ الوقت المستغرق لنمو جذع الخيزران المنفرد ليصل إلى نضج الحصاد – اعتمادًا على الموقع والأنواع – عامين في المتوسط. ومن العام الثالث فصاعدًا، سيكون من الممكن إزالة قرابة 14,4 طن من كربون الكتلة الحيوية لكل هكتار سنويًا (ما يعادل الإزالة السنوية لحوالي 52 طنًا من ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي).

ومن أجل ري هكتار واحد من مزارع الخيزران، يلزم 30-80 متر مكعب من المياه يوميًا، اعتمادًا على أنواع الخيزران. وفي المناطق القاحلة (مثل الأردن) يمكن لـ 100 متر مكعب من مياه الصرف الصحي المعالجة مسبقًا أن تروي 1.2 - 3.8 هكتار من مزارع الخيزران يوميًا. أما المناطق التي يرتفع فيها معدل هطول الأمطار، فيمكن زيادة أبعاد مزارع الخيزران المروية وفقًا لذلك، لأن الماء لم يَعد عاملًا مقيدًا.

وفي حالة الأردن، يمكن لمحطة معالجة مياه صرف صحي، ذات قدرة إنتاجية تصل إلى 100 م^3/اليوم وتتضمن إنتاج الكتلة الحيوية في المراحل النهائية، أن تحتجز حوالي 200 طن من ثاني أكسيد الكربون سنويًا في أفضل الظروف.

بمعنى آخر: يحتجز المتر المكعب الواحد من مياه الصرف الصحي في اليوم طُنّيْن من ثاني أكسيد الكربون سنويًا من خلال إنتاج الكتلة الحيوية. وإذا افترضنا أن إنتاج ما يعادل 100 لتر من مياه الصرف الصحي لكل فرد يوميًا في البلدان النامية، فإن كل فرد سيزيل ما يصل إلى 200 كجم من ثاني أكسيد الكربون سنويًا عن طريق إنتاج الكتلة الحيوية داخل نظام معالجة مياه الصرف الصحي.

التعارض المحتمل في الاستخدام

من المحتمل أن تعارض الاستخدامات المطلوبة مع الاستخدامات الأخرى. حيث يعتبر إنتاج الغذاء مصدرًا محتملًا للتعارض هنا، إلّا أنّ هذا التعارض يمكن اعتباره بسيطًا نظرًا للعوامل الآتية:

- إمكانية تطبيق هذا المفهوم في المناطق الزراعية المالحة التي تكون فيها الإنتاجية الغذائية قليلة أو معدومة.
- يمكن للمفهوم ترقية الأراضي غير المستخدمة والتي تكون فيها الإنتاجية الغذائية معدومة حاليًا (مثل الأراضي القاحلة في الأردن).

يتم استخدام الماء الصافي من حيث المبدأ في ري إنتاج الكتلة الحيوية. في الأراضي القاحلة، ثمة تنافس محتمل لري المنتجات الزراعية بمياه الصرف الصحي المعالجة، إلّا أنّ احتمالية حدوث مثل هذا التعارض منخفضة، لأن ري النباتات بمياه الصرف الصحي المعالجة لأغراض الاستهلاك المباشر محظور أو غير مرغوب به عمومًا. وعليه، لا يوجد هنا منافسة تجارية، بالأخص على خلفية الدخل المتحقق من حجز ثاني أكسيد الكربون في مزارع الكتلة الحيوية.

فيما يلي سرد للخدمات المقدمة في إطار الخيار الثالث:

1. تشغيل وصيانة نظام مياه الصرف الصحي بأكمله بما في ذلك صناديق الربط مع المنازل ومحطات الضخ. ويشمل ذلك أعمال الإصلاح والاستبدال الطفيف للقطع المتآكلة والمعيبة في نظام مياه الصرف الصحي.
2. صيانة وتشغيل محطات معالجة مياه الصرف الصحي بما في ذلك جميع الأجهزة المساعدة. ويشمل ذلك أعمال الإصلاح والاستبدال الطفيف للقطع المتآكلة والمعيبة لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي.
3. تشغيل وصيانة وحدة (حقل) إنتاج الكتلة الحيوية، بما في ذلك الحصاد أو معالجة أو ترسب الكتلة الحيوية.

فيما يلي سرد للخيارات التي لم يتم اعتبارها ضمن حالات نماذج العمل المحتملة:

إنتاج وبيع المنتجات ذات القيمة المضافة (مثل البرسيم أو غيره) من قبل المشغّل

للاطلاع على مبررات عدم النظر في هذا الخيار، ارجع إلى حاشية البند (12.1.2).

التسميد المشترك للحمأة الناتجة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي مع النفايات العضوية لأغراض إنتاج الطاقة، واستعادة الموارد و/أو إنتاج السماد

يُشير مصطلح تحويل النفايات إلى سماد (التسميد) إلى التحويل المتزامن لمصدرين عضويين على الأقل هما: الحمأة الغنية بالنيتروجين من الصرف الصحي في الموقع أو من محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية، والجزء العضوي الغني بالكربون من النفايات العضوية البلدية أو نشارة الخشب أو النفايات الزراعية لتكوين نسبة الكربون إلى النيتروجين المناسبة للتسميد الأمثل، أي إنتاج الحرارة وتدمير مسببات الأمراض.

إنّ التقنية المختارة للمثال النموذجي للدراسة هي الأرض الرطبة المُنشأة («النظام الفرنسي») والتي تمتاز بأقل نفقات رأسمالية وتشغيلية بالمقارنة مع جميع التقنيات الأخرى التي يحتمل أن تكون مناسبة، إلّا أنّ هذه التقنية لا تُولد أيًا من الحمأة، ولن تظهر أي حمأة في خزان معالجة الصرف الصحي بسبب معدل الاتصال المفترض بشبكة الصرف الصحي. وعليه فإن التعامل مع الحمأة ليس شرطًا. وضمن نطاق هذه الدراسة، لا تتطلب خيارات مثل هضم الحمأة أو تحويلها إلى سماد بغرض إنتاج منتج قابل للتسويق، اعتبارات إضافية نظرًا لقلة المواد الخام.

إضافة إلى ذلك، ثمة القليل من الأدلة على أن بيع السماد الناتج من محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية قد أثبت نجاحًا اقتصاديًا في الدول الأخرى إذا كان المنتج النهائي غير معتمد ويلبي طلبًا ملحوظًا في السوق (دانسو وآخرون، 2017). وكلا الشرطين الاستباقيين لا ينطبق على الأردن.

وللأسباب الآنف ذكرها، لم يتم النظر في نموذج العمل هذا.

استخدام الحمأة في صناعة الإسمنت

من بين طرق التخلص المختلفة، تُعتبر المعالجة المشتركة للحمأة الناتجة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي في أفران الإسمنت أحد أكثر طرق التخلص الواعدة في السنوات الأخيرة في العديد من البلدان.

لقد نمى قطاع الإسمنت في الأردن لتلبية متطلبات التنمية، وخلال السنوات الخمسة السابقة، شهدت الدولة إنشاء العديد من شركات الإسمنت الجديدة، وهي شركة إسمنت الراجحي القابضة، وشركة إسمنت القطرانة، وشركة إسمنت الشمالية (للطحن فقط)، والشركة الحديثة للإسمنت والتعدين (مجموعة المناصير) (المؤسسة الألمانية للتعاون الدولي، 2019). وقد عَبّرت بعض الشركات عن رغبتها في استخدام المواد الصلبة الحيوية في إنتاج الإسمنت.

إلّا أنّه في هذا الوقت لا يبدو أنّ هذه الشركات جاهزة لسداد التكاليف المتعلّقة بتجفيف ونقل المواد الصلبة الحيوية لوزارة المياه والري/سلطة المياه. و ينبغي أن تستمر الاتصالات في هذا الشأن بين وزارة المياه والري وشركات الإسمنت، وذلك وفق التوصيات التي تمخضت عن دراسة المؤسسة الألمانية للتعاون الدولي (GIZ) المذكورة أعلاه.

ومن المنظور التنظيمي، فإنّ المواصفة الأردنية (2016/JS1145) فقط هي التي تنظم إعادة استخدام الحمأة/المواد الصلبة الحيوية الناتجة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي البلدية، وتتناول عملية الإنتاج والمناولة والنقل وإعادة الاستخدام المحتملة مع التركيز على التطبيقيات المتعلّقة بالأرض. وفي حال تم اعتبار إعادة في استخدام أفران الإسمنت بجدية، فستحتاج الجوانب التنظيمية وكذلك لوائح الانبعاثات إلى المراجعة.

ونظرًا لنقص الخبرة العَملية والمشكلات التنظيمية المحتملة والمقترنة بهذا الحل المحتمل للتخلص من الحمأة، لا يَعتبِر الاستشاري هذا الحل قابلًا للتطبيق للمزيد من الاعتبارات المتضمنة في نطاق هذه الدراسة.

12. تطوير نماذج العمل المحتملة والقابلة للتطبيق

يُعتبر تصميم حلول معالجة مياه الصرف الصحي، السليمة من الناحية التقنية، والفعالة من حيث التكلفة، تحديًا لأي جهة تخطط البنية التحتية لمياه الصرف الصحي. وسيحدد التوصل إلى حجم وتكوين البنية التحتية لمياه الصرف الصحي الأكثر ملاءمة، فعالية التكلفة للاستثمار، وكذلك الأمر لنفقات التشغيل والصيانة طوال فترة الحياة التشغيلية للنظام بأكمله. وعليه، يتعيّن تطوير مشاريع البنية التحتية لمياه الصرف الصحي اعتمادًا على بيانات مفهومة وافتراضات واقعية. هذا ويعتمد اختيار التكوين الفني المناسب للبنية التحتية على ما يلي:

أ. كمية مياه الصرف الصحي.
ب. جودة مياه الصرف الصحي.
ج. درجة الحرارة المحلية.
د. الظروف الجوفية.
هـ. توافر الأراضي.
و. الشروط والمتطلبات القانونية لمياه الصرف الصحي المعالجة.
ز. القبول الثقافي والظروف الاجتماعية.
ح. التعامل النهائي مع مياه الصرف الصحي المعالجة (التصريف أو إعادة الاستخدام).
ط. المناطق الريفية وشبه الحضرية، حيث تكون تكاليف تمديد شبكات الصرف الصحي لمسافات طويلة لربطها بشبكات المعالجة المركزية عالية جدًا.
ي. الظروف الطبوغرافية الصعبة التي تتطلب محطات ضخ لتوفير حلول أساسية.
ك. تكاليف الاستثمار ومتطلبات التشغيل والصيانة التي تحقق الوفورات الاقتصادية.
ل.

ينبغي تعزيز مشاركة القطاع الخاص في استثمارات البنية التحتية للإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي وخدمات التشغيل والصيانة، وتوسيع نطاقها، بهدف تعزيز وتقوية العمليات القائمة على الأداء، والمستهلك، والفعالة من حيث التكلفة، ولتخفيف العبء أيضًا عن عامة الناس وقطاع المياه العام من خلال حساب الجدوى الاقتصادية (مثل نماذج العمل المعدلة) والجدوى المالية (مثل الاستدامة).

يتمثل أحد حلول معالجة مياه الصرف الصحي المتطرفة في ملكية المشروع وتشغيله بشكل كامل من شركات المياه المملوكة للمستثمرين، والتي يتم تحديد رسومها وأسعار خدمتها عادة من قبل لجان الخدمة الحكومية العامة، أو التي يتم تحديد رسومها من خلال صيَغ منصوص عليها في اتفاقية أو عقد ترخيص طويل الأجل. وفي بعض الحالات، تُحدد التشريعات الصيغة لكن ذلك ما زال يتم دون الحاجة لهيئة تنظيمية مخصصة لهذا الغرض. والحل الأكثر شيوعًا هو الأنظمة المملوكة للقطاع العام والتي تُموِّل وتدير أصولها دون الخضوع لتنظيم اقتصادي (باستثناء المساءلة أمام الحكومة)، والتي تؤدي معظم عملياتها مع الجهات الحكومية (الشركات) أو موظفي البلدية. وتتبع جميع المدن الكبيرة في الأردن تقريبًا هذا النهج.

1.12 الشراكة بين القطاعيْن العام والخاص في إدارة خدمات مياه الصرف الصحي

يتم عادةً تقديم خدمات المياه ومياه الصرف الصحي عبر الجهات الحكومية. وقد اقترن ذلك بسلسلة من المشكلات مثل الأداء الضعيف والإنتاجية المنخفضة (إيديلوفيتش ورينغزكوغ، 1995). هذا وقد ارتفع مستوى الوعي في الثمانينات حول ضرورة إدخال مفهوم الخصخصة كَحلٍّ، واعتماد أدوات التحسين لتقديم الخدمات. وتتضمن الخصخصة والأشكال المختلفة لمشاركة القطاع الخاص مفهومَ تشغيل ومراقبة جهة خدمات المياه من قبل القطاع الخاص (دعاء باسم طلفاح، حلالشة، ريبي وروث، 2017). وتم تَبني مفهوم إضفاء الطابع التجاري، كبديلٍ للخصخصة بمفهومها التقليدي، كاستراتيجية لتوسيع الشراكة مع القطاع الخاص، وإنشاء شركات خدمات مياه جديدة مملوكة بالكامل للحكومة وتعمل بموجب المبادئ التجارية.

لقد أطلقت وزارة المياه والري مبادرات مختلفة باستخدام أدوات ومنهجيات مختلفة للتغلب على الوضع المالي الضعيف، والإدارة الضعيفة، والقيود الجغرافية والهيدرولوجية، وكذلك الاجتماعية. وتم النظر في العديد من المنهجيات الفنية بما في ذلك إصلاحات قطاع المياه، التي تتمثل ركيزتها الأساسية في اعتماد مفهوم إضفاء الطابع التجاري كبديل للخصخصة بمفهومها التقليدي (بانك، 2001).

وفي التاسع من كانون الثاني عام 2007، وقّعت سلطة المياه اتفاقية تفويض وتطوير مع شركة المياه الأردنية (مياهنا)، بصفتها شركة ذات مسؤولية محدودة مملوكة بالكامل لسلطة المياه وتم تشكيلها بموجب القوانين الأردنية. (مياهنا) هي شركة وطنية ذات مسؤولية محدودة، تعمل بموجب اتفاقية تفويض مع سلطة المياه. وقد بدأت عملياتها منذ بداية عام 2007، وهي مسؤولة عن إدارة خدمات المياه ومياه الصرف الصحي في عمان وضواحيها (مياهنا، 2007). كما أن مراقبة أداء شركة (مياهنا) منوط بوحدة إدارة الأداء (البرنامج). وهي وحدة تم استحداثها في وزارة المياه والري لمراقبة تقديم خدمات المياه ومياه الصرف الصحي، وتعزيز تطبيق المبادئ التجارية في قطاع المياه الأردني. ووفقًا للنظام الأساسي، تتولّى شركة (مياهنا - ذات المسؤولية المحدودة) مسؤولية توفير وإدارة وتشغيل الخدمة، وتوسيع الاستثمار في خدمات المياه ومياه الصرف الصحي في عَمّان. كما أنّها تملك الأصول المنقولة والإيرادات المتولدة من منطقة الخدمة، وهي مسؤولة عن الاستثمار من مواردها الخاصة؛ وتتمتع الشركة بكامل الاستقلالية من حيث إدارة ميزانيتها وإيراداتها (دعاء باسم طلفاح وآخرون، 2017).

ويمكن إشراك القطاع الخاص في إدارة خدمات مياه الصرف الصحي عبر العديد من الخيارات المختلفة بحسب ما تمت مناقشته أدناه. كما يمكن للحوافز المالية، كالإعانات والإعفاءات الضريبية، أن تكون بمثابة محركات فعالة للقطاع الخاص والمجتمعات، للمشاركة في تخطيط وإنشاء وتشغيل وصيانة البنية التحتية لمياه الصرف الصحي (وزارة المياه والري، 2016 ب)، إلّا أنّ الخصخصة الكاملة، التي تكون فيها المنشأة مملوكة ومشغّلة بالكامل من القطاع الخاص، لا تعتبر خيارًا مقبولًا في العادة لدى صناع القرار. بالإضافة إلى ذلك، لم يدفع معظم المستخدمين لخدمات الصرف الصحي المقدمة من القطاع العام التكلفة الحقيقة لتلك الخدمات. وفيما يلي تلخيص للأنواع الشائعة من نماذج عمل الشراكات في (الجدول 28):

الجدول (28) نماذج عمل الشراكات الشائعة بين القطاعيْن العام والخاص

خيار الشراكة	الوصف
الاستحواذ، التصفية	يقوم الشريك العام ببيع المنشأة للشريك الخاص، مما يؤدي إلى انتقال الملكية والتشغيل للشريك الخاص.
المشروع المشترك	يمتلك الشريك الخاص المنشأة بالشراكة مع الشريك العام.
الامتياز أو البناء والتشغيل ونقل الملكية	يقوم الشريك الخاص ببناء المنشأة وتَملُّكها وتشغيلها. وفي نهاية الفترة المحددة، 30 سنة على سبيل المثال، يمكن نقل ملكية المنشأة للشريك العام مقابل رسوم رمزية.
عقد الإنجاز الكلي	يقوم الشريك الخاص بتصميم وبناء وتشغيل المنشأة. ويحتفظ الشريك العام بالملكية، ويَتحمل عمومًا مخاطر التمويل، في حين يتحمل الشريك الخاص مخاطر الأداء للحد الأدنى من مستويات الخدمة و/أو الامتثال.
عقد الخدمة الكاملة (يُشار إليه عادة بعقد التأجير المحسّن)	يتعاقد الشريك العام مع شريك خاص مقابل رسوم لتشغيل وصيانة المنشأة. يمتلك الشريك العام المنشأة (على الرغم من إمكانية بنائها من قبل الشريك الخاص).
عقود التشغيل (يُشار إليها عادة بعقود التأجير)	يقوم الشريك الخاص بتشغيل وصيانة منشآت الشريك العام على المدى الطويل أو القصير.
عقود الإدارة	يدير الشريك الخاص موظفي الشريك العام ويشرف عليهم.
المساعدة في العمليات	يقوم الشريك الخاص بإدارة الانتقال أو إدارة البرامج لتحسين فعالية عمليات الشريك العام.

المصدر: (بيتشر وآخرون، 1995) ص 48.

يُقدّم الملحق (3) عرض المزيد من التفاصيل حول خيارات نماذج العمل للقطاع الخاص.

1.1.12 التجربة الأردنية في مجال الشراكة بين القطاعيْن الخاص والعام

تم تأسيس وحدة الشراكة بين القطاعيْن العام والخاص في وزارة المالية بموجب قانون الشراكة بين القطاعيْن العام والخاص رقم (31) لسنة 2014. إذ يُوفر هذا القانون الأساس القانوني لتنفيذ برنامج الشراكة بين القطاعيْن العام والخاص، ويحدد الإطارَ المؤسسي وإجراءات التنفيذ، بالإضافة إلى المهام والمسؤوليات المنوطة بجميع الأطراف ذات الصلة بمشاريع الشراكة (وزارة المالية، 2014).

يتمثل الهدف من الشراكات بين القطاعيْن العام والخاص في توفير التمويل الضروري لتنفيذ المشاريع الحكومية، دون اللجوء إلى الاقتراض من مصادر خارجية أو زيادة الإنفاق الرأسمالي الحكومي. كما يسمح هذا البرنامج للحكومة بتَجاوُز القيود المالية والمتعلّقة بالميزانية، ويدعم الاستقرار السياسي والاقتصادي من خلال توفير الخدمات المطلوبة للمواطنين دون فرض ضرائب جديدة. هذا وتُتيح برامج الشراكة بين القطاعيْن العام والخاص المجالَ لتخصيص المخاطر، بحيث لا تتحمل الحكومة المخاطر المرتبطة بالتصميم والتمويل والبناء والتشغيل والصيانة، فضلًا عن أنّها تستفيد من التجربة والخبراء في القطاع الخاص، وتُقلل من مصاريف الصيانة والتشغيل.

وتعمل وحدة الشراكة بين القطاعيْن العام والخاص، التي تم تأسيسها في وزارة المالية، بموجب قانون ولوائح الشراكة بين القطاعيْن العام والخاص. وتحدّد المتطلبات والشروط الفنية التي سيتم تقديمها من قبل السلطات المتعاقدة، بما في ذلك دراسات الجدوى وتقارير الاستدامة. ويلزم إكمال مقترحات مشاريع الشراكة بين القطاعيْن العام والخاص باستخدام النماذج المعتمدة، وتسجيلها بعد الموافقة عليها من قبل مجلس الشراكة بين القطاعيْن العام والخاص. ويجب إعداد مسودة أولية بالشروط المرجعية لجميع الاستشاريّين المُعيّنين

من قبل السلطات التعاقدية. ثم تُراجع وحدة الشراكة بين القطاعيْن العام والخاص دراسات الجدوى، وتساعد الأطراف المعنية في التفاوض على العقود، وتُشارك في اللّجان التي يتم تشكيلها لكل مشروع (وزارة المالية، 2015).

وتقوم وحدة الشراكة بين القطاعيْن العام والخاص أيضًا بإعداد المبادئ الإرشاديةَ للشروط المرجعية، وعقود الشراكة بين القطاعيْن، وتتبّع تقاريرَ منفّذي المشاريع، والاحتفاظ بقاعدة بيانات لجميع مشاريع الشراكة بين القطاعيْن. ولن تؤدي الوحدة الدور نفسه الذي تؤديه الأطراف المتعاقدة في تنفيذ المشاريع، لكنّ دورها يقتصر على تحديد المتطلبات والشروط الفنية، ومراجعة الوثائق، وإدارة عقود الشراكة بين القطاعيْن، ومراقبة التقدم المحرز، بالإضافة إلى تقديم الدعم والمساعدة وبناء القدرات للأطراف المتعاقدة. هذا ويوضح الجدول (29) أمثلة على مشاريع الشراكة بين القطاعيْن العام والخاص في الأردن والمتعلّقة بخدمات مياه الصرف الصحي والنفايات. أما بالنسبة لاستثمار القطاع الخاص في البنية التحتية، فقد تم تنفيذ مشروعيْن على نطاق كبير في قطاع المياه في الأردن في إطار مشاريع البناء والتشغيل ونقل الملكية. والأول هو محطة السمرا لمعالجة مياه الصرف الصحي الذي بدأ عام 2002 (والذي تمت مناقشته أعلاه)، أما الثاني فهو مشروع نقل مياه الديسي الذي بدأ عام 2009 (وزارة المالية، 2016).

الجدول (29) أمثلة على مشاريع الشراكة بين القطاعيْن العام والخاص في الأردن والمتعلّقة بخدمات مياه الصرف الصحي والنفايات

المشروع	الوصف	السلطة التعاقدية	الكلفة التقديرية للمشروع (بالمليون)
محطة معالجة مياه الصرف الصحي الصناعية في الزرقاء	تصميم وتمويل وبناء وتشغيل ونقل ملكية محطة معالجة مياه الصرف الصحي الصناعية في الحلابات.	وزارة البيئة	35
النفايات الطبية والخطرة	معالجة والتخلص من جميع النفايات الطبية والخطرة المنتجة في المملكة.	وزارة البيئة	35
مسلخ عمان الجديد	تصميم وتمويل وبناء وتشغيل ونقل لملكية مسلخ عمان الجديد في منطقة الماضونة.	أمانة عمان الكبرى	53

المصدر: وزارة المالية، 2019 (Projects/us-en/jo.gov.pppu//:https)

13. التحليل الاقتصادي، والمالي، والاجتماعي - الاقتصادي لنماذج العمل التي تم اختيارها

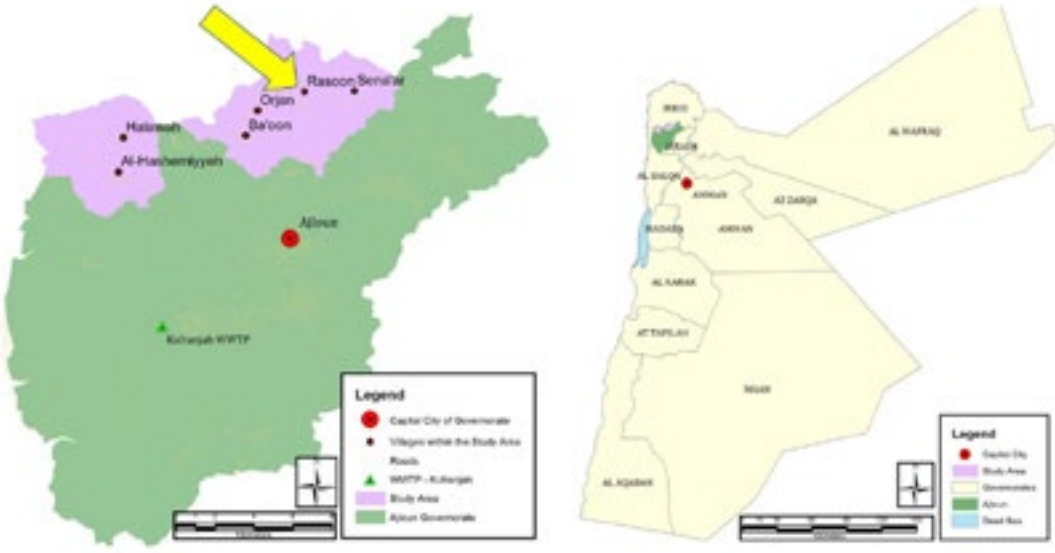
1.13 الافتراضات والشروط المسبقة لنماذج العمل النموذجية التي تم النظر فيها ضمن هذه الدراسة

1.1.13 الافتراضات الفنية والشروط المسبقة

موقع المشروع

لقد تم اختيار قرية راسون في محافظة عجلون كموقع نموذجي للمشروع، بعد الدراسات السابقة التي أجريت في إطار مشروع الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي للتكيّف مع التّغير المناخي في الأردن (ACC)، وضمن دراسة الصرف الصحي للملايين، وبالاتفاق مع العميل. هذا وتتوفر بيانات مهمة نتجت عن الدراسات التفصيلية لهذه المنطق، حيث تمتع منطقة راسون بالحجم المناسب (4327 نسمة في عام 2013)، والبيئة الريفية، وباعتبارها منطقة ساخنة تتميز بموارد المياه الجوفية المعرضة للخطر، كلُّ ذلك يجعلها الخيار

الأمثل لمشروع معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية في ظل ظروف أردنية ريفية نموذجية. وكانت راسون أيضًا ضمن منطقة الدراسة الخاصة بمشروع «دراسة الجدوى لمعالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية وإعادة استخدامها في التجمعات على نطاق إقليمي في الأردن» المموّل من قبل لجنة التنفيذ الوطنية للإدارة اللامركزية الفعالة لمياه الصرف الصحي في الأردن (دورش، 2014).



الشكل (19) موقع القرية التي وقع عليها الاختيار لتنفيذ المشروع (المصدر: دورش 2014)

شبكة الصرف الصحي

كان من المفترض أن يتم توصيل أغلبية المنازل (حوالي 75%) بشبكة الصرف الصحي التقليدية الحالية بالاستفادة من مبدأ الجاذبية الأرضية. بينما سيتم تقديم الخدمة للمنازل المتبقية عن طريق النضح المنتظم لخزانات تجميع مياه الصرف الصحي الخاصة بها، حيث أظهرت الاستطلاعات السابقة (دورش 2014) أن حوالي 25% من المنازل لا يمكن ربطها بشبكة الصرف الصحي المتوفرة على مستوى الشارع بسبب مشكلات الارتفاع، بافتراض أن الطول الإجمالي لشبكة الصرف الصحي يبلغ 12 كلم، وهو رقم يعتمد على الحسابات السابقة (دورش 2014).

إضافة إلى ذلك، كان من المفترض أن تتضمن شبكة الصرف الصحي ضخ جزء من مياه الصرف الصحي.

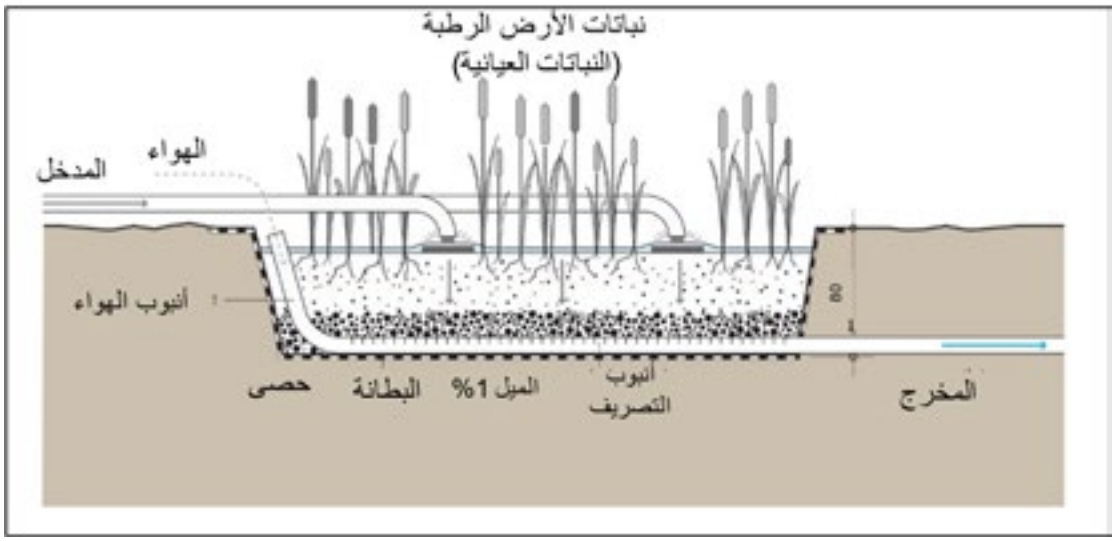
تقنية معالجة مياه الصرف الصحي

ولهذه الحالة النموذجية، تم اختيار نظام الأرض الرطبة المنشأة ذات التدفق العمودي لمياه الصرف الصحي على مرحلتيْن («النظام الفرنسي») لسببيْن رئيسييْن:

1. تتسم هذه التقنية بتكلفة استثمار وتشغيل وصيانة منخفضة جدًا بالمقارنة مع جميع تقنيات معالجة مياه الصرف الصحي المحتمل تطبيقها؛ وعليه فهي تمثل أفضل سيناريو من حيث الاعتبارات الاقتصادية.
2. أنها تقنية فعالة ومجرّبة وقد استخدمت فعليًا في الأردن، كما أنه من السهل نسبيًا تشغيلها ولا تتطلب قطع غيار مستوردة.

تتكون المحطة من نوعين من المُرشحات للتربة المزروعة. ومن المفترض أن يقوم الأول بإزالة المواد الصلبة القابلة للترسيب ويقوم بالمعالجة الأولية لمياه الصرف الصحي، ليحل محل المصفاة التقليدية أو خزان الترسيب الأولي. كما أن التنقية الفعلية والنهائية تتم في مُرشح ثانٍ. إذ يجب توفير مضخة إعادة تدوير (يتم تشغيلها بواسطة النظام الشمسي الطاقة الشمسية إن أمكن) لمياه الصرف الصحي المعالَجة في المُرشح الأول، في حال الحاجة لنزع النيتروجين إلى درجة أكبر. عند القيام بضخ دفعات متقطعة من مياه الصرف الصحي للأراضي الرطبة (4 إلى 10 مرات في اليوم)، سيمر المُرشح بمراحل من التشبع وعدم التشبع، وبمراحل مختلفة من الظروف

الهوائية واللاهوائية تبعًا لذلك أيضًا. وخلال مرحلة الدَفق، تترشح مياه الصرف الصحي إلى الأسفل عبر الطبقة غير المشبعة. وعندما يتم تصريف المياه من الطبقة، يُسحب الهواء إليها ويمتلك الأكسجين الوقت للانتشار عبر الوسط المسامي. ويعمل هذا الوسط المُرشِّح كمُرشح لإزالة المواد الصلبة، وكسطح ثابت يمكن للبكتيريا أن تلتصق به وكقاعدة للنباتات. تُزرع الطبقة العليا، وتنمو لتلك النباتات جذور عميقة ومنتشرة على نطاق واسع يتخلل الوسط المُرشح. فينقل الغطاء النباتي كمية صغيرة من الأكسجين إلى منطقة الجذور، بحيث يمكن للبكتيريا الهوائية أن تستعمر المنطقة وتحلل المواد العضوية، إلّا أنّ الدور الأساسي للنباتات هنا هو الحفاظ على النفاذية في الوسط المرشِّح، وتوفير موطن للكائنات الحية الدقيقة. كما يتم امتصاص العناصر المُغذّية والمواد العضوية وتحللها من قبل التجمعات الميكروبية الكثيفة. وعند إجبار الكائنات الحية على الدخول في مرحلة الجوع خلال ضخ الدفعات المتقطعة من مياه الصرف الصحي، فذلك يعمل على تقليل نمو الكتلة الحيوية الزائدة، وزيادة المسامية (الرابطة الدولية للمياه/المعهد الفدرالي السويسري للعلوم والتكنولوجيا في مجال المياه).



الشكل (20) المرحلة الأولى من الأرض الرطبة المنشأة ذات التدفق العمودي لمياه الصرف الصحي (المصدر: الرابطة الدولية للمياه/المعهد الفدرالي السويسري للعلوم والتكنولوجيا في مجال المياه)

في حين أن هذه التقنية المُثْبتة والمجربة قادرة على تحقيق جميع معايير وعناصر مياه الصرف الصحي المعالجة ذات الصلة، فهي أيضًا تتجنب تكوين الحمأة، وهي لا شك ميزة كبيرة بالمقارنة مع أنظمة المعالجة الأخرى. إذ أن المواد الصلبة القابلة للترسب وجميع أنواع الفضلات ستُحتَجز على سطح المُرشح الأول، حيث ستتحلل المركبات العضوية بمرور الوقت. ولن يكون هناك أي تراكم للحمأة، ولن تكون هناك حاجة لتخزينها أو معالجتها بشكل إضافي، وعليه فلن تترتب على معالجة الحمأة أي تكاليف إضافية.

لأغراض هذه الدراسة، واعتمادًا على الظروف المتوفرة في منطقة الراسون، قام الاستشاري بحساب منطقة تغطية تبلغ حوالي 5,000 م^2 لمحطة المعالجة.

سيتم توصيل مياه الصرف الصحي من خزانات التجميع إلى محطة معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية بواسطة الصهاريج. ولن تتكون الحمأة في خزانات معالجة الصرف الصحي (الحمأة البرازية)، نظرًا لعدم وجود مثل تلك الخزانات في هذا المفهوم الذي تم اختياره.

2.13 الأساس المنطقي الذي يستند إليه تحليل النموذج

1.2.13 الغرض

لا بد من قراءة هذا التقرير إلى جانب نموذج مايكروسوفت إكسل الذي تم تطويره لأغراض هذا التحليل، بالإضافة إلى الملاحظات الإرشادية للنموذج المرفقة في هذا التقرير (انظر الملحق 5).

كان القصد في الأصل من التحليل المالي أن يكون بمثابة تمرين افتراضي باستخدام البيانات التي تعكس مدينة صغيرة نموذجية، ومؤهلة لتلبية وتحقيق معايير أنظمة معالجة مياه الصرف الصحي على نطاق صغير. ثمّ تم تعديل هذا القصد ليشمل تحليل لمجتمع صغير فِعلي يتكون من حوالي 5000 نسمة، وقد تم اختيار بلدة راسون لهذا الغرض. وبالرغم من أنّ التحليل قد ركز على هذا المجتمع بالتحديد، إلّا أنّه كان من المقرر إعداد النموذج على نطاق أعم بحيث يمكن طرحه واستخدامه في المجتمعات الأخرى. وعليه، يجب أن يشتمل النموذج على مجموعة واسعة من المُعامِلات والمتغيرات المُدخلة التي من الممكن أن تضيف تعقيدات إلى النموذج. من ناحية أخرى، يعُتبر النموذج سهلَ الاستخدام بشكل معقول مع ورقة واحدة من أوراق البيانات المُدخلة، وهو بسيط أيضًا عند استخدام وحدات الماكرو لاختبار سيناريوهات مختلفة.

وليس من الممكن تطوير نموذج موحّد يستطيع تغطية كل سيناريو من السيناريوهات المحتملة، وبالرغم من أن هذا النموذج يمكن استخدامه في مكان آخر، إلا أنه من الضروري العمل على تعديله من نواحٍ معينة لاستيعاب الخصائص المحددة والفريدة من نوعها لكل مجتمع.

إضافةً إلى ذلك، لا ينبغي النظر إلى النموذج كأداة تنظيمية لأغراض تحديد التعرفة، بل كوسيلة لتوضيح التأثيرات المالية وتأثيرات التعرفة في الخيارات المختلفة.

وتم تصميم النموذج لمحاكاة السلوك وعملية صنع القرار للمشغّل المحتمل لمحطات المعالجة الصغيرة، الأمر الذي جعله يبتعد عن التحليلات المالية التقليدية أكثر، والتي تتضمن القواعد المالية للأصول غير الملموسة، ويركز بدلًا من ذلك على أساسيات التدفق النقدي.

كما يعتمد تحليل النموذج على تقديم خدمات مياه الصرف الصحي فقط. ولا يأخذ في الاعتبار تأثير خدمات مياه الصرف الصحي التي يتم تقديمها بالتوازي مع خدمات إمدادات المياه. ولا يُعتبر هذا إغفالًا رئيسيًا للنموذج، حيث يجب فصل التكاليف والإيرادات لإمدادات المياه وخدمات مياه الصرف الصحي، كما أن أي فوائد مالية للخدمة المشتركة تعتبر صغيرة نسبيًا، مثل خدمات الفوترة الموحدة وتحصيل الإيرادات على سبيل المثال.

2.2.13 لخصائص الرئيسية

يستخدم النموذج البيانات الموثقة الحالية حيثما أمكن، ولا سيّما تقرير لجنة التنفيذ الوطنية للإدارة اللامركزية الفعالة لمياه الصرف الصحي في الأردن، دراسة الجدوى لمعالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية وإعادة استخدامها للتجمعات في نطاق إقليمي في الأردن (دورش الاستشارية الدولية، 2014). هذا وتشمل مصادر البيانات الأخرى: توقعات صندوق النقد الدولي، وأسعار الكهرباء المنشورة حاليًا، وغيرها. غير أنّ الكثير من البيانات المدخلة تستند إلى التقديرات المهنية المستنيرة.

هذا ويتّصف تحليل النموذج بالخصائص الرئيسية التالية:

- يفترض النمو السكاني أنّ جميع المنازل الجديدة سيتم توصيلها بالنظام (لا توجد خزانات صرف صحي أو خزانات تجميع جديدة). إذا يفترض ذلك تحسين عمليات مراقبة البناء بحيث تُمنع المشاريع الجديدة في المناطق التي يكون فيها تقديم خدمات الصرف الصحي غير ممكن.
- من المتوقع أن يتم تمويل كل الاستثمارات الأولية من خلال المَعونات المقدمة على شكل مِنح، سواء من وكالات التنمية الدولية أو من الحكومة المركزية. ويوفر التحليل سيناريوهات لجميع الاستثمارات التي يجب أن يدفعها المستخدمون من خلال التّعرفات لتوضيح تأثير دعم المنحة. نحن ندرك أن الممارسة الحالية في الأردن هي أن المستهلكين الجدد يقدمون مساهمات رأسمالية لنظام الصرف الصحي على أساس مساحة المنزل. ولأغراض هذا النموذج، افترضنا أن هذه المساهمات لن تنطبق لأن الاستثمار بالأصل مموّل من قبل آخرين، إذ أنها لو دُفعت في الواقع للمشغّل، فسيحصل فعليًا على المُقابل مرتين، مرة من قبل المانح ومرة أخرى من قبل العميل. أو يمكن أن يسمح النموذج بدلًا من ذلك بتخفيض تمويل المانحين بالقيمة الإجمالية لمساهمات العملاء، لكن التأثير الصافي على التَّعرفات لن يتغير لأن كلًا من مساهمات العملاء في الاستثمار والاستثمارات المموّلة بالمنح، يتم التعامل معها بنفس الطريقة في نماذج التعرفة.

- على الرغم من أنّ الاستثمار الأولي سيتم تمويله من خلال المَعونات المقدمة على شكل مِنح، فإن جميع تكاليف صيانة رأس المال[32] اللاحقة سيتم تمويلها من قبل المشغّل، على أن تعكسها التعرفات.
- يُعد النهج المحاسبي التقليدي الذي يُطبق مفهوم الاستهلاك كوسيلة لتحديد مخصصات صيانة رأس المال معيبًا عندما يُطبَّق على الاستثمارات المموّلة بالمنح، وخاصة الشبكات[33] . ويُقدّم هذا النموذج تقديرات معقولة للإنفاق النقدي على صيانة رأس المال عند الحاجة، على أن تعكسها التعرفات. أمّا بالنسبة إلى الشبكات، يؤدي هذا إلى انخفاض الطلب المالي (وبالتالي انخفاض التعرفات) في السنوات التي تَلي الإنشاء بفترة وجيزة، لكنه يؤدي إلى زيادة الإنفاق (وبالتالي زيادة التعرفات) مع مرور الوقت. وغالبًا ما يشار إلى هذا النهج بالعُرف المحاسبي لتجديدات البنية التحتية. وبالنسبة للأصول غير المرتبطة بالشبكة (مثل محطات الضخ، ومرافق المعالجة...إلخ)، يتم ضخ الاستثمارات على فترات دورية وتمويلها من قبل المشغّل، لكنّ التعرفات تعكسها من خلال التكلفة الحالية للإهلاك، بدءًا من النقطة التي يتم فيها إجراء نفقات صيانة رأس المال هذه.
- يتضمن النموذج توسيع الشبكة الثالثة على فترات دورية لاستيعاب النمو في عدد المستهلكين. ويفترض النموذج أنه سيتم تمويل هذا التوسيع للشبكة من المستهلكين الجدد الذين احتاجوا في الواقع لمثل هذه التحسينات، وأن تلك التكاليف لن تنعكس على المستهلكين الحاليين. فلماذا سيترتب على المستهلكين الحاليين تمويل الشبكة التي سيجتاحها فقط المستهلكون الجدد؟ لذلك يَفترِض النموذج أن تكاليف التحسين سيتم نقلها إلى مستخدمي الشبكة الجدد بعد اكتمال تصميم الشبكة الثالثة الحالية، كمساهمة للمستهلك في توسيع الشبكة، سواء بشكل فعال كرسوم إضافية على رسوم الربط بالشبكة، أو أن يتم تضمينها في تكلفة الممتلكات الجديدة[34] .
- يَفترض النموذج أن يكون المشغّل مسؤولًا بالكامل عن التكاليف التشغيلية، والتي سيتم تعويضها من المستهلك من خلال حسابها ضمن التعرفات. وتتضمن هذه التكاليف التشغيلية مبلغًا قدره 12000 دينار أردني سنويًا كرسم إداري يتضمن الراتب المفترض للمهندس المهني، وأي تكاليف اجتماعية وتكاليف أخرى مرتبطة بذلك.
- يسمح النموذج بتطبيق الرسوم التي تعكس التكلفة حيثما أمكن، ولا سيّما تكلفة معالجة مياه الصرف الصحي، أي الرسوم التي لا تعتمد فقط على كميات مياه الصرف الصحي الناتجة، بل أيضًا على جودتها. وهذا في الواقع تطبيق لمبدأ « **الملوّث يدفع». يؤثر هذا إلى حد كبير على مستخدمي خزانات التجميع، حيث تكون مياه الصرف الصحي المجمعة أكثر تركيزًا، ويتوقع من هؤلاء المستخدمين دفع رسوم معالجة أعلى. وتتم موازنة ذلك إلى حد كبير من خلال عدم تحميل هؤلاء المستخدمين رسومًا على مُكون الشبكة التي لا يستخدمونها. ولأغراض التحليل، فقد افترض النموذج أن جودة مياه الصرف الصحي الناتجة من المستهلكين في القطاع غير المنزلي تكون أعلى تركيزًا من حيث الاحتياج الكيميائي على الأكسجين ومجموع المواد الصلبة العالقة بالمقارنة مع تلك التي في القطاع المنزلي. وعليه، يكون عنصر المعالجة في التعرفة للقطاع غير المنزلي أعلى بشكل طفيف منه للقطاع المنزلي. وقد يكون هذا الافتراض صحيحًا وقد لا يكون، وسيتطلب ذلك التحقق من كل حالة على حدة.**

- بالنسبة للنظام الذي يُمَوّل فيه الجزء الأكبر من استثمار رأس المال من خلال المعونات المقدمة على شكل مِنح، فإن نموذج التدفق النقدي التقليدي المخصوم لا ينفع، لأن العوائد ستكون منخفضة بشكل غير متناسب مع مستوى الجهد والمخاطر المرتبطة بالعمل. وبالتالي، فقد افترض النموذج حدًا أدنى لهامش التكلفة (5000 دينار أردني سنويًا) لتغطية

(34) يشير النموذج إلى أن هذه المساهمة تبلغ حوالي 170 دينارًا لكل منزل جديد مربوط بالنظام. بافتراض منزل نموذجي في منطقة ريفية تبلغ مساحته 150 م2، تكون رسوم المساهمة عادة في حدود 1.50 دينار أردني/ م2 × 150 م2 = 225.00 دينار أردني. وبالتالي يمكن تفسير الفرق على أنه تكلفة المساهمة في الشبكة غير تلك الثالثة، التي تم تمويلها من خلال المعونات المقدمة على شكل مِنح، وبالتالي لا ينبغي فرضها على المستهلكين.

المخاطر التي يتحملها المشغّل[35] . ويتم تخفيض هذه القيمة إلى حد الصفر إذا اعتبر النموذج أنه لا توجد معونات مقدمة على شكل مِنح، وفي حال تم تمرير الاستثمار ضمن حساب قيمة التعرفات بما في ذلك العائد على رأس المال والذي هو، بحكم التعريف، انعكاس لفئة مخاطر الأعمال.

- عندما يقوم المشغّل باستثمار رأس المال من موارده الخاصة التي لا يمكن استردادها على الفور بالكامل من خلال التعرفات، كالاستثمار الدوري في صيانة رأس المال للأصول غير المرتبطة بالشبكة على سبيل المثال، تُعتبر قيمة هذا الاستثمار قيمة أصول تنظيمية يمكن على أساسها جني الإيرادات وعكسها في التعرفات.

3.2.13 تحليل الخيارات

يأخذ التحليل في الاعتبار خيارًا واحدًا فقط لشبكة الصرف الصحي، أي أن نظام شبكة الصرف الصحي هو نفسه لجميع الخيارات.

فيما يلي سرد لخيارات معالجة مياه الصرف الصحي المشمولة في الدراسة:

1. الخيار التقليدي – معالجة مياه الصرف الصحي في الأرض الرطبة المنشأة فقط
2. الخيار التقليدي + بيع المياه لأغراض الري (أو استخدام آخر للمياه)
3. خيار الكتلة الحيوية مع التعويضات مقابل خفض انبعاث ثاني أكسيد الكربون

فيما يتعلّق بالخيار الثاني أعلاه، فقد اعتُبر الري من أجل الزراعة هو السوق الرئيسي لمياه الصرف الصحي المعالجة، لكن المبدأ نفسه ينطبق على أي أعمال أخرى مثل تربية الأحياء المائية. ومن منظور اقتصادي، لا تُؤثر استخدامات مياه الصرف الصحي المعالجة على الجدوى من نظام مياه الصرف الصحي، لكنّ ما يؤثر عليها هو تدفق الإيرادات الذي يمكن أن تُولده تلك الاستخدامات. وفي حال وُجد سوق لاستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة لشيء آخر غير الزراعة، وكان السوق مستعدًا لدفع سعر أعلى، فسيأخذ المشغّل بهذا السعر مما يسمح بخفض قيم التعرفة المحددة للخدمة.

بالنسبة للخيار الذي يسمح للمشغّل باستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة لأغراضه الزراعية أو التجارية الأخرى، فقد تم استبعاده لأن هذا لا يختلف من الناحية الاقتصادية عن الخيار الثاني أعلاه(36) .

تحليل الخيار:

- النظر في خيارَيْن رئيسيَيْن للتمويل، أي مع أو بدون المعونات المقدمة على شكل مِنح لتمويل استثمار رأس المال، بالرغم من توافر المرونة لتغيير مصدر التمويل للعناصر المختلفة إذا لزم الأمر.
- مراعاة مستوى الإعانات التشغيلية الضرورية لسد أي فجوة مالية تنتج عن أي حدود (سقوف) تُفرض على التعرفات.
- اختبار تأثير تعديل متغيرات معينة، وخصوصًا: السعر الذي يدفعه المزارع مقابل استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة، والتعويضات مقابل خفض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، وسقوف التعرفة في حال تطبيقها.
- تقديم تفصيل للتكاليف التشغيلية ومكوناتها المختلفة من العمالة والطاقة والتكاليف الأخرى.

(35) تكون قيمة هامش التكلفة قيمة مدخلة متغيرة للنموذج، كما أن مبلغ 5000 دينار سنويا هو تقييم شخصي لمستوى التعويض الذي يتوقعه المشغّل للتعويض عن المسؤوليات والمخاطر المرتبطة بتقديم خدمات الصرف الصحي.

(36) يستند الأساس المنطقي لاستبعاد هذا الخيار إلى سبب فرض المشغّل سعرًا أعلى لبيع المنتجات الزراعية من مياه الصرف الصحي المعالجة بالمقارنة مع المزارع أو أي مستخدم آخر. وما هو سبب اختيار المشغّل في الواقع لخيار بيع المياه لنفسه بسعر أقل من الذي يمكنه تحصيله في حال بيعه للمزارع؟ إن القيام بذلك أمر غير منطقي من الناحية المالية والاقتصادية. إضافة إلى ذلك، إذا كانت التعرفات التي يفرضها المشغّل على المستهلكين تُحدد بغرض الحصول على مياه الصرف الصحي المعالجة لأنشطته الزراعية بسعر أقل من القيمة السوقية، فسيكون هذا فعليًا بمثابة دعم المستهلكين لأنشطة المشغّل الزراعية ليكون قادرًا على إضعاف المزارعين الآخرين، وعليه فتلك منافسة غير عادلة. في بعض النواحي، يجب اعتبار أي أنشطة زراعية للمشغّل بمثابة نشاط تجاري جانبي، ومعاملتها ككيان منفصل عن جانب المنفعة من العمل

3.13 التعرفات الحالية وقدرة القطاع المنزلي على تحملها

1.3.13 التعرفات الحالية

تمت دراسة التعرفة الحالية المفروضة مقابل خدمات إمدادات المياه ومياه الصرف الصحي في الأردن[37] . يتألف هيكل التعرفة الحالية من مزيج من ارتفاع وتثبيت الرسوم. ويُشير تحليل هيكل التعرفة هذا على وجه التحديد إلى أنّ كمية مياه الصرف الصحي الناتجة سنويًا هي في حدود 200 م^3 سنويًا للأسرة، أي أنّ متوسط استهلاك المياه السنوي للأسرة يعادل 250 م^3 تقريبًا بافتراض ما نسبته 80% كعامل عائد. هذا وتبلغ رسوم خدمات مياه الصرف الصحي المنزلية لهذا المستوى من الاستهلاك في المناطق الأخرى في الأردن أقل من 40 دينار أردني بقليل[38] . وهي خارج نطاق هذا التحليل لمناقشة مزايا أو عيوب هياكل التعرفة الحالية، فضلًا عن أن مراجعة التعرفات الحالية تهدف ببساطة إلى مقارنة نتائج التحليل مع الواقع الراهن.

2.3.13 القدرة على تحمل التكاليف والرغبة في دفعها

لم نتمكن من الحصول على بيانات مفصلة حول القدرة على تحمل تكاليف خدمات مياه الصرف الصحي والاستعداد لدفعها، إلّا أنّه سيتم استخدام تقدير أولي بنسبة 1 – 2% من دخل الأسرة، ليتم دفعه مقابل خدمات مياه الصرف الصحي كبديل لهذا المعيار. لم نستطع أيضًا الحصول على بيانات حول توزيع الدخل إلّا أنّنا سنستخدم نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي كبديل لتوزيع الدخل (والذي بلغ 2,908 دينار أردني عام 2018[39])، ثم ضَربِه بمتوسط حجم الأسرة في منطقة المشروع (7.2)، ويتم تعديله وفقًا لتأثير التوزيع الجغرافي على الدخل في الأردن (بنسبة 62%) (برنامج الأمم المتحدة الإنمائي 2015). يُقدر بذلك أن تكون المستويات النموذجية لدخل الأسرة في منطقة المشروع بحوالي 13000 دينار أردني في السنة، ويُشير ذلك إلى أن سقف القدرة على تحمل تكلفة خدمات مياه الصرف الصحي يمكن أن يكون في حدود 130 – 260 دينار أردني في السنة. يتطلب هذا الافتراض إجراء المزيد من التحليلات الأساسية للتحقق من صحته، والتي تقع خارج نطاق هذا المشروع.

يفترض التحليل أنّ دخل الأسرة وبالتالي سقف القدرة على تحمل التكاليف سيزيد بقيمته الحقيقية عندما يرتفع نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي. وسيُعادَل ذلك أيضًا بتوقعات زيادة الطلب.

لم نتمكن أيضًا من الحصول على بيانات تفصيلية حول الرغبة في دفع تكاليف الخدمة، لكن رأينا في هذا الشأن هو أنّه على الرغم من أنّ التعرفات قد تكون أقل بكثير من سقوف القدرة على تحمل التكاليف، إلّا أنّ عتبة الاستعداد للدفع قد تكون أقل أيضًا. ولإجراء تقييم تفصيلي أكثر حول الاستعداد للدفع، قد يلزم إجراء المزيد من الدراسات والبحوث بما في ذلك التحليل بطريقة التقييم الاحتمالي عند الاقتضاء.

3.3.13 استعداد الحكومة لزيادة التعرفات

تتمتع الحكومة الأردنية بالسلطة الوحيدة لضبط وتعديل تعرفة المياه ومياه الصرف الصحي. فضلًا عن أنّ عملية صنع القرار في الحكومة تعتمد بشكل كبير على الاعتبارات السياسية، وهناك تصور بأنّه من غير المرجح أنْ توافق الحكومة على زيادات حقيقية مادية للتعرفة في المستقبل القريب، وبالتأكيد ليس بالمستويات المقترحة في هذا التحليل.

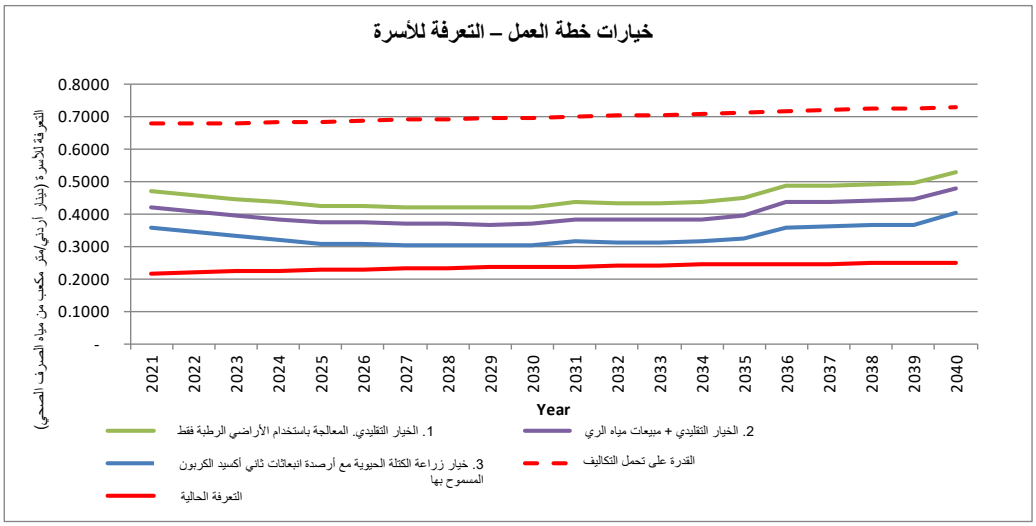
4.13 نتائج التحليل

1.4.13 المقارنة بين الخيارات

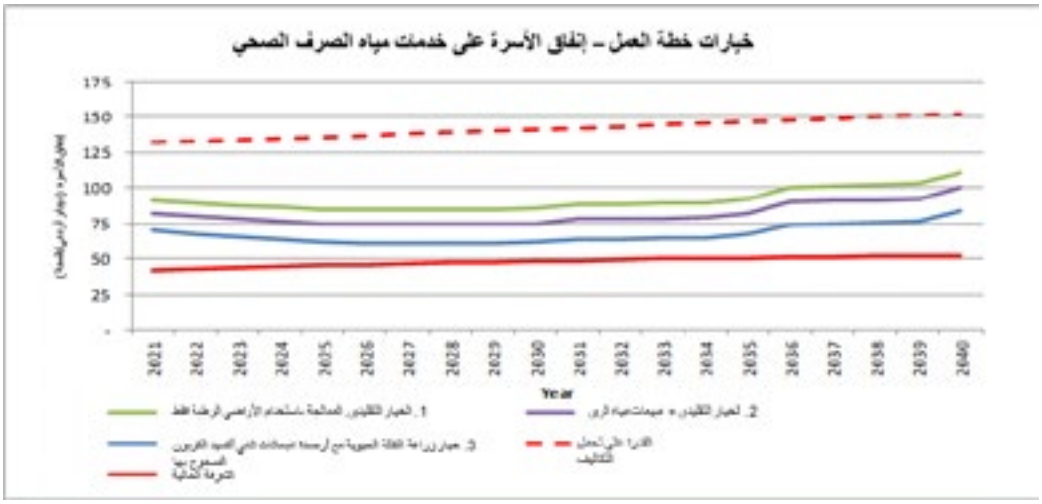
تمت مقارنة الخيارات الأساسية الثلاثة عند القيم المرجعية لعوامل مثل تعرفات الري، وتعويضات التقليل من انبعاث الكربون،

(37) http://miyahuna.com.jo/en/services/form/2

والدعم في حال المعونات المقدمة كمِنح، وعدم وجود دعم تشغيلي، وقد تمت مقارنتها في الشكلين (21) و (22) أدناه[40] . جميع القيم حقيقية وتستند إلى الأسعار الحقيقية في 2019.



الشكل (21) المقارنة بين خيارات نماذج العمل الأساسية عند القيم المرجعية (التعرفات)



الشكل (22) المقارنة بين خيارات نماذج العمل الأساسية عند القيم المرجعية (متوسط الرسوم المنزلية)

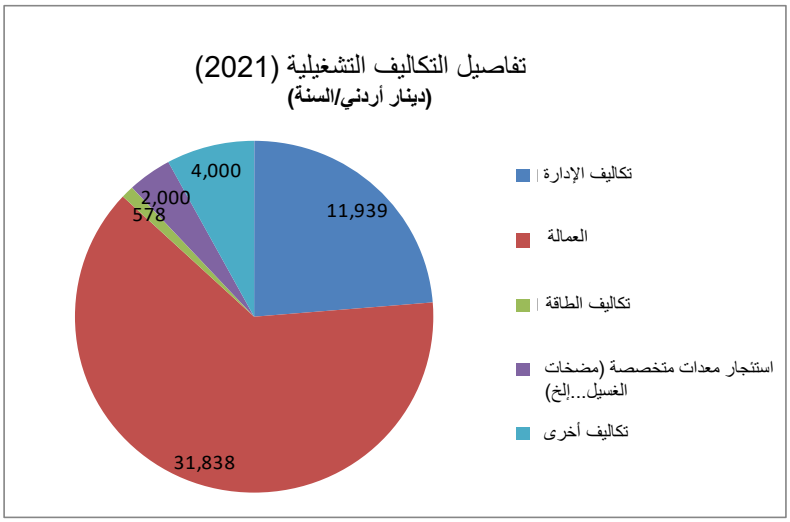
يُبين التحليل أنّ الخيار الأفضل للمستهلكين هو خيار الكتلة الحيوية مع التعويضات مقابل خفض انبعاث ثاني أكسيد الكربون، بشرط أن يكون سعر التعويض 24 دينار أردنيًا لكل طن من ثاني أكسيد الكربون المُخفض على المدى الطويل. وبالرغم من هذه النتيجة، إلّا أنّ أدنى التعرفات والرسوم المنزلية المحددة لخدمات مياه الصرف الصحي في هذا الخيار تتجاوز مستويات التعرفة الحالية، مع أنّها ما زالت أقل من الحد الأدنى لسقف القدرة على تحمل التكاليف الذي تم تقديره وبهامش مريح. إضافة إلى أنّه وعلى المدى الطويل ستتّسع الفجوة بين مستويات التعرفة الحالية والتعرفات اللازمة لتلبية متطلبات الإيرادات. يرجع ذلك إلى تأثير متطلبات صيانة رأس المال،

(40) لإجراء هذه المقارنة، يفترض التحليل أن قيم المدخلات الأساسية لسعر بيع مياه الصرف الصحي المعالجة هو 0.10 دينار أردني/م3، وسعر التعويض مقابل التقليل من انبعاث الكربون يبلغ 24.00 دينار أردني لكل طن من الكربون المُخفّض.

حيث تبدأ الحاجة لإجراء إصلاحات رئيسية و/أو استبدال الأصول أو مكوناتها مع نهاية عمرها الإنتاجي الافتراضي.

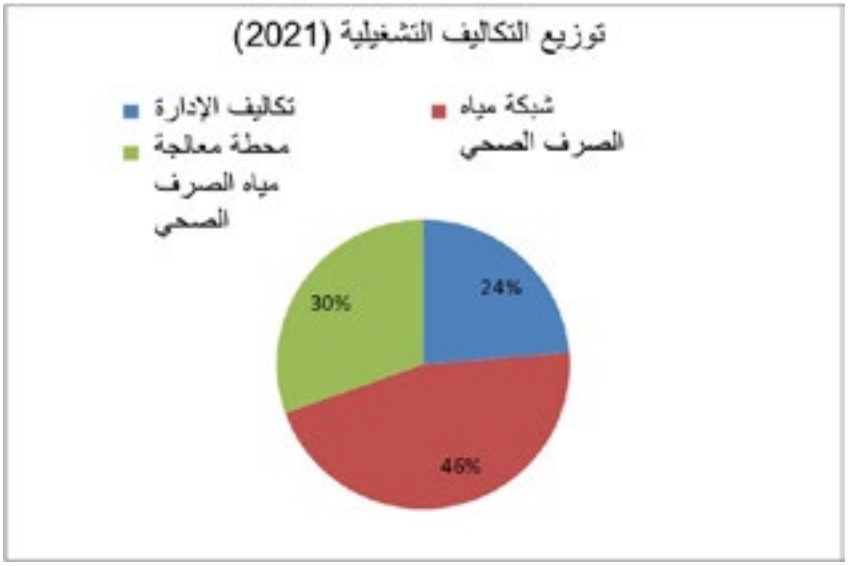
2.4.13 التكاليف التشغيلية

بما أنّه من المتوقع أن يتم تمويل الجزء الأكبر من الاستثمار الأولي بالمعونات المقدمة على شكل مِنح من وكالات التنمية أو الحكومة، فستكون التكاليف التشغيلية المباشرة هي العامل الأكبر المؤثر على تحديد رسوم الخدمة للمنازل وغيرهم من المستخدمين. هذا ويوضح الشكل (23) تفاصيل التكاليف التشغيلية لأنظمة جمع ومعالجة مياه الصرف الصحي (لخيار الكتلة الحيوية والتعويضات مقابل خفض انبعاث ثاني أكسيد الكربون)، والذي يُبيّن أنّ تكاليف العمالة والإدارة هما العنصران الأكبر حتى الآن، ويصلان إلى أكثر من 40,000 دينار أردني في السنة. ويعادل هذا توظيف مدير (مهندس) وحوالي أربعة من العمالة شبه الماهرة. وإذا كان المشغّل يعتقد أنّ بإمكانه تقديم الخدمات بعدد أقل من الموظفين، فمن الواضح أنّ التكاليف (وبالتالي الرسوم المترتبة على المستخدمين) يمكن أن تكون أقل.



الشكل (23) تحليل التكاليف التشغيلية لجمع ومعالجة مياه الصرف الصحي (خيار الكتلة الحيوية وتعويضات خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون)

هذا ويوضح الشكل (24) توزيع التكاليف بين أنشطة الإدارة وتكاليف شبكات مياه الصرف الصحي وكذلك معالجة مياه الصرف الصحي.

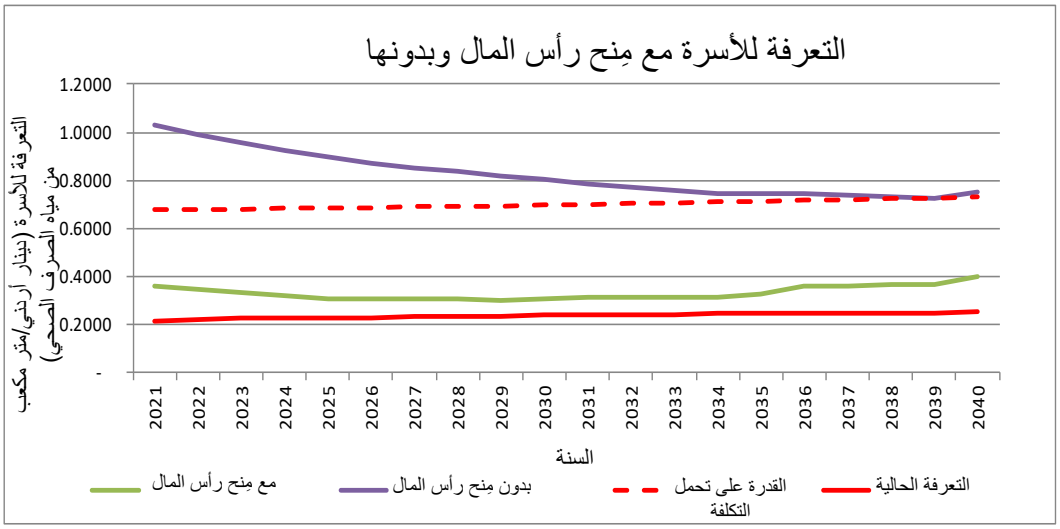


الشكل (24) توزيع التكاليف التشغيلية حسب النشاط (خيار الكتلة الحيوية وتعويضات خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون)

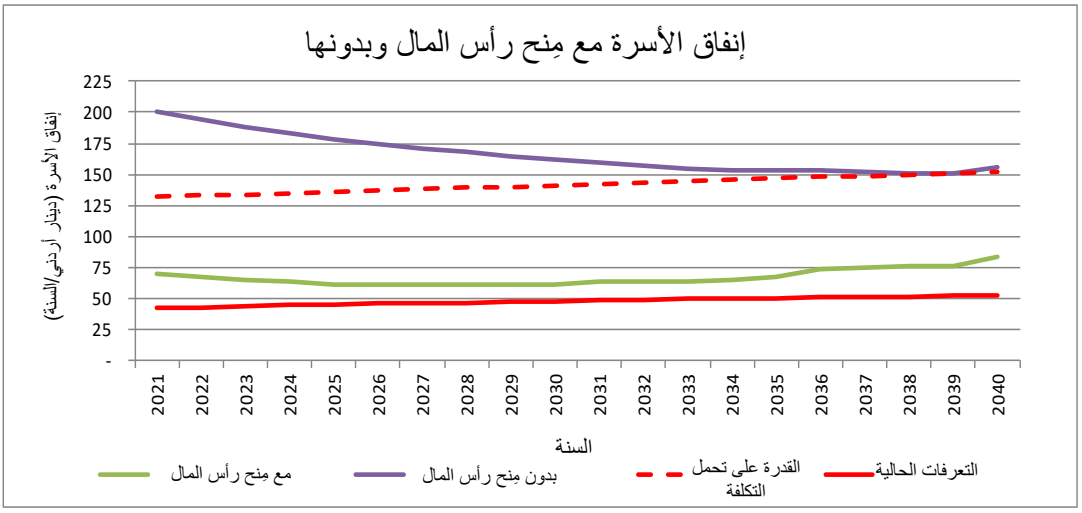
3.4.13 المقارنة بين الحالة مع مِنح وبدونها

يفترض التحليل أنّ الاستثمار سيتم توفيره من خلال معوناتٍ على شكل مِنح. ويُوضح الشكلان (25) و (26) أدناه تأثير تلك المعونات على التعرفات وإنفاق الأسرة على خدمات مياه الصرف الصحي لأقل سعر تعويض مقابل خفض الكربون. كما يوضح الشكل (26) التأثير على إجمالي الرسوم المنزلية.

نظرًا لإمكانية استيعاب السعة الزائدة المتأصلة في النظام، وكَوْن التزامات صيانة رأس المال لشبكة الصرف الصحي منوطةً بشكل كبير بالمشغّل (وسيتم تعويضها من خلال التعرفة)، فإن الفرق في الرسوم بين الحالة مع مِنح وعدم وجودها تقل بمرور الوقت، إلّا أنّ التعرفات ورسوم المستخدم في حال عدم وجود مِنح تُعتبر أعلى بكثير من سقف القدرة على تحمل التكاليف المفترض، لكنّها ستنخفض في النهاية على مدى فترة تقرب من 20 عامًا إلى مستويات ميسورة التكلفة. من الناحية الفنية، يشير هذا إلى أنّه قد تكون تعرفات استرداد التكلفة[41] الكاملة ممكنة على المدى الطويل. وتعتمد هذه النتيجة الأفضل أيضًا على الالتزامات طويلة الأجل بخطة التعويض مقابل خفض انبعاث ثاني أكسيد الكربون، وفي حال تم اعتماد مخططات بديلة، فمن المحتمل أن يتم استرداد رسوم التكلفة الكاملة على فترة زمنية أطول من ذلك.



الشكل (25) المقارنة بين الحالة مع مِنح وبدونها (التعرفات) (خيار الكتلة الحيوية وتعويضات خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون)



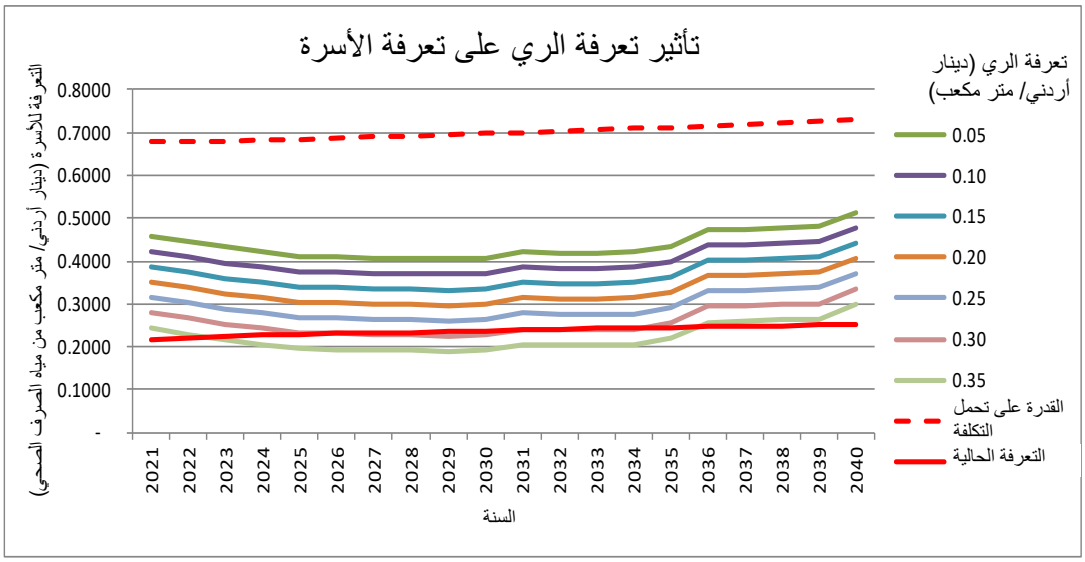
الشكل (26) المقارنة بين الحالة مع مِنح وبدونها (متوسط الرسوم المنزلية) (خيار الكتلة الحيوية وتعويضات خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون)

4.4.13 تأثير إيرادات الري

يفترض التحليل الأساسي أنّ تعرفة مياه الري هي 0.10 دينار أردني لكل م^3 من مياه الصرف الصحي المعالجة المباعة[42]، وهي التعرفة القانونية الحالية لمياه الري. وقد درسنا تأثير الإيرادات المرتفعة والمنخفضة على التعرفات والرسوم المنزلية. بالرغم من أن الشكلين (27) و (28) يشيران إلى أنّ الرسوم المنزلية ستنخفض بلا شك مع زيادة عائدات الري، إلّا أنّ الأمر يتطلب زيادة التعرفة أربعة أضعاف على الأقل (من 0.10 دينار أردني إلى 0.40 دينار أردني لكل م^3 من مياه الصرف الصحي المعالجة)، قبل أن تنخفض الرسوم المنزلية إلى أقل من التعرفات الحالية، وسيكون التأثير قصير المدى حتى بعد ذلك. هذا وتُعتبر رسوم الري البالغة 0.50 دينار أردني لكل م^3 من مياه الصرف الصحي المعالجة ضرورية لتحقيق الجدوى المستدامة بمستويات التعرفة الحالية.

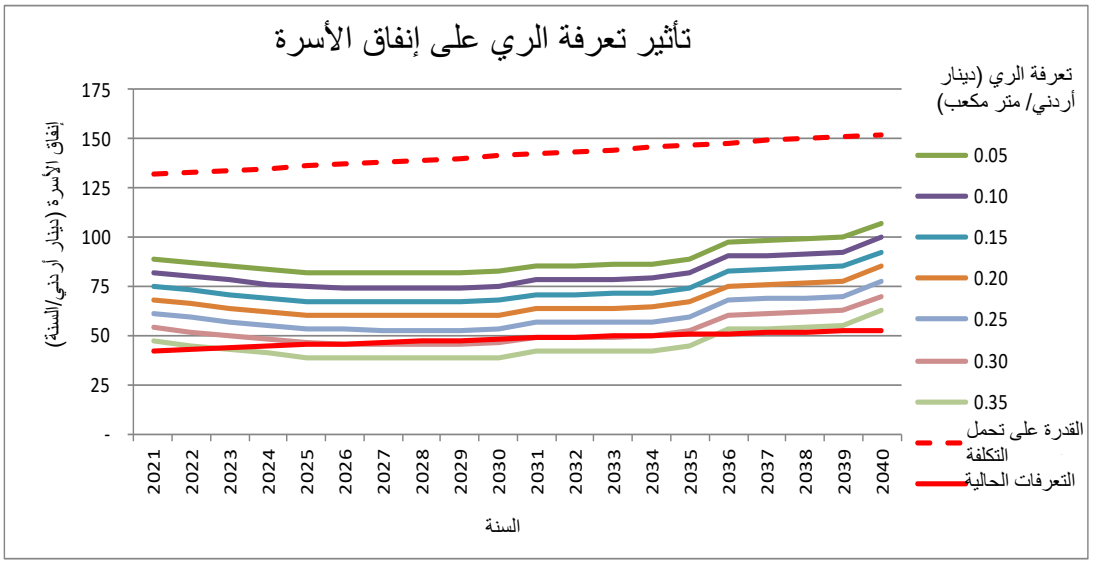
لقد قام عماد كامل الكرابلية وآخرون (2012) بدراسة قيمة بيع المياه المستخدمة لأغراض الري في الأردن، وتوصلوا إلى أنّ «متوسط سعر بيع مياه الري هو 0.51 دينار أردني/ م3 على مستوى البلد». هذا وستتغير القيمة المحددة لبيع المياه في كل حالة اعتمادًا على الموقع ونوع المحصول وغيرها من العوامل.

وفي جميع الحالات، ستقع التعرفات والرسوم المنزلية تحت سقف القدرة على تحمل التكاليف المقدر بهامش مريح.



الشكل (27) تأثير تعرفات مياه الري (التعرفات)

(42) يفترض نموذج الحالة الأساسية التعرفة القانونية القصوى البالغة 0.10 دينار أردني لكل م3 من مياه الصرف الصحي المعالجة المباعة، إلا أنّه في الممارسة العملية، يبلغ المتوسط حوالي 0.505 دينار أردني لكل م3 من مياه الصرف الصحي المعالجة المباعة.



على الرغم من أن تحليل الحالة الأفضل يُشير إلى أنّ خيار التعويض مقابل خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون هو الحل الأصلح والأكثر جدوى، فمن المحتمل أنّه مع وجود تعرفة ري أعلى من تلك المسموح بها حاليًا، ربما يكون خيار الري مفضلًا لأنّه سيقدم للمستهلكين تعرفات أقل. إذ أنّ تعرفة الري البالغة 0.20 دينار أردني لكل م^3 من مياه الصرف الصحي المعالجة ستؤدي إلى فرض رسوم منزلية شبه مماثلة لتلك الناتجة عن خيار التعويض مقابل خفض انبعاث ثاني أكسيد الكربون. فضلًا عن أنّ تعرفة الري التي تزيد عن 0.30 دينار أردني ستجعله الخيار المفضل بلا شك، لكن لم يتم الحصول على معلومات حول احتمالية زيادة هذه التعرفة.

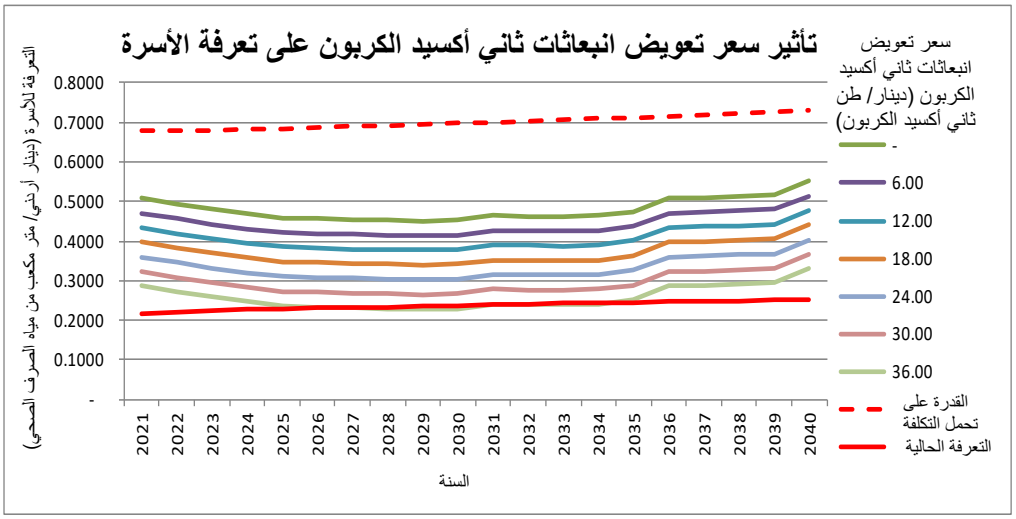
وإذا بَنَيْنا خيارنا على أساس أنّ رفع تعرفة الري اعتمادًا على السوق سيكون أسهل وأكثر ضمانًا على المدى الأطول من رفع متوسط التعويض مقابل خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، فمن المحتمل أن يكون خيار الري هو الخيار الأفضل على الإطلاق. وقد تكون هناك حاجة لإجراء المزيد من الدراسات للتقييم الصحيح للفرص (والمخاطر) المتعلّقة بزيادة تعرفة الري، ومتوسط التعويض مقابل خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون قبل الاستثمار في أي قرار.

5.4.13 تأثير سعر التعويض مقابل خفض انبعاث الكربون

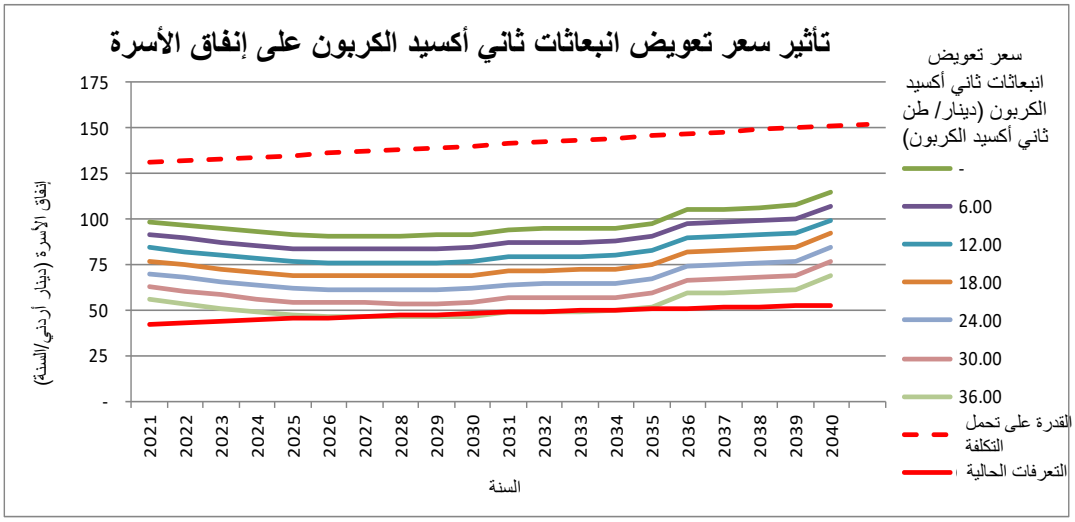
يفترض التحليل الأساسي أنّ سعر التعويض مقابل خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون هو 24.00 دينار أردني لكل طن من الكربون المخفض ضمن المشروع. وقد قمنا بدراسة تأثير أسعار التعويض المرتفعة والمنخفضة على التعرفات والرسوم المنزلية.

يُشير الشكلان (28) و (29) إلى أنّ زيادة سعر التعويض مقابل خفض الكربون بنسبة 50%، أي من 24.00 إلى 36.00 دينار أردني لكل طن لا تزال غير كافية لخفض تعرفات الخدمة لأقل من مستواها الحالي.

هذا وفي جميع الحالات، تقع التعرفات والرسوم المنزلية تحت سقف القدرة على تحمل التكاليف المقدر بهامش مريح.



الشكل (29) تأثير سعر التعويض مقابل خفض انبعاث الكربون (التعرفات)



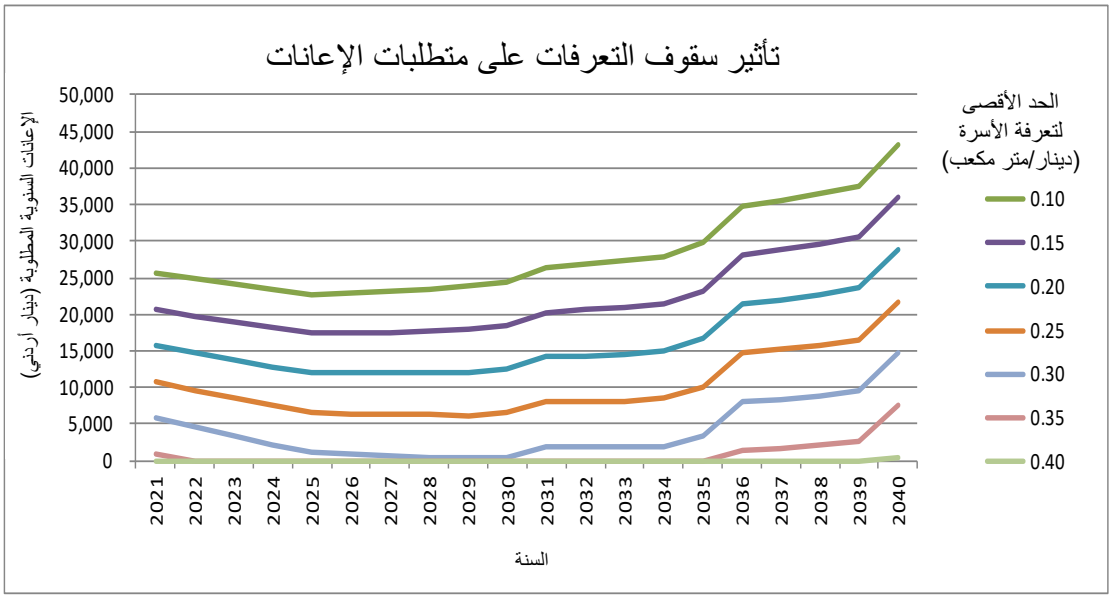
الشكل (30) تأثير سعر التعويض مقابل خفض انبعاث الكربون (متوسط الرسوم المنزلية)

6.4.13 تأثير سقوف التعرفة

افترضت التحليلات السابقة أعلاه أنّ التعرفات اللازمة لتحقيق متطلبات الإيرادات يمكن تطبيقها دون قيود أو سقوف. فمن الممكن أن يكون السقف المحدد من الحكومة أو السياسة التنظيمية للتعرفات أقل من المستويات المحسوبة، مثلما يتضح فعليًا من عدم رغبة الحكومة الأردنية حاليًا في زيادة التعرفات في قطاع المياه والقطاعات الأخرى بأي مقدار مادي. علمًا أنّ هذه السياسة تكون مجديةً وقابلةً للتطبيق فقط في حال تم سد فجوة الإيرادات الناتجة من الفرق بين التعرفة الفعلية والتعرفة المُفترضة (المحسوبة) بواسطة المعونات المباشرة. أمّا في حال عدم تَوَفُّر المعونات الكافية، فإنّ مستوى الخدمة سيتدهور أو حتى ينهار تمامًا. وفي بعض الحالات، قد يترتب على ذلك التدهور في مستويات الخدمة آثار لاحقة من شأنها أن تضر بجدوى المشروع وإمكانية تطبيقه. على سبيل المثال، إذا انخفضت جودة مياه الصرف الصحي المعالجة فقد لا تجد سوقًا لها، مما سيحرم المشغّل من عوائدها، ما سيؤدي إلى تفاقم الوضع المتدهور أساسًا. وعلى نحو مماثل، فقد يُخفق النظام الفاشل في الحصول على التعويض مقابل خفض انبعاث الكربون، مما سيؤدي أيضًا إلى خسارة كبيرة في الإيرادات.

يُوضح الشكل (30) تأثير سقوف التعرفات على متطلبات الدعم والمعونات اللازمة لسد الفجوة وتحقيق الجدوى، وذلك باعتبار أن خيار التعويض مقابل خفض انبعاثات الكربون هو الخيار المرجعي.

من منظور اقتصادي، قد يُنظر إلى استخدام سقوف التعرفات على أنّه ضرب من الوهم. إذ أنّه بتقليل التكاليف المباشرة للخدمة على المستهلكين وذلك بخفض التعرفات وتقييدها بسقوف معينة، فإنّ التكلفة على دافع الضريبة (والمستهلك أيضًا) ستزداد لتعويض الخسارة في الإيرادات. وعليه، ما زال يترتب على المستخدم أن يدفع سواء من خلال زيادة الضرائب أو من خلال خفض مستوى الخدمات الحكومية في القطاعات الأخرى. وأفضل طريقة لتقديم الدعم والمعونات هي عندما يتم تمويلها من شريحة سكانية معيّنة، وتوجيهها إلى الشرائح السكانية التي تحتاجها، كالشريحة القابلة للتأثر، حيث يكون ذلك في إطار عملية إعادة توزيع الثروات من المقتدرين إلى المحتاجين، إلّا أنّ جميع أشكال المعونات تتضمن أوجهًا للقصور وعدم الفاعلية الاقتصادية، والتي يجب موازنتها مع الفوائد الاجتماعية الأوسع المتحققة من الإعانات.



الشكل (31) تأثير سقوف التعرفات على متطلبات الدعم والإعانة (مستويات الأسعار الحقيقية في 2019)

7.4.13 المستهلكين غير الموصولين بشبكة الصرف الصحي

كان القصد من التحليل التوصل إلى التعرفات التي تعكس التكاليف العَملية بشكل معقول. وفي هذا السياق، سيدفع بعض المستهلكين أكثر أو أقل من غيرهم اعتمادًا على جودة مياه الصرف الصحي الناتجة والخدمات التي يستفيدون منها.

وقد حدّدنا مجموعات مختلفة من المستخدمين التي من المتوقع أن تدفع رسومًا مختلفة، مع أنّ الرسوم المستنتجة من التحليل تعتمد على افتراضات جودة مياه الصرف الصحي، وتتطلب إجراء المزيد من التحقيقات. وفيما يلي سرد لأهم المجموعات:

الجدول (30) مجموعات المستخدمين والأساس المنطقي لفرض رسوم مختلفة

مجموعة المستخدمين	الأساس المنطقي لفرض رسوم مختلفة	الأثر الصافي
المستهلكون من القطاع غير المنزلي (المدارس، والعيادات، والشركات الصغيرة...إلخ)	بافتراض أنّ جودة مياه الصرف الصحي الناتجة تتصف بتراكيز أعلى من (الاحتياج الحيوي للأكسجين، والاحتياج الكيميائي للأكسجين، ومجموع المواد الصلبة المعلقة) بالمقارنة مع مياه الصرف الصحي المنزلي، مما يفرض تكاليف أعلى على محطات معالجة مياه الصرف الصحي.	تشير التقديرات الأولية إلى أنّه يجب على هذه المجموعة من المستهلكين دفع تكلفة إضافية قدرها 0.0261 دينار أردني/م^3 من مياه الصرف الصحي التي يتم تصريفها في النظام. وبمعدل عائد تقديري على مياه الصرف الصحي بنسبة 80% من مدخلات المياه، فإنّ هذا يعادل تكلفة إضافية تبلغ حوالي 0.0209 دينار أردني/ م^3 من المياه الموردة.
مستخدمو خزانات التجميع	ستكون مياه الصرف الصحي المسحوبة من خزانات التجميع أكثر تركيزًا من حيث (الاحتياج الحيوي للأكسجين، والاحتياج الكيميائي للأكسجين، ومجموع المواد الصلبة المعلقة بالمقارنة مع مياه الصرف الصحي المنزلي، مما يفرض تكاليف أعلى على محطات معالجة مياه الصرف الصحي. من ناحية أخرى، لا تستفيد هذه المجموعة من المستخدمين من خدمات الشبكة، وعليه فلا ينبغي تحميلهم تكلفة تلك الخدمة.	سيتم فرض رسوم على الصهاريج عندما تنقل مياه الصرف الصحي المجمعة إلى محطة معالجة مياه الصرف الصحي، أي رسوم البوابة. تشير التقديرات الأولية إلى أنّه يجب تحميل الصهاريج رسمًا يبلغ قدره 0.169 دينار أردني/م^3 من مياه الصرف الصحي المجمعة التي يتم استلامها من الصهاريج للمعالجة. ويمكن فرض رسوم إدارية بالإضافة إلى ذلك. ستشكل هذه البنود هيكل الرسوم المنزلية، والتي ستشمل تكلفة الصهاريج والسائق والتكاليف الأخرى المرتبطة بها.
مستخدمو خزانات معالجة الصرف الصحي	يشبه هذا النوع من الخزانات خزانات التجميع لكن حمأة خزانات معالجة الصرف الصحي تكون مركزة أكثر بكثير بالمقارنة مع خزانات التجميع. وبالمثل، فإنّ مستخدمي خزانات معالجة الصرف الصحي يجب ألّا يتحملوا رسوم استخدام الشبكة.	في هذه الحالة، يجب أن تخضع صهاريج نقل حمأة خزانات معالجة الصرف الصحي لرسوم بوابة قدرها 2.000 دينار أردني/م^3 من الحمأة. في الممارسة العملية لهذا الخيار، لا توجد خزانات للصرف الصحي. إضافة إلى ذلك، لا يتضح ما إن كانت أعمال المعالجة قادرة على التعامل مع مثل هذه المواد البرازية المركزة، وقد يلزم نقلها إلى منشأة أخرى.

5.13 القضايا المؤسسية

تم بناء التحليل والنموذج بافتراض أنّ المشغّل سيكون عبارة عن مؤسسة خاصة صغيرة. وقد لا يكون هذا هو الحال بالضرورة، وقد تتحمل مؤسسة حكومية محلية أو حتى سلطة المياه مسؤولية تنفيذ هذه الخدمة. ولا نرى أي اختلافات جوهرية في التحليل المالي للقطاع الخاص أو المشغّل المملوك للدولة، بصرف النظر عن إمكانية الاقتراض والتي لم نأخذها في الاعتبار في تحليلنا(43) .

ومع أنّ مزوّدًا أكبر مثل سلطة المياه أو مزوّد خدمات متعددة (خدمات مشتركة للمياه ومياه الصرف الصحي) يمكنه تحقيق بعض وفورات الحجم والنطاق (مثل خدمات الفوترة وتحصيل الإيرادات)، إلّا أنّ تكلفة الخدمة لن تختلف جوهريًا عن تلك المقررة في هذا التحليل.

وربما يكون من الممكن دعم خدمات مياه الصرف الصحي بشكل متبادل عبر رسوم المياه المفروضة من قبل مزوّدي الخدمات المتعددة، إلّا أنّ التحليل المفصل لرسوم المياه ومياه الصرف الصحي لتقييم آثار تلك المعونات المتبادلة أمر خارج نطاق هذا المشروع.

(43) قد لا تتوفر لمشغّلي القطاع الخاص أو المؤسسات الحكومية المحلية فُرص الاقتراض، وعليه فسيحتاجون إلى توليد إيرادات سنوية كافية لتلبية الاحتياجات النقدية السنوية، بما في ذلك الاستثمار في صيانة رأس المال. وقد يؤدي هذا إلى ارتفاع الرسوم بين الحين والآخر، لدفع ثمن مضخة بديلة على سبيل المثال. وقد تتمكن المؤسسات الأكبر حجمًا من توزيع مثل هذه التكاليف من خلال الاقتراض، مما يوفر قدرًا أكبر من الاستقرار في الأسعار والقدرة على التنبؤ.

ويكفي القول بأنّ ذلك غير مجدٍ من الناحية الاقتصادية إذ أنه لا يعكس التكلفة الحقيقية.

هذا ويستخدم الأردن معايير أداء (مواصفات) صارمة نسبيًا، بالإضافة إلى إجراءات إنفاذ صارمة لعدم الامتثال بما في ذلك الغرامات، وعقوبة السجن في الحالات القصوى. كما تتم مراقبة الامتثال إلى هذه المواصفات وإنفاذها من قبل مجموعة متعددة من الهيئات التنظيمية (الصحة والبيئة وغيرها). وفيما يتعلّق بهذه المشاريع الصغيرة، يتعين الموازنة بين درجة الإشراف التنظيمي وتَصوُّر المخاطر التي يتحملها المشغّل. فإذا كان الإشراف التنظيمي مكثفًا، سيشكل ذلك عائقًا وقد يُنفر الجهات المهتمة المحتملة، لكنه في نفس الوقت يجب تطبيق دور الرقابة المطلوب لضمان تقديم مستويات مقبولة من الخدمة.

6.13 دليل بديل

أُجريت العديد من الدراسات حول العالم للنظر في التحديات التي تواجه أنظمة المياه ومياه الصرف الصحي صغيرة النطاق، والعوائق المالية التي تعاني منها بالمقارنة مع نظيراتها ذات النطاق الكبير في المدن والأقاليم. ثمة ثلاثة عوامل أساسية تغذي هذه العوائق، وفيما يلي سرد لها:

1. وفورات الحجم: حيث تتحمل الجهات الأصغر تكاليف تشغيلية أعلى لكل وحدة إنتاج أو لكل عميل بسبب الحد الأدنى من المتطلبات، على سبيل المثال، مدير واحد لكل مشروع فردي صغير بالمقارنة مع مدير واحد للعديد من المشاريع الصغيرة. عطفًا على ذلك، عادةً ما تتكبد المشاريع الصغيرة تكاليف رأسمالية أعلى للشبكات ومرافق المعالجة لتأثُّرها بعوامل الذروة بشكل أكبر مقارنة بالمشاريع الكبيرة[44].
2. وفورات النطاق: حيث أنّ مشغّلي الخدمات المتعددة يمكنهم الجمع بين الأنشطة بتكلفة أقل من تأديتها بشكل منفصل، مثل خدمات الفوترة الموحدة وتحصيل الإيرادات لكلٍّ من خدمات المياه ومياه الصرف الصحي.
3. وفورات الكثافة: حيث تتطلب المشاريع الأصغر (وأكثر الريفية) ذات الكثافة السكانية المنخفضة إنشاءَ عدد أكبر من البنى تحتية للشبكة لكل منزل بالمقارنة مع المناطق الأكبر وذات الكثافة السكانية الأعلى. ونتيجة لذلك، تكون التكاليف التشغيلية والرأسمالية لكل منزل، ولا سيّما في الشبكات، أعلى بشكل عام في المناطق الريفية والأقل من حيث الكثافة السكانية.

ربما تكون وفورات الكثافة هي العامل الأكثر تأثيرًا خلف العائق المالي الذي يواجه المشاريع الصغيرة في الأردن. فقد قال مستشارو الإدارة الاستراتيجية في المملكة المتحدة (مستشاري الإدارة الاستراتيجية عام 2002):

«تعني أحجام الشركات الحالية (التي أصبحت أكبر من خلال عمليات الدمج) أنّ ما يتم قياسه يُحتسَب كمتوسط لمساحات كبيرة. كما يتأثر توازن الموارد وظروف الإمداد الإيجابية والسلبية (وبالتالي القدرة على احتسابه كمتوسط) بالسمات الطبوغرافية و/أو الجغرافية لمناطق الإمداد. هذا ويُعد احتساب متوسط تكاليف الخدمة أمرًا لا مفر منه في جميع أحجام الشركات، إلّا أنّ متوسط الشركات الأكبر حجمًا يختلف تمامًا عبر أنظمة الإمداد المختلفة في بعض الأحيان. ويُعد المتوسط مفيدًا للمستخدمين في المناطق الريفية باعتباره دعمًا متبادلًا، كما يكون ضارًا للشركات التي تستحوذ على كميات كبيرة في مواقع فردية. وحتى التعاونية قد تختار تطبيق التمييز في الأسعار (مثل الدعم المتعمد للأعمال التجارية أو التكاليف الهامشية للإمداد بالمناطق الريفية)».

وإذا تم تجميع السكان وتنظيمهم، أي أصبحت الكثافة السكانية في المناطق الريفية كبيرة كما هي في المناطق الحضرية الكبيرة، فسيكون طول الخطوط الرئيسية/أنابيب المجاري هو نفسه بالنسبة لأنظمة الإمداد/التجميع الأكبر، ويكون بالإمكان تقييد تكاليف التوزيع/التجميع بما لا يزيد عن ضعف تكاليف النظام الكبير، إلّا أنّه إذا كانت الأنظمة الصغيرة مبعثرة بشكل كبير، فقد تكون التكاليف أعلى بكثير، إذ تكمن أكثر من 70% من قيمة الأصول لأنظمة المياه على سبيل المثال في الخطوط الرئيسية للمياه. فإذا احتوى النظام على أنابيب بضعف الطول لكل فرد، فستتضاعف تكلفة البناء والتشغيل/الصيانة. وإذا تَرتّب على النظام الصغير نقل كميات مياه الصرف المجمّعة للمعالجة أو التصريف في أماكن بعيدة، فسترتفع التكاليف مرة أخرى بالمقارنة مع الأنظمة الحضرية ذات الكثافة العالية (التي غالبًا ما تكون قريبة من المواقع المناسبة لمعالجة مياه الصرف الصحي والتخلص منها). وفي إسكتلندا، تمخّضت المناقشات مع هيئة

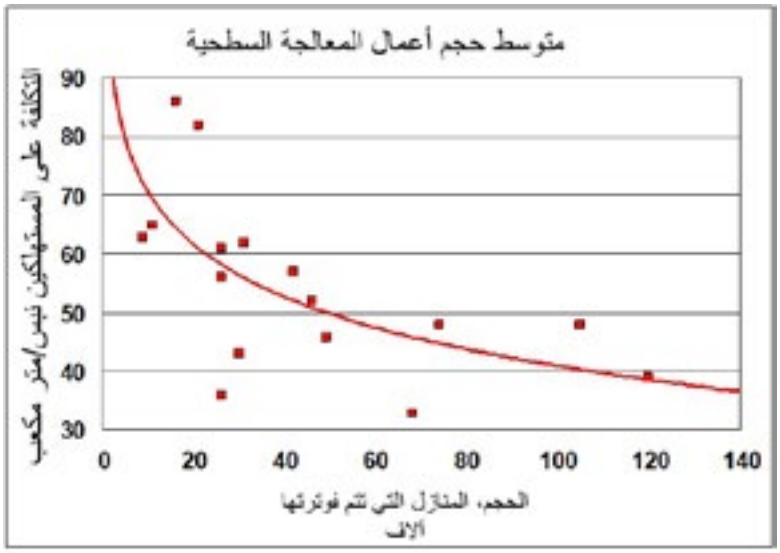
(44) في هذه الحالة، تتعلّق عوامل الذروة بالذروة اليومية أو الموسمية في الطلب على المياه التي يجب استيعابها في الشبكات ومرافق المعالجة. بالنسبة للمشاريع الصغيرة، قد تكون هذه الذروات واضحة جدًا، بينما في المشاريع الأكبر فقد تتم تسوية تلك الذروات على عدد أكبر من المستهلكين فيكون تأثيرها بالتالي أصغر.

قطاع المياه في إسكتلندا عن إمكانية توفير التكاليف لوحدة إمدادات المياه للأنظمة الصغيرة للمرتفعات والجزر، والتي تتراوح من 5 إلى 10 أضعاف تكلفة تشغيل الأنظمة في المناطق الحضرية. وفي منطقة أخرى في المملكة المتحدة، «ساوث ستافس»، تبلغ تكلفة خدمة المناطق الأبعد من قبل الأنظمة الصغيرة حوالي 7 أضعاف التكلفة بالمقارنة مع الخدمة في المناطق الحضرية، إلّا أنّه بالنسبة للعديد من شركات التشغيل الكبيرة، تندرج نسبة صغيرة فقط من السكان (أقل من 5%) ضمن فئة المناطق الريفية غير الحضرية، وبالتالي يكون لها تأثير ضئيل على التكاليف الإجمالية للتشغيل.

غير أنّ وفورات الحجم والنطاق والكثافة لها أيضًا مُحدداتها، وقد أشار مستشارو الإدارة الاستراتيجية إلى أنّه في حال تجاوز عدد المنازل المتصلة بالشبكة 400,000 منزل، سيتحقق القليل جدًا من الوفورات جراء هذه الزيادة. فقد ذكروا الآتي ضمن استنتاجاتهم:

«من الواضح أيضًا أنّ شركات إمداد المياه لا تحتاج للعمل كمشغّل منفرد للنطاق الأمثل من المشاريع ذات الصلة. هناك إيرادات مستمرة من وفورات النطاق على مستوى العديد من الخدمات والأنشطة القائمة على العمالة، فضلًا عن أنّ الإدارة الموحدة لعدة محطات قريبة من مواقع الطلب سيكون الحل الأفضل الأول، إلّا أنّ النمذجة التي أُجريت في سياق هذه المراجعة تُظهر انخفاضًا سريعًا في التكاليف التي يتحملها العميل مع زيادة عدد العملاء المخدومين، والتي تتضاءل لتصبح علاقة مستقرة ومتناقصة قليلًا بمجرد الوصول إلى ما يقارب 400,000 منزلًا تمت فَوترته».

أمّا بالنسبة إلى راسون والمجتمعات المماثلة، من المرجح أن يبلغ أقصى عدد للسكان حوالي 5000 نسمة مع أقل من 1000 منشأة مخدومة ضمن المناطق التي لا تصلها الخدمة، والتي يمكن أن تستفيد من كونها جزءًا من هيكل مؤسسي أكبر (انظر الشكل 32). ملاحظة، على الرغم من أنّ هذا التحليل يتعلّق بإمدادات المياه، إلّا أنّ المنطق يفترض أنّ تحليل أنظمة الصرف الصحي سيصل إلى نتيجة مماثلة بشكل عام.



الشكل (32) «مثال على وفورات الحجم» (المصدر مستشاري الإدارة الاستراتيجية، Ofwat، 2002) [45]

في حالة الأردن، هناك خيارات متعددة لمعالجة مسألة غياب وفورات الحجم والنطاق والكثافة.

حيث سيؤدي دمج العديد من المشاريع الصغيرة في هيكل ملكية وإدارة موحدة إلى تحسين أثر وفورات الحجم، أي أنّه يمكن توزيع موارد معينة بأدنى تكاليف ثابتة بما في ذلك تكاليف الإدارة على قاعدة مستهلكين أوسع، إلّا أنّ هذا الخيار لا يتغلب على جميع الأضرار المالية المترتبة على المشاريع الصغيرة، إذ أنّ المسائل المتعلّقة بعامل الذروة المحلي تظل قائمةً، خاصة وأنّ حجم البنية التحتية يكون أقل مما لو كانت جزءًا من مشروع كبير. وهذا أمر لا مفر منه بالنسبة للمشاريع الصغيرة وتجب موازنته مع الخيارات الأخرى البديلة. بالإضافة إلى ما ذكر، لا يعالج دمج العديد من المشاريع الصغيرة بهذه الطريقة مسألة وفورات النطاق، وكذلك في حال كانت جميعها

(45) ملاحظة: 1.00 جنيه إسترليني = 100 بنس.

مجتمعات منخفضة الكثافة، فلن تتم معالجة مسألة وفورات الكثافة أيضًا. بينما يُحسِّن خيارُ الجمْع بين خدمات مياه الصرف الصحي وخدمات إمدادات المياه كما هو معمول به في الأردن من وفورات النطاق، كما يحدث على سبيل المثال من خلال خدمات الفَوترة الموحدة وتحصيل الإيرادات، والإدارة الموحدة والموارد الأخرى، إلّا أنّ هذا النهج الصغير يظل قاصرًا عن معالجة مسألة وفورات الحجم على المستوى الجزئي، والأهم من ذلك، مسألة وفورات الكثافة.

ولمعالجة مسألة وفورات الكثافة، وتحسين وفورات النطاق والحجم في نفس الوقت، ينبغي النظر في خيار توسيع نطاق واختصاص مرافق الخدمات في المناطق الحضرية الأكبر التي تخدم المدن والبلدات، لتشمل هذه المجتمعات الأصغر. وبالرغم من أنّ هذا لا يحل وفورات الكثافة على المستوى الجزئي، إلّا أنّ تأثير التعرفة يكون أقل بكثير إذا كانت التكاليف المحلية الأعلى لكل وحدة في المشاريع الصغيرة مُوزعة بشكل فعال على قاعدة أوسع للمستهلكين. ويُقدَّر عدد السكان الذين تخدمهم هذه المشاريع الصغيرة في الأردن بأقل من 10% من إجمالي السكان. وإذا كانت تكلفة الخدمة للوحدة في البلدات الصغيرة تساوي ضعف تكلفة الخدمة للوحدة في البلدات الكبيرة، فإنّ الزيادة الإجمالية في التعرفة في حال تقاسم التكاليف ستعادل زيادةً بمعدل 10% فقط بالنسبة إلى البلدات الصغيرة. عطفًا على ذلك، سيكون من المستحيل للمرافق الكبيرة أن تقوم فورًا بضخ الاستثمارات اللازمة في إطار نطاقها الجديد المُوسع، وسيتم تَبنّي المشاريع الجديدة تدريجيًا، لِنَقُل على مدى عشر سنوات أو أكثر. وعليه، فإنّ عملية التعديلات السنوية على التعرفة لاستيعاب هذه التكاليف المرتفعة للوحدة ستكون تدريجية أيضًا، وستكون الزيادات السنوية ضئيلةً في حدود 1% بالقيم الحقيقية.

14. نتائج الدراسة

1.14 نتائج التحليل المالي لنماذج العمل الثلاثة المختارة

فيما يلي سرد لأهم النتائج التي توصل إليها تحليل نماذج العمل الثلاثة المختارة في هذا التقرير:

1. إنّ صِغر حجم عمليات التشغيل، ونطاقها الضيق، وكذلك الكثافة السكانية المُشتتة نسبيًا، كلها عوامل تجعل الحد الأدنى من تكاليف الخدمة للمستهلكين أعلى بكثير من تلك للمستهلكين في المناطق الحضرية الأكبر والأكثر من حيث الكثافة السكانية في الأردن. والنتيجة هي أنّ التعرفات التي تغطي الحد الأدنى من التكاليف التشغيلية (بغض النظر عن تكاليف رأس المال) ستكون أعلى من التعرفات في أي مكان آخر. وبدون تقديم المعونات والدعم التشغيلي، فلن يكون من الممكن تقديم خدمات مياه الصرف الصحي بالأسعار الحالية للتعرفة.
2. مع أنّ التعرفات المحسوبة كانت أعلى بكثير من مستويات التعرفة الحالية في أي مكان آخر، إلّا أنّها ما زالت تقع ضمن سقف القدرة على تحمل التكلفة المُقدر.
3. ثمة فرص محدودة لتأمين إيرادات إضافية لتخفيف العبء على المستهلكين، ولا سيّما بيع مياه الصرف الصحي المعالجة للقطاع الزراعي، أو تأمين التعويضات مقابل التخفيف من انبعاثات الكربون من الوكالات الدولية التي توفر آليات مالية للقطاع الصناعي مقابل التخفيف من انبعاثات الكربون لديها. وقد تمت دراسة هذه الفرص، ومع أنّها مفيدة للمستهلك، إلّا أنّها ليست كافية لخفض التعرفات إلى مستويات مماثلة لتلك المستويات المطبقة في أماكن أخرى في الأردن. ومع كل ذلك، يبدو أنّ السعر الرسمي لبيع المياه لأغراض الري الزراعي هو أقل من القيمة السوقية المقدرة، وقد يكون هناك مجال لتحسين الجدوى إذا أمكن رفع هذا السعر.
4. مع أنّ التعويضات مقابل خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وفقًا لسعر السوق العالمي الحالي لا تقلل العبء على المستهلكين إلا بشكل هامشي وطفيف، فإنّه من المتوقع أن ترتفع هذه الأسعار بشكل كبير على المدى المتوسط (10 سنوات)، والذي يمكن، إذا تحقق، أن يكون له تأثير إيجابي كبير على جدوى خيار الكتلة الحيوية مع التعويضات مقابل الخفض من انبعاثات الكربون(46) ، إلّا أنّ ذلك ليس مضمونًا، وإلى أن يحين ذلك الوقت الذي يرتفع فيه سعر التعويضات إلى تلك المستويات، سيتم توقيع اتفاقيات لدفع تعويضات مقابل خفض انبعاثات الكربون على المدى الطويل، وسيُرافق هذه المشاريع قدر كبير من الحيرة والتردد والمخاطر، الأمر الذي سيحول دون اهتمام المشغّلين المحتملين في القطاع

(46) ستريد الحكومة الألمانية سعر طن ثاني أكسيد الكربون إلى 60 يورو بحلول عام 2026 (المصدر: https://www.spiegel.de/wirtschaft/soziales/co2-preis-emmisionszertifikate-schmerzen-den-verbraucher-a-1292599.html).توصي وكالة البيئة الفيدرالية الألمانية بسعر 180 يورو/طن من ثاني أكسيد الكربون (المصدر: https://www.dw.www//:https/com/de/welcher-co2-preis-co2-fair-ist-deutschland-abgabe-co2-steuer-48593494-a)

العام أو الخاص على حد سواء. وعليه، فمن المرجح أن تكون هذه المشاريع قابلة للتطبيق فقط عند مستويات تعرفة استهلاكية مُخفضة في المستقبل وليس في الوقت الحاضر، وفقط إذا ارتفعت أسعار تعويضات الكربون إلى المستويات المتوقعة.

5. لمعالجة مسألة وفورات الكثافة، وتحسين وفورات النطاق والحجم في النفس الوقت، ينبغي النظر في خيار توسيع نطاق جهات الخدمات في المناطق الحضرية الأكبر التي تخدم المدن والبلدات لتشمل تلك المجتمعات الأصغر.

2.14 نتائج إضافية

1. إنّ خصخصة خدمة إدارة مياه الصرف الصحي عن طريق الشراكة بين القطاعيْن العام والخاص في إطار أحد الهياكل الآتية مثل (البناء والتشغيل ونقل الملكية)، أو (البناء والتملك والتشغيل ونقل الملكية)، أو (التصميم والبناء والتشغيل)، أو (التصميم والبناء والتمويل والتشغيل)، أو (التصميم والبناء والإدارة والتمويل)، أمر قابل للتطبيق على مشاريع مياه الصرف الصحي الكبيرة، لكنه يمكن أن يُطبق أيضًا على الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي في حال كانت الإيرادات الكافية مضمونة وأكيدة، وفي حال ضمان معالجة كمية محددة من مياه الصرف الصحي كحد الأدنى.
2. في معظم الحالات، يعتبر جمع ومعالجة مياه الصرف الصحي غير مبرر ماليًا، إلّا أنّه مُبرر اقتصاديًا واجتماعيًا (عند النظر في الفوائد المالية غير المباشرة، وهو الحال في معظم قرى الأردن). ولن يكون استرداد التكلفة الكاملة للنظام اللامركزي ممكنًا بسبب قيود القدرة على تحمل التكاليف من قبل المستفيدين. لذا يلزم بناء النموذج اللامركزي ليس فقط استنادًا إلى الطلب على الخدمات، بل أيضًا إلى قابلية تلوث المياه الجوفية السطحية (الأنهار، والينابيع والمياه الجوفية الضحلة)، والقضايا الصحية (الإسهال والأمراض المنقولة بالنواقل)، والتلوث البيئي.
3. عمومًا، تكون الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي مجديةً ماليًا من حيث تغطية التكاليف التشغيلية، إذا كانت تكلفة استثمار رأس المال مغطاة من الميزانية العامة أو من قبل المانحين ولم يتم تضمينها في التحليل المالي. في هذه الحالة، سيبدو هذا النوع من الإدارة جذابًا للمستثمرين من القطاع الخاص.

15. التوصيات المقدمة لصنّاع السياسات

يُوصِي الاستشاري بالتوضيحات التالية والإجراءات القانونية وتحسين ظروف أطر العمل لجعل مشاريع الصرف الصحي على نطاق صغير مجدية في الأردن، اعتمادًا على الاسترداد الكامل للتكلفة، والمسؤوليات الواضحة، والمشاركة الشفافة للمهام:

1.15 القضايا المؤسسية والرقابية والتنظيمية

ما يزال هيكل الحوكمة الحالي للإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي في الأردن غير ناضج، ويفتقر إلى الترتيبات المؤسسية والقانونية الواضحة. ووفقًا لسياسة وزارة المياه والري للإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي، فإنّ سلطة المياه مكلفة بالتعامل مع قضايا الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي في الدولة، إلّا أنّ السلطة أشارت بشكل متكرر إلى أنّ تلك الإدارة ليست ضمن مسؤولياتها. تُعد الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي نهجًا متعدد التخصصات، وتتطلب إشراك مجموعة واسعة من الأطراف ذات العلاقة. ولتحسين الإطار المؤسسي والتنظيمي للإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي، يتعيّن النظر في القضايا التالية ودراستها من قبل وزارة المياه والري:

- تعزيز قدرات قطاعي المياه العام والخاص لتخطيط وتنفيذ وتشغيل البنى التحتية للإدارة اللامركزية لمياه صرف الصحي بشكل فعال.
- إنفاذ معايير البناء بشكل فعال لتجنّب تسرب مياه الصرف الصحي عن طريق تسريب أنابيب المجاري والحفر الامتصاصية وخزانات معالجة الصرف الصحي.
- تعزيز الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي في المجتمعات الريفية بغض النظر عن حجمها أقل من 5000 نسمة. هذا ويجب أن يعتمد الاختيار على الخصائص المجتمعية، والطبوغرافية، ومخاطر المياه الجوفية والصحة، وكميات مياه

الصرف الصحي، وجودتها، وتوافر الأراضي، وتكاليف الاستثمار، ومتطلبات التشغيل والصيانة التي تحقق وفورات الحجم.

- إنشاء لجان مشتركة بين الوزارات ليتم تأييدها على أعلى مستوى، وإشراك وزارات التخطيط، والمالية والاقتصاد، والصحة، والتعليم والتنمية الاجتماعية، والزراعة، والبيئة، والمكاتب الإحصائية الوطنية تحت قيادة وزارة المياه والري لتحمل مسؤولية القضايا ذات الصلة بالإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي.
- دعم مشاريع الشراكة بين القطاعيْن العام والخاص والتي أصبحت جذابة للحكومات كآلية خارج الميزانية لتطوير البنية التحتية، لأنّ هذا الترتيب قد لا يتطلب أي إنفاق نقدي فوري. وبالإضافة إلى الدور الحالي للقطاع الخاص في بناء أنظمة الصرف الصحي والمعالجة، يمكن تعزيز الإدارة القائمة على العقود على نطاق أوسع.
- خدمة المجتمعات الريفية من خلال مشروع واحد للإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي، إن أمكن. إذ تعتمد نماذج العمل المجدية للمدن الصغيرة وأنظمة الصرف الصحي في المناطق الريفية على الحجم: أي المجتمعات الريفية التي يمكن أن تُشكل تَجمُّعًا بحيث يكون جمع مياه الصرف الصحي ومعالجتها مُبررًا اقتصاديًا، أو المجتمعات النائية حيث يجب توفير الحلول المحلية.
- يعتبر الوعي وتغيير السلوك شرطًا مسبقًا للتطبيق الناجح لنماذج الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي. ويُوصَى بتنفيذ الأنشطة ذات الصلة بـ «الإعلام والتثقيف والاتصال»، بما في ذلك المسائل المتعلّقة بالأرض، والتحقق من الممارسات الهندسية التقليدية، والمتطلبات البيئية، وما إلى ذلك).
- تحسين وتعديل التشريعات. ينطبق هذا بشكل خاص على إرساء مزوّدي الخدمات، والجمعيات البلدية، وجمعيات مستخدمي مياه الصرف الصحي، والتنفيذ الأوسع للحوافز المالية لتعزيز نماذج العمل المختارة.
- ويُوصى بتحسين إشراك ومشاركة الأطراف ذوي العلاقة، ولا سيّما خلال مرحلة التخطيط وإعداد المشروع، وذلك بغرض تجنُّب مقاومة المستفيدين المحتملين والسلطات المحلية.

2.15 القضايا الفنية

- يجب اختيار أنظمة الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي المستندة إلى «التقنية الأكثر ملاءمة»، ولكل حالة بحالتها، وذات التكلفة المحتملة اقتصاديًا، والمستدامة بيئيًا، والمقبولة اجتماعيًا. ويجب أن تكون استراتيجيات الإدارة أيضًا خاصة بالموقع. بإمكان محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية أو محطات معالجة الصرف الصحي للتجمعات الصغيرة والمصممة للعمل ضمن نطاق صغير، أن تقلّل فقط من آثار التخلص من مياه الصرف الصحي على البيئة والصحة العامة، وبإمكانها أيضًا أن تزيد من فُرص إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في النهاية، بناءً على طبيعة المجتمع، والخيارات الفنية، والظروف المحلية. وقد يكون اختيار التقنية الأكثر ملاءمة صعبًا على صناع القرار في الإدارات، والحكومة والجهات المانحة، والشركات الهندسية، وما إلى ذلك، نظرًا للنطاق الواسع من التقنيات المتوافرة تجاريًا الذي يشكل تحديًا للموظفين المسؤولين عن التنفيذ، والذين قد لا يكون لديهم المعرفة الشاملة لمقارنة أنواع التقنيات وميزاتها الفردية. وهذه هي الحالة بشكل خاص بالنسبة لحلول الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي. لذا يمكن تطبيق منهجية اختيار التقنية الأكثر ملاءمة في هذا الصدد.
- ثمة حاجة لتعزيز نقل التكنولوجيا في أنظمة الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي. يتوفر حاليًا مستوى جيد من المعرفة فيما يتعلّق بتنفيذ محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية وأدائها على مستوى الخبراء والعلماء، إلّا أنّ نقل التقنيات إلى التطبيق لا يزال غير كافٍ، بالإضافة إلى قلة الوعي والمعرفة بفوائد أنظمة الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي، وعقلية «العمل التجاري بالطريقة المعتادة» التي ما زالت مستمرة على المستويات المؤسسية والإدارية.
- ثمة حاجة لتطوير واعتماد إجراءات اعتماد التقنية وشهادات التشغيل والصيانة.
- ثمة حاجة لاعتماد نظام موثوق للمراقبة عن بُعد، إذا أن الافتقار إلى تقنيات موثوقة للمراقبة عن بُعد في الماضي شكّلَ عقبة خطيرة تَحول دون تطبيق مبدأ اللامركزية، مما نتج عنه في كثير من الأحيان متطلبات غير مستدامة فيما يخص الموظفين

و/أو نتائج المعالجة غير الموثوقة. وقد أدى التوافر العام مؤخرًا للتقنية الفعالة للاستشعار عن بُعد إلى التقليل بشكل كبير من متطلبات المراقبة في الموقع، وسمح بالمراقبة عن بُعد للمرافق البعيدة (للتحكم على سبيل المثال بالمضخات، والألواح الشمسية ومتطلبات الأمان)، وإجراء الصيانة في الموقع حسب الطلب.

3.15 قضايا الإدارة/قضايا التشغيل والصيانة

- إعداد نموذج لخطة تشغيل وصيانة سليمة ومستمرة للبنية التحتية للإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي استنادًا إلى متانتها، وإلى خطط التشغيل والصيانة الفعالة.
- دعم ملكية المجتمع بمعنى تحمل المسؤولية المباشرة والمستقلة عن حلول مياه الصرف الصحي المحلية الخاصة بهم. كما أن ملكية البلدية لنظام الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي يمكنها تيسير اعتماد محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية على نطاق أوسع.

4.15 القضايا المالية وقضايا نموذج العمل

- تخصيص الأموال الكافية للإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي، والبحث عن مصادر خارجية للاستثمار في راس المال.
- يُعد ضمان خدمات مستمرة وعالية الجودة وموثوقة ضروريًا لتأمين تمويل كاف وأموال متاحة لعمليات تشغيل نظام الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي. وهذا يرتبط بكلٍّ من احتياجات الاستثمار، وتغطية جميع التكاليف الضرورية لصيانة وتشغيل النظام (الطاقة والعمالة والبنية التحتية...إلخ). ثمة نماذج مختلفة لتمويل عمليات التشغيل المتعلّقة بالإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي، بدءًا من الخصخصة الكاملة للنظام وانتهاءً بتشغيل النظام من قبل المؤسسات العامة وما بين ذلك. علمًا أن الخصخصة الكاملة للنظام ليست جذابة للمستثمرين، بينما يعاني التشغيل من قبل القطاع العام من الضعف وعدم قدرة الجهات العامة على التشغيل.
- ثمة حاجة لتدخلات الحكومة في شكل من أشكال الدعم، أو تأجير الخدمات، أو الإعفاءات الضريبية، أو تحصيل الإيرادات ليكون مشروع الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي جذابًا من الناحية المالية للقطاع الخاص للمشاركة فيه. وتعتمد الجدوى المالية والاستدامة بالنسبة للمستثمر على تحديد مجموعة مناسبة من الضرائب (المُحولة من الميزانيات العامة)، والتعرفات (الإيرادات الناتجة من رسوم المستخدمين)، والتحويلات لاستثمار رأس المال من المساعدات الدولية.
- إعادة دراسة وفحص الإطار التنظيمي الذي يدعم الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي، لتوفير قدر أكبر من المرونة في تحديد التعرفات على المستوى الجزئي، مما يَحدُّ من التدخلات لتوفير المبادئ الإرشادية حول القدرة على تحمل التكاليف وتغطية التكلفة. ويجب موازنة ذلك أيضًا مع الحاجة إلى توفير اليقين التنظيمي والثقة لدى المستثمر.

وفيما يلي سرد لأهم التوصيات التي تمخضت عن التحليل المالي لنماذج العمل الثلاثة المختارة:

1. يتعيّن على الحكومة في الأردن و/أو الهيئات التنظيمية المسؤولة إعادة دارسة وفحص هيكل الأسعار الحالي لتحديد رسوم الري، وأن تقرر ما إن كان هناك أي رغبة في السوق لزيادة السعر (بشكل جوهري).
2. يتعين على الحكومة في الأردن و/أو الهيئات التنظيمية المسؤولة النظر في السماح بزيادة التعرفات في المدن والبلدات الصغيرة شريطة ألاّ تتجاوز سقف القدرة على تحمل التكاليف المقدر، مع أنّ ثمة حاجة لتطوير آليات لتحديد تلك السقوف. وكبديل لذلك، يمكن النظر في اعتماد الإعانات المتبادلة بين المدن الأكبر والأصغر والتجمعات السكنية.
3. يتعين على الحكومة في الأردن و/أو الهيئات التنظيمية المسؤولة النظر في معالجة مياه الصرف الصحي بالتزامن مع إنتاج الكتلة الحيوية والتمويل ذي الصلة من خلال آليات التعويض مقابل خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.
4. يتعيّن على الحكومة في الأردن و/أو الهيئات التنظيمية المسؤولة النظر في خيار إلزام سلطة المياه بمسؤولية توفير خدمات مياه الصرف الصحي لتلك المدن الصغيرة، وجَنْيِ الفوائد المترتبة من الإعانات المتبادلة بين المجتمعات (المدن) من الأكبر للأصغر.

هذا وأشارت المناقشات التي جرت أثناء ورشة العمل المنعقدة في 19 تشرين الثاني إلى أنّه من غير المرجح الموافقة على خيار زيادة تعرفة الري أو تعرفات المستهلك، أو أنّها ستُقابَلُ بمستويات عالية من المقاومة والاستياء. وعليه، يظل الخيار المتبقي المتمثل في توسيع نطاق جهات الخدمة الأكبر الموجودة بالفعل، والتي تخدم البلدات والمدن لتشمل المجتمعات الأصغر، هو الخيار الوحيد القابل للتطبيق على المدى الطويل.

16. المراجع

16. Abdulla, F. A., Alfarra, A., Abu Qdais, H., & Sonneveld, B. (2016). Evaluation of wastewater treatment plants in Jordan and suitability for reuse. *J Academia Journal of Environmental Sciences, 4*(7), 111-117.
17. Abu-Shams, I., & Rabadi, A. (2003). Commercialization and Public-Private Partnership in Jordan. *International Journal of Water Resources Development, 19*(2), 159-172. doi:10.1080/0790062032000089293
18. ACWUA. (2016). *Water Utilities Reform Case Studies from the Arab Region*. Retrieved from
19. Al-Mefleh, N. K., AlAyyash, S. M., Khaled, B., & Fatima, A. (2019). Water management problems and solutions in a residential community of Al-Mafraq city, Jordan. *J Water Supply, 19*(5), 1371-1380.
20. Al Abed, M. (2018, Apr 04,2018). A national strategy to boost the neglected cooperative sector. *The Jordan Times*.
21. Albakkar, Y. (2014). *An Integrated Approach to Wastewater Management and Reuse in Jordan: A Case Study on the Jordan Valley.*
22. Alfarra, A., Kemp-Benedict, E., Hötzl, H., Sader, N., & Sonneveld, B. (2011). A Framework for Wastewater Reuse in Jordan: Utilizing a Modified Wastewater Reuse Index. *Water Resources Management, 25*(4), 1153-1167. doi:10.1007/s11269-010-9768-8
23. Bank, W. (2001). *Jordan - Water sector review update : main report*. Retrieved from Washington, DC:: http://documents.worldbank.org/curated/en/779001468273310713/Jordan-Water-sector-review-update-main-report
24. Beecher, J. A., Dreese, G. R., & Stanford, J. D. (1995). *Regulatory Implications of Water and Wastwater Utility Privatisation* (Vol. 95): Citeseer.
25. Berland, J., & Cooper, P. J. O. o. O. P. o. t. E. U., Luxembourg. (2001). Extensive Wastewater Treatment Processes Adapted to Small and Medium Sized Communities (500 to 5000 Population Equivalents).
26. Capodaglio, A. (2017). Integrated, Decentralised Wastewater Management for Resource Recovery in Rural and Peri-Urban Areas. *Resources, 6*(2), 22. doi:10.3390/resources6020022
27. Chirisa, I., Bandauko, E., Matamanda, A., & Mandisvika, G. (2017). Decentralised domestic wastewater systems in developing countries: the case study of Harare (Zimbabwe). *Applied Water Science, 7*(3), 1069-1078. doi:10.1007/s13201-016-0377-4
28. DOS. (2016). *Population Projections for the Kingdom's Residents during the Period 2015-2050*. Retrieved from Amman, Jordan:
29. DOS. (2019a). Interactive Database. from Department of Statistics http://jorinfo.dos.gov.jo/PXWeb2014R2/default.aspx?px_language=ar-JO&rxid=e0c35eac-d04f-4689-ace3-8f29bf1f19da
30. DOS. (2019b). *Population Statistics.* . Retrieved from Amman, Jordan: http://dosweb.dos.gov.jo/ar/population/population-2/
31. EC. (2009). *Evaluating Socio Economic Development, SOURCEBOOK 2: Methods & Techniques - Cost effectiveness analysis.* Retrieved from Europa. November. : http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/evaluation/evalsed/sourcebooks/method_techniques/evaluating_alternatives/cost_effectiveness/index_en.htmhttp://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/evaluation/evalsed/sourcebooks/method_techniques/evaluating_alternatives/cost_effectiveness/index_en.htm
32. Geisinger, D., & Chartier, G. (2005). Managed onsite/decentralised wastewater systems as long-term solutions. *Clearwaters, 35*, 6-11.

33. Gutterer, B., Panzerbieter, T., Reckerzugl, T., & Sasse, L. (2009). *Decentralised wastewater treatment systems (DEWATS) and sanitation in developing countries: a practical guide*: WEDC, Loughborough University© BORDA.

34. Idelovitch, E., & Ringskog, K. (1995). *Private sector participation in water supply and sanitation in Latin America*: The World Bank.

35. ISSP. (2014). *Institutional Support & Strengthening Program: National Strategic Wastewater Master Plan- Final Report.* . Retrieved from USAID-Jordan: http://inform.gov.jo/Portals/0/Report%20PDFs/6.%20Infrastructure%20&%20Utilities/iii.%20Wastewater%20Treatment/2013%20Oct%20USAID-National%20Strategic%20Wastewater%20Master%20Plan.pdf

36. Jiries, A., Shatanawi, A., AlMomani, M., & Al-Atrash, M. (2011). *Assessment of treated wastewater Quality under different climate change Scenarios in Jordan*. Retrieved from Amman, Jordan: https://www.sdgfund.org/assessment-treated-wastewater-quality-under-different-climate-change-scenarios-jordan

37. JSMO. (2007a). *Jordanian Standard 202/2007; Water - Industrial reclaimed wastewater. Third Edition: Technical Regulation.* . Retrieved from Amman, Jordan: http://www.jsmo.gov.jo/ar/Eservices/Pages/SearchResults.aspx

38. JSMO. (2007b). *Jordanian Standards 893/2007 (Water – Reclaimed Domestic Wastewater): Technical Regulation.* . Retrieved from http://www.jsmo.gov.jo/ar/Pages/default.aspx

39. JSMO. (2014). *Jordanian Standards 1766/2014: (Irrigation Water): Technical Regulation Non Obligatory.* Retrieved from Amman, Jordan: http://www.jsmo.gov.jo/ar/Eservices/Pages/SearchResults.aspx

40. Lienhoop, N., Al-Karablieh, E. K., Salman, A. Z., & Cardona, J. A. J. W. P. (2014). Environmental cost-benefit analysis of decentralised wastewater treatment and re-use: a case study of rural Jordan. *16*(2), 232-339.

41. Lienhoop, N., Cardona, J., Al-Karablieh, E., & Salman, A. (2012). *Cost Benefit Analysis of decentralised wastewater treatment and re-use in Jordan: An application in Maghareeb and Ma'addi*. Retrieved from

42. Massoud, M. A., Tarhini, A., & Nasr, J. A. (2009). Decentralised approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries. *Journal of Environmental Management, 90*(1), 652-659. doi:10.1016/j.jenvman.2008.07.001

43. Miyahuna, J. W. C.-. (2007). *Annual Report 2007*. Retrieved from Amman, Jordan: http://miyahuna.com.jo/uploads/pdf_files/annual_reports/2007_en.pdf

44. MoEnv. (2019). *The National Project for Monitoring Water Quality in Jordan (2016-2017)* Retrieved from Amman, Jordan:

45. MoF. (2014). *Law Number (31) of 2014; Public-Private Partnership Law*. Retrieved from Amman, Jordan: https://pppu.gov.jo/Portals/0/PDF/FINAL-PPP%20Law%20(English).pdf

46. MoF. (2015). *Public Private Partnership Regulation; Regulation Number (98) of 2015*. Retrieved from Amman, Jordan: https://pppu.gov.jo/Portals/0/PDF/PPP%20Regulation.pdf

47. MoF. (2016). *Public Private Partnership Program: Policy Paper*. Retrieved from Amman, Jordan: https://pppu.gov.jo/Portals/0/PDF/PPP%20Policy%20Paper%20(EN%20FINAL)-2.pdf

48. MoIT. (2019). Quarries with Company name, Company Control Department Retrieved from http://www.ccd.gov.jo/bycompanynameframe21.aspx?CompanyID=115065

49. MWI. (2009). Water for life-Jordan's water strategy 2008–2022. In: Ministry of Water and Irrigation Amman.

50. MWI. (2013). *Structural Benchmark-Action plan to reduce water sector losses.* Retrieved from

51. MWI. (2015). *Wastewater Treatment National Plan for Operation and Maintenance*. Retrieved from Amman, Jordan:

52. MWI. (2016a). *Climate change policy for a resilient water sector*. Retrieved from Amman, Jordan:

53. MWI. (2016b). *Decentralised Wastewater Management Policy*. Retrieved from Amman, Jordan:

54. MWI. (2016c). *National Water Strategy 2016-2025: Water Sector Policies*. Retrieved from Amman, Jordan:

55. MWI. (2016d). *Water Reallocation Policy* Retrieved from Amman, Jordan:

56. MWI. (2016e). *Water Substitution and Reuse Policy*. Retrieved from Amman, Jordan:

57. MWI. (2017). *Jordan Water Sector Facts and Figures*. Retrieved from Amman, Jordan:

58. MWI. (2018). *Annual Report 2018*. Retrieved from Amman, Jordan:

59. MWI. (2019). National Water Information System, NWIS. from Ministry of Water and Irrigation

60. MWI, & NICE. (2015). *Effective Decentralised Wastewater Policy: National Framework for Decentralised Wastewater Management*. Retrieved from Amman, Jordan:

61. MWI, & UNICEF. (2019). *Developing Jordan's Roadmap to achieve Sustainable Development Goal 6.2*. Retrieved from Amman, Jordan:

62. Myszograj, S., Qteishat, O., Sadecka, Z., Jędrczak, A. J., & Suchowska-Kisielewicz, M. (2014). Possibilities of reuse of treated wastewater for irrigation purposes in the Northern Jordan Valley. *J Environment Protection Engineering, 40*(2).

63. OECD. (2013). *Business models for water and sanitation services in Moldova, .* Retrieved from https://www.oecd.org/environment/outreach/Business%20models%20for%20rural%20sanitation%20in%20Moldova_ENG%20web.pdf

64. Polat, H. (2010). *Cooperatives in the Arab world: Reaffirming their validity for local and regional development.* Paper presented at the Background paper for the Sub-Regional Knowledge Sharing Workshop on Cooperatives in the Arab States.

65. Rothenberger, D. (2009). *Improving Water Utility Performance through Local Private Sector Participation:*

66. Lessons Learned from the Micro PSP in Madaba, Jordan. Retrieved from https://gwopa.org/en/resources-library/improving-water-utility-performance-through-local-private-sector-participation-lessons-learned-from-the-micro-psp-in-madaba-jordan

67. Telfah, D. A. B., Halasheh, M., Ribbe, L., & Roth, G. (2017). *Performence Assessment of Commercial Principles in Water Service Provision.* Paper presented at the WIT Transactions on Ecology and The Environment.

68. Telfah, D. a. B., Minciardi, R., & Roth, G. (2018). *Trading the Economic Value of Unsatisfied Municipal Water Demand.* Paper presented at the Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences.

69. Ulimat, A. A. (2012). *Wastewater Production, Treatment, and Use in Jordan.* Paper presented at the Second Regional Workshop 'Safe Use of Wastewater in Agriculture', 16-18 May 2012,, New Delhi, India.

70. UNDP-RBAS, Khater, A., Al-Karablieh, E., Abdrabo, M., Choukr-Allah, R., Zubari, W., & Fariz, G. (2013). Water Governance in the Arab Region: Managing scarcity and securing the future. In: UNDP-RBAS; http://arabstates.undp.org/rbas/en/home.

71. Zhang, D. Q., Jinadasa, K., Gersberg, R. M., Liu, Y., Ng, W. J., & Tan, S. K. (2014). Application of constructed wetlands for wastewater treatment in developing countries–a review of recent developments (2000–2013). *Journal of Environmental Management, 141*, 116-131.

ملحق 1: البيانات والإحصاءات

الجدول (31) عدد السكان المتوقع حسب المحافظة

المحافظة	2018	2020	2025	2030	2035
عمّان	4,327,801	4,554,107	5,139,996	5,748,367	6,370,025
البلقاء	531,000	558,766	630,652	705,296	781,570
الزرقاء	1,474,000	1,551,077	1,750,624	1,957,829	2,169,558
مادبا	204,300	214,983	242,641	271,360	300,706
إربد	1,911,600	2,011,560	2,270,349	2,539,068	2,813,656
المفرق	593,900	624,956	705,357	788,843	874,152
جرش	256,000	269,386	304,043	340,029	376,802
عجلون	190,200	200,146	225,895	252,632	279,953
الكرك	341,900	359,778	406,064	454,126	503,237
الطفيلة	104,000	109,438	123,517	138,137	153,076
معان	171,100	180,047	203,210	227,262	251,839
العقبة	203,200	213,826	241,335	269,899	299,088
الأردن	10,309,000	10,848,071	12,243,682	13,692,848	15,173,663

المصدر: تقدير الاستشاري استنادًا إلى الإحصاءات السكانية الصادرة عن دائرة الإحصاءات العامة (دائرة الإحصاءات العامة، 2019 ب)، (دائرة الإحصاءات العامة، 2016).

الجدول (32) سجل إمدادات مياه البلدية للفرد (لتر/للفرد/اليوم)

السنة	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
عمّان	131	123	119	122	133	124	126	127
الزرقاء	138	137	122	128	145	129	122	121
إربد	84	87	80	77	76	72	72	74
المفرق	145	138	137	117	133	125	132	130
البلقاء	203	198	209	197	216	220	230	225
الكرك	189	180	175	192	192	201	190	173
الطفيلة	201	135	158	140	169	162	170	164
معان	281	273	291	256	293	262	261	260
جرش	77	82	89	84	84	83	88	88
عجلون	86	77	88	86	82	76	71	77
مادبا	154	133	135	153	139	127	123	134
العقبة	301	304	293	279	252	239	225	195
الأردن	134	129	125	125	133	126	126	125

المصدر: تم تجميعه من نظام معلومات المياه الوطني التابع لوزارة المياه والري، (وزارة المياه والري، 2019)

الجدول (33) تغطية شبكة الصرف الصحي العامة حسب المحافظة في عام 2018

المحافظة	عدد المنازل في عام 2018	عدد المنازل الموصولة بشبكة الصرف الصحي العامة في عام 2018	عدد المنازل التي تحتاج للربط بشبكة الصرف الصحي	النسبة المئوية للمنازل الموصولة بشبكة الصرف الصحي	النسبة المئوية للمنازل التي تحتاج للربط بشبكة الصرف الصحي
عمّان	934,495	732,392	202,104	77.3%	22.7%
البلقاء	108,127	61,605	46,522	55.5%	44.5%
الزرقاء	302,371	244,261	58,110	80.4%	19.6%
مادبا	41,327	21,948	19,379	53.2%	46.8%
إربد	384,011	182,169	201,842	47.2%	52.8%
المفرق	115,034	29,451	85,583	25.3%	74.7%
جرش	50,537	30,122	20,414	60.1%	39.9%
عجلون	37,753	17,232	20,521	45.1%	54.9%
الكرك	68,557	16,061	52,495	22.2%	77.8%
الطفيلة	20,841	9,248	11,593	43.0%	57.0%
معان	34,012	14,857	19,440	35.9%	64.1%
العقبة	41,598	32,617	8,981	76.5%	23.5%
الأردن	2,138,797	1,391,963	746,986	63.7%	36.3%

المصدر: تم تجميعها من دائرة الإحصاءات العامة (دائرة الإحصاءات العامة، 2019 ب).

الجدول (34) مياه الصرف الصحي الناتجة المُجمعة وغير المُجمعة حسب المحافظة

المحافظة	مياه الصرف الصحي الناتجة من إجمالي السكان	مياه الصرف الصحي الناتجة من السكان المخدومين	مياه الصرف الصحي غير المجمعة من السكان المخدومين	مياه الصرف الناتجة من المواقع غير المخدومة	مياه الصرف الصحي الناتجة من المواقع غير المخدومة التي يزيد عدد سكانها عن 5000 نسمة	مياه الصرف الصحي الناتجة من المواقع غير المخدومة التي يقل عدد سكانها عن 5000 نسمة
عمّان	140.2	109.9	30.3	2.7	0.9	1.8
البلقاء	13.0	8.2	4.9	3.5	1.8	1.4
الزرقاء	36.5	30.3	6.3	2.5	1.7	0.9
مادبا	4.6	2.8	1.9	1.5	0.8	0.7
إربد	43.9	23.0	20.8	14.4	11.7	2.3
المفرق	12.8	3.8	9.0	6.6	3.4	3.1
جرش	6.1	3.9	2.2	1.3	0.8	0.5
عجلون	4.2	2.2	2.0	1.8	1.4	0.4
الكرك	7.2	1.9	5.3	4.4	2.2	2.2
الطفيلة	2.3	1.1	1.2	0.9	0.7	0.2
معان	3.4	1.4	2.0	1.7	0.6	1.1
العقبة	4.9	4.0	0.9	0.8	0.2	0.6
الأردن	279.2	192.5	86.7	42.3	26.2	15.4

المصدر: تم تجميعها من دائرة الإحصاءات العامة (دائرة الإحصاءات العامة، 2019 ب).

الجدول (35) محطات معالجة مياه الصرف الصحي المُمتثلة وغير المُمتثلة للمواصفة الأردنية الخاصة بمياه الصرف الصحي المعالجة

الرقم	اسم محطة معالجة مياه الصرف الصحي	الامتثال للمواصفة الأردنية	المقاييس المخالفة	التقنية المستخدمة في المعالجة
1	كفرنجة	غير مُمتثلة	الدهون والزيوت والشحوم	الحمأة النشطة
2	وادي حسّان	مُمتثلة		الحمأة النشطة
3	المعراض	غير مُمتثلة	الفوسفات، والبيكربونات، والصوديوم، ونسبة امتصاص الصوديوم، وبكتيريا الإشريكية القولونية	الحمأة النشطة
4	العقبة-الطبيعية	غير مُمتثلة	الدهون والزيوت والشحوم	برك استقرار الفضلات
5	الطفيلة	غير مُمتثلة	الاحتياج الكيميائي للأكسجين، والاحتياج الحيوي للأكسجين، ومجموع المواد الصلبة المعلقة	المُرشح بالتنقيط والحمأة النشطة
6	الكرك	غير مُمتثلة	الاحتياج الكيميائي للأكسجين، والبيكربونات، ومجموع المواد الصلبة المعلقة	الحمأة النشطة
7	مادبا	مُمتثلة		الحمأة النشطة
8	الجيزة	مُمتثلة		الحمأة النشطة
9	وادي السير	غير مُمتثلة	الاحتياج الكيميائي للأكسجين، والبيكربونات، ومجموع المواد الصلبة المعلقة، وإجمالي النيتروجين	أكسدة الحمأة
10	الفحيص - ماحص	غير مُمتثلة	بكتيريا الإشريكية القولونية	الحمأة النشطة
11	الرمثا	غير مُمتثلة	إجمالي النيتروجين	الحمأة النشطة
12	السمرا	غير مُمتثلة	النترات، والصوديوم	الحمأة النشطة
13	وادي موسى	مُمتثلة		الحمأة النشطة
14	المحطة الميكانيكية الجديدة في العقبة	مُمتثلة		قيد الإنشاء
15	الأكيدر	غير مُمتثلة	الاحتياج الكيميائي للأكسجين، مجموع المواد الصلبة المعلقة، والنترات، وإجمالي النيتروجين الدهون والزيوت والشحوم	برك استقرار الفضلات
16	أبو نصير	مُمتثلة		الحمأة النشطة
17	البقعة	غير مُمتثلة	الفينول، وبكتيريا الإشريكية القولونية، والصوديوم	المُرشح بالتنقيط
18	السلط	غير مُمتثلة	بكتيريا الإشريكية القولونية	الحمأة النشطة
19	إربد المركزية	غير مُمتثلة	الفوسفور، والبيكربونات، والصوديوم، ونسبة امتصاص الصوديوم، وبكتيريا الإشريكية القولونية	الحمأة النشطة
20	وادي العرب	غير مُمتثلة	البيكربونات، والصوديوم، وبكتيريا الإشريكية القولونية	الحمأة النشطة
21	المفرق	مُمتثلة		أكسدة الحمأة
22	معان	غير مُمتثلة	الفينول	الحمأة النشطة

23	اللّجون	غير مُمتثلة	مجموع المواد الصلبة المذابة، والنترات، والكلور، والبيكربونات، والصوديوم، ونسبة امتصاص الصوديوم	برك استقرار الفضلات
24	تل المنطح	غير مُمتثلة	إجمالي النيتروجين	المُرشح بالتنقيط والحمأة النشطة
25	المنصورة	مُمتثلة		برك استقرار الفضلات
26	الشوبك	مُمتثلة		برك استقرار الفضلات
27	مؤتة – المزار - العدنانية	غير مُمتثلة	بكتيريا الإشريكية القولونية	الحمأة النشطة
28	مخيم الأزرق	غير مُمتثلة	الاحتياج الكيميائي للأكسجين، والدهون والزيوت والشحوم، ومجموع المواد الصلبة المعلقة، والنترات، وإجمالي النيتروجين	المفاعل الحيوي الغشائي + المُرشح بالتنقيط
29	مخيم الزعتري	مُمتثلة		المفاعل الحيوي الغشائي + المُرشح بالتنقيط
30	الشونة الشمالية	غير مُمتثلة		برك استقرار الفضلات
31	جنوب عمّان	مُمتثلة		الحمأة النشطة

المصدر: (وزارة البيئة، 2019)

الجدول (36) توزيع المجتمعات المربوطة وغير المربوطة بنظام الصرف الصحي

المحافظة	عدد المجتمعات المربوطة بنظام الصرف الصحي	عدد المجتمعات غير المربوطة بنظام الصرف الصحي المركزي (يزيد عدد سكانها عن 5000 عدد سكان مكافئ)	عدد المجتمعات غير المربوطة بنظام الصرف الصحي اللامركزي (يقل عدد سكانها عن 5000 عدد سكان مكافئ)
عمّان	38	7	66
البلقاء	15	12	43
الزرقاء	6	8	42
مادبا	3	6	64
إربد	20	52	63
المفرق	3	20	138
جرش	15	7	31
عجلون	10	7	35
الكرك	10	13	89
الطفيلة	7	4	26
معان	7	4	55
العقبة	1	1	26
الأردن	135	141	678

الجدول (37) توزيع السكان المربوطين وغير المربوطين بشبكة الصرف الصحي حسب المحافظة في عام 2018

المحافظة	عدد السكان المشمولين ضمن شبكة الصرف الصحي العامة في عام 2018 لكنهم غير مربوطين بالشبكة	عدد السكان في المجتمعات غير المربوطة بشبكة الصرف الصحي المركزية (يزيد عدد سكانها عن 5000 عدد سكان مكافئ)	عدد السكان في المجتمعات غير المربوطة بشبكة الصرف الصحي اللامركزية (يقل عدد سكانها عن 5000 عدد سكان مكافئ)
عمّان	835,256	48,449	100,079
البلقاء	44,855	113,364	78,251
الزرقاء	148,606	92,716	47,675
مادبا	11,338	45,750	38,444
إربد	215,102	664,617	129,573
المفرق	80,436	189,655	173,787
جرش	29,033	43,922	29,197
عجلون	2,269	77,586	24,594
الكرك	19,494	121,766	124,694
الطفيلة	8,565	38,891	11,812
معان	4,850	32,828	62,085
العقبة	2,563	13,459	31,732
الأردن	1,402,368	1,483,004	851,921

المصدر: تم تجميعها من دائرة الإحصاءات العامة (دائرة الإحصاءات العامة، 2019 ب).

الملحق 2: المواصفات الأردنية

المصدر:

مؤسسة المواصفات والمقاييس الأردنية، 2007. المواصفة القياسية الأردنية 893/2007 (المياه – مياه الصرف الصحي المنزلية المستصلحة): اللائحة الفنية. مؤسسة المواصفات والمقاييس الأردنية، عمّان، الأردن.

مؤسسة المواصفات والمقاييس الأردنية، 2007. المواصفة القياسية الأردنية 202/2007 (المياه – المياه العادمة الصناعية المستصلحة): اللائحة الفنية. مؤسسة المواصفات والمقاييس الأردنية، عمّان، الأردن.

مؤسسة المواصفات والمقاييس الأردنية، 2006. المواصفة القياسية الأردنية 1145/2006 (الحمأة – إعادة استخدام الحمأة المعالجة في الزارعة): اللائحة الفنية. مؤسسة المواصفات والمقاييس الأردنية، عمّان، الأردن.

مؤسسة المواصفات والمقاييس الأردنية، 2014. المواصفة القياسية الأردنية 1766/2014 (مياه الري): اللائحة الفنية غير إلزامية. مؤسسة المواصفات والمقاييس الأردنية، عمّان، الأردن.

الجدول (38) المواصفة القياسية الأردنية لمياه الصرف الصحي المنزلية المستصلحة، اللائحة الفنية، 2006/JS893

المعامل	الوحدة القياسية	المياه – مياه الصرف الصحي المنزلية المستصلحة، اللائحة الفنية 2006/JS893					
		الخضار المطبوخة والمتنزهات والملاعب والطرق الجانبية داخل المدن فئة (أ)	الأشجار المثمرة والطرق الجانبية داخل وخارج المدن والمساحات الخضراء فئة (ب)	المحاصيل الحقلية والمحاصيل الصناعية وأشجار الغابات فئة (ج)	ورود القطف	التدفقات في الجداول والوديان والمسطحات المائية	التغذية الصناعية للمياه الجوفية
الاحتياج الحيوي للأكسجين - BOD_5	ملغم/لتر	30	200	300	15	60	15
الاحتياج الكيميائي للأكسجين - COD	ملغم/لتر	100	500	500	50	150	50
الأكسجين المذاب - DO	ملغم/لتر	2 >	-	-	2 >	1>	2 >
مجموع الكربون العضوي - TOC	ملغم/لتر						
مجموع المواد الصلبة المعلقة - TSS	ملغم/لتر	50	200	300	15	60	50
درجة الحموضة - pH	ملغم/لتر	9-6	9-6	9-6	9-6	9-6	9-6

العكورة	وحدات قياس التعكّر	10.0	-	-	5.0		2
النترات - NO_3	ملغم/لتر	30	45	70	45	80	30
- NO_2	ملغم/لتر						
الأمونيا - NH_4	ملغم/لتر						5
إجمالي النيتروجين - T-N	ملغم/لتر	45	70	100	70	70	45
بكتيريا الإشريكية القولونية - E. Coli	العدد الأكثر احتمالًا/100 مل	100	1,000	-	<1.1	1,000	<2.2
البكتيريا القولونية البرازية	العدد الأكثر احتمالًا/100 مل						
بيوض الديدان المعوية الطفيلية	بيضة/لتر	1.0=>	1.0=>	1.0=>	1.0=>	> 1.0	> 1.0
الدهون والزيوت والشحوم - FOG	ملغم/لتر	8	8	8	2	8	8
الفينول	ملغم/لتر	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
فحص المواد الفعالة باستخدام أزرق الميثيلين - MBAS	ملغم/لتر	100	100	100	100	25	25
مجموع المواد الصلبة المذابة - TDS	ملغم/لتر	1500	1500	1500	1500	1500	1500
عسر الماء، كربونات الكالسيوم	**ملغم/لتر**						

الفسفور على شكل فوسفات	ملغم/لتر	30	30	30	30	15	15
الكلور	ملغم/لتر	400	400	400	400	350	350
الكبريتات	ملغم/لتر	500	500	500	500	300	300
البيكربونات	ملغم/لتر	400	400	400	400	400	400
الصوديوم	ملغم/لتر	230	230	230	230	200	200
المغنيسيوم	ملغم/لتر	100	100	100	100	60	60
الكالسيوم	ملغم/لتر	230	230	230	230	200	200
نسبة امتصاص الصوديوم	ملغم/لتر	9	9	9	9	6	6
ألمنيوم	ملغم/لتر	5	5	5	5	2	2
الزرنيخ	ملغم/لتر	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05	0.05
البيريليوم	ملغم/لتر	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
النحاس	ملغم/لتر	0.2	0.2	0.2	0.2	1.5	0.2
الفلور	ملغم/لتر	2	2	2	2	2	1.5
الحديد	ملغم/لتر	5	5	5	5	5	5
الليثيوم	ملغم/لتر	2.5	2.5	* 2.5	2.5	2.5	2.5
المنغنيز	ملغم/لتر	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
المولبيديوم	ملغم/لتر	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
النيكل	ملغم/لتر	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
الرصاص	ملغم/لتر	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
السيلنيوم	ملغم/لتر	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

كادميوم	ملغم/لتر	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
الزنك	ملغم/لتر	5	5	5	5	5	5
الكروم	ملغم/لتر	0.1	0.1	0.1	0.1	0.02	0.05
زئبق	ملغم/لتر	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001
فناديوم	ملغم/لتر	0.1	0.1	0.1	0.1	1	0.1
الكوبالت	ملغم/لتر	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
البورون	ملغم/لتر	1	1	1	1	1	1
كوبرنيسيوم	ملغم/لتر	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
باريوم	ملغم/لتر	-	-	-	-	-	-
الفضة	ملغم/لتر						
إثمد	ملغم/لتر						

المواصفة القياسية الأردنية للمياه العادمة الصناعية المستصلحة، اللائحة الفنية، JS202/2007

المعامل	الوحدة	الخضار المطبوخة والمتنزهات والملاعب والطرق الجانبية داخل المدن فئة (أ)	الأشجار المثمرة والطرق الجانبية داخل وخارج المدن والمساحات الخضراء فئة (ب)	المحاصيل الحقلية والمحاصيل الصناعية وأشجار الغابات فئة (ج)	ورود القطف	التدفقات في الجداول والوديان والمسطحات المائية
BOD_5 - الاحتياج الحيوي للأكسجين	ملغم/لتر	30	200	300	15	60
COD - الاحتياج الكيميائي للأكسجين	ملغم/لتر	100	500	500	50	150

DO - الأكسجين المذاب	ملغم/لتر	>2	-	-	>2	>2
TOC - مجموع الكربون العضوي	ملغم/لتر					55
TSS - مجموع المواد الصلبة المعلقة	ملغم/لتر	50	200	300	15	60
pH - درجة الحموضة	ملغم/لتر	9-6	9-6	9-6	9-6	9-6
العكورة	وحدات قياس التعكّر	10.0	-	-	5.0	15
NO_3 - النترات	ملغم/لتر	30	45	70	45	80
NO_2 -	ملغم/لتر					
NH_4 - الأمونيا	ملغم/لتر					5
T-N - إجمالي النيتروجين	ملغم/لتر	45	70	100	70	70
E. Coli - بكتيريا الإشريكية القولونية	العدد الأكثر احتمالًا/100 مل	100	1,000	-	<1.1	1,000
Fecal Colif. - البكتيريا القولونية البرازية	العدد الأكثر احتمالًا/100 مل					
بيوض الديدان المعوية الطفيلية	بيضة/لتر	<=1.0	<=1.0	<=1.0	<=1.0	<1.0
FOG - الدهون والزيوت والشحوم	ملغم/لتر	8	8	8	2	8
الفينول	ملغم/لتر	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
MBAS - فحص المواد الفعالة باستخدام أزرق الميثيلين	ملغم/لتر	100	100	100	100	25

TDS - مجموع المواد الصلبة المذابة	ملغم/لتر	2000	2000	2000	2000	2000
عسر الماء، كربونات الكالسيوم	ملغم/لتر					
الفوسفور على شكل فوسفات	ملغم/لتر	30	30	30	30	15
الكلور	ملغم/لتر	400	400	400	400	350
الكبريتات	ملغم/لتر	500	500	500	500	300
البيكربونات	ملغم/لتر	400	400	400	400	400
الصوديوم	ملغم/لتر	230	230	230	230	200
المغنيسيوم	ملغم/لتر	100	100	100	100	60
الكالسيوم	ملغم/لتر	230	230	230	230	200
نسبة امتصاص الصوديوم	ملغم/لتر	9	9	9	9	9
ألمنيوم	ملغم/لتر	5	5	5	5	2
الزرنيخ	ملغم/لتر	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05
البيريليوم	ملغم/لتر	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
النحاس	ملغم/لتر	0.2	0.2	0.2	0.2	1.5
الفلور	ملغم/لتر	2	2	2	2	2
الحديد	ملغم/لتر	5	5	5	5	5
الليثيوم	ملغم/لتر	2.5	* 2.5	2.5	0.075	2.5
المنغنيز	ملغم/لتر	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
المولبيديوم	ملغم/لتر	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
النيكل	ملغم/لتر	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
الرصاص	ملغم/لتر	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

السيلنيوم	ملغم/لتر	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
كادميوم	ملغم/لتر	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
الزنك	ملغم/لتر	5	5	5	5	5
الكروم	ملغم/لتر	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
زئبق	ملغم/لتر	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
فناديوم	ملغم/لتر	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
الكوبالت	ملغم/لتر	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
البورون	ملغم/لتر	1	1	1	1	1
كوبرنيسيوم	ملغم/لتر	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05
باريوم	ملغم/لتر	-	-	-	-	1
الفضة	ملغم/لتر					0.1
إثمد	ملغم/لتر					

المواصفة القياسية الأردنية للمياه الرمادية المستصلحة ومياه الشرب، اللائحة الفنية، 2015/JS286

		2008/JS1776	2008/JS286	2008/JS286	2015/JS286
المعامل	الوحدة	المياه الرمادية المستصلحة	مياه الشرب	مياه الشرب بدون مورد بديل	مياه الشرب
BOD_5 - الاحتياج الحيوي للأكسجين	ملغم/لتر	300			
COD - الاحتياج الكيميائي للأكسجين	ملغم/لتر	500			
DO - الأكسجين المذاب	ملغم/لتر	>2			
TOC - مجموع الكربون العضوي	ملغم/لتر				
TSS - مجموع المواد الصلبة المعلقة	ملغم/لتر	150			
pH - درجة الحموضة	ملغم/لتر	9-6	8.5-6.5	8.5-6.5	8.5-6.5

العكورة	وحدات قياس التعكّر	25	5	5	5
NO_3 - النترات	ملغم/لتر	50	50	70	50
NO_2 -	ملغم/لتر		2	2	3
NH_4 - الأمونيا	ملغم/لتر	-	0.2	0.2	0.2
T-N - إجمالي النيتروجين	ملغم/لتر	70			
E. Coli - بكتيريا إي كولاي	العدد الأكثر احتمالًا/100 مل	-	<1.1	<1.1	<1.1
Fecal Colif. - البكتيريا القولونية البرازية	العدد الأكثر احتمالًا/100 مل		<1.1	<1.1	<1.1
بيوض الديدان المعوية الطفيلية	بيضة/لتر	<=1.0			
FOG - الدهون والزيوت والشحوم	ملغم/لتر	-			
الفينول	ملغم/لتر	0.05			
MBAS - فحص المواد الفعالة باستخدام أزرق الميثيلين	ملغم/لتر	25	0.2	0.2	0.2
TDS - مجموع المواد الصلبة المذابة	ملغم/لتر	1500	1000	1300	1000
عسر الماء، كربونات الكالسيوم	ملغم/لتر		500	500	500
الفوسفور على شكل فوسفات	ملغم/لتر	15			
الكلور	ملغم/لتر	350	500	500	500
الكبريتات	ملغم/لتر	500	500	500	500
البيكربونات	ملغم/لتر	400			
الصوديوم	ملغم/لتر	230	200	300	200
المغنيسيوم	ملغم/لتر	100			
الكالسيوم	ملغم/لتر	230			
نسبة امتصاص الصوديوم	ملغم/لتر	9			
ألمنيوم	ملغم/لتر	1	0.1	0.1	0.1

الزرنيخ	ملغم/لتر	<0.005	0.01	0.01	0.01
البيريليوم	ملغم/لتر	0.1			
النحاس	ملغم/لتر	1	1	1	2
الفلور	ملغم/لتر	1.5	1.5	1.5	1.5
الحديد	ملغم/لتر	2	1	1	1
الليثيوم	ملغم/لتر	2.5			
المنغنيز	ملغم/لتر	0.1	0.1	0.1	0.4
المولبيديوم	ملغم/لتر	0.01	0.07	0.07	0.09
النيكل	ملغم/لتر	1	0.07	0.07	0.07
الرصاص	ملغم/لتر	0.1	0.01	0.01	0.01
السيلنيوم	ملغم/لتر	<0.005	0.01	0.01	0.04
كادميوم	ملغم/لتر	0.01	0.003	0.003	0.003
الزنك	ملغم/لتر	2	4	4	4
الكروم	ملغم/لتر	0.1	0.05	0.05	0.05
زئبق	ملغم/لتر	<0.004	0.001	0.001	0.006
فناديوم	ملغم/لتر	<0.03			
الكوبالت	ملغم/لتر	0.05			
البورون	ملغم/لتر	1	1	1	2.4
كوبرنيسيوم	ملغم/لتر	0.05	0.07	0.07	0.07
باريوم	ملغم/لتر	0.1	1	1	1
الفضة	ملغم/لتر		0.1	0.1	0.1
إثمد	ملغم/لتر		0.005	0.005	0.002

الملحق 3: خيارات نماذج العمل للقطاع الخاص

الخصخصة عن طريق التصفية

يتمثل أحد الأشكال المتطرفة للخصخصة في التصفية المطلقة لأصول المرفق المملوك للحكومة بما في ذلك ملكية الأرض. ويحدث النقل الكامل للملكية عندما تشتري جهة خاصة أصول المرافق العامة أو البلدية، وتحصل على الامتياز التجاري وشهادات التشغيل، وتسيطر على جميع عمليات التخطيط والبناء والتشغيل المستقبلية. هذا وتُعفَى الحكومة المحلية من مسؤولية إدارة عمليات المرفق والامتثال للمعايير التنظيمية. وبصفته مرفق مُحتكَر ومملوك للقطاع الخاص ويقدم خدمة البيع بالتجزئة، فمن المحتمل أن تخضع عمليات الشركة الخاصة للتنظيم الاقتصادي من قبل الدولة.

عمومًا، تكون العوائق التي تعترض التصفية الكاملة أكبر بكثير من العوائق التي تعترض أي شكل آخر من أشكال الخصخصة. إذ لا تُعنى الحكومات بالضرورة ببيع أصولها؛ ولا تُعنى الشركات الخاصة بالضرورة بشراء الأصول المملوكة للعديد من البلديات المحلية أو الجهات العامة. كما يبدو أنّ المسؤولين الحكوميين معنيّون أكثر باستكشاف فرص «الشراكة» مع الشركات الخاصة بغرض بناء و/أو تشغيل مرافق الجهة. وربما يكون مفهوم الشراكات، في ظل ظروف معينة، مقبولًا وعَمليًا أكثر لدى صناع القرار في الأردن من مفهوم التصفية، ويعد المفهوم الأخير غير مقبول لدى صناع القرار، إذ أنّهم يعتقدون أنّ الخدمات العامة يجب ألاّ تكون في يد القطاع الخاص.

البناء – التشغيل – نقل الملكية

يُطبَّق هذا النموذج بشكل واسع في مشاريع البنية التحتية ومشاريع الشراكة بين القطاعيْن العام والخاص. وضمن إطار هذا النموذج تُفوِّض الإدارةُ العامةُ مسؤوليةَ تصميم وبناء البنية التحتية لإحدى جهات القطاع الخاص، ومن ثَمّ تشغيل وصيانة هذه المرافق لفترة زمنية معينة. وخلال هذه الفترة الزمنية، يتحمل الطرف الخاص مسؤولية جمع الأموال للمشروع من الطرف الثالث بالتعاون مع المؤسسات العامة للمشروع، كما يحق له الاحتفاظ بجميع الإيرادات الناتجة من المشروع لسداد الأقساط التمويلية، ويُعتبَر أيضًا المالكَ للمرافق ذات الصلة بغرض تشغيلها. هذا ويتم نقل ملكية المرافق للإدارة العامة لاحقًا في نهاية اتفاقية الامتياز، دون أي أجور تُدفع للجهة الخاصة المعنية. ويمكن إشراك بعض أو حتى جميع الأطراف المختلفة التالية في أي مشروع يعمل بنموذج البناء – التشغيل – نقل الملكية. في إطار هذا النوع من المشاريع، تحقق الشركة أو المشغّل عمومًا إيراداتها عبر فرض رسوم على المرافق/الحكومة وليس من التعرفات المفروضة على المستهلكين بشكل مباشر. وتتولى الحكومة مسؤولية جمع رسوم الاستخدام من المستهلكين والمستفيدين. وفي هذا النموذج، لا تمتلك المؤسسة الخاصة المشروعَ كأصول لها؛ بل تحصل فقط على الامتياز لتشغيله لفترة زمنية محددة. كما تتحقق الإيرادات للشركات التي تتبنى هذا النهج إلى حد كبير من رسوم البناء في البداية، وهي إيرادات غير متكررة. ويُفضل هذا النموذج في معظم الحالات اتخاذ المشاريع التي المنشأة من قِبَل الحكومة أو التي تمولها الوكالات متعددة الأطراف.

من الأمثلة على نموذج البناء – التشغيل – نقل الملكية لخدمات مياه الصرف الصحي في الأردن محطة السمرا لمعالجة مياه الصرف الصحي. وهي محطة معالجة مياه الصرف الصحي الأولى في الشرق الأوسط التي تستخدم مزيجًا من التمويل الخاص والحكومي المحلي ومن الجهات المانحة أيضًا. وقد أثبت تأمين التمويل اللازم للتوسعة بهذه الطريقة جدواه، كما أظهر الفوائد الكبيرة للجمع بين تمويل الجهات الخاصة والمِنح الكبيرة ضمن برنامج يُشار إليه بتمويل فجوات الجدوى الاقتصادية من خلال خفض تكاليف رأس المال، إذ جعلت المِنحُ التمويلية المشروعَ مجديًا اقتصاديًا، ممّا عاد بالنفع على الحكومة ودافعي رسوم الخدمات العامة المحليّين دون دعم القطاع الخاص.

البناء – التملك – التشغيل – نقل الملكية

يعتبر عقد البناء – التملك – التشغيل – نقل الملكية نموذجَ عمل يمكن استخدامه في مشاريع الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي المُطورة عبر الشراكات بين القطاعيْن العام والخاص. ويُشير مصطلح الشراكة بين القطاعيْن العام والخاص إلى مجموعة واسعة جدًا من الشراكات التي يتعاون فيها القطاعان لتحقيق بعض المنفعة المتبادلة.

وبموجب هذا العقد، تتعهد جهة خاصة بإكمال المشروع، وتُمنح امتيازًا للتمويل والبناء والتشغيل عن طريق شركاء من القطاع الخاص

تحت إشراف شريك من القطاع العام، وعادة ما يكون دائرة حكومية. وقد يقدم الشريك الحكومي تمويلًا محدودًا أو مزايا أخرى (مثل الإعفاءات الضريبية)، لكنّ على الجهة الخاصة أن تتحمّل معظم المخاطر. وتُمنح الجهة الخاصة بعد ذلك الحق في امتلاك المشروع وصيانته وتشغيله لفترة زمنية محددة، يمكن خلالها فرض رسوم على المستفيدين. وعند انقضاء الفترة الزمنية المحددة، تنتقل السيطرة على المشروع إلى شريك القطاع العام، إما دون مقابل أو مقابل رسوم منصوص عليها في العقد الأصلي. من الشائع أن تمتد الفترة الزمنية إلى عدة عقود في حالة مشاريع البنية التحتية الكبيرة التي تحمل الكثير من مخاطر البناء والتشغيل.

وباستخدام هذا النموذج، يمكن للقطاع العام الاستفادة من الكفاءات الموجودة في القطاع الخاص مقابل الحد الأدنى من تكاليف الاستثمار. كما أن العلاقات التي تنطوي عليها الشراكة بين القطاعيْن العام والخاص التي تستخدم هذا النموذج ستوفر حافزًا، مثل الإعفاءات الضريبية للجهة الخاصة لتمكنها من تطوير البنية التحتية. وحيث أنّ القطاع الخاص يتحمل مخاطر التخطيط والاستخدام، فهو الذي يمنح فرصةَ الاستفادة من البناء عن طريق تعيين مستأجرين له. ثم، بعد انقضاء الوقت المحدّد في العقد، تنتقل الملكية للقطاع العام. وفي حالة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية، يحتاج الشريك الخاص إلى شراء الأرض للمشروع. وقد يشكل ذلك الاستحواذ على الأرض إحدى العقبات، حيث أنّ المشروع أصبح له منافع خاصة ولم يعد مشروعًا للمنفعة العامة.

التصميم – البناء – التشغيل

عقد التصميم – البناء – التشغيل هو نموذج عمل لتسليم المشروع يتم فيه تعيين مقاول واحد لتصميم وبناء المشروع ثم تشغيله لفترة من الوقت. والشكل الشائع لهذا العقد هو الشراكة بين القطاعيْن العام والخاص، حيث يبرم العميل من القطاع العام (مثل الحكومة أو هيئة العامة) عقدًا مع مقاول خاص لتصميم وبناء ومن ثم تشغيل المشروع، في حين يموّل العميل المشروع ويحتفظ بالملكية. كما أنّه يختلف عن عقد التصميم والبناء التقليدي من حيث أنّه يشمل تشغيل وصيانة الأعمال المنجزة، مما يعني أنّ واجبات ومسؤوليات المقاول تجاه العميل لا تنتهي عند القبول النهائي الموقع عليه إثر انتهاء العقد، لكنّها تستمر لتشمل فترة تشغيلية محددة.

التصميم – البناء – التمويل – التشغيل

يتمثل هذا النموذج في العقد الذي يقوم فيه المقاول أيضًا بتمويل المشروع ويقوم بتأجيره للعميل، أو لمقاول فرعي تابع لطرف ثالث، لفترة زمنية متفق عليها (ربما 30 عامًا)، وتُنقل بعد ذلك ملكية المشروع إلى العميل. من الناحية النظرية، يُشجع هذا النموذج المقاول على تطوير المشروع مع مراعاة أدائه على المدى الطويل منذ البداية، دون أن ينظر فقط في كفاءة بنائه، إذ أنّه سيكون مسؤولًا عن أي فواتير تشغيل أو صيانة أو إصلاح عالية، إلّا أنّ هذا العقد يربط كلًا من العميل والمقاول بعلاقة طويلة الأمد يصعب تسعيرها. ونتيجة لذلك، يمكن أن يحتسب المقاولون مبلغًا كبيرًا نظير المخاطر في عطاءاتهم، الأمر الذي لا يعود دائمًا بأفضل النتائج على العميل.

التصميم – البناء – الإدارة – التمويل

في إطار هذا النموذج، يُوكَلُ إلى جهة خاصة تصميم وبناء وإدارة وتمويل محطة معالجة مياه الصرف الصحي، اعتمادًا على مواصفات الحكومة. ويمكن للشركة الخاصة التعاقد مع الشركات الأخرى للتشغيل والصيانة. هذا وتنشأ التدفقات النقدية للمشروع من مدفوعات الحكومة مقابل استئجار المرافق. وفي هذه الحالة، تكون الحكومة مسؤولة عن المرافق، وتتحكم بالسعر ومراقبة الجودة. ولذلك يمكن تفسير هذا النموذج على أنّه وسيلة لتجنب المديونية الجديدة للميزانية العامة.

البناء – التأجير – نقل الملكية

يتمثل هذا النموذج في اتفاقية خطية يسمح بموجبها مالك العقار للمستأجر باستخدام العقار لفترة زمنية محددة وبإيجار محدّد. ويكون المشغّل من القطاع الخاص مسؤولًا عن تقديم الخدمة على مسؤوليته الخاصة، بما في ذلك تشغيل وصيانة البنية التحتية لفترة زمنية محددة، إلّا أنّ المشغّل ليس مسؤولًا عن تمويل الاستثمار مثل استبدال الأصول الرئيسية أو توسيع الشبكة. وإذا كانت المدفوعات من المستخدمين تغطي أكثر من أجر المشغّل، فمن المفترض عمومًا أن يُعيد المشغّل الفرق إلى السلطات العامة من أجل تغطية تكلفة الاستثمارات الواقعة تحت مسؤوليتها.

بموجب نموذج البناء – التأجير – نقل الملكية، تقوم جهة خاصة ببناء مشروعًا كاملًا وتُؤجره للحكومة. وبهذه الطريقة تنتقل السيطرة على المشروع من مالك المشروع إلى المستأجر. بمعنى آخر، تظل الملكية للقطاع الخاص (المساهمين)، لكن يتم تأجير أغراض التشغيل. وبعد انتهاء مدة التأجير المحددة، تنتقل ملكية الأصول ومسؤولية التشغيل للحكومة بالسعر المتفق عليه مسبقًا. وبالنسبة للمستثمرين الأجانب، الذي يأخذون مخاطر البلد في اعتبارهم، يُوفر هذا النموذج لهم ظروفًا جيدة نظرًا لاحتفاظ شركة المشروع بحقوق ملكية العقار، في حين تتجنب مخاطر التشغيل. وتتألف جهة الخصخصة هذه من مزوّدي الخدمة من الأطراف الثالثة (أو الموردين من القطاع الخاص)، الذين يدخلون في ترتيبات تعاقدية مع جهات خدمات مياه الصرف الصحي المملوكة للقطاع الخاص والعام. وفي بعض الحالات، تُقدّم جهات الخصخصة هذه أيضًا ترتيبات تمويل خاصة للجهة أو البلدية المتعاقدة.

وبالنسبة للمرافق المملوكة للمستثمرين، يعتبر التأجير وسيلة لتقليل تكلفة المعدات والتخلص من نفقات البناء. وفيما يتعلّق بمحطات معالجة مياه الصرف الصحي المملوكة للبلديات، يُعد التأجير شكلًا من أشكال الخصخصة، فضلًا عن كونه وسيلة للتعويض عن قلة تَوفُّر مِنح البناء الحكومية. هذا ويُوفر التأجير عدة مزايا لمختلف الأطراف المعنية. وتتمثل الميزة الأساسية للمستأجر من سلطة المياه أو أي شركة مياه في القدرة على توفير المعدات أو المرافق بسرعة أكبر نظرًا لمواجهة عدد أقل من العقبات بالمقارنة مع طرق التمويل التقليدية المتبعة.

ولتلخيص المناقشة التي تمت أعلاه حول الشراكة بين القطاعيْن العام والخاص، فإنّ عقد البناء – التشغيل – نقل الملكية يتضمّن أحكام الأخذ أو الدفع، مثل ضمانات الإيرادات، والتي تُخضِع الحكومة لالتزامات طارئة. ولدى انتهاء مدة هذا العقد، تُعاد الأصول إلى القطاع العام. عقود البناء – التملك – التشغيل تشبه عقودَ البناء – التشغيل – نقل الملكية، باستثناء أنها لا تنطوي على نقل ملكية الأصول إلى القطاع العام بعد انتهاء الفترة الزمنية المحددة مسبقًا. وبالتالي، يظلّ المشغّل الخاص مسؤولًا عن توفير الاستثمارات المطلوبة للوفاء بالتزامات الخدمة. وبموجب مشاريع البناء والتملك والتشغيل ونقل الملكية، يحصل القطاع الخاص على رأس المال اللازم لإنشاء وبناء وتشغيل البنية التحتية لفترة زمنية متفق عليها (فترة تتراوح بين 15 و 30 سنة)، ثم يُعيد الملكية إلى الحكومة المعنية. هذا وتعتبر عقود البناء – التشغيل – التدريب – نقل الملكية أحد أشكال عقود البناء – التشغيل – نقل الملكية، حيث يلتزم المشغّل الخاص بتدريب القطاع العام للسماح بنقل الملكية على نحو أكثر سلاسة. وثمة تبديلات أخرى للأنشطة التي يتحمل القطاع الخاص مسؤوليتها، وتتضمّن عادة التصميم والبناء والتشغيل والصيانة والتمويل.

لا تتوفر القدرة لتغطية النفقات الرأسمالية والتشغيلية ضمن التعرفات المطبقة حاليًا والتي تعتبر غير ديناميكية وغير مرتبطة بتكاليف تقديم الخدمة.

وفيما يلي العيوب الرئيسية لجميع أنواع نماذج العمل المذكورة أعلاه:

- ن يبدأ القطاع الخاص بمرحلة التخطيط لمشروع البنية التحتية حتى يتوفر التمويل. وإذا لم يكن بالإمكان جمع الأموال لإكمال المشروع، فلن يتم إنجازه. ولهذا السبب، غالبًا ما يبحث القطاع العام عن الجهات الخاصة التي لديها فعليًا آليات للتمويل لإكمال المشروع المقترح.
- ولتحقيق النجاح من وجهة نظر القطاع الخاص، فإنه يجب توليد إيرادات كبيرة خلال المرحلة التشغيلية للعقد، بحيث تتحقق للمؤسسة الخاصة أفضل فرصة ممكنة لاستعادة قيمة استثمارها، بالإضافة إلى بعض الأرباح.
- يتطلب نموذج العمل الالتزامَ الكامل من صناع السياسات لتحقيق التوازن الصحيح بين الأهداف المالية والسياسية.
- يجب أن يظلّ القطاع العام مشاركًا في الإشراف على المشروع خلال المرحلة التشغيلية لضمان استمرار النجاح. إذ أنّ أحد الأسباب الأكثر شيوعًا لفشل هذه المشاريع يكمن في ضعف التواصل بين الجهات الخاصة والعامة المشاركة بحسب ما ذكر في الدراستيْن (دعاء باسم طلفاح، مينسياردي وروث، 2018) و (دعاء باسم طلفاح وآخرون 2017).
- غالبًا ما تكون المعرفة والمعلومات الأساسية المتوفرة في بداية عمليات الشراكة مع القطاع الخاص غير كافية وغير موثوقة، مما يؤدي إلى مشكلات في التعرفات المستهدفة أثناء صياغة العقد أو لاحقًا أثناء تنفيذ الشراكة مع القطاع الخاص وتقييم الأداء. لذا من الضروري تحسين توافر البيانات وموثوقيتها مما يعزّز أسس الشراكة مع القطاع الخاص وكذلك قاعدة التعاون بين الطرفين (الجمعية العربية لمرافق المياه، 2016).

وبالنسبة إلى خصخصة إدارة خدمات مياه الصرف الصحي، سيغطي المستثمر التكلفة بشكل كامل، سواء من موارده الخاصة أو بالاستعانة بمصادر خارجية من طرف ثالث (موارد محلية أو دولية أو حتى عامة)، كأي استثمار آخر للقطاع الخاص. هذا ويُتوقع من المستثمر تغطية تكلفة المشروع من الألف إلى الياء، بما في ذلك تكلفة دراسة الجدوى. أما الخصخصة الكاملة فتختلف اختلافًا كبيرًا، ففي حال إفلاس المستثمر، فإنه لا يستطيع التوقف عن تقديم خدمات الصرف الصحي. هذا وقد تتضمن الخصخصة الإدارةَ فقط، أو تقديم خدمات مياه الصرف الصحي بالكامل لكن بتشغيل الأصول المملوكة للقطاع العام. وفي بعض الدول، تم تخصيص أصول مياه الصرف الصحي الثابتة غير المنقولة، بما في ذلك خطوط الأنابيب ومحطات معالجة مياه الصرف الصحي.

الملحق 4: أنواع عقود الإدارة/عقود التشغيل والصيانة

تلتزم وزارة المياه والري بتأمين خدمات المياه بأسعار معقولة وضمن معايير ومواصفات مقبولة. كما أنّها تلتزم أيضًا بتوسيع نطاق هذه الخدمات لتشمل المناطق النائية والأقل نموًا (وزارة المياه والري 2010 ب). ومع كل التحديات الفنية والمالية التي تواجه الوزارة، فهي تتجه أكثر فأكثر لإشراك القطاع الخاص في تطوير قطاع المياه (من خلال استثمارات رأس المال وكذلك عقود الإدارة). إذ تعتزم الوزارة من خلال الشراكة مع القطاع الخاص نقلَ البنية التحتية والخدمات من القطاع العام إلى الخاص، بغرض تحسين الأداء وضمان تقديم الخدمات للسكان.

ثمة العديد من خيارات الخصخصة التي تبدأ من تلك الأكثر تطرفًا (التصفية الكاملة بحسب نموذج إنجلترا وويلز) ووصولًا إلى الاستعانة بمصادر خارجية لتقديم خدمات محددة ومجموعة كبيرة من الخيارات بين (عقود الإدارة، وعقود التأجير والتأجير المحسن، وعقود الامتيازات، وعقود البناء – التشغيل – نقل الملكية، والبناء والتملك والتشغيل ونقل الملكية، وغيرها الكثير)

ويتركز جلُّ الاهتمام والعمل فيما يتعلّق بخصخصة خدمات مياه الصرف الصحي في عقود الخدمات التشغيلية. وأحد أسباب ذلك هو أنّ القيود المؤسسية المفروضة على بيع الأصول ومشاريع تحسين رأس المال أكثر من تلك المفروضة على اتفاقيات التشغيل. كما أنّ مزوّدي الخدمة من المقاولين يستطيعون تحديد الفوائد المحتملة من التعاقد بسرعة.

علاوةً على ذلك، توفر عقود الإدارة تغطية بنسبة 100% للعمالة، والمواد المستهلكة، وقطع الغيار والمواد، بالإضافة إلى خدمة الطوارئ، مما يعني خدمات إدارة شاملة. وعادةً ما تتضمن هذه العقود صيانة وقائية شاملة للمعدات والأنظمة. هذا ويجب التحقق من قدرات وخبرات الإدارة المناسبة قبل ترسية العطاء على الشركة، إذ يكون المقاول مسؤولًا بشكل كامل عن تشغيل وصيانة محطات معالجة مياه الصرف الصحي والتجهيزات ذات الصلة. كما يجب أن يكون المقاولون المحتملون مؤهلين مسبقًا، ويجب أن يكون العطاء محددًا بشكل دقيق بشأن معايير وإجراءات التشغيل والصيانة المطلوبة. وعندما تكون تغطية الإصلاح والاستبدال جزءًا من الاتفاقية، فمن مصلحة المقاول إجراء صيانة وقائية صارمة في المواعيد المحددة، لأنّه يتوجب عليه استبدال المعدات في حال تعطلها قبل الأوان. وفي مشاريع المدى القصير، (أقل من 5 سنوات)، عادةً ما تكون عقود التغطية الكاملة هي النوع الأكثر شمولًا وتكلفة بين الاتفاقيات، إلّا أنّه في مشاريع الفترات الأطول، قد تكون هذه العقود هي الأكثر فعالية من حيث التكلفة. هذا وتتمثل المزايا الرئيسية لهذا النوع من العقود في سهولة تحديد الميزانية، بالإضافة إلى تحمل المخاطر من قبل المقاول.

تعتبر عقود الإدارة شكلًا من أشكال عقود الخدمة المُوسعة إلى حد كبير والأكثر شمولًا، إذا يتولى القطاع الخاص مسؤولية معظم أو جميع أنشطة الجهة العامة بما في ذلك التشغيل والصيانة والفَوترة وتحصيل الرسوم من العملاء، إضافة إلى الإدارة اليومية مع عدم تفويض السلطة للقطاع العام إلا بشكل محدود ومؤقت.

اعتُبر هذا النهج بمثابة خطوة أولى جيدة نحو زيادة الشراكة بين القطاعيْن العام والخاص. ولا تتطلب عقود الإدارة لعمليات معيّنة ولإدارة المرافق في قطاع المياه في الأردن أي تغيير كبير في الهيكل التنظيمي أو القانوني القائم، وعليه يمكن تنفيذها بسرعة وبتكاليف منخفضة وجهود بسيطة نسبيًا. وقد ظلّ تحديد التعرفة ضمن مسؤوليات القطاع العام وخاضعًا لقراراته، بالرغم من إمكانية إدخال المزيد من التحسينات على تقديم الخدمات، وهو ما يمكن أن يبرّر أي زيادات على التعرفة.

ثمة العديد من أنواع عقود الإدارة المختلفة. ينطوي أبسطها على دفع رسوم ثابتة للشركة الخاصة لتأدية مهام إدارية بناء على مؤشرات الأداء، في حين تستخدم العقود الأكثر تعقيدًا حوافز أكبر لكفاءة الأداء وذلك بتحديد أهداف الأداء، وتم مَنْح المكافأة عند تحقيقها على الأقل. هذا ويعرض (الجدول 40) مقارنة بين المزايا والعيوب الرئيسية لعقود الإدارة والخدمة فيما يتعلّق بخدمات المياه ومياه الصرف الصحي في الأردن.

اقترحت سلطة المياه الدخول في عقدٍ مع جهة خاصة كعقد إدارة لمدة ست سنوات، مع إمكانية تمديد الفترة الزمنية لتقديم جميع الخدمات ذات الصلة بإدارة وتشغيل وصيانة المياه ومياه الصرف الصحي التي تخدم المجتمعات في مدينة البتراء، والتي تتألف من 14 قرية، وتضم 49 فندقًا في المنطقة المخدومة، إلى جانب 6000 مشترك. يستند تعويض تكلفة الخدمة للمشغّل في الأساس على رسوم مقطوعة ثابتة بالإضافة إلى رسم تحفيزي يتعلّق بأداء المشغّل؛ ولن يكون المقاول مسؤولًا عن أي تكاليف أخرى تتعلّق بتحسين رأس المال (أبو شمس والربضي، 2003).

لقد تم فتح باب تشغيل وإدارة خدمات المياه ومياه الصرف الصحي أمام مشاركة القطاع الخاص منذ عام 1999، إلّا أنّ القطاع العام احتفظ بملكية كاملة للأصول. وقد نفّذت سلطة المياه عقدًا للإدارة في محافظة عمّان قام بموجبه تحالفٌ من القطاع الخاص بإدارة خدمات المياه والصرف الصحي خلال الفترة ما بين عامَي 1999 و 2006.

وفي الأردن، حقق عقد الإدارة معظم أهدافه، وأوجد الظروف المناسبة لسلطة المياه لتأسيس شركة المياه «مياهنا»، التي تم تكليفها بتقديم خدمات المياه والصرف الصحي في عمّان من بداية عام 2007. كما تم أيضًا إنشاء شركة مياه عامة في العقبة، مملوكة بالشراكة بين سلطة المياه وسلطة منطقة العقبة الاقتصادية الخاصة، والتي تمتلك أصول ومرافق المياه والصرف الصحي، وفقًا لمبادئ تجارية. وقد نُفذت العديد من خيارات عقود الإدارة على نطاق صغير في محافظة مادبا (2006 – 2011)، ومحافظة البلقاء (2010 – مستمر)، ومحافظة الكرك (2010 – مستمر)، بهدف تحسين إجراءات الفَوترة وتحصيل الإيرادات والمبالغ، وتقليل المبالغ المستحقة (المبالغ المتأخرة)، وبالتالي التقليل من المياه غير المدرة للإيرادات. هذا وقد أُبرم عقد إدارة بدءًا من عام 2011، وتم تأسيس شركة مياه جديدة (شركة مياه اليرموك) لمحافظات الشمال.

غير أنّ معظم الشراكات مع القطاع الخاص كانت في إطار عقود الإدارة والخدمة لتقديم خدمات المياه. فضلًا عن أنّ مشغّلي المياه من القطاع الخاص متواجدون في الأردن منذ عام 1999، بدءًا من عقد الإدارة في عمّان والذي تم منحه لشركة (ليما)، وهي اتحاد فرنسي أردني لإدارة إمدادات المياه في محافظة عمّان الكبرى. وفي عام 2012، تم توقيع عقد إدارة/تأجير قائم على تقييم الأداء مع شركة مياه اليرموك، وهي جهة تخدم محافظات الشمال التي تضم عجلون، وإربد، وجرش، والمفرق، إلّا أنّه تم إنهاؤه منذ ذلك الحين. هذا وينصّ عقد شركة مياه اليرموك على أن يحصل الشريك الخاص على دفعات ثابتة، بالإضافة إلى دفعات متغيّرة قائمة على الأداء.

عقد الخدمة

يُغطي عقد الخدمة نسبة 100% من العمالة المخصصة لإصلاح واستبدال وصيانة مرافق مياه الصرف الصحي الأساسية والتجهيزات ذات الصلة. كما يُلزَم مالك المرافق بشراء جميع المعدات والقطع. وعادة ما تكون الصيانة الوقائية والتشغيل جزءًا من العقد، في حين تتم تغطية التركيب الفعلي لمعدات محطات المعالجة الرئيسية مثل المضخات ولوحات التحكم من قبل المالك. وعادةً ما تمنع المشكلات المتعلّقة بالمخاطر والضمان أي شخص باستثناء الشركة المُصنعة من تركيب هذه المعدات للفترة المحددة في العقد؛ حيث يمكن احتساب تكلفة الإصلاحات الطارئة في العقد الأصلي على عكس اتفاقية الاستجابة للحادث خلال فترة محددة، مع قيام المالك بدفع تكاليف العمالة الطارئة بشكل منفصل. هذا ويتم تضمين بعض خدمات الصيانة الوقائية عادة في الاتفاق بالإضافة إلى المواد الثانوية مثل مواد التشحيم والمواد المستهلكة الأخرى. ويُعدّ عقد خدمة العمالة بالكامل ثاني أغلى الترتيبات التعاقدية من حيث التأثير قصير الأجل على ميزانية الصيانة، نظرًا لكون المقاول مسؤولًا فقط عن توفير العمالة، مما يجعل المخاطر المترتبة على المقاول منخفضة بشكل ملحوظ مقارنةً بعقد التغطية الكاملة.

كما شكّلت عقود الخدمة أيضًا وسيلةً مهمةً لإشراك القطاع الخاص. وقد بدأ العمل بهذه العقود في مطلع القرن الحادي والعشرين، وذلك في سياق مشروع «دعم العمليات والإدارة»، وهو مشروع تعاون فني ألماني، كوسيلة لتَتبّع تنفيذ العقود مع القطاع الخاص بسرعة. هذا وتضمنت العقود تعهيد عمليات تجارية محددة لشركات خاصة محلية من أجل دعم إضفاء الطابع التجاري على تنفيذ خدمات التشغيل والصيانة لإمدادات المياه والتخلص من مياه الصرف الصحي، وكذلك دعم كفاءة تلك الخدمات (روثينبيرغر، 2009). وبموجب هذا النهج، تم توقيع عقود الخدمة لمادبا (2006 – 2011)، والبلقاء (2010 – 2013) والكرك (2010-2013). ونصّت عقود الخدمة لمادبا على ما يلي: إدارة الفوترة وتحصيل الإيرادات للمياه ومياه الصرف الصحي بما في ذلك تطبيق الأدوات القائمة على نظام المعلومات الجغرافي (GIS)، وتطبيق نظام معلومات العميل وتطبيق قاعدة بيانات الصرف الصحي داخل محافظة مادبا (روثينبيرغر، 2009).

وتم تكليف شركة أورينت[47] بتقديم خدمات تتكون من إدارة المياه والصرف الصحي وخدمة العملاء، فضلًا عن الإدارة الكاملة لوحدات إدارة مياه الكرك. تم تصميم العقد لتقديم الخدمات على مدى ثلاث سنوات، وكانت الأهداف على النحو التالي: (أ) تحسين إجراءات تقديم طلب جديد لعميل المياه والصرف الصحي، (ب) تحسين إجراءات تركيب العدادات، وقراءات العدادات، والفَوترة والإدارة، (ج) تحسين عمليات جمع المياه والصرف الصحي وإيراداتها، (د) تقليل المبالغ المستحقة للعملاء، (هـ) تحسين كفاءة إدارة العملاء.

هذا وتم تنفيذ العقد على مرحلتين؛ المرحلة الأولى (المرحلة 1) وهي الفترة التحضيرية التي ركزت على تنفيذ نظام الفَوترة بما في ذلك الربط مع نظام المعلومات الجغرافي (GIS) وتنظيف البيانات، وإعادة تصميمه للمشاركين، وطرح النسخة المحدثة من نظام الفَوترة. أما المرحلة الثانية (المرحلة 2) من التنفيذ فكانت فترة إدارة الأداء. إذ تولت شركة أورينت تشغيلَ خدمة العملاء لتحسين الأداء في مختلف مجالات العمليات المتعلّقة بخدمة العملاء، بما في ذلك زيادة الإيرادات، وتقليل حالات الربط غير القانونية، وتقليل الحسابات المَدينة.

(47) https://orientengllc.com/project/karak-governorate/

عقد خدمة الصيانة الوقائية

يتم شراء عقد الصيانة الوقائية عمومًا مقابل رسوم ثابتة، ويتضمن عددًا من الأنشطة المجدولة والصارمة مثل عمليات التفتيش الشاملة، وإصلاح المعدات، ومعايرة أجهزة القياس، وخدمة المباني. بشكل عام، يوفر المقاول المواد المطلوبة للصيانة الوقائية كجزء من العقد. وقد يتضمن العقد أو لا يتضمن ترتيبات تتعلّق بالإصلاحات الطارئة. ويجب على المقاول توفير جدولة لمهام الصيانة وعمليات التفتيش كما هو موضح في وثيقة العقد. ويتمثل الهدف من عمليات التفتيش هذه في الحفاظ على الأداء الأمثل للمعدات، وتقليل احتمالية حدوث أعطال غير متوقعة. هذا ويجب إجراء كل عملية تفتيش وفقًا لقائمة التحقق وتفاصيل مهمة التفتيش المتفق عليها.

وتتمثّل الميزة الرئيسية لهذا النوع من العقود في أنّه يكون أقل تكلفة في البداية من عقد الخدمة الكاملة وعقد العمالة الكاملة كليْهما، كما أنّه يوفر للمالك اتفاقية تركز على جودة الصيانة الوقائية، إلّا أنّ إعداد الميزانية والتحكم في التكلفة فيما يتعلّق بحالات الإصلاح والاستبدال الطارئة يكون أكثر صعوبة لأنّ هذه الأنشطة تعتمد عادة على الوقت والمواد.

في هذا النوع من العقود، يتحمل المالك معظم المخاطر. وبدون فهم واضح للمتطلبات، قد ينتهي الأمر بمالك المرافق إلى توقيع عقد يقدم قدرًا أكثر من اللازم من الخدمة أو أقل بكثير من المستوى المطلوب. ولغايات إعداد عقد صيانة وقائية بشكل صحيح، لا بد من تَوفر مستوى عالٍ من الفهم والخبرة في أعمال الصيانة الوقائية.

عقد خدمات التفتيش

يتم شراء عقد التفتيش، الذي يشار إليه أيضًا باسم «العقد السريع»، بواسطة مالك المنشأة مقابل رسوم سنوية ثابتة، ويتضمن عددًا ثابتًا من عمليات التفتيش الدورية لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي والتجهيزات ذات الصلة. غير أنّ أنشطة التفتيش أقل صرامة بكثير من أنشطة الصيانة الوقائية. ويتم تنفيذ المهام البسيطة مثل فحص مخارج تصريف محطة المعالجة للتأكد من عدم وجود انسدادات، والفحص البصري للأسوار والأبواب والمباني وما إلى ذلك بشكل روتيني، وتعني عملية التفتيش إلى حدٍ كبير البحث عن أي شيء مُعطل أو على وشك التعطّل وإبلاغ صاحب المنشأة به.

ويمكن أن يتطلب العقد أو لا يتطلب توفير عددٍ محدودٍ من التجهيزات، مثل المركبات والأدوات وما إلى ذلك من قبل المقاول، كما أنّه قد يتضمن أو لا يتضمن اتفاقية بشأن الخدمات الأخرى مثل الإصلاحات الطارئة. ومن منظور قصير الأجل، يعتبر هذا العقد الأقل تكلفة، إلّا أنّه يمكن أن يكون أيضًا الأقل فعالية. فالتكلفة المنخفضة هي الميزة الرئيسية لهذا العقد.

ويمكن أن يتم إسناد مخاطر التشغيل للشركات الخاصة تعاقديًا، بيد أنّ فشل الخدمات التي تؤثر على الصحة والسلامة والسلع العامة الأخرى ستُعزى للقادة السياسيين. وغالبًا ما تكون الاستعانة بالمصادر الخارجية للعمليات والصيانة وحدها مدفوعة بالرغبة في تحقيق وفورات في التكاليف من خلال وفورات الحجم وكفاءات الخدمة، التي قد يكون تحقيقها ممكنًا من خلال المؤسسات الخاصة.

وتجدر الإشارة إلى أنّ عقد خدمات التفتيش يُطبّق حاليًا في الأردن لمراقبة مياه الصرف الصحي المعالجة، حيث تتعاقد سلطة وادي الأردن ووزارة البيئة مع الجمعية العلمية الملكية لإجراء الفحوصات والتحليلات الكيميائية والفيزيائية والبيولوجية لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي المركزية واللامركزية التابعة للقطاع الخاص، مثل محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية الموجودة والمشغّلة من العديد من الفنادق والجامعات والمسالخ والمؤسسات التجارية والصناعية الصغيرة (وزارة البيئة، 2019).

عقود الإدارة القائمة على أداء التشغيل والصيانة في القطاع الخاص

في إطار هذا العقد لا يُطلب من القطاع الخاص المشاركة في تكاليف استثمار رأس المال، إذ يمكن تمويله من خلال الميزانية العامة أو الاستعانة بالمصادر المختلفة (بنك محلي، قروض، تمويل ومِنح دولية). هذا ويُتوقع من الشركة القائمة على الإدارة التعاقدية تغطية تكاليف إعادة الاستثمار اللازمة في المستقبل للآلات المستهلَكة والإصلاح.

ويتمثل الشكل الآخر لمشاركة القطاع الخاص في توقيع عقود التشغيل والصيانة والإدارة. ففي إطار هذا النوع من العقود، يتم تشغيل مرفق يملكه القطاع العام من قبل شركة خاصة؛ حيث تحتفظ البلدية بملكية المرفق، وتتحمل الشركة مسؤولية تشغيل المرفق وضمان جودة الأداء، بما في ذلك الامتثال للمتطلبات التنظيمية. ويمكن أن يشمل العقد أيضًا تصميم وبناء وتمويل محطة معالجة مياه الصرف الصحي إلى جانب تشغيلها.

مزايا وعيوب التعاقد على خدمات مياه الصرف الصحي

يُبيّن (الجدول 39) أدناه قائمة من الحجج المؤيدة والمعارضة للخصخصة من خلال التعاقد. أمّا بالنسبة إلى المزايا والعيوب المتعلّقة بالتعاقد على خدمات قطاع مياه الصرف الصحي في الأردن، فهي موضحة في الجدول (40).

الجدول (39) مزايا وعيوب التعاقد على خدمات مياه الصرف الصحي

المزايا	العيوب
• يعتبر التعاقد الخارجي أكثر كفاءة لأنه يسمح بإدارة أفضل وخالية من معظم التأثيرات المُشتِّتة التي تُعدّ من خصائص المؤسسات ذات الطابع السياسي الواضح. • يشعر صناع القرار بتكاليف وفوائد القرارات الإدارية بشكل مباشر أكثر؛ والذين تكون مكافآتهم الشخصية غالبًا على المحك. • يُمَكّن التعاقد الخارجي الحكومةَ من الاستفادة من المهارات المتخصصة التي تفتقر إليها القوى العاملة لديها؛ وتتغلب بذلك على الرواتب المتقادمة. • يوفر التعاقد المرونةَ في تعديل حجم البرنامج بالزيادة أو النقصان استجابة لتغيُّر الطلب ومدى توافر التمويل. • يُمَكّن التعاقد من الاستجابة بسرعة أكبر للاحتياجات الجديدة. • يُعتبر التعاقد طريقة لتجنب النفقات الرأسمالية الكبيرة؛ فهو يوزع التكلفة على الوقت بمعدل ثابت ومتوقع نسبيًا. • يحقق التعاقد وفورات الحجم بغض النظر عن نطاق الجهة الحكومية المعنية في التعاقد. • يوفر التعاقد على جزء من العمل معيارًا لمقارنة التكاليف. • يعزز التعاقد الإدارةَ الجيدة وذلك لأن تكاليف الخدمة ظاهرة بوضوح في سعر العقد. • يُمكن للتعاقد أن يقلل من الاعتماد على مورد واحد فقط. • يَحُد التعاقد من حجم الحكومة، على الأقل من حيث عدد الموظفين.	• يخاف الموظفون في القطاع العام من فَقد وظائفهم ومعاشات تقاعدهم من العمل لدى الجهة العامة أو جهة البلدية. • ربما تعني الخصخصة خسارةَ أموال المِنح أو الإعفاءات الضريبية مقابل تعزيز رأس المال. • تكون الأسعار المفروضة من جهات خدمات المياه المملوكة للقطاع الخاص أعلى عمومًا منها في القطاع العام، إذ أن الشركات الخاصة تُضمِّن كامل التكاليف في التعرفة المحددة، ويتوجب عليها دفع الضرائب وجبْي الأرباح. • ثمة قلق في المجتمعات من أنّ الخصخصة تعني فقدان السيطرة على العمليات اليومية ومعايير ومواصفات الخدمات، وكذلك التخطيط للنمو على المدى الطويل والتنمية الاقتصادية. • قد لا يُقدّر قادة المجتمع والعامة القيمةَ المحتملة من الخصخصة أو مجموعة خيارات الخصخصة وقد يفتقرون إلى الخبرات اللازمة لتقييم تلك الخيارات. • يكون التعاقد في نهاية المطاف أعلى كلفة؛ لأنّه يَتّسم بسعي أكبر لتحقيق الأرباح، وينتج ذلك أيضًا من تكلفة إدارة العقد ومراقبة أداء المقاول؛ فضلًا عن أنّ بعض العقود تتضمن بندًا للتكلفة إضافة إلى الرسوم الثابتة، والتي لا توفر أي حوافز للكفاءة؛ كما تفتقر عقود «المتابعة» أيضًا إلى المنافسة الفعالة. • يَحدُّ التعاقد من مرونة الحكومة في الاستجابة للطوارئ. • يعزز التعاقد الاعتماد غير المرغوب به على المقاولين، ويترك العامة عرضة للإضرابات والتباطؤ من موظفي المقاول، وكذلك عرضة لإفلاس الشركة. • يعتمد التعاقد على العقود المكتوبة بشكل ملائم، والتي يصعب إعدادها، مما يؤدي إلى غياب مساءلة الحكومة والرقابة عليها. • يَحدُّ التعاقد من فُرص إدراك وفورات الحجم. إذ أنّ إسناد الخدمات للمؤسسات الخاصة يزيد من القوة السياسية لهذه المؤسسات، ويخلق ضغوطًا لزيادة الإنفاق الحكومي. • يتسبب التعاقد في فقدان استقلالية المقاول، وبالتالي يقلل من فعاليته على المدى الطويل، وذلك بتعطيل دوره كناقد أو كضمير اجتماعي.

الجدول (40) مقارنة المزايا والعيوب الرئيسية لعقود الإدارة والخدمة المتعلّقة بإدارة مياه الصرف الصحي في الأردن

نوع العقد	المزايا الرئيسية	العيوب
عقود الإدارة	• تحسين الخدمات مع تقليل المخاطر لسلطة المياه (الحكومة). • تحسُّن كبير في كفاءة وخدمات تشغيل النظام. • تحسين الإصلاح التنظيمي للعمليات. • تعتبر خطوة أولى جيدة نحو مشاركة القطاع الخاص بشكل كبير في إدارة مياه الصرف الصحي.	• تكون الحكومة مسؤولة عن تمويل جميع استثمارات رأس المال وأجزاء من استثمارات التشغيل.
عقود الخدمة	• حصول القطاع العام على خبرة القطاع الخاص في المهام الفنية التي قد يفتقر إلى الخبرة فيها. • يؤدي إلى تحسين الكفاءة. • تُعتبر بسيطة نسبيًا ومستخدمة على نطاق واسع. • لا تتطلب ظروفًا محددة؛ إلّا أنّه يجب إدارتها ومراقبتها بعناية.	• لا تُحسّن من الإدارة العامة للمرفق ككل. • لا يمكنها القضاء على المشكلات أو حلها مثل مشكلات سعر التعرفة المحدد بشكل غير صحيح أو الضعف في استرداد التكاليف.

المصدر: مأخوذ بتصرف من (أبو شمس والربضي، 2003)

الملحق 5: الملاحظات الإرشادية لنموذج العمل

الملاحظات الإرشادية لنموذج إكسل
الإصدار (01)
أيلول 2019

إخلاء مسؤولية: ترمي هذه الملاحظات الإرشادية لمساعدة مستخدمي نموذج الإكسل فقط. وتُعبِّر الآراء الواردة في هذه الملاحظات عن رأي مُطوري النموذج ولا تعكس بالضرورة آراء المؤسسة الألمانية للتعاون الدولي (GIZ) أو أي منظمة أخرى مذكورة.

المقدمة

1. يصف هذا الملف نموذج مايكروسوفت إكسل المستخدم لتحديد التعرفات المقترحة لخيارات نموذج العمل والقِيم الناتجة عنه، والأهم من ذلك التدفق النقدي.
2. يهدف هذا النموذج إلى توجيه صناع القرار فيما يتعلّق بأي ترتيبات مؤسسية أو مالية مستقبلية لتقديم خدمات مياه الصرف الصحي في البلدات الصغيرة.
3. لا يحدد النموذج متطلبات إلزامية لكنه يوضح الإسقاطات الحقيقية للنتائج بناءً على أفضل البيانات المتاحة والتوقعات المستقبلية المحتملة.
4. تحدد هذه الملاحظات الإرشادية الأساسَ المنطقي للنموذج وخيارات استخدامه لاختبار السيناريوهات المختلفة اعتمادًا على مشغّل القطاع الخاص المسؤول عن تقديم خدمات مياه الصرف الصحي على المستوى الجزئي، إلّا أنّها لا تقدم الخيارات الأوسع لخدمات مياه الصرف الصحي التي يتعين تضمينها في خيارات إمداد المياه (والتي تقع مسؤوليتها حاليًا على عاتق سلطة المياه)، ولا تسمح لمزوّد خدمة إقليمي بخدمة البلدات/المجتمعات الصغيرة المتعددة في المنطقة، وتحقيق تأثيرات وفورات الحجم نتيجة لذلك.
5. ينبغي قراءة هذه الملاحظات إلى جانب نموذج مايكروسوفت إكسل.

منصة النموذج، ومفتاحه، وهيكله ومبادئه الأساسية

منصة النموذج ومفتاحه وهيكله

6. تم تطوير هذا النموذج باستخدام مصنف مايكروسوفت إكسل (مع تمكين وحدات الماكرو). وتم ترميز خانات الإدخال والحسابات بالألوان كما يظهر أدناه:

خانات الإدخال
خانة مرجعية للخانات الأخرى في الملف التطبيقي (خانة الإدخال أو خانات الحسابات الأخرى)
خانات الحسابات

7. النموذج مقسم إلى أوراق عمل متعددة على النحو التالي:

الرقم المرجعي	اسم الورقة	الوصف
0	لوحة معلومات الخيارات	
1	البيانات المدخلة	تظهر جميع بيانات النموذج المدخلة في هذه الورقة. ولا تظهر أي بيانات مدخلة على الأوراق الأخرى.
2	أعداد السكان والطلب	تحدد هذه الورقة توقعات أعداد السكان، ومستويات الخدمة، وأحجام مياه الصرف الصحي الناتجة، وأحجام مياه الصرف الصحي المستخدمة لأغراض الري.
3	رسوم المعالجة التي تعكس التكلفة	تحدد الفروق التي تعكس التكلفة بين مجموعات المستخدمين اعتمادًا على نوعية مياه الصرف الصحي الناتجة.
4	استثمار رأس المال	تحدد استثمار رأس المال الأولي والمستقبلي بناءً على طبيعة الاستثمار، ومعدل الاستبدال، وصيانة رأس المال للبنية التحتية للشبكة، وكيفية تمويل الاستثمار.
5	الإهلاك	تحدد الإهلاك للأصول غير المتعلّقة بالشبكة على أساس التكلفة الحالية (أي تفترض تعديل قيمة الإهلاك المحسوبة ضمن التعرفة حسب التضخم). يُحتسب الإهلاك ضمن التعرفة فقط للأصول التي يُمولها مزوّد الخدمة، أي أنّ الإهلاك على الأصول المموّلة بالمِنحة لا يتم احتسابه ضمن التعرفة. لا يتم تحميل أي إهلاك على أصول الشبكة، ويتم تطبيق المبدأ المحاسبي لتجديد البنية التحتية، أي يتم احتساب نفقات صيانة رأس المال لأصول الشبكة ضمن التعرفات كما لو كانت نفقات تشغيلية.
6	النفقات التشغيلية	تحدد النفقات التشغيلية بما في ذلك التكاليف المتغيرة (الطاقة)، وتسمح بتضخم الأجور بحدٍ يزيد عن التضخم العام، وتتضمن إمكانية التنبؤ بكفاءة العمل مع الوقت. ويتم فصل النفقات التشغيلية إلى النفقات المموّلة بالمِنح والمموّلة من التعرفات.
7	قاعدة الأصول المموّلة من التعرفات	تحدد قاعدة أصول مزوّد الخدمة، ولكن الأصول المموّلة من قبل المزوّد فقط. ولا يتضمن ذلك في معظم الحالات الاستثماراتِ الأولية إذ أنّه يُتوقع أن تُمول بالمِنح، بل يتضمن التوسعات الدورية للشبكة الثالثة، وصيانة رأس المال لمحطات الضخ ومرافق المعالجة.
8	متطلبات الإيرادات للتعرفات	تحدد إجمالي الإنفاق النقدي السنوي حسب النشاط (الشبكة، المعالجة، ضخ مياه الري)، والذي يحدد متطلبات الإيرادات. وذلك يشمل التكاليف التشغيلية، صيانة رأس المال، والعائد على رأس المال (حيث يقوم مزوّد الخدمة بتمويل الاستثمار)، وكذلك الحد الأدنى لهامش الربح السنوي. كما تُحدد متطلبات الإيرادات للوحدة.
9	التعرفات	تحدد التعرفات لمجموعات المستخدمين المختلفة، والإيرادات المتوقعة من كل مجموعة، والتي تحقق متطلبات الإيرادات.
10	التدفق النقدي	تحدد التدفقات النقدية الصافية لمزوّد الخدمة بتضمين جميع الإيرادات، والنفقات التشغيلية، وتكاليف صيانة رأس المال، واستثمار رأس المال المموّل من مزوّد الخدمة.
21	تأثير سعر مياه الري	تحدد التعرفات الضرورية لتحقيق متطلبات التدفق النقدي وذلك للتعرفات المتغيرة بحسب مبيعات الري. وتعتمد هذه الورقة على تفعيل وحدة الماكرو لإعداد الرسوم البيانية المطلوبة.

22	تأثير سقف التعرفة	تحدد مستوى الدعم المطلوب لتحقيق متطلبات التدفق النقدي على أساس سنوي عندما تخضع التعرفة للسقوف المحددة. تعتمد الورقة على تفعيل وحدة الماكرو لإعداد الرسومات البيانية المطلوبة.
23	تأثير مِنح رأس المال	تُقارن التعرفات مع قيمتها التي كانت ستحدد فيما لو كان المشغّل مسؤولًا عن استثمار رأس المال، أي لا يوجد مِنح لرأس المال.
24	مقارنة الخيارات	تُقارن نتائج التعرفات للخيارات الرئيسية الثلاثة.
25	تأثير سعر تعويض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون	تحدد التعرفات الناتجة لمجموعة من أرصدة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المسموح بها.
26	تحليل التكاليف التشغيلية	تُوفر تفاصيل التكاليف التشغيلية لنموذج العمل الذي تم اختياره.

المبادئ الأساسية

8. نموذج طويل المدى (20 عامًا). ويعتبر هذا الافتراض طموحًا إذ أنّ احتمالية الخطأ في التنبؤ تكون كبيرة بعد خمس سنوات. ونظرًا لاستخدام النموذج لتوجيه القرارات طويلة المدى ذات الصلة بالترتيبات المؤسسية والتمويلية، يعتبر النموذج طويلُ المدى ضروريًا، لكن ذلك يقتصر على توجيه النتائج والآثار العامة طويلة المدى وليس التوقعات العددية التفصيلية.
9. ما لم يُنص على خلاف ذلك، يعتمد النموذج على مستويات الأسعار لعام 2019، أي أنّ جميع التكاليف والإيرادات لم يتم تعديلها حسب التضخم في المستقبل. وبالمثل، فإنّ جميع الهوامش والعوائد على رأس المال حقيقية وليست تقديرية. وعليه، من المفترض أن تزداد جميع النتائج (التعرفات، والأرباح...إلخ) مع التضخم.
10. لم يتم أخذ الضرائب في الاعتبار، كما أنّ جميع الهوامش والعوائد على رأس المال تعتبر قبل خصم قيمة الضريبة.
11. لم يتم تخصيص اعتمادات للكفاءة التجارية، ويفترض أن تحصيل الإيرادات يبلغ أو يقترب من 100%.

الأساس المنطقي والنظري الذي يقوم عليها النموذج

التدفق النقدي واسترداد التكاليف

12. يعتمد النموذج المالي بشكل كبير على التدفق النقدي مع التعرفات المُحددة على أساس سنوي لتحقيق التكاليف التشغيلية، وصيانة رأس المال، والعائد على رأس المال، والهوامش المحددة مسبقًا.
13. إنّ الاستثناء الوحيد لمبدأ التدفق النقدي هو استثمار رأس المال (غير المرتبط بالشبكة)، الذي يقوم به مزوّد الخدمة، حيث يتم تطبيق تكلفة الإهلاك الحالي لتوزيع تكاليف الاستثمار على العمر الإنتاجي للأصول. وعندما يقوم مزوّد الخدمة بمثل هذا الاستثمار، تتم إضافة صافي القيمة الدفترية للأصول إلى قاعدة الأصول التي يتم على أساسها توفير عائد على رأس المال، لتغطية تكاليف تمويل مزوّد الخدمة و/أو تكلفة الفرصة البديلة لرأس المال.

الرسوم التي تعكس التكلفة

14. يحدد النموذج الرسوم بحيث تعكس التكلفة بشكل معقول قدر الإمكان. وفي هذا الصدد، تتحمل مجموعات المستهلكين الرسوم بحسب التكاليف التي يفرضونها كمجموعة على مزوّد الخدمة. وينطبق ذلك على المستهلك الذي تكون نوعية مياه الصرف الصحي لديه مختلفة عن المتوسط، مثل مستخدمي خزانات التجميع وخزانات معالجة الصرف الصحي، الذين سيُفرض عليهم مبالغ أكبر/أقل لتعكس تكلفة المعالجة. ويتم تطبيق ذلك باستخدام صيغة موغدن.
15. على نحو مماثل، لا يُفرض على مستخدمو خزانات التجميع وخزانات معالجة الصرف الصحي أي تكاليف تتعلّق بالشبكة، وعليه فلن يتحملوا رسوم الشبكة في التعرفة.
16. يُفترض توفير خدمات صهاريج النقل من طرف ثالث. هذا وتُفرَض الرسوم المتعلّقة بمعالجة مياه الصرف الصحي المأخوذة من خزانات التجميع وخزانات معالجة الصرف الصحي على شركات صهاريج النقل، والتي تفرضها بدورها على المستهلكين من خلال رسوم الخدمة، إلّا أنّ تحديد رسوم المستهلكين مقابل خدمات صهاريج النقل التي يملكها ويُشغلها القطاع الخاص يقع خارج نطاق هذا النموذج.

نهج المبادئ المحاسبية لتجديد البنية التحتية

17. يُطبق النموذج نهج المبادئ المحاسبية لتجديد البنية التحتية لأصول الشبكة. ويفترض هذا النهج أنّ قيمة أصول الشبكة ثابتة دائمًا وأنّ قيمة الإهلاك تساوي صفرًا، إلّا أنّ أي نفقات على صيانة رأس المال تكون محسوبة بالكامل ضمن التعرفات (إلاّ إذا كانت النفقات مموّلة بالمِنح). وبالنسبة للنظام الجديد، يُتوقع أن تكون نفقات صيانة رأس المال منخفضة جدًا في السنوات الأولى، لكنها ستزداد مع تَقدُّم عمر النظام. وقد تم تصميم النموذج بحيث يعكس هذا الافتراض.

استثمار وصيانة رأس المال

18. يُتوقع أن يكون استثمار رأس المال مموّلا بالمِنح في البداية (بالرغم من أنّ النموذج يقضي بالتمويل من خلال التعرفات إذا لزم الأمر)، إلّا أنّ أي صيانة لرأس المال[48] للأصول غير المرتبطة بالشبكة ستبدأ عندما تصل المُكونات إلى نهاية العمر الإنتاجي لها، علمًا أنّ المكونات الكهربائية يجب استبدالها بعد فترة زمنية قصيرة، والمُكونات الميكانيكية ستُستبدل في وقت أبعد من ذلك بقليل، والأعمال الهندسية المدنية ستُستبدل حتى في وقت أبعد. هذا ويَفترض النموذج أنّ مزوّد الخدمة سيكون مسؤولًا عن تمويل صيانة رأس المال، وأنّ التكاليف يجب احتسابها ضمن التعرفات. ويكمن التأثير الصافي لذلك في أنّ متطلبات الإيرادات ستنخفض في السنوات الأولى، وبالتالي ستنخفض التعرفات، ولكن مع بدء متطلبات صيانة رأس المال بالظهور، فإنّ متطلبات الإيرادات والتعرفات ستزداد.
19. إضافة إلى ذلك، ومع نمو السكان، ستحتاج جوانب معينة من النظام إلى التحسين لاستيعاب ذلك النمو. وقد افترضنا لأغراض هذا النموذج أنّ ذلك سيقتصر على التوسّع الدوري للشبكة الثالثة، وأنّ جميع الاستثمارات الأخرى ستتخطى حدود تصميم النموذج. وثمة خيار في هذا النموذج لتمويل مثل هذه التحسينات من قبل المستهلكين الجدد الذي أثاروا الحاجة لتلك التحسينات، وذلك عن طريق المساهمات التي يتحملها العملاء فوق رسوم الربط مع الشبكة. سيتم فرض هذه الرسوم على كل عقار جديد كمساهمة في هذا التحسين. ويُفترض تحميل هذه الرسوم لمُطور الإسكان أو مالكه، وأن يتم تضمينها في سعر بيع العقار و/أو يتحملها مالك المنزل. ويمكن أن يُوفر النموذج خيار تمويل تلك الرسوم عن طريق التعرفات، أي أن يدفعها كلٌّ من المستهلكين الحاليين والجدد، إلّا أنّه في بعض الجوانب لا يمكن أن يعتبر هذا النهج طريقة تعكس التكلفة، حيث إنّ المستهلكين الحاليين سيُموّلون الأنشطة التي لم يكن لهم دور في توليدها.

قيم الأصول والعائد على رأس المال وهامش الربح

20. يحدد النموذج قاعدة الأصول لمزوّد الخدمة التي تشمل فقط قيمة الأصول المموّلة من مزوّد الخدمة بعد خصم الإهلاك.
21. تخضع قاعدة الأصول هذه للعائد على رأس المال لتغطية تكاليف تمويل مزوّد الخدمة و/أو تكلفة الفرصة البديلة لرأس المال.
22. بما أنّ حجم الاستثمار الذي يقوم به مزوّد الخدمة صغيرٌ، ولا سيّما في السنوات الأولى، فإنّ العائد على رأس المال في إطار قاعدة أصول صغيرة أقل بكثير من أن يجذب مقدم الخدمة المحتمل. وفي هذه الحالة، يوفر النموذج حدًا أدنى لهامش ربح مزوّد الخدمة، ليتم تضمينه في متطلبات الإيرادات.

متطلبات الإيرادات

23. يشتمل تراكم التعرفة من متطلبات الإيرادات لكل نشاط، وعليه فهو يشمل: التكاليف التشغيلية، وصيانة رأس المال (صيانة رأس المال للشبكة وتكلفة الإهلاك الحالية)، والعائد على رأس المال، وهامش الربح المحدد مسبقًا.
24. تعديل هذه القيمة بإلغاء الإيرادات من رسوم معالجة مياه الصرف الصحي التي تعكس التكلفة، وإلغاء الدخل من المصادر الأخرى، لتحديد متطلبات الإيرادات الأساسية لكل نشاط.
25. اشتقاق رسوم الوحدة لكل نشاط.

(48) تُعرَّف صيانة رأس المال على أنها الاستثمار في الإصلاح أو استبدال الأصول الرئيسية في نهاية عمرها الافتراضي. كما أنها ليست صيانة تشغيلية روتينية، أو استثمارًا في توسيع أو تحسين النظام.

التعرفات

26. تحديد التعرفات الضرورية لتحقيق المتطلبات وتشمل ما يلي:

- رسوم صهريج النقل (دينار أردني/م3) لمياه الصرف الصحي المأخوذة من خزانات التجميع وخزانات معالجة الصرف الصحي (لكن باستثناء عنصر تكلفة الشبكة من التعرفة).
- رسوم مياه الصرف الصحي للوحدة (دينار أردني/م3) لمستهلكي مياه الصرف الصحي المخدومين بشبكة الصرف الصحي (القطاع المنزلي وغير المنزلي).
- رسوم إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة للوحدة (دينار أردني/م3) لمياه الصرف الصحي التي يتم بيعها لأغراض الري.

الوصف التفصيلي للنموذج

27. يعرض الجدول التالي النموذج بمزيد من التفصيل. هذا ويتوافق الترميز الرقمي المستخدم في الجدول مع نظام الترقيم المتّبع في النموذج.

الجدول (41) الوصف التفصيلي لنموذج العمل

الورقة	القسم	الوصف
0 لوحة معلومات الخيارات		يوفر النموذج ثلاثة خيارات لتتم دراستها: - خيار أساسي تقليدي يعتمد على المعالجة باستخدام الأرض الرطبة فقط. - مثلما ورد أعلاه لكن مع مصدر إيرادات إضافي (والتكاليف الإضافية المصاحبة) للمياه المُباعة لأغراض الري الزراعي. - خيار معالجة بديل يتألف من زراعة الكتلة الحيوية ومصدر إيرادات من أرصدة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المسموح بها كان خيار استخدام المشغّل لمياه الصرف الصحي المعالَجة لأغراضه الزراعية الخاصة من بين الخيارات المدروسة، إلّا أنّه بعد إجراء الدراسة اللازمة، تم استبعاد هذا الخيار، حيث وُجد أنّه لا يختلف من حيث المبدأ عن الخيار الثاني أعلاه، أي أنّ المشغّل سيكون له بالفعل مصلحة زراعية وسيستمر في بيع المنتجات بسعر السوق، وبالتالي فإنّ القيمة المنسوبة إلى مياه الصرف الصحي المعالَجة لن تختلف عن القيمة التي ستتحقق لأي مُنتِج زراعي آخر. إضافة إلى ذلك، لا يمكن النظر إلى المشغّل على أنه يزيد الرسوم على المستهلكين لدعم أنشطته الزراعية لأنّ ذلك لن يكون مُبررًا اقتصاديًا، كما سيطرح تساؤلات جدّية حول الممارسات المناهِضة للمنافسة، والتي قد تَلْقى معارضة مبررة من المُنتجين الزراعيين الآخرين.

1. مدخلات النموذج	القسم العام	ورقة المدخلات الرئيسية. لا يوجد مدخلات في أي مكان آخر من المصنف.
	1.1 عدد السكان ومستوى الخدمة	البيانات السكانية الأساسية المستقاة من دراسات الجدوى التي أجرتها (لجنة التنفيذ الوطنية للإدارة اللامركزية الفعالة لمياه الصرف الصحي/ دورش)، مسودة التقرير النهائي – الجدول (4). تم تقدير أعداد السكان من 2013 – 2043 على فترات زمنية فاصلة مدتها عشر سنوات. تتضمن الكثافة السكانية (الحالية والمتوقعة). مستويات الخدمة (النسبة المئوية (%) لعدد السكان المخدومين بخزانات معالجة الصرف الصحي، وخزانات التجميع في السنة الأولى (2020) من فترة النموذج). يفترض الأساس المنطقي للنموذج أنّ المساكن الإضافية الناتجة عن النمو السكاني ستتم خدمتها بنظام الصرف الصحي. وذلك منطقي حيث سيتم تخطيط المساكن الجديدة وتنظيمها بطريقة أفضل، وسيتم تصميم البنية التحتية بحيث تتناسب مع النمو السكاني.
	1.2 أحجام ومواصفات مياه الصرف الصحي	كميات مياه الصرف الصحي الناتجة من القطاع المنزلي المستقاة من دراسة الجدوى التي أجرتها (لجنة التنفيذ الوطنية للإدارة اللامركزية الفعالة لمياه الصرف الصحي/ دورش)، مسودة التقرير النهائي – الجدول (11). افتُرض أن كميات مياه الصرف الصحي من القطاع غير المنزلي، مثل المدارس والعيادات والمتاجر الصغيرة...إلخ، تبلغ 10,000م3/ السنة في عام 2020، وسترتفع إلى 15,000 م3/السنة في عام 2040. خصائص نوعية مياه الصرف الصحي من القطاع المنزلي المُستقاة من دراسة الجدوى التي أجرتها (لجنة التنفيذ الوطنية للإدارة اللامركزية الفعالة لمياه الصرف الصحي/ دورش)، مسودة التقرير النهائي – الجدول (13). يُفترض أن تكون جودة مياه الصرف الصحي غير المنزلية أعلى بهامش بسيط منها في القطاع المنزلي، لكن لا توجد بيانات مُؤكّدة متاحة حتى الآن. وبالنسبة لخزانات التجميع في القطاع المنزلي، فلا توجد بيانات متاحة، لكن يُفترض أن تكون جودة مياه الصرف الصحي فيها، نتيجة للتسريب، أعلى منها في القطاع المنزلي، لكن أقل منها في خزانات معالجة الصرف الصحي. وقد افتُرض أنّها أعلى بـ 100% من قطاع المنازل. خصائص الحمأة في خزانات معالجة الصرف الصحي مستقاة من المؤلفات القائمة، «ميتكالف وإيدي، هندسة مياه الصرف الصحي ومعالجتها والتخلص منها وإعادة استخدامها» (الطبعة الثالثة)، الجدول 3-17.
	1.3 أداء شبكة مياه الصرف الصحي	تقديرات التسريب المستقاة من دراسة الجدوى التي أجرتها (لجنة التنفيذ الوطنية للإدارة اللامركزية الفعالة لمياه الصرف الصحي/ دورش)، مسودة التقرير النهائي – الجدول (31).
	1.4 أداء معالجة مياه الصرف الصحي	يُفترض أن تبلغ مياه الصرف الصحي المعالجة الناتجة بالنسبة للمدخلة 95% (لا توجد مصادر للبيانات). توليد الحمأة (غير مطلوب).
	1.5 الري	عدد الأشهر في السنة التي تشهد الطلب على المياه، أي باستثناء شهور عدم الطلب على المياه في المواسم الرطبة أو غير الزراعية. يُنصح بأن تكون 10 شهور في السنة (لا يوجد معلومات مُؤكّدة في هذا الصدد).

	1.6 استثمار رأس المال ومصادر التمويل	تقديرات تكاليف استثمار رأس المال حسب مُكونات النظام (مُقسمة حسب نوع الأصل). البيانات مستقاة من التقديرات الهندسية والتقدير المهني. يبدأ استثمار الشبكة الثالثة بعد 10 سنوات، وبشكل دوري كل 5 سنوات بعد ذلك (الافتراض مبني على الخبرة المهنية). من المفترض أن تتحمل المنازل الجديدة تكلفة هذا الاستثمار، وذلك من خلال مساهمات العملاء بالإضافة إلى رسوم الربط مع الشبكة. تكاليف المعالجة المُقسمة بين حجم مياه الصرف الصحي، والاحتياج الحيوي للأكسجين، ومجموعة المواد الصلبة المعلقة، وفقًا للتجارب في أماكن أخرى من العالم (ضرورية لتحديد رسوم المعالجة التي تعكس التكلفة). مصادر التمويل؛ المِنح للنفقات الرأسمالية الأولية، لكن صيانة رأس المال ستُموَّل من خلال التعرفات.
	1.7 صيانة رأس المال ومصادر التمويل	يجب تحديد صيانة رأس المال للشبكات القائمة بـ 2% من قِيم الأصول المكافئة الحديثة. أما صيانة رأس المال فتكون منخفضة في السنوات الأولى (0.25% من قِيم الأصول المكافئة الحديثة)، لكنها سترتفع بشكل مُطّرد مع الوقت إلى 25 ضعفًا من قِيم الأصول المكافئة الحديثة بحلول 2040. وستتطلب مُكونات الأصول الأخرى استبدالها بشكل منتظم، مع استبدال المُكونات الكهربائية بعد فترة زمنية قصيرة، والمُكونات الميكانيكية بعد فترة متوسطة، والأعمال الهندسية المدنية بعد فترة طويلة.
	1.8 التكاليف التشغيلية	تَعرفة الكهرباء المستخدمة لتحديد تكاليف الطاقة بناء على قيمة مسافة ارتفاع الضخ وكميات الضخ المفترضة. لا يوجد بيانات حول تفاصيل الضخ – البيانات المفترضة فقط. التكاليف التشغيلية (العمالة وغيرها) لمُكونات النظام بناءً على التقدير المهني. بالنسبة للمعدات المختصة بالشبكات (مثل مضخات الغسيل...إلخ) يُفترض أنّه سيتم استئجارها نظرًا لأنّه من غير المحتمل أن يكون شراء مثل هذه المعدات لمجتمع صغير فعالًا من حيث التكلفة. التكاليف التشغيلية المموّلة من التعرفات.
	1.9 المقاييس الاقتصادية	التضخم العام من توقعات صندوق النقد الدولي. يُحتسب نمو الناتج المحلي الإجمالي الحقيقي للفرد من توقعات صندوق النقد الدولي كبديل لتضخم الأجور الحقيقي. تم حساب كفاءة العمالة على أنّها تنخفض بنسبة 10% في مدخلات العمال في السنوات الخمس الأولى، ثم بمقدار صفر% بعد ذلك (مع أنّه يمكن زيادة ذلك في النموذج). تُؤثر المِنح التمويلية على الاستخدام التقليدي للعائد على رأس المال كوسيلة لتحديد هامش الربح المناسب. ويُوفر النموذج هامشًا قدره 20,000 دينار أردني في السنة (مُدخل متغير) كحد أدنى للربح قبل الإهلاك والفوائد والضرائب. عندما يقوم المشغّل بالاستثمار، فسَيجني عائدًا حقيقيًا على رأس المال قدره 5%. ولا يتحقق أي عائد على الاستثمار المموّل بالمِنح. عند تطبيق سقف التعرفة، يمكن تضمين قيمة التعرفة المحددة. وهذا ينطبق فقط على خيارات سقف التعرفات. يُفترض أن تكون البيانات الفنية ذات الصلة بتثبيت نسب الكربون هي: 3.8 هكتار/100م3/يوم من مياه الصرف الصحي المعالجة، و 52 طن من الكربون المُخفض في السنة لكل هكتار.
	1.10 إيرادات إضافية	تم تحديد سعر بيع مياه الصرف الصحي المعالجة بـ 0.10 دينار أردني/ م3 (متغير حسب النموذج) تم تحديد سعر أرصدة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المسموح بها عند 24.00 دينار أردني لكل طن (متغير حسب النموذج).

2 أعداد السكان والطلب	2.1 النمو السكاني	تُحدّد توقعات النمو السكاني حسب إجمالي عدد السكان، والمنازل، ومستوى الخدمة. ويُفترض عدم وجود زيادة في عدد المنازل المخدومة بخزانات معالجة الصرف الصحي وخزانات التجميع، حيث يجب أن تضمن لوائح التخطيط المستقبلية أن تكون المنازل الجديدة ملائمة للربط مع شبكة الصرف الصحي.
	2.2 أحجام وخصائص مياه الصرف الصحي	تُحدّد أحجام مياه الصرف الصحي الناتجة من مجموعات المستهلكين، بما في ذلك مياه الصرف الصحي المُجمعة من خزانات التجميع وخزانات معالجة الصرف الصحي والمُرسلة لأعمال المعالجة. تُحدّد أحجام مياه الصرف الصحي المُرسلة لأنابيب المجاري، ومن تلك الأنابيب إلى محطات المعالجة مما يسمح بحساب حجم التسريب.
	2.3 مياه الصرف الصحي التي يتم توفيرها للري	تُحدّد كميات مياه الصرف الصحي المطلوبة للري بناء على الشهور التي تشهد طلبًا على مياه الري.
	2.4 احتجاز ثاني أكسيد الكربون أينما أمكن	تُحدّد مساحة الكتلة الحيوية وقيم احتجاز ثاني أكسيد الكربون.
3 رسوم المعالجة التي تعكس التكلفة		تُحدّد هذ الورقة الحسابية رسوم المعالجة التي تعكس التكلفة التي يفرضها المستخدمون أو مجموعات المستخدمين على عملية المعالجة. ويهدف المفهوم إلى التأكد من أنّ مجموعات معينة من المستخدمين لا تَدعم (ولا تُدعم من قبل) المجموعات الأخرى، وأنّه يتم إرسال مؤشرات أسعار فعالة لتعزيز وتشجيع سلوك المستهلك الأمثل. وفي هذه المسألة، لا نأخذ بمصادر التمويل بالمِنح، لأنّها ستؤثر على مؤشرات الأسعار هذه بشكل كبير. وتتمثل نتيجة التحليل في فرق التكلفة الذي يزيد أو يقل عن الرسوم المنزلية لمجموعات معينة من المستهلكين. هذا ويظهر تأثير المِنح على التعرفات بشكل فعال في شبكات مياه الصرف الصحي، وحجم عمليات المعالجة.
	3.1 خصائص المحطة (الطقس الجاف)	حجم المحطة حسب حجم التحميل السنوي المحدد في التصميم.
	3.2 خصائص مياه الصرف الصحي	قِيم الاحتياج الحيوي للأكسجين، والاحتياج الكيميائي للأكسجين، ومجموع المواد الصلبة المعلقة لمياه الصرف الصحي المنزلية وغير المنزلية.
	3.3 التكاليف الرأسمالية لمعالجة مياه الصرف الصحي	تخصيص النفقات الرأسمالية حسب نشاط المعالجة.
	3.4 التكاليف التشغيلية لمعالجة مياه الصرف الصحي	تخصيص النفقات التشغيلية حسب نشاط المعالجة.
	3.5 تكاليف وحدة معالجة مياه الصرف الصحي	تكاليف الوحدة لكل م3، ولكل كغم من الاحتياج الكيميائي للأكسجين، ولكل كغم من مجموع المواد الصلبة المعلقة.
	3.6 تكاليف وحدة معالجة مياه الصرف الصحي حسب مجموعة المستخدمين	تحديد تكاليف الوحدة حسب مجموعة المستخدمين وتحديد الرسوم الإضافية على الرسوم المنزلية.
4 استثمار رأس المال	4.1 شبكة الصرف الصحي	استثمار رأس المال للشبكات الذي يدعم التوسع الدوري في الشبكة الثالثة. صيانة رأس المال للشبكات بناء على نسبة مئوية (%) من قِيم الأصول المكافئة الحديثة. الاستثمار في محطات الضخ للشبكة إذا لزم الأمر، ونفقات صيانة رأس المال ذات الصلة.
	4.2 محطة معالجة مياه الصرف الصحي	الاستثمار في محطة مياه الصرف الصحي ونفقات صيانة رأس المال ذات الصلة. يُقدم النموذج خيارَيْن بناء على الاختيار من لوحة معلومات الخيارات. الاستثمار في تجفيف الحمأة – لا ينطبق.
	4.3 مضخات مياه الري	الاستثمار في محطة ضخ مياه الري (إذا لزم الأمر)، ونفقات صيانة رأس المال ذات الصلة.
	4.4 مُلخص القِيم الإجمالية	إجمالي الاستثمار حسب السنة.
	4.5 النفقات حسب مصدر التمويل	تخصيص الاستثمار حسب مصدر التمويل (المِنح أو التعرفات).
	4.6 رسوم الوحدة لكل منزل – مساهمات العملاء	تحديد مساهمات العملاء لتوسيع الشبكة الثالثة.

5 الإهلاك	5.1 شبكة الصرف الصحي	الأساس المنطقي المستند إلى المبادئ المحاسبية لتجديد البنية التحتية، أي تكون قيمة الأصل ثابتة دائمًا (الإهلاك = صفر)، ويتم التعامل مع صيانة رأس المال على أنها نفقات تشغيلية.
	5.2 محطات الضخ للشبكة (الأصلية)	يتم تطبيق الإهلاك التقليدي (التكلفة الحالية) على محطات الضخ بناء على العمر الإنتاجي لمكونات الأصول.
	5.3 محطات الضخ للشبكة (صيانة رأس المال)	تكون الأصول المستبدلة خاضعة لتكلفة الإهلاك الحالية. ويتمثل التأثير الصافي في أن الإهلاك لكل مُكون يكون ثابتًا على طول فترة التحليل.
	5.4 محطة معالجة مياه الصرف الصحي (الأصلية)	كما في محطات الضخ أعلاه.
	5.5 محطة معالجة مياه الصرف الصحي (صيانة رأس المال)	
	5.6 تجفيف الحمأة (الأصلية)	كما في محطات الضخ أعلاه.
	5.7 تجفيف الحمأة (صيانة راس المال)	
	5.8 ضخ مياه الري (الأصول الأصلية)	كما في محطات الضخ أعلاه.
	5.9 ضخ مياه الري (صيانة راس المال)	
	5.10 ملخص القيم الإجمالية	إجمالي تكلفة الإهلاك الحالي بغض النظر عن مصادر التمويل.
	5.11 قيم الأصول المكتوبة	إجمالي صافي قيم الأصول المكتوبة بغض النظر عن مصادر التمويل (الاستثمار مطروحًا منه الإهلاك)
	5.12 صيانة رأس المال للشبكة حسب مصدر التمويل	صيانة رأس المال للشبكة حسب مصادر التمويل (المِنح أو التعرفات).
	5.13 الإهلاك حسب مصدر التمويل	الإهلاك حسب مصدر التمويل (المَنح أو التعرفات).
	5.14 القيم المكتوبة حسب مصادر التمويل (نهاية السنة)	القيم المكتوبة حسب مصدر التمويل (المِنح أو التعرفات).
6 النفقات التشغيلية	6.1 التضخم وعوامل الكفاءة	تحديد مُضاعِفات توقُّعات التضخم وكفاءة العمل.
	6.2 رسوم الطاقة بناء على مستويات الأسعار لعام 2019	حساب رسوم الطاقة بناء على قيم ارتفاع الضخ للمضخة، وكميات الضخ ورسوم الكهرباء الحالية.
	6.3 التكاليف التشغيلية بناء على مستويات الأسعار لعام 2019	إجمالي التكاليف التشغيلية حسب مُكون النظام.
	6.4 ملخص القِيم الإجمالية	إجمالي التكاليف التشغيلية لمُكونات النظام.
	6.5 مُلخص القِيم الإجمالية حسب مصدر التمويل بناء على مستويات الأسعار لعام 2019	القِيم الإجمالية حسب مصدر التمويل.
	6.6 ملخص القِيم الإجمالية حسب فئة التكلفة ومصدر التمويل بناءً على مستويات الأسعار لعام 2019	القيم الإجمالية حسب مصدر التمويل وفئة التكلفة.
7. قاعدة الأصول المموّلة من التعرفات	7.1 قاعدة الأصول المموّلة من التعرفات	قيم الأصول المكتوبة لتلك الأصول المموّلة فقط بالتعرفات. وهي قيم الأصول التي يستحق المشغّل على أساسها الحصول على عائد على رأس المال.
	7.2 العائد على رأس المال من التعرفات	العائد على رأس المال المحسوب للمشغّل.
8 متطلبات الإيرادات للتعرفات	8.1 متطلبات الإيرادات	إجمالي متطلبات الإيرادات بما في ذلك الهوامش المخصصة للمشغّل. متطلبات الإيرادات المنفصلة حسب النشاط (الشبكة، والمعالجة، وضخ مياه الري)
	8.2 الإيرادات من المصادر البديلة	تحديد الإيرادات من الري و/أو أرصدة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المسموح بها حيثما أمكن.
	8.3 متطلبات الإيرادات للوحدة	رسوم الوحدة لخدمات الشبكة والمعالجة (حسب مجموعة المستهلكين) التي تحقق متطلبات الإيرادات.
9 التعرفات	9.1 رسوم صهاريج النقل	الرسوم والإيرادات الناتجة عن صهاريج النقل التي تُوصل مياه الصرف الصحي إلى محطات المعالجة. تعتبر هذه الرسوم رسومَ معالجة فقط، ويتم تعديلها اعتمادًا على خصائص نوعية مياه الصرف الصحي لتعكس تكلفة معالجتها. ولا تتضمن رسوم الربط مع الشبكة.
	9.2 رسوم المستهلكين المربوطين بالشبكة	الرسوم والإيرادات الناتجة من المستهلكين المخدومين من نظام الصرف الصحي (يتم تعديل مكونات وحدات المعالجة لتعكس الفروقات في خصائص نوعية مياه الصرف الصحي بين مجموعات المستهلكين).
	9.3 الإعانات التشغيلية الحكومية	الرسوم والإيرادات الناتجة عن الإعانات الحكومية الضرورية لتحقيق متطلبات الإيرادات عندما يتم فرض سقوف للتعرفات.
	9.4 ضخ مياه الري	الرسوم والإيرادات الناتجة من أنشطة ضخ مياه الري حيثما أمكن.
	9.5 الإيرادات الأخرى	الإيرادات من أرصدة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المسموح بها.
	9.6 إجمالي الإيرادات	إجمالي الإيرادات، ويشمل التحقق من الإيرادات والذي يجب أن يكون صفرًا.

10 التدفق النقدي	10.1 الإيرادات	إجمالي الإيرادات حسب مصدر الإيرادات بما في ذلك مساهمات المستهلكين.
	10.2 النفقات	إجمالي النفقات بما في ذلك نفقات رأس المال.
	10.3 صافي التدفق النقدي	صافي التدفقات النقدية السنوية والتراكمية.
21 تأثير سعر مياه الري	تُحدّد التعرفة المنزلية الناتجة (دينار أردني/م3) والرسوم المنزلية السنوية بناء على مجموعة مختلفة من أسعار بيع مياه الري. فكلما زاد سعر بيع مياه الري، انخفضت التعرفة المنزلية والعكس صحيح. تنخفض التعرفات إلى حد كبير في السنوات الأولى بسبب المكاسب الناتجة عن زيادة الكفاءة، إلّا أنّها تبدأ بالارتفاع مع انخفاض الكفاءة وبدء الطلب على صيانة رأس المال. تتطلب هذه الورقة تفعيل وحدة الماكرو لتعبئة الجداول وإعداد الرسوم البيانية (استخدم زر التحكم في الزاوية العلوية اليُمنى من الورقة). كما أنّه يمكن تعديل نطاق قيم تعرفة الري بواسطة مستخدم النموذج.	
22 تأثير سقف التعرفة	تُحدّد مستوى الإعانات الحكومية لتغطية الفرق بين الإيرادات المطلوبة والإيرادات الفعلية بناءً على مجموعة من سقوف التعرفة التي قد تفرضها الهيئات التنظيمية. وسيؤدي عدم تحقيق متطلبات الإيرادات إلى تَدنّي مستويات الخدمة و/أو تَخلي المشغّل عن مسؤولياته. وكلما انخفض سقف التعرفة، زادت الحاجة للإعانات والعكس صحيح. تتطلب هذه الورقة تفعيل وحدة الماكرو لتعبئة الجداول وإعداد الرسوم البيانية (استخدم زر التحكم في الزاوية العلوية اليُمنى من الورقة). كما أنّه يمكن تعديل نطاق قيم سقف التعرفة بواسطة مستخدم النموذج.	
23 تأثير مِنح رأس المال	تُحدّد تعرفات المنازل بافتراض أنّه لا توجد مِنح لاستثمار رأس المال، أي أنّه يتم استرداد التكلفة بالكامل، وتُقارن هذه التعرفات مع التعرفات الناتجة مع وجود المِنح. تُشير النتائج إلى أنّ التعرفات قد تكون أعلى بحوالي الضعف (من حوالي 0.40 دينار أردني/م3 بوجود المِنح إلى حوالي 0.80 دينار أردني/م3 بدون المِنح). ومع أنّ ذلك يبدو زيادة كبيرة، إلّا أنّ القيمة المطلقة لتعرفة مياه الصرف الصحي تقع ضمن النطاق الصحيح لتعرفات مياه الصرف الصحي التي ترمي إلى استرداد التكلفة بالكامل في أي مكان آخر من العالم. تتطلب هذه الورقة تفعيل وحدة الماكرو لتعبئة الجداول وإعداد الرسوم البيانية (استخدم زر التحكم في الزاوية العلوية اليُمنى من الورقة).	
24 مقارنة الخيارات	تُحدّد التعرفة المنزلية للخيارات الرئيسية الثلاثة. تُشير النتائج إلى أنّ التعرفات قد تكون الأقل في خيار استخدام أرصدة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المسموح بها، ومع أنّ ذلك قد يعتمد إلى حد كبير على مصدر الإيرادات الإضافي، إلّا أنّ انخفاض تكاليف رأس المال (وما ينتج عنه من انخفاض في صيانة رأس المال) لهذا الخيار يعتبر عاملًا مساهمًا صغيرًا. كما أنّ الفوائد المتحققة من هذا الخيار أيضًا تُعد ضئيلة، وتعتمد على استعداد الوكالات الخارجية لتقديم أرصدة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المسموح بها لهذا النوع من المشاريع. تتطلب هذه الورقة تفعيل وحدة الماكرو لتعبئة الجداول وإعداد الرسوم البيانية (استخدم زر التحكم في الزاوية العلوية اليُمنى من الورقة). هذا وتتراوح التكلفة السنوية لمنزل نموذجي بين 83 إلى 105 دينار أردني على المدى القصير، وتنخفض إلى ما بين 75 إلى 99 دينار أردني على المدى المتوسط، لكنها ترتفع إلى 94 إلى 120 دينار أردني على المدى الطويل (بناءً على مستويات الأسعار لعام 2019).	
25 تأثير سعر تعويض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون	تُحدّد التعرفة المنزلية الناتجة (دينار أردني/م3) والرسوم المنزلية السنوية بناء على مجموعة من قيم أرصدة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المسموح بها. وكلما ارتفعت هذه الأرصدة، انخفضت التعرفة المنزلية والعكس صحيح. على أساس تعرفة الري البالغة 0.10 دينار أردني لكل م3، يجب أن ينخفض سعر رصيد انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المسموح بها إلى حوالي 10.00 دينار أردني لكل طن من الكربون المخفض قبل استبعاد فوائد خيار أرصدة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المسموح بها بشكلٍ فعال. وبالمثل، فإنّ تعرفة الري البالغة 0.20 دينار أردني لكل م3 يمكنها أن تنافس خيار أرصدة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المسموح بها. تتطلب هذه الورقة تفعيل وحدة الماكرو لتعبئة الجداول وإعداد الرسوم البيانية (استخدم زر التحكم في الزاوية العلوية اليُمنى من الورقة). كما أنه يمكن تعديل نطاق أسعار أرصدة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المسموح بها بواسطة مستخدم النموذج.	
26 تحليل التكاليف التشغيلية	توضح هذه الورقة التكاليف التشغيلية للخيارات الثلاثة الرئيسية. وكما هو متوقع، تتمثل التكلفة الأساسية في العَمالة وتبلغ حوالي 30,000 دينار أردني في السنة. وهذا يعادل قوة عاملة مؤلفة من 3-4 موظفين، الأمر الذي يبدو منطقيًا لمشروع بهذا الحجم.	

الجزء (د) القبول الاجتماعي كأولوية من أولويات أنظمة الصرف الصحي اللامركزية المستدامة

الكاتب: لوري بديع

بالاشتراك مع: إسماعيل الباز، ينز جوتزنبيرجر

1. المقدّمة

توفر أنظمة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية فرصة للبدء في معالجة مياه الصرف الصحي وتوليد مياه الري في الأماكن غير المربوطة بمحطات المعالجة المركزية؛ حيث تتم معالجة مياه الصرف الصحي وتصريفها (أو إعادة استخدامها) مباشرة عند نقطة التوليد أو بالقرب منها. وتشمل محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية مجموعة كبيرة من الأحجام والتقنيات التي تتميز بقدرتها على توفير البنية التحتية لمعالجة مياه الصرف الصحي في المجتمعات النائية والريفية، ومرونتها للتكيّف مع التجمعات شبه الحضرية سريعة النمو، إلّا أنّ التطبيق الملائم لهذه الأنظمة البديلة في البلدان النامية، بما فيها الأردن، لم يرتقِ بعد إلى المستوى المقبول. وقد يُعزى ذلك إلى تكاليف الاستثمار المرتفعة نسبيًا لكل متر مكعب من مياه الصرف الصحي مقارنةً بالأنظمة واسعة النطاق (التي تحقق وفورات الحجم)، وغياب الوعي بالأضرار التي تفرضها الممارسات الحالية على الموارد المائية الشحيحة، والافتقار إلى اللوائح التنظيمية، إلّا أنّ معظم المشاريع والمبادرات السابقة أغفلت الجوانب الاجتماعية والاقتصادية والبيئية والثقافية، بل وحتى أنها افتقرت إلى نماذج الإدارة التي تضمن الاستدامة. وبالرغم من أهمية التقنيات المصممة بدقة، وعمليات التشغيل والصيانة المُرضية (مثل نماذج الأعمال) لتمكين مشاريع إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية، إلّا أنّ أخذ نظرة عامة عن المعرفة والتصورات لدى أفراد المجتمع وإشراكهم في هذه المشاريع أمر بالغ الأهمية أيضًا لتحقيق الاستدامة والنجاح.

لقد أصبحت محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية ذات أهمية خاصة نظرًا لقدرتها على تقليل تكاليف المعالجة (أي تكلفة التشغيل والصيانة) على المدى الطويل، وتقليل الآثار البيئية وتيسير إعادة استخدام مياه الصرف الصحي. والاعتقاد السائد هو أن إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية يمكن أن تسدّ الفجوة بين الأنظمة الموجودة في الموقع مثل خزانات معالجة الصرف الصحي وخيارات المعالجة المركزية، سواء من حيث أداء المعالجة والتكاليف و الموثوقية. ويعتمد نجاح النظام اللامركزي على العديد من العوامل المتعلّقة بالقبول الاجتماعي للسكان الذين يتلقون الخدمة والسكان المحيطين بالمناطق التي يوجد فيها النظام. وعلاوةً على ذلك، تتطلب إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية الناجحة قدرًا من المشاركة بالعمل، بعبارة أخرى، تُعدّ مشاركة أفراد المجتمع والقبول الاجتماعي والقدرة الإدارية وتغيير الإجراءات الروتينية من القضايا التي يجب معالجتها عند التفكير في تنفيذ مثل هذه الأنظمة.

ويتمثل الغرض من ورقة العمل هذه في تحديد القضايا المختلفة التي تثير القلق العام عند تخطيط وتنفيذ مشاريع إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية. حيث ستتم دراسة الأسباب المختلفة لرفض أو عدم قبول سكان الريف في الأردن، ممّا قد يساعدنا على تحديد الحلول الموجهة نحو تفضيلات ومصالح الأشخاص المعنيين.

2. معلومات أساسية عن أنظمة الصرف الصحي اللامركزية والتحفظات تجاهها

يوجد في بعض المناطق طلب على بدائل لأنظمة الصرف الصحي الحالية في حين قد يُلبي الوضع الحالي احتياجات السكان في مناطق أخرى. وفي جميع الحالات، يعدّ إنشاء محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية تحديًا في الأردن. ويهدف الجزء الأول هذا إلى دراسة القضايا المختلفة المتعلّقة بالقبول الاجتماعي، سواء كان الأمر متعلّقًا بالتصورات حول هذه الأنظمة أو بتشغيلها وصيانتها بشكل مستدام في المستقبل.

1.2 التحدي الأول: موقع محطة المعالجة

تُظهر التجربة أنّ معظم الأشخاص وأصحاب المصلحة المعنيين يبدون اهتمامًا بالمشاركة في تنفيذ هذه الأنظمة خلال المرحلة المبكرة من المشروع، إلّا أنّ إحدى أصعب القضايا التي يجب معالجتها عند تقييم جدوى المشروع هي المخاوف المتعلّقة بموقع محطة المعالجة.

وأثناء وضع المفاهيم والتخطيط لمشاريع إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية، فإن أحد أهم المعايير بالنسبة للسكان الذين يرفضون تغيير نظام الصرف الصحي الخاص بهم هو موقع محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية. فقد سلَّط اختيارُ الموقع الضوء على القضايا التالية.

1.1.2 سعر الأرض وقيمتها

يتمثل التحدي الأول في اختيار الموقع، إذ يجب تشييد محطة معالجة مياه الصرف الصحي في منطقة ذات تضاريس استراتيجية لتسهيل تدفق المياه دون اللجوء إلى الأنظمة الكهربائية المكلفة (أي الضخ). وفي الحالات المفضلة، تكون المنطقة الملائمة على أرض من الأملاك العامة، مما يسهل اتخاذ القرارات من قبل المجتمعات المحلية. وفي حال كانت الأرض الوحيدة المتاحة مملوكةً ملكيةً خاصةً بسبب المتطلبات الطبوغرافية أو الفنية اللازمة لإنشاء محطة المعالجة، فيجب حينها التفاوض على شراء الأرض. ومن ناحية أخرى، وحتى في هذه الحالة، قد يمثل اختيار موقع بعيد عن المساكن مشكلة، إذ يشعر ملاك الأراضي حول هذه المنطقة بالقلق بشكل خاص بشأن انخفاض سعر وقيمة أراضيهم. ويعتبر هذا القيْد الذي يعيق إنشاء الأنظمة اللامركزية هو أهم ما يجب أخذه بعين الاعتبار في حالة الأردن. ومن أجل معالجة هذه المشكلة بطريقة ملائمة، فمن الضروري استشارة السياسيين ورجال الدين وممثلي العشائر المختلفين وإشراكهم في اتخاذ القرارات في المراحل الأولى من تصور المشروع (عند تقييم جدوى المشروع ومصالح كل طرف وقبول المفهوم وما إلى ذلك). كما أنّ قبول أغلبية السكان لوجود مرافق قريبة سيكون له تأثيرٌ إيجابي على تصور قيمة هذه الأراضي. ولا يمكن تغيير هذا التصور المعرفي الذي لا يزال سلبيًا حتى اللحظة، إلا عندما تفي محطات المعالجة هذه بتوقعات السكان من حيث المخاطر والمظهر (انظر الفقرة التالية «المخاوف المتعلّقة بالصحة والسلامة»).

2.1.2 المخاوف المتعلّقة بالصحة والسلامة

إنّ معظم المشكلات التي تواجهنا بسبب نقص خدمات الصرف الصحي تتعلّق بالصحة، ويعزى ذلك إلى تلوث المياه الجوفية، كما أنّ التفريغ المتكرر للحفر الامتصاصية في الموقع حتمًا يكبّد السكان أعباء مالية إضافية ويتسبب في انتشار الذباب والبعوض. وفي بعض الأماكن، يتأثر السكان بشكل مباشر بالروائح المحيطة. وفي هذا الصدد، فإن التحدي المتمثل في تشييد محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية سيكون بمثابة حل لهذه المشكلات المتعلّقة بالصحة والسلامة، إلّا أنّه بالكاد ما يتم قبول تلك الحلول حتى الآن، خاصة في ظل عدم وجود تطبيقات ناجحة لها في الأردن. ففي الواقع، يتطلب إقناع السكان بمزايا واستدامة هذه المحطات أن يكون أمامهم نموذج يحتذى به للنظر إليه. وعندما يتعلّق الأمر بضرورة التخلص من أنظمة الحفر الامتصاصية، فإن الناس لا يتمتعون بالقدر الكافي من المعلومات لمعرفة المكاسب التي يحققها لهم النظام اللامركزي الذي قد يكون مزعجًا من حيث الرائحة والمظهر، حاله حال الأنظمة الحالية. وعلاوةً على ذلك، فإن المزايا التي تجلبها هذه الأنظمة والمتمثلة في إعادة استخدام المياه لأغراض الري، وموثوقية جودة هذه المياه ليست أمرًا متجذرًا تمامًا في العقليات وليس لدى السكان المعنيين أي يقين بشأنها.

3.1.2 العوامل الثقافية والدينية

بالرغم من أن العامل الديني لا يلعب دورًا مباشرًا في الأردن فيما يتعلّق بإدارة الصرف الصحي، إلّا أنّه يظل معيارًا ثقافيًا راسخًا، والذي قد يفسر إحجام السكان عن المشاركة في استحداث نظام الصرف الصحي اللامركزي على مستوى الأسرة والمجتمع. إذ يوجد اهتمام عام بالنظافة أو الطهارة من وجهة النظر الدينية. ولذلك، قد يكون من المفيد تسليط الضوء على الاعتبارات الدينية لمعالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها في أي خطط توعية مستقبلية. وأخيرًا وليس آخرًا، قد تؤخذ الجوانب الثقافية الأخرى في الاعتبار مثل خوف بعض الناس من العيش بالقرب من محطة معالجة مياه الصرف الصحي؛ الأمر الذي يمكن حله أيضًا من خلال تحسين نظرة الناس للمرافق وتبديد أية مخاوف تتعلّق بنظافة المحطات وانبعاث الروائح منها.

2.2 التحدي الثاني: الجوانب الاقتصادية والمالية

تبدو فوائد النظام اللامركزي أقل بالنسبة للعديد من الأشخاص الذين يؤيدون تنفيذه. إذ إنه باعتماد نظام إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية، سيتعيّن على المستخدمين إلغاء نظامهم الحالي الذي لا يكلف الكثير من حيث رسوم التفريغ (خاصة بالنسبة للأشخاص الذين يحصل تسريب في خزانات معالجة الصرف الصحي الخاصة بهم وبالتالي لا تمتلئ أبدًا)، واستبداله بنظام آخر ودفع رسوم المرة الأولى (رسوم الربط مع الشبكة) والدفعة الشهرية (تعرفة الصرف الصحي). وفي مثل هذه المشاريع، غالبًا ما يتم التكفل برسوم الربط بالشبكة أو دعمها من قبل الحكومة أو المانحين في حالة المشاريع المموّلة من المانحين. وعلاوةً على ذلك، لا يرى المستخدمون المباشرون أي مزايا في هذا النظام الجديد، لأن إعادة استخدام مياه الصرف الصحي التي يوفرها هذا النظام لا تفيد إلا المزارعين الذين يعيدون استخدام هذه المياه لأغراض الري؛ حيث سيكون المزارعون المستفيدينَ الوحيدين من الربط بمحطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية في الأردن، لأنّ بإمكانهم الاستفادة من هذه المياه المعالجة بسعر أرخص من المياه العذبة وبكميات أكبر، إلّا أنّه من منظور اقتصادي، فإن الأسر التي لا تعمل في القطاع الزراعي لا ترى سوى عيوب هذا النوع من الأنظمة وإنشائها بالقرب من مناطق سكنهم (النتيجة السلبية الرئيسية هي انخفاض قيمة أراضيهم). علاوةً على ذلك، فإن تكلفة النضح من خزانات معالجة الصرف الصحي هي عامل يجب أخذه في الاعتبار؛ حيث ستتمثل القضية في جعل الربط بمحطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية أكثر جاذبية للسكان من خلال دعم رسوم الربط وتخفيض التعرفة قدر الإمكان.

3.2 التحدي الثالث: نوع نظام الصرف الصحي وتقنيات المعالجة

«التقنية الأنسب» هي التقنية ذات الأسعار المعقولة اقتصاديًا والمستدامة بيئيًا والمقبولة اجتماعيًا. وتندرج العديد من العوامل تحت الجانب الاقتصادي وتُستخدم في اتخاذ القرارات بشأن القدرة على تحمل تكلفة النظام. إذ يجب أن يكون المجتمع قادرًا على تمويل تكاليف التشغيل والصيانة بما في ذلك الإصلاحات والاستبدالات الضرورية طويلة الأجل. أمّا بالنسبة للقبول الاجتماعي، فيبدو أن مسألة اختيار التقنية هامة لسببين؛ يتمثل السبب الأول في أن الأنظمة المفضلة هي تلك التي تكون تكاليف الصيانة فيها منخفضة (كما هو الحال بالنسبة لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية وعلى وجه الخصوص الأنظمة القريبة من الطبيعة، مثل الأراضي الرطبة)، والتي تمكّن المجتمعات والمشغّل من التكيّف. أما السبب الثاني فيتمثل في أن الناس يفضلون غالبًا التقنيات المتطورة. ولذلك، يتمثل التحدي الحقيقي في إثبات حقيقة أن الأنظمة اللامركزية أكثر تكيّفًا مع المناطق الريفية ولا تتطلب قدرًا كبيرًا من الصيانة والقوى العاملة والطاقة مثل الأنظمة التقليدية، وبالتالي فهي أكثر استدامة على المدى الطويل.

ونظرًا لأن الأشخاص أو المجموعات من ذوي النفوذ لهم تأثير في عملية صنع القرار ويمكنهم في أي وقت الاعتراض على فكرة استحداث الأنظمة اللامركزية الجديدة، فمن الضروري إشراكهم في اختيار التقنيات (أي الجمع والمعالجة وإعادة الاستخدام مياه الصرف الصحي) وإطلاعهم جيدًا على كافة المعلومات اللازمة أثناء الترويج للمزايا التي تحملها هذه الأنظمة لمجتمعاتهم (على سبيل المثال في الرحلات الميدانية، والمواد الإعلامية، والاجتماعات الدورية...إلخ).

وهناك أسباب مختلفة وراء انخفاض القبول الثقافي الاجتماعي والتصورات السلبية لإدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية في الأردن. إذ توجد أيضًا اختلافات بين المجموعات المستهدفة، حيث تستخدم بعض الأسر مزوّد خدمة خاص لخدمات الصرف الصحي والتنظيف، بينما تستخدم أسرٌ أخرى هذه الخدمات فقط عندما يواجهون مشكلة عرضية في خزان معالجة الصرف الصحي. هذا ولا ينبغي التغاضي عن أهمية ملّاك الأراضي والأشخاص أو الجماعات من ذوي النفوذ في هذا الصدد.

ومن أجل تحديد اهتمامات هذه المجتمعات والحلول الممكنة لجعل الصرف الصحي أكثر جاذبية في نظرهم، من المهم تحديد العناصر التي نجحت أو فشلت في المشاريع الأخرى.

3. التجارب في مشاريع إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية

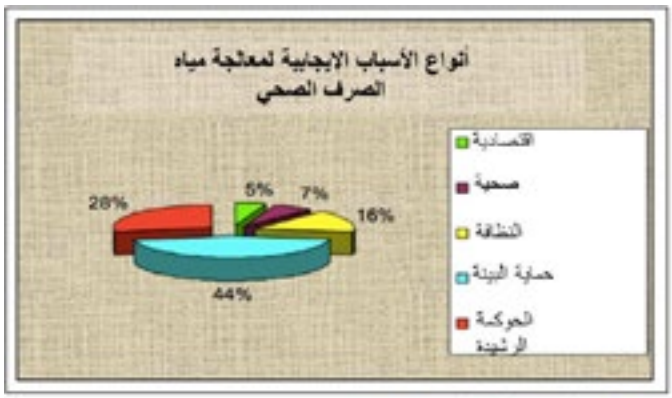
1.3 برنامج «SANIMAS» في إندونيسيا: مشاركات استباقية من قبل جميع أصحاب المصلحة المعنيين

التزمت حكومة إندونيسيا من خلال وزارة الأشغال العامة بزيادة الموارد لدعم تكرار وتوسيع نطاق الصرف الصحي اللامركزي المجتمعي على الصعيد الوطني من خلال برنامج «SANIMAS» منذ عام 2006. ويعتمد برنامج «SANIMAS» على مبادئ التنمية المجتمعية. وهو برنامج يرمي إلى توفير البنية التحتية لمياه الصرف الصحي لسكان العشوائيات الحضرية المزدحمة. وبعد عام 2007، تم اعتبار هذا النهج ناجحًا وباتت الحكومة المركزية تتبنى برنامج «SANIMAS» على الصعيد الوطني لتسريع تنمية الصرف الصحي من خلال تكراره في مدن أخرى من أجل تحقيق الأهداف الإنمائية للألفية. ويتمثل هدف البرنامج في تشجيع المبادرات المجتمعية بشكل مفتوح وتشاركي وباتباع نهج الاعتماد على الذات. ومشاركة المجتمع مطلوبة أيضًا في تمويل المرافق، في كل من مرحلتي الإنشاء والتشغيل.

الدروس المستفادة: ينبغي لمشروع إدارة مياه الصرف الصحي المجتمعي إشراك كافة مجموعات أصحاب المصلحة المعنيّين، بما في ذلك الجهات الحكومية وغير الحكومية مثل الأطراف الفاعلة المحلية أو القطاعات الخاصة، وذلك خلال المراحل المبكرة من عملية صنع القرار من أجل ضمان الشفافية في الإدارة واستدامة المشروع.

2.3 المؤسسة الألمانية للتعاون الدولي (GIZ) في فيتنام

تقوم المراحيض بدفق المياه العذبة من المنازل إلى خزانات معالجة الصرف الصحي، وهذا هو الحال أيضًا بالنسبة للعديد من البيوت التي لديها خزانات معالجة الصرف الصحي في الأردن. فكلما امتلأت الخزانات أو كانت مسدودة، طلبوا خدمات الصرف الصحي. ومن المفترض أنهم تأثروا بشكل واضح بمياه الصرف الصحي، وبالتالي، ومن خلال التجربة، يرون ضرورة معالجتها. وقد عُزي السبب في ذلك إلى نقص الوعي أو الخوف من التكاليف الإضافية أو كليْهما.



أجرى فريق المؤسسة الألمانية للتعاون الدولي (GIZ) دراسات صُنفت فيها أسباب معالجة مياه الصرف الصحي إلى خمسة أنواع رئيسية: الاقتصاد، الصحة، الصرف الصحي المجتمعي، حماية البيئة، الحوكمة الرشيدة. ولوحظ ذكر حماية البيئة في كثير من الأحيان، كما حققت الحوكمة الرشيدة نتائج أعلى من غيرها من المعايير. ويتمثل أحد الاختلافات بين هذا المشروع والحالات التي تم رصدها في الأردن بشكل أساسي في الوعي البيئي للسكان. ويبدو أيضًا أن معيار «الحوكمة الرشيدة» هام، حيث إن الثقة في المؤسسات الحكومية لإدارة المياه والصرف الصحي منخفضة نسبيًا في الأردن. وكما هو مذكور في الجزء الأول (راجع التحدي الأول: موقع محطة المعالجة)، في مشروع فيتنام، عارضت معظم الأسر اقتراح وضع خزان تجميع الحصى على أراضيهم الخاصة. وعلاوةً على ذلك، لم تكن هناك مبادئ توجيهية كافية تجبرهم على الاهتمام بمشكلات الانسداد إذا كانت التمديدات المنزلية قائمةً على ملكية عامّة (عدم وجود لوائح تنظيمية بشأن العقوبات على الانتهاكات وجودة الموارد البشرية غير المُرضية). ويعدّ الافتقار إلى اللوائح التنظيمية وكذلك عدم رغبة السكان في رؤية المرافق المنشأة بالقرب من ممتلكاتهم من المشكلات المتكررة.

الدروس المستفادة:

- تم تعزيز الوعي والقدرات حول كيفية تشغيل شركات الصرف الصحي بالإضافة إلى قدرات الإدارة والتخطيط؛ حيث أن شركات الصرف الصحي التي أدارت أعمالها بمزيد من الشفافية، أصبح لديها علاقات أكثر انفتاحًا مع الجمهور والمجموعة المستهدفة وباتت مؤهلة بشكل أفضل في نظرهم.
- يتوجب على الفريق الاستشاري والشركاء المحليين أن يعملوا معًا منذ المراحل الأولى للمشروع (لبناء أفكار أصلية حول المشروع) ويجب مزامنة أهدافهم. كما يجب أن تنعكس خصائص كل شركة من شركات إدارة مياه الصرف الصحي في خطط التدريب والتوجيه.

اتخاذ عدة تدابير لرفع الوعي العام:

- تمت إقامة فعاليات «اليوم المفتوح» في محطات معالجة مياه الصرف الصحي ومنشآت المياه، وحملات الإعلام والتثقيف والتواصل[49] لزيادة الوعي وتغيير سلوك المجتمع فيما يتعلّق بالبيئة ومياه الصرف الصحي، وحملات التواصل حول تعرفة مياه الصرف الصحي. كما تم اتخاذ تدابير في المدارس لتحسين قدرات المعلمين في التعليم والتواصل فيما يخص الصرف الصحي البيئي من خلال أساليب التدريس الإيجابية أو الأنشطة العملية (تطوير خطة لإدارة دورات المياه المدرسية، ومنافسة مواد التدريس حول الصرف الصحي البيئي، وحملة غسل اليدين، وما إلى ذلك). وتمثلت الأهداف الأخرى في حشد المجتمع للمشاركة في الأعمال المتعلّقة بتشغيل وصيانة نظام التصريف.

إلا أنه من الصعب المقارنة مع الوضع في الأردن بسبب الاختلافات في الأنظمة الاقتصادية، ولأن الحكومة الفيتنامية ما تزال تقدم للسكان العديد من المرافق المجانية في سياق مركزيةٍ ديمقراطيةٍ رأسيةٍ عادة ما تكون سياساتها مقبولة من قبل السكان.

3.3 ماليزيا: السياسات والغرامات كردّ على عدم الامتثال[50]

في ماليزيا، أبدى عدد متزايد من مالكي خزانات معالجة الصرف الصحي عدم استعدادهم لدفع رسوم النضح وكانوا يتصلون بصهاريج النضح فقط عندما تواجه خزّاناتهم مشكلة ما. وفي سبيل معالجة هذه المشكلة، تبنت الحكومة الماليزية سياسة جديدة للنضح حيث طلبت أن تتم عملية النضح مرة كل ثلاث سنوات إما عن طريق شركة الصرف الصحي الوطنية[51] أو مقاول خاص. وفي حال لم يتم تفريغ خزانات معالجة الصرف الصحي في غضون ثلاث سنوات، فيمكن تغريم المالكين بمبلغ يصل إلى 50,000 رينجيت (حوالي 8900 دينار أردني). وبموجب قانون قطاع خدمات المياه، تم زيادة غرامات عدم الامتثال بشكل كبير لمطالبة المالكين بالامتثال لواجبهم في النضح ودفع تكاليف خدمات الصرف الصحي في المناطق المشمولة.

الدروس المستفادة: وضع السياسات وإنفاذ القانون؛ إلّا أنّه سيكون من الصعب تطبيق ذلك في الأردن لأسباب سياسية.

3.4 برنامج الإدارة المستدامة والمتكاملة للمياه في تونس: برنامج توعوي (يركز على قطاع الزراعة / إعادة استخدام المياه لأغراض الري)

في سياق مشروع تجريبي لتحسين إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في مدينة ميدينين[52]، أقامت المؤسسة الألمانية للتعاون الدولي (GIZ) والديوان الوطني للتطهير برنامج توعية يستهدف بشكل أساسي العاملين في القطاع الزراعي. ويتكون البرنامج مما يلي:

1. إعداد دليل يوزع على السكان (تعميم مزايا النظام اللامركزي وإعادة استخدام المياه).
2. الدورات التدريبية وبناء القدرات.
3. استطلاع رأي في المنازل للاستقصاء عن المحاصيل المزروعة المختلفة (معدات الري وبرنامج التسميد وغلة المحاصيل المتحققة)، تلاه إعداد تقرير تجميعي.
4. وضع أدلة كاملة تحدد طرق التسميد وصيانة معدات الري واختيار المحاصيل وما إلى ذلك.

الدروس المستفادة: ضرورة المواد المستهدفة (تشمل التدريبات والأدلة التي تتلاءم مع احتياجات ومعدات الفئة المستهدفة.

---

(49) الإعلام والتعليم والتواصل

(50) برنامج شراكة البيئة والمياه في آسيا (WEPA)، الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي المنزلية في آسيا – التحديات والفرص، 2013.

(51) شركة الصرف الصحي الوطنية الماليزية «Indah Water Konsortium»

(52) المؤسسة الألمانية للتعاون الدولي (GIZ)، الديوان الوطني للتطهير، Programme de Gestion Durable et Intégrée de l'Eau (SWIM), Mission pour l'Etude d'Evaluation de la Situation de Reference du Système de Traitement et de Réutilisation des E.U.T de la STEP de Medenine et la Proposition d'un Projet Pilote d'Amélioration de ce Système (SWIM TN BA)، تقرير كانون الأول 2013.

4. التوصيات وخطة العمل لتنفيذ «سياسة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية»

في إدارة مياه الصرف الصحي، تؤدي برامج التوعية والمشاركة العامة إلى المزيد من القرارات المقبولة لجميع الأطراف المعنية. ومن الضروري مراعاة احتياجات ومعوقات وممارسات السكان المحليين من أجل تحديد المشكلات ووضع الأولويات واختيار التقنيات وتقييم الآثار. ولا تحظى القضايا البيئية دائمًا بأولوية عالية في ظل المشكلات الاجتماعية والسياسية والاقتصادية الخطيرة التي قد تواجه البلاد، إلّا أنّه من المهم الإشارة إلى قضية تلوث المياه الجوفية باعتبارها مسألة تتعلّق بالأمن القومي والنظر في تنفيذ سياسات مراقبة البيئة للتصدي لتلك المشكلة.

تحديد احتياجات / أولويات السكان وإدماج الناس منذ المراحل الأولى للمشروع

حسبما أوضحت الجمعية العلمية الملكية[53] في مشروع المؤسسة الألمانية للتعاون الدولي (GIZ) «الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي من أجل التكيّف مع التغيّر المناخي في الأردن» (ACC)[54] ، فمن الضروري، ومن أجل تقييم جدوى المشروع، أن يتم تحديد المجموعات والأشخاص ذوي النفوذ في كل القرى أو المجتمعات المستهدفة، ممّن يحظون بإجماع على تأثيرهم في صياغة المواقف والسلوكيات العامة لكل مجتمع. ومن الضروري أيضًا تحديد أولويات المجتمع من خلال النظر إلى الخدمات العامة القائمة من أجل التمكن من تشكيل إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية كما ينبغي، وفي الشكل الذي يناسب أولويات كل مجتمع. كما وينبغي أيضًا معرفة ما إذا كانت هذه المناطق غير مخدومة وإلى أي درجة يكون ربطها بشبكة الصرف الصحي ضرورةً ملحةً.

ضرورة مشاركة المجتمعات المحلية[55]

يجب أن تكون المشاركة مراعيةً للسياق وأن تلبي تطلعات المصالح المختلفة. كما ينبغي لمؤسّس المشروع أن يقرر بوعي مقدار السلطة التي ستُمنح للآخرين و ينبغي أن تكون المشاركة من ناحية السلطة متوازنة بشكل جيد من أجل تحقيق التآزر وإفادة جميع المشاركين.

كما يجب السماح بمشاركة الجنسين إذا أمكن، من أجل تحقيق نتائج مستدامة للمشروع.

وفي سبيل تعزيز مشاركة المجتمعات المعنية، يجب بناء الثقة بين مختلف الشركاء وتطوير التزام مشترك. ومن المهم ربط التزام المشاركين بوعيهم بالمشكلة وشعورهم بالقدرة على تحقيق إنجازٍ ما. هذا ويجب على مؤسسي المشروع أن يمنحوا الناس فرصة ليشعروا أنهم بإمكانهم أن يأتوا بالفكرة بأنفسهم، حيث إن تمكين الناس من اتخاذ قرارات معقدة يستلزم تعزيز الثقة وقد يتطلب بناء قدرات إضافية. كما ويمكن أن تكون الشهادات أيضًا حافزًا هامًا يحفّز الناس على المساهمة في بناء القدرات والمشاركة في الحملة البيئية والصحية.

وأخيرًا، حتى وإن كانت مشاركة السكان المعنيين ضرورية بشكل خاص في مرحلة التشغيل والصيانة وأثناء اختيار الموقع، إلّا أنّه يتوجب إعادة النظر فيها في الحالات التي تعيق فيها مشاركتهم المفرطة تقدّم المشروع، متسببةً بمنع اتخاذ التدابير البيئية الضرورية والعاجلة.

تعزيز الوعي بأنظمة الصرف الصحي وقبولها

قبل التفكير في تخطيط وتصميم المعدات والبنية التحتية، يجب إعداد حملة توعوية بيئية للناس، بمن فيهم الأطفال والشباب. بحيث يكون الهدف من تلك الحملة تزويد السكان المحليين بالموارد والتوعية والمعلومات اللازمة للتأثير على القضايا البيئية التي تضر بهم، وهي خطوة حاسمة نحو تحقيق الإدارة المستدامة لمياه الصرف الصحي وتوسيع حقل المعرفة بالمشكلات البيئية والحلول من خلال تقديم التجربة العملية للدولة (تسليط الضوء على المواقع التي تتأثر فيها المياه الجوفية بتصريف مياه الصرف الصحي المعالجة في البيئة). ومن أجل القيام بحملة توعية، تتوفر عدة أدوات[56] :

(53) الجمعية العلمية الملكية

(54) المشروع في قريتَي البويضة الغربية والدجنية في قضاء رحاب – في سياق مشروع «الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي من أجل التكيّف مع التغيّر المناخي في الأردن» (ACC) 2020/2014

(55) إرشادات مشروع الإدارة الفعالة لمياه الصرف الصحي ومعالجتها وإعادة استخدامها (EMWater)، 2007

(56) معظم العناصر التالية مستمدة من الخبرة المكتسبة من المشاريع القائمة.

الجدول (42) أهداف أنشطة التوعية الممكنة مع الفئات المستهدفة المحتملة

الفئات المستهدفة	الأنشطة الممكنة	الأهداف
• المؤسسات الحكومية (المدارس والمستشفيات) • المسؤولون المنتخبون • الشباب • الأهالي • مجموعة الأقران • الجهات المسؤولة عن التشغيل والصيانة	• المسابقات المدرسية (على سبيل المثال، تأثير تسرب خزانات معالجة الصرف الصحي، وغسل اليدين، والمراحيض المحسّنة، والصلة بين الماء والصحة) • العروض الفنية • عروض الفيديو والبث • الكتيبات والنشرات والبيانات الصحفية • الاجتماعات العامة (مثل الاجتماعات المفتوحة في قاعة البلدة) • الزيارات ميدانية (مثل الزيارات إلى مواقع ورش معالجة الصرف الصحي أو إلى المراحيض المحسّنة المخصصة لأغراض توضيحية) • اللوحات الإعلانية واللافتات • المواد التدريبية	• تعزيز وتوليد الطلب على الصرف الصحي الأساسي المطوّر وأفضل ممارسات النظافة • توعية السكان وقادة الرأي المحليين بعملية المعالجة وما يرافقها من اضطرابات محتملة تتعلّق بالمظهر والروائح • =سد الفجوة المعرفية وزيادة الوعي العام حول قيمة أنظمة معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية (تبدّد مياه الصرف الصحي المعالجة، تغذية المياه الجوفية والحفاظ على التدفق في الجداول) • الترويج لمزايا وضرورة إعادة استخدام المياه لأغراض الري. • مياه الصرف الصحي المعالجة والحمأة باعتبارها موردًا محتملًا • اعتبار تلوث المياه الجوفية كقضية أمن قومي

يجب التخطيط لحملة إعلامية منظمة تنظيمًا جيدًا، بحيث يتمثل هدفها الأول في زيادة الوعي الجماعي وتقديم محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية المستخدمة كتقنية بديلة موثوقة. كما يجب لهذه الحملة أن تُعرّف المستخدمين المحتملين على المزايا المرتبطة بإعادة استخدام مياه الصرف الصحي. ويجب ألا تقتصر معرفة المزارعين وعامة الناس على الفوائد التي ستنجم عن إعادة الاستخدام، بل يجب أن تتعداها إلى إلمامهم بالمخاطر الصحية والبيئية المرتبطة باستخدام مياه الصرف الصحي. كما يجب أن تهدف الحملة الإعلامية أيضًا إلى تقليل التحيز الثقافي والنفسي المرتبط بمياه الصرف الصحي. وبالتالي، يجب أن يشمل برنامج التوعية الجوانب الفنية والبيئية والصحية والاجتماعية والاقتصادية والثقافية. ويجب أيضًا على المساهمة التثقيفية أن تزوّد المزارعين بتفاصيل فنية شاملة والمخاطر المرتبطة والاحتياطات الواجب اتخاذها حتى تتم العمليات بمستوى مقبول من الأمان وبتكلفة معقولة. علاوةً على ذلك، ولتمكين رصد مدى زيادة الوعي، يجب تحديد الأهداف ذات الصلة ووضع مؤشرات واضحة لها (مثل تنفيذ برنامج التوعية بالمياه في المدارس، وعدد التغذية الراجعة الإيجابية من رحلة ميدانية، وما إلى ذلك).

ونظرًا لأن قلة الوعي البيئي في الأردن يمكن أن تُشكّل عائقًا أمام التنفيذ، يجب التأكيد على خفض التكاليف على المدى الطويل لهذا النظام اللامركزي بالإضافة إلى ضرورة إنشائه لحماية الموارد المائية النادرة والموارد الطبيعية من التلوث من أجل الأجيال القادمة.

المواد الإعلامية

يمكن للمواد الإعلامية الفعالة أن تثير الفضول والاهتمام بهذا الأنظمة. ويعدُّ توقيت برنامج التوعية ومدته أمرًا بالغ الأهمية. وإضافةً إلى ذلك، يجب استخدام طرق التوعية المختلفة على النحو المناسب، من أجل جذب انتباه واهتمام الجمهور المستهدف.

التوقيت

في حال لم يتم توفير المعلومات الخارجية للجمهور المستهدف في الوقت المناسب، فذلك قد يؤدي إلى تعطيل عملية التعلّم للمجموعة وأن يحول دون تحقيق نتائج البرنامج المتوقعة. وقد تكون فوائد هذه المواد الإعلامية محدودة إذا تم توفيرها في وقت مبكر جدًا، أو متأخر جدًا أو إذا لم يتم إعدادها جيدًا، إذ يمكن ألّا تُفهم أو أن تأتي بنتائج عكسية.

المواد المستهدفة

نظرًا لأن الأشخاص على اختلافهم يفهمون الأشياء بشكل مختلف، فمن المهم تزويدهم بمعلومات منظمة. وفي حين أنه قد يتم تصميم بعض المواد الإعلامية (مثل الملصقات والنشرات الإعلانية) لتكون موجهةً عمومًا إلى جمهور عريض من المجتمع، إلّا أنّه قد يتم توجيه المواد الأخرى التي تحتوي على معلومات فنية أكثر تفصيلًا إلى مجموعة معينة (مثل المزارعين أو مجلس الآباء والمعلمين)

أو حتى الأفراد المكلفين بمسؤوليات محددة (مثل الأشخاص المسؤولين عن التركيب والصيانة). وبهذه الطريقة، يمكن للأشخاص الذين يتلقون المعلومات أن يطبقوها بشكل مباشر أو أن يقوموا بدورهم بنشرها ونقلها إلى الآخرين، مع وضع خطوات لتعليم وتدريب الآخرين.

المجتمع

عند تطوير مادة إعلامية، يجب مراعاة أن تتمحور العملية بشكل غير مباشر حول المجتمع (مستخدمي المعلومات).

5. المراجع

GIZ, ONAS, Programme de Gestion Durable et Intégrée de l'Eau (SWIM), Mission pour l'Etude d'Evaluation de la Situation de Reference du Système de Traitement et de Réutilisation des E.U.T de la STEP de Medenine et la Proposition d'un Projet Pilote d'Amélioration de ce Système (SWIM TN BA), report December 2013, available on SWIM Website.

GIZ, Promoting Decentralised Wastewater Treatment & Reuse In Peri-Urban Jordan

GIZ, Ministry of Construction Hanoi, DECENTRALISED WASTEWATER TREATMENT Lessons-learnt from Five Years Project Implementation, 2014.

INFAD, Wastewater Treatment. World Fatwa Management and Research Institute, Islamic Science University of Malaysia, 2012.

Omenka Esther, Improvement of Decentralised Wastewater Treatment in Asaba, Nigeria, 2010.

Leaf RHDHV, GIZ, Feasibility study for construction of decentralized wastewater treatment plant(s), as well as the households and sewer connections and reuse system in Rehab villages Bwaidhah Gharbiyyeh and Al Dajaniyyeh – Mafraq Governorate, 2017.

May A. Massoud, Akram Tarhini, Joumana A. Nasr, Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries, Journal of Environmental Management, 2009.

Ministry of Water & Irrigation: Decentralized Wastewater Management Policy, *Public Participation and Community Engagement, 2016.*

Restrepo Inès, Key issues for decentralization in municipal wastewater treatment Diana Paola Bernal, 2012.

Royal Scientific Society, Water and Environment Centre, Rapid Rural Appraisal (RRA) for the Implementation of Decentralized Wastewater Treatment Plants, As Well As Household Connections, Sewer and Reuse Systems in Rehab Villages (Bwaidhah Gharbiyyeh & Dajaniyyeh) – Mafraq Governorate

Swim, Documentation Of Best Practices In Wastewater Reuse In Egypt, Israel, Jordan & Morocco, 2013.

The EMWater Guidelines, 2007.

Wepa, Decentralised Domestic Wastewater Management In Asia – Challenges And Opportunities, 2013.

الجزء (هـ) الإرشادات التوجيهية الموضوعة بناءً على تجارب مشروع «الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي من أجل التكيّف مع التغيّر المناخي في الأردن» (ACC) من 2014-2019

الكاتب: رانيا الزعبي

بالاشتراك مع: ينز جوتزنبيرجر وهشام السلامات

1. معلومات أساسية عن إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية واستخدامها في الأردن

1.1 مقدمة

إنّ توفر ما يكفي من المياه الصالحة للشرب هو مطلب أساسي لبقاء البشر على قيد الحياة. ويمكن للمياه أن تتلوث بعدة وسائل، كما يمكن أن يتسبب تصريف مياه الصرف الصحي المنزلية في تلوث جرثومي للمياه الجوفية والمياه السطحية، وذلك للأسباب التالية: (أ) الانتشار الواسع لخزانات معالجة الصرف الصحي / الحفر الامتصاصية في المساكن التي لا يوجد بها أنظمة تجميع للصرف الصحي، (ب) عدم توفير المعالجة الإضافية الضرورية والمناسبة للمياه في المصبّات، (ج) عدم توافر الإدارة الداعمة لمياه الصرف الصحي، و(د) عدم وجود إدارة للحمأة البرازية، خاصة في التجمعات السكانية الكثيفة نسبيًا في المناطق الريفية وشبه الحضرية. وبسبب هذا النقص، غالبًا ما تكون المياه الجوفية الضحلة وكذلك مصادر المياه السطحية ملوثة بمسببات الأمراض.

ويعدّ الأردن من البلدان التي تتوفر فيها أدنى مستويات المياه للفرد في العالم. إذ كانت الدولة تستغل مواردها من المياه الجوفية بشكل مفرط منذ عقود وما زالت تفعل ذلك بلا هوادة، الأمر الذي يتسبب في انخفاض مناسيب المياه الجوفية حتى 5 أمتار في السنة مما يؤدي إلى زيادة ملوحتها خاصة في شمال الأردن.

هذا ويُقيم ما يقرب من ثلاثة ملايين شخص في حوالي 1350 مجتمعًا متوزعين فيها بمعدل يقل عن 50,000 نسمة في كل مجتمع. ويعيش مليون شخصًا منهم في حوالي 1200 مجتمعًا متوزعين بمعدل يقلّ عن 5000 شخصًا في كل مجتمع منها. وبعض هذه المجتمعات، لا سيّما المجتمعات الأكبر التي تقع بالقرب من البلدات والمدن الرئيسية، مشمولة بخدمات الصرف الصحي المتصلة بمحطة معالجة مياه الصرف الصحي، إلّا أنّ معظم المجتمعات الصغيرة، التي يبلغ مجموع سكانها أكثر من مليوني شخص، تعتمد على الحفر الامتصاصية لتجميع مياه الصرف الصحي والتخلص منها، والتي يُقدر حجمها بحوالي 40 مليون متر مكعب سنويًا. ويسيل حوالي 37 مليون متر مكعب من مياه الصرف هذه ويتسرب مباشرة من الحفر الامتصاصية التي عادةً ما تكون غير محكمة الإغلاق إلى جوف الأرض، أو يتم التخلص منها في البيئة المفتوحة أو في مواقع مكبات غير خاضعة للتنظيم. ويكون تفريغ الحفر الامتصاصية أمرًا نادرًا في معظم المجتمعات لأنّها تكون غير محكمة الإغلاق وتسمح لمياه الصرف الصحي بالتسرّب إلى الأرض. وفي حالات أخرى، فإن جيولوجيا المنطقة (مثل التربة غير النفاذة) أو صغر حجم الحفرة بالنسبة لمياه الصرف الصحي التي تنزل فيها يتطلب تفريغًا بوتيرة أكبر. (الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية، 2012).

كما وتُعدّ إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة لري المساحات الخضراء، وإعادة استخدامها في زراعة بعض المحاصيل الغذائية و/أو الأعلاف، أو إعادة استخدامها لإنتاج الزراعة المائية، أو إعادة استخدامها في المجالات أخرى الموافق عليها، إجراءً ضروريًا للتكيّف مع التغير المناخي في بلد يعاني من شحّ المياه مثل الأردن.

2. الأنشطة والدروس المستفادة من مشروع «الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي من أجل التكيّف مع التغيّر المناخي في الأردن» (ACC)

يسعى مشروع «الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي من أجل التكيّف مع التغيّر المناخي في الأردن» (ACC) إلى دعم المنظمات الشريكة مثل وزارة المياه والري وسلطة المياه وشركة مياه اليرموك لتعميم استخدام إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية كإجراء للتكيّف مع التغير المناخي من خلال حماية موارد المياه الجوفية من التلوث بمياه الصرف الصحي غير المعالجة، وتحسين ظروف الصرف الصحي، وإعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة بصورة منتجة. وفي هذا السياق، نفذ المشروع عدة أنشطة لتحقيق هدف الشراكة وفق الأقسام التالية:

1.2 قضاء رحاب

تم إجراء دراسة مفاهيمية في عام 2014 لتحديد المجالات المحتملة لتطبيق نظام إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية في الأردن. وقد استندت الدراسة إلى معايير الاختيار التي تم التحقق منها تحت إشراف لجنة التنفيذ الوطنية للإدارة اللامركزية الفعالة لمياه الصرف الصحي. وفي نطاق الدراسة، تم جمع معلومات حول الخيارات المناسبة لتطبيق نظام إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية في ثلاث مناطق ساخنة مختارة في إربد والمفرق والكرك وتم إعداد التصاميم المفاهيمية.

وبناءً على نتائج الدراسة والمناقشات مع وزارة المياه والري وسلطة المياه في الأردن، تم اختيار قريتيْ البويضة الغربية والدجنية في قضاء رحاب في محافظة المفرق كمنطقة تجريبية لإثبات جدوى معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية وإعادة استخدامها في المناطق الريفية في الأردن.

وتقع قريتا الدجنية والبويضة الغربية على بعد 18 كم و 15 كم على التوالي غرب مدينة المفرق، شمال الأردن، بالقرب من الحدود مع سوريا. أما فئات استخدام الأراضي الرئيسة في المنطقة فهي أراضٍ سكنية وتجارية وحكومية ومزارع ومناطق مفتوحة.

وتضم قرية الدجنية 5000 نسمة تقريبًا، ويشكل اللاجئون السوريون حوالي 20% من سكانها. وتبلغ مساحة القرية حوالي 14 هكتارًا. ويوجد في القرية مجمعات سكنية تقع بمنأى عن المناطق المأهولة الأخرى في القرية. كما تقع مجموعات من المنازل على تضاريس مرتفعة. وتتكون قرية البويضة الغربية من منازل متناثرة منتشرة حول طريق رئيسي يبلغ طوله حوالي 2 كم. ويبلغ عدد سكان قرية البويضة الغربية حوالي 1,000 نسمة، ويشكل اللاجئون السوريون حوالي 15% من سكانها. وتبلغ مساحة القرية حوالي 2.5 هكتار.

في عام 2016، أجريت دراسة جدوى مفصلة لنظام تجميع مياه الصرف الصحي ومعالجتها وإعادة استخدامها في هاتين القريتيْن ضمن إطار مشروع «الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي من أجل التكيّف مع التغيّر المناخي في الأردن» (ACC). وقد تم تقييم العديد من خيارات الصرف الصحي المجتمعية في الموقع. وشمل ذلك أنظمة تجميع ونقل ومعالجة وإعادة استخدام مياه الصرف الصحي المنزلية. وقد تمت مقارنة ثلاثة أنظمة صرف صحي مختلفة، وهي شبكات الصرف الصحي المبسّطة، وشبكات الصرف الصحي الخالية من المواد الصلبة وشبكات الصرف الصحي التقليدية، على أساس الأداء الفني والمالي لكل منها. وفيما يتعلّق بمحطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية، فقد تم الجمع بين المعرفة بأنظمة الصرف الصحي والمعالجة المختلفة مع المعلومات المتاحة عن الوضع المحلي، ونتج عن ذلك إعداد قائمة مختصرة من أربعة مفاهيم:

1. شبكات الصرف الصحي التقليدية والمبسطة بالاقتران مع برك استقرار الفضلات؛
2. شبكات الصرف الصحي التقليدية والمبسطة بالاقتران مع الأراضي الرطبة المنشأة على الطراز الفرنسي؛
3. شبكات الصرف الصحي التقليدية بالاقتران مع المعالجة اللاهوائية الرئيسية والمعالجة اللاحقة في الأراضي الرطبة المنشأة؛
4. شبكات الصرف الصحي الخالية من المواد الصلبة بالاقتران مع الأراضي الرطبة المنشأة.

بالنسبة للمعالجة اللاهوائية، تم النظر في نوعين من المفاعلات: مُفاعل التدفق العلوي اللاهوائي عبر طبقة الحمأة (UASB) والمُفاعل اللاهوائي ذو الحواجز (ABR). ويُعد كلا النظاميْن من التقنيات المثبتة فعاليتها في معالجة مياه الصرف الصحي المنزلية، على الرغم من أن تجربتها في الأردن تُعدّ تجربة محدودة. وبغرض توليد الحمأة بشكل محدود وبأحجام صغيرة، كان يُعتقد أن المعالجة اللاهوائية ملائمة جدًا لهذا التطبيق.

هذا وقد تم تقييم المفاهيم الأربعة باستخدام تحليلٍ متعدد المعايير، حيث تم النظر في الجوانب الفنية والاقتصادية والبيئية

والمؤسسية والاجتماعية، مقسّمة إلى 22 مؤشرًا. وقام ثمانية خبراء فنيين محليين ودوليين بتحديد قيَم لأداء كل مؤشر من مؤشرات المفاهيم الأربعة، والتي تم استخدامها بعد ذلك لحساب مؤشر الاستدامة. وقد سجّل المفهوم الثالث أعلى الدرجات في مؤشر الاستدامة بالإضافة إلى أعلى الدرجات في المعايير الفنية والبيئية والاجتماعية. ويتألف المفهوم الرابع من نظام صرف صحي بديل، خالٍ من المواد الصلبة (وهو أمر جديد بالنسبة للأردن)، وقد سجل أعلى الدرجات في الجوانب الاقتصادية، إلّا أنّه سجل أدنى الدرجات في الجوانب المؤسسية، لأن تطبيقه سيتطلب تكييف المعايير والمواصفات الوطنية.

تم تنفيذ مجموعة متنوعة من الأنشطة في إطار مشروع «الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي من أجل التكيّف مع التغيّر المناخي في الأردن» (ACC) لضمان نجاح التخطيط لمشروع رحاب وتنفيذه. ويمكن تلخيص المنهجيات المختلفة التي تم تطبيقها على النحو التالي:

1. تم إجراء دراسات فنية لتقييم قابلية تطبيق نظام إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية (التجميع والمعالجة وإعادة الاستخدام) في القريتيْن من النواحي الفنية والاقتصادية والبيئية والاجتماعية. وشمل ذلك (1) الدراسة المفاهيمية حول الحلول اللامركزية لمياه الصرف الصحي في الأردن، (2) تقييم ريفي سريع تم من خلاله تقييم مدى تقبل إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية في المجتمعين ومناقشة اقتراحات للمواقع المحتملة لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي، (3) دراسة الجدوى لإنشاء محطة معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية، والتوصيلات المنزلية، وشبكات الصرف الصحي ونظام إعادة الاستخدام، (4) دراسة تقييم الأثر البيئي.
2. زيارات ميدانية منتظمة و فحوصات ميدانية في منطقة المشروع لجمع المعلومات المطلوبة ومتابعة نتائج الدراسات الفنية.
3. إذكاء الوعي العام وتقييم احتياجات تنمية القدرات. وتم دمج النتائج والتوصيات في الدراسات الفنية المتعلّقة بتطوير بيئة مواتية لتطبيق نظام إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية بنجاح، مع مراعاة الجوانب الثقافية والاجتماعية والسياسية والتنظيمية والاقتصادية.
4. أنشطة التوعية العامة مثل الاجتماعات مع صناع القرار والرحلات الميدانية إلى محطات معالجة مياه الصرف الصحي المماثلة (مثل الأراضي الرطبة المنشأة) لتقليل المخاوف المتعلّقة بانبعاثات الروائح الكريهة المحتملة.
5. إشراك شركاء المشروع (وزارة المياه والري، وسلطة المياه) في المناقشات الفنية واتخاذ القرارات من خلال عقد اجتماعات منتظمة للجان الفنية والتوجيهية.

إلّا أنّ التحدي الرئيسي فقد تمثّل في اختيار الموقع لإنشاء محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية، خاصة وأن الخيار الأكثر جدوى من الناحية الفنية والإدارية كان قطعة أرض خاصة. وقد كان المالك على استعداد لبيع الأرض للحكومة؛ لكن لم يؤيد العديد من الأفراد إنشاء محطة معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية على هذه الأرض، بالرغم من الجهود الهائلة التي بُذلت للتخفيف من حدة رفضهم أو جعلهم يعدلون عن الرفض من خلال الاجتماعات وجلسات التوعية والزيارات الميدانية مع المجتمع المحلي وأصحاب الأراضي المجاورة لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي المماثلة. وهنا قام فريق المشروع بترتيب اجتماع لأصحاب المصلحة تحت رعاية محافظ المفرق لاتخاذ قرار نهائي وملزم بشأن تنفيذ المشروع وموقع محطة معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية. وتم ترتيب هذا الاجتماع بالتنسيق مع الأمين العام لسلطة المياه. وتمت الموافقة خلال هذا الاجتماع على موقع محطة معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية من قبل المحافظ بناءً على إجماع معظم المشاركين الذين حضروا الاجتماع، إلّا أنّه بعد أسابيع قليلة، مارس عدد قليل من الممثلين ذوي النفوذ بالإضافة إلى بعض المقربين من صناع القرار رفيعي المستوى ضغوطًا هائلة، وأثّروا بشكل سلبي على القرار الذي تم اتخاذه. وبعد ذلك، تلقى المشروع خطابًا رسميًا صادرًا عن وزارة المياه والري، بناءً على طلب من وزارة الداخلية، يفيد بأن المشروع يجب أن ينتقل من القريتيْن. وبدأت عملية اختيار موقع المشروع الجديد.

ومن المعروف أن اختيار الموقع يمثل تحديًا صعبًا في جميع أنحاء العالم، ولكن في الأردن هناك أسباب محددة تدفع المجتمع إلى رفض وجود محطة معالجة مياه صرف صحي بالقرب من ممتلكاتهم، سواء كانت منازل أو مباني أو مزارع أو أراضي فارغة. أوضح المشروع بعض هذه الأسباب الأساسية لذلك والتي يمكن تلخيصها على النحو التالي:

- على الرغم من أن السكان يدركون ضرورة تمديد خدمات الصرف الصحي إلى ممتلكاتهم (من أي نوع)، إلّا أنّهم قلقون مما قد يطرأ على محطات معالجة مياه الصرف الصحي في الأردن من مشكلات تشغيلية محتملة. فقد شهد الناس بالفعل مشكلات بيئية ذات صلة مثل الرائحة الكريهة وسوء نوعية مياه الصرف وتصريف المياه المعالجة بشكل غير صحيح في الوديان.
- انخفاض أسعار الأراضي القريبة من محطة معالجة مياه الصرف الصحي.
- نقص الموارد المالية لضمان استدامة خدمات الصرف الصحي.
- تضارب المصالح عندما يتعلّق الأمر بشراء أراضي خاصة لإنشاء المحطات.
- عدم الثقة في استخدام مياه الصرف المعالجة للأغراض الزراعية.
- المسؤوليات غير الواضحة بين هيئات المياه بما فيها وزارة المياه والري، وسلطة المياه وشركة مياه اليرموك فيما يتعلّق بتشغيل وصيانة محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية، بما في ذلك قضية إدارة الحمأة.
- ميْل الناس إلى توصيل ممتلكاتهم بنظام مركزي بدلًا من وجود نظام صغير الحجم قريب من حدود القرية.

تم استثمار أكثر من عامين من الدراسات والعمل في منطقة المشروع، لكن العديد من التحديات أعاقت استمرار المشروع في قريتَي البويضة الغربية والدجنية. ونتيجة لهذه التحديات، قررت وزارة المياه والري تغيير موقع المشروع لأسباب سياسية.

الشكل (34) تقييم ريفي سريع مع صنّاع القرار في القريتيْن

الشكل (35) زيارة من المجتمع المحلي لمواقع محطات معالجة مياه الصرف الصحي المختلفة في الأردن

الشكل (36) اجتماع أصحاب المصلحة برعاية محافظ المفرق لاختيار الموقع

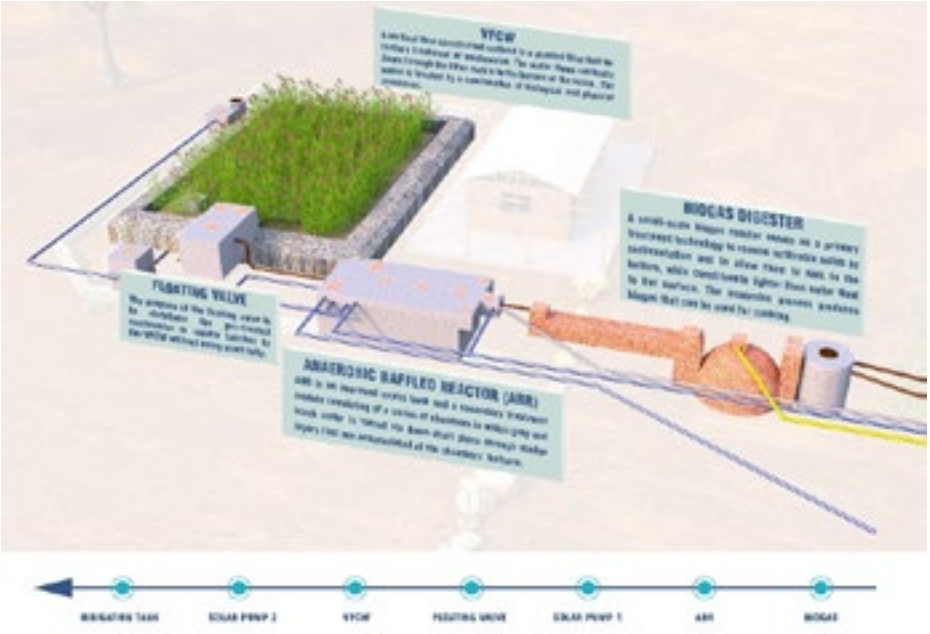
الشكل (37) مشاركة المجتمع المحلي في اختيار الموقع

2.2 إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية في نزل فينان البيئي، ضانا

تم اختيار نزل فينان البيئي الواقع في محمية ضانا للمحيط الحيوي جنوب الأردن في عام 2017 لتجربة محطة معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية ونظام إعادة استخدام مياه الصرف الصحي كبديل لقضاء رحاب نظرًا للمفهوم البيئي والمستدام بيئيًا للنزل الذي يتناسب تمامًا مع مفهوم معالجة مياه الصرف الصحي المحلية وإعادة استخدامها من خلال محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية الالقريبة من الطبيعة. وقد تم تنفيذ المشروع بالتعاون مع الجمعية الملكية لحماية الطبيعة، والمشغّل الخاص للنزل (شركة الفنادق البيئية)، وكذلك جمعية بريمن للبحث والتطوير في الخارج بصفتها منظمة مجتمع مدني ألمانية خبيرة في مجال الصرف الصحي المستدام. وتعود ملكية نزل فينان البيئي إلى الجمعية الملكية لحماية الطبيعة، وهي منظمة وطنية مستقلة، وتديرها مؤسسة خاصة.

يقع نزل فينان البيئي على أطراف محمية ضانا للمحيط الحيوي. وهو خارج تغطية الشبكة الكهربائية تمامًا، ويولّد طاقته الكهربائية من الشمس ويستمد مياهه من نبع قريب. وقد كان تصريف مياه الصرف الصحي بشكل مناسب يمثل تحديًا قبل إنشاء محطة معالجة مياه الصرف الصحي قليلة الصيانة والمعتمدة على الطبيعة بالإضافة إلى نظام إعادة الاستخدام المتكامل.

وتستخدم مياه الصرف الصحي المعالجة لري الأشجار المحلية المحيطة بالنزل، بهدف تحسين المناخ المحلي بفضل ظلالها وزيادة رطوبة الهواء. هذا ويعالج النظام أيضًا مخلفات الطعام التي يطرحها النزل. ونظرًا لأن نظام المعالجة يعمل فقط على الطاقة الشمسية ويولد الغاز الحيوي والمياه ليعاد استخدامها، فهو إجراء مثالي للتخفيف من التغير المناخي والتكيّف معه.



الشكل (38) محطة معالجة مياه الصرف الصحي في نزل فينان البيئي - نموذج ثلاثي الأبعاد

بالنسبة إلى الجانب التقني، فقد تم اختيار تقنية قليلة الصيانة وقائمة على الطبيعة. ويتكون النظام من وحدات المعالجة التالية:

- هاضم الغاز الحيوي: تتصل وحدة المعالجة الأولية هذه بالمراحيض وأحواض المطبخ (المجلى) في النزل. ويتم كذلك إدخال مخلفات الطعام في الهاضم، حيث تقوم البكتيريا اللاهوائية داخل المفاعل بتحويل المواد العضوية إلى غاز حيوي.
- المفاعل اللاهوائي ذو الحواجز: في خطوة المعالجة الثانوية هذه، تتم معالجة مياه الصرف الصحي الناتجة عن هاضم الغاز الحيوي مع المياه الرمادية المتولدة في النزل. وتتكون الوحدة من سلسلة من خمس حجرات تدفق، حيث تقوم الكائنات الحية الدقيقة بتحليل الملوثات الموجودة.
- حجرة المضخة الأولى: تتراكم مياه الصرف الصحي المعالجة في المفاعل في الحجرة، حيث يتم ضخها إلى الحجرة الصمام الطافي التي تليها. علمًا أن المضخة تعمل بنظام طاقة شمسية.
- حجرة الصمام الطافي: بمجرد وصول الماء داخل الحجرة إلى مستوى معين، يقوم الصمام تلقائيًا بتفريغ كمية محددة من الماء في أحواض الترشيح اللاحقة. ومع هذا التحميل المتقطع، تصل وحدة المعالجة التالية إلى مرحلة الكفاءة الكاملة.
- الأراضي الرطبة المنشأة ذات التدفق العمودي: تعمل هذه المعالجة الثالثة على إزالة التلوث العضوي وكذلك العناصر المُغذّية ومسببات الأمراض من خلال العمليات الميكروبية الطبيعية. إذ إنها تُهيئ ظروفًا هوائية وتضمن أن تكون مياه الصرف الصحي المعالجة عديمة الرائحة.
- حجرة المضخة الثانية: تقوم المضخة التي تعمل بالطاقة الشمسية بنقل مياه الصرف الصحي المعالجة من الأرض الرطبة إلى خزان التجميع الذي يقع على تلة قريبة من النزل.
- خزان تجميع مياه الري: تتدفق مياه الصرف الصحي المعالجة من الخزان بفعل الجاذبية مرة أخرى إلى المفاعل اللاهوائي ذو الحواجز لإزالة النيتروجين بشكل أكبر. ويتدفق الماء المتبقي إلى نظام إعادة الاستخدام.
- نظام الري: يتم توزيع المياه المعالجة بفعل الجاذبية من خلال شبكة توزيع على 70 شجرة محلية تمت زراعتها في إطار المشروع.

يوضح المشروع التجريبي بنجاح أن الإدارة اللامركزية المتكاملة لمياه الصرف الصحي هي نهج عملي ومستدام يمكن تكراره في مناطق أخرى من الأردن، لا سيّما في المواقع التي لا يمكن ربطها بكفاءة من حيث التكلفة بمحطات معالجة مياه الصرف الصحي واسعة النطاق.

الشكل (39) محطة معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية في نزل فينان البيئي، محمية ضانا للمحيط الحيوي

ومع ذلك، لم يكن تصميم وبناء هذا المشروع التجريبي الناجح مهمة سهلة للأسباب المذكورة فيما يلي:

- كان التحدي الرئيسي للتصميم هو تلبية المواصفة القياسية الأردنية (2006/JS893) لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي من حيث تركيز النترات، إلّا أنّ الغرض من إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة لري الأشجار يتعارض مع ضرورة إزالة النترات باعتبارها عناصر غذائية هامة للنباتات. وفي العديد من البلدان الأوروبية، لا تتطلب معايير محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية، أو أنظمة المعالجة الصغيرة النطاق، إزالة العناصر المُغذّية مثل النترات والفوسفور. ولذلك، فمن الواجب تحديث معايير التصريف وإعادة الاستخدام في الأردن لتكييفها مع محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية التي تنبعث منها الملوثات بكميات أقل مقارنة بالأنظمة المركزية واسعة النطاق. وهذا ينطبق بشكل خاص فيما إذا تم إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في ري النباتات التي تستهلك العناصر المُغذّية. وبطبيعة الحال، يجب أن يُراعى التأثير على التربة والمياه الجوفية والصحة العامة عند وضع مواصفات نظام إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية.
- خلال عملية البناء، كان الافتقار إلى القدرات المحلية يمثل تحديًا. ويعود هذا إلى تنفيذ بعض وحدات النظام مثل قبة هاضم الغاز الحيوي على سبيل المثال. وقد كانت عملية اختيار مواد المرشح التي تتوافق مع المواصفات الفنية صعبة، خاصة وأن الرمل مزدوج الغسيل اللازم للأراضي الرطبة المنشأة ذات التدفق العمودي غير متوفر في السوق المحلي، وكان على الاستشاري تطبيق فحوصات محددة من أجل اختبار مدى توافق الرمل المغسول في الموقع مع المواصفات المطلوبة قبل تعبئة الرمل في أحواض الأراضي الرطبة المنشأة ذات التدفق العمودي.
- إن تحقيق الاستفادة القصوى من العمليات لتحقيق الجودة المطلوبة لمياه الصرف الصحي المعالجة يتطلب تدريبًا وجهدًا مكثفًا بالإضافة إلى فهم من قبل المشغّل، حتى يتم تحديد جدول التشغيل النهائي لضمان الأداء الجيد لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية.

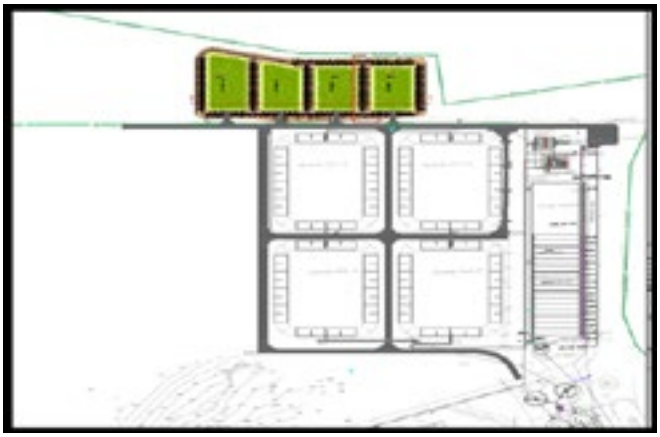
- إن توزيع المسؤوليات بوضوح بين شركاء المشروع (الاستشاريّين والمقاول والمقاولين الثانويين والمالك والمشغّل والممول) يعدّ أمرًا مهمًا لتجنب أية مناقشات تؤدي إلى النزاعات وأية تحديات غير متوقعة قد تطرأ أثناء عملية التنفيذ وبعدها.

3.2 أحواض القصب لتجفيف الحمأة في محطة وادي حسّان لمعالجة مياه الصرف الصحي، إربد

تعمل أحواض تجفيف الحمأة الموجودة في محطة وادي حسّان لمعالجة مياه الصرف الصحي وادي حسّان بشكل جيد خلال أشهر الصيف الجافة والحارة؛ إلّا أنّ أداءها خلال فصل الشتاء غير كافٍ، وهو ما أدى إلى التخلص المكلف من الحمأة السائلة في مكب الأكيدر الذي تديره وزارة البلديات. وبناءً على قرار اتخذته الوزارة في عام 2018، لم يعد بالإمكان التخلص من الحمأة السائلة في هذا المكب. ولذلك، يقوم مشغّل محطة وادي حسّان، أي شركة مياه اليرموك، بالتخلص من الحمأة السائلة في أرض مملوكة لشركة مياه اليرموك تقع بالقرب من مكب الأكيدر، إلّا أنّه ونظرًا لأن الأرض ليست مهيأة لتكون مكب نفايات صحي، فإن هذا الحل يعتبر حلًا مؤقتًا ليس إلّا.

ومن أجل حل هذه المشكلة، اتفق القائمون على مشروع «الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي من أجل التكيّف مع التغيّر المناخي في الأردن» (ACC) مع وزارة المياه والري وسلطة المياه على أن توفر المؤسسة الألمانية للتعاون الدولي (GIZ) بنية تحتية لمعالجة الحمأة السائلة الناتجة عن معالجة 900 متر مكعب / يوم من مياه الصرف الصحي. وبالتالي، فإن تحسين إدارة الحمأة يشير بشكل خاص إلى أشهر الشتاء الستة التي تفيد التقارير بأن أحواض تجفيف الحمأة الحالية لا تعمل بشكل جيد فيها. لذلك تقرر بناء أحواض القصب لتجفيف الحمأة لمعالجة الحمأة المتولدة خلال أشهر الشتاء (على أساس 900 متر مكعب من مياه الصرف الصحي في اليوم) في الموقع.

ويهدف هذا المشروع إلى تعزيز تقنية معالجة الحمأة بحيث تكون فعالة وقوية وسهلة التشغيل ومستدامة لاستكمال عمل أحواض تجفيف الحمأة الحالية، لا سيّما أثناء العمليات التي تتم في أشهر الشتاء. وتحقيقًا لهذه الغاية، سيتم تجريب أحواض القصب لتجفيف الحمأة في محطة وادي حسّان لمعالجة الحمأة الزائدة في مراحل المعالجة الأولية والثانوية. ويعدّ تمعدن (ترسيب المعادن) الحمأة باستخدام أحواض القصب تقنية معروفة ومثبتة من ألمانيا. وقد أثبتت العديد من الأنظمة التجريبية الإمكانات العالية لهذه التقنيات خاصة في المناخات الجافة أو شبه الجافة. ويتمتع نظام معالجة الحمأة الطبيعي بإمكانية عالية لاستبدال أو استكمال الطرق المكلفة والمستهلكة للطاقة لتجفيف حمأة الصرف الصحي والتخلص منها. ويمكن تخزين الحمأة منزوعة الماء والمتمعدنة لمدة تصل إلى 10-12 عامًا في الأحواض المزروعة بالقصب (القيصوب الجنوبي أو القيصوب الطويل) وتتحول الحمأة المتراكمة على مر السنين إلى طبقة تشبه التربة، بحيث لا تقوم بتخزين العناصر المُغذّية فحسب، بل تخزّن أيضًا ثاني أكسيد الكربون، مما يتيح الفرصة لخيارات إعادة الاستخدام المختلفة. وفي أسوأ الأحوال، يمكن أن تعمل هذه الأحواض على الأقل كمخزن أحادي للحمأة المتمعدنة، ممّا يجعل احتمالية إعادة الاستخدام في المستقبل أكثر بكثير من طريقة إلقاء الحمأة المجففة في المكبات.



الشكل (40) مخطط موقع أحواض القصب لتجفيف الحمأة (باللون الأخضر) بجوار أحواض التنظيف في محطة وادي حسّان

4.2 تنمية القدرات

تكمن نقطة القوة الفريدة لخطة تنمية القدرات التي تُنفَّذ في إطار مشروع «الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي من أجل التكيّف مع التغيّر المناخي في الأردن» (ACC) في اندماج المعرفة النظرية بالعملية. فمن ناحية، استهدفت أدوات التدريب بناء المعرفة النظرية للمتدربين؛ ومن ناحية أخرى، فإن مشاركتهم في عمليات تنفيذ نظام إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية قد صقلت خبرتهم العملية على أرض الواقع. ولذلك، فقد تم اختيار المتدربين بناءً على معايير معينة لمجموعات مستهدفة محددة. وقد أدت المشاركة الكاملة في التدريبات النظرية وعملية التنفيذ، إلى إضافة الاتساق والشمولية لأبعاد تنمية القدرات.

أدوات بناء القدرات الرئيسية المستخدمة في مشروع «الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي من أجل التكيّف مع التغيّر المناخي في الأردن» (ACC):

- دورة تدريبية في الأردن تغطي ثلاث وحدات: (1) مقدمة إلى إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية، (2) تقديم عطاءات إدارة البنى التحتية لمياه الصرف الصحي اللامركزية.
- (3) الإطار القانوني والبيئة المواتية لإدارة المياه والصرف الصحي اللامركزية.
- المدرسة الصيفية في ألمانيا حول (1) إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية وإعادة استخدامها وكذلك (2) تمويل إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية.
- التعلّم الإلكتروني في إطارَيْن مع عدة وحدات تشمل: (1) الصرف الصحي ومياه الصرف الصحي - مقدمة ومعلومات أساسية، (2) نُهج إدارة مياه الصرف الصحي، (3) واجهة المستخدم، وأنظمة تجميع ونقل مياه الصرف الصحي، (4) تقنيات معالجة مياه الصرف الصحي، (5) معالجة الحمأة، (6) التشغيل والصيانة، (7) إعادة استخدام مياه الصرف الصحي والحمأة، (8) التخفيف من حدة التغير المناخي والتكيّف معه.
- تدريبات أثناء الخدمة لموظفي شركة مياه اليرموك (تشغيل أحواض القصب لتجفيف الحمأة وأحواض تجفيف الحمأة في محطة وادي حسّان) وشركة الفنادق البيئية (تشغيل محطة معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية في فينان).
- ندوة بشأن البيئة المواتية لإدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية بالتعاون مع نقابة المهندسين الأردنيين.
- فيلم عن إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية.
- دراسة محلية ودولية حول نماذج العمل الخاصة بإدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية.
- أوراق مفاهيمية بشأن (1) معالجة مياه الصرف الصناعية، (2) إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية كإجراء للتكيّف مع التغير المناخي، (3) إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالَجة التي تولدها محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية.
- دليل بناء محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية (ما يجب وما لا يجب فعله).
- دليل التشغيل والصيانة لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية في فينان.
- دليل التوجيه بناء على تجربة مشروع «الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي من أجل التكيّف مع التغيّر المناخي في الأردن» (ACC).

معظم المواد التدريبية متوفرة على موقع مشروع «الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي من أجل التكيّف مع التغيّر المناخي في الأردن» (ACC):

http//:www.dwm-acc-jordan.net

3. تحديات إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية في الأردن

لن يكون من المجدي توسيع تنفيذ نظام إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية في الموقع المناسب ما لم نعترف أولًا بالتحديات التي تواجه هذه الأنظمة في الأردن وإيجاد حلول لها. ويلخص هذا الفصل العوائق الرئيسية التي تعيق توسيع نطاق إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية في الأردن:

1.3 البيئة المواتية

- يفتقر أصحاب المصلحة إلى الالتزام بسن سياسة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية (وزارة المياه والري، 2016)، والتي تعتبر خطوة هامة لتمهيد الطريق لتنفيذ نظام إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية. كما أن عدم التزام الحكومة بشكل كامل بمعالجة المشكلات المتعلّقة بغياب خدمات الصرف الصحي في المناطق الريفية وشبه الحضرية يخلق بيئة سياسية ومؤسسية لا تشجع على إدارة مياه الصرف الصحي بفعالية. وهذا القصور يعززه نقص الموارد المالية لتطوير وتنفيذ سياسات وبرامج فعالة لإدارة مياه الصرف الصحي في هذه المناطق.
- إن قرار عدم العمل على إكمال خطة العمل المخصصة التي طورتها وزارة المياه والري وسلطة المياه لتنفيذ سياسة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية - والتي تعتبر وسيلة مناسبة لخلق البيئة المواتية المطلوبة لإدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية – يؤدي إلى إبطاء تنفيذ سياسة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية على أرض الواقع.
- إن تنفيذ سياسة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية (أو سياسات المتابعة الموحدة التي هي قيْد الإعداد) لا يزال يفتقر إلى التنسيق والتعاون الوثيق بين الشركاء المعنيّين، من أجل العمل بنظام إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية على نطاق واسع (توسيع النطاق). إذ تتطلب إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية مزيدًا من التنسيق بين الهيئات الحكومية والقطاع الخاص والمجتمع المدني. وثمة حاجة للنظر في أنسب الترتيبات المؤسسية لإدارة محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية ومراقبة وتنظيم تلك المنظمات المسؤولة عنها.

2.3 مسؤوليات مؤسسية محددة بوضوح

في ظل عدم وجود إطار عمل مؤسسي رسمي يمكن من خلاله تنفيذ الأنظمة اللامركزية، من المرجح للجهود المبذولة في تقديم إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية أن تظلّ مجزأة وغير موثوقة. وعلى الرغم من أن الأردن يدرك الحاجة إلى تنفيذ أنظمة محسّنة لإدارة مياه الصرف الصحي في المناطق الريفية وشبه الحضرية، إلّا أنّه يتوجب دمج سياسة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية الحالية مع التشريعات الداعمة التي تحكم حماية الموارد المائية. ولم يتم تحديد هذه السياسات بشكل جيد وقد تكون غير مناسبة لتوسيع نطاق نهج إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية. وقد ثبت أن التحسينات المطلوبة للإطار المؤسسي صعبة التنفيذ بسبب النقص العام في الموارد والقدرات الإدارية.

وتشارك العديد من الجهات الفاعلة في تنفيذ مشروع إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية. ويعني ذلك منح التصاريح (مثلًا من قبل المحافظات أو البلديات)، والاستثمار في البنية التحتية (مثلًا من خلال الجهات المانحة)، وتشغيل محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية (مثلًا من خلال القطاع الخاص)، ودفع تكاليف العمليات (مثلًا من خلال المستفيدين)، والمراقبة (مثلًا من خلال سلطة المياه أو وزارة البيئة). وفيما يلي أمثلة لمشاركة بعض المؤسسات في إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية:

- بشكل عام، تكون وزارة المياه والري من خلال سلطة مياه الأردن، وشركات المياه المملوكة لسلطة مياه الأردن هي المسؤولة عن توفير خدمات الصرف الصحي في الأردن، إلّا أنّه لا يوجد حتى الآن التزام واضح من سلطة مياه الأردن بتنفيذ نظام إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية.

- وبالمثل، لم يتم تحديد الأدوار والمسؤوليات ذات الصلة للمحافظات والبلديات بشكل واضح.
- للحصول على إذن لإنشاء محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية، يجب الحصول على موافقة تقييم الأثر البيئي من قبل وزارة البيئة.
- إنّ إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة الناتجة عن محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية في الأغراض الزراعية يتطلب إذنًا من وزارة الزراعة؛ وينطبق الأمر نفسه على التخلص من الحمأة التي تتولد أثناء عملية المعالجة في المكبات.
- في حالة إنشاء محطة معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية على أرض عامة، فيجب على مالك الأرض العامة (مثل وزارة البلديات أو وزارة الزراعة أو المحافظة أو البلدية) تخصيص الأرض التي يتم اعتمادها لتكون موقع محطة معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية.
- أخيرًا، لم يتم بعد تحديد وتنفيذ آليات مشاركة القطاع الخاص في تقديم الخدمات.

ولذلك، فإن العدد الكبير من الأطراف المشارِكة إلى جانب الأدوار والمسؤوليات غير الواضحة يعيق العمل بنظام إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية على نطاق واسع.

3.3 تمويل النفقات الرأسمالية

يمكن أن تقلّل إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية من النفقات الرأسمالية المطلوبة لإدارة مياه الصرف الصحي في مناطق معينة بسبب تقليص طول المجاري (نظرًا لوفورات حجم محطة معالجة مياه الصرف الصحي نفسها)، لكن الحكومة الأردنية تفتقر إلى الموارد للاستثمار في البنية التحتية الجديدة وتعتمد على القروض (المُيسّرة) والمنح من الوكالات الدولية لتمويل التحسينات في تقديم الخدمات. وقد تكون عدم إمكانية الحصول على القروض وانعدام الحافز للاستثمار في البنية التحتية من العوامل ذات الأهمية الكبيرة.

كما أنّ حيازة الأرض من أجل أشكال المعالجة الأكثر شمولًا (مثل الأنظمة المعتمدة على الطبيعة التي تتطلب القليل من التشغيل والصيانة) قد تكون أمرًا صعبًا بالنسبة لأصحاب الموارد المالية المحدودة. وفي حالة عدم وجود آليات مناسبة لاسترداد التكاليف، قد تصبح الاستثمارات في إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية التزامًا ماليًا وقد يشكل ذلك عائقًا رئيسيًا أمام التشغيل المستدام لأنظمة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية. كما أن استرداد تكاليف إدارة مياه الصرف الصحي يتّسم بالضعف الشديد عمومًا، وحتى في حال توفر موارد مالية كافية، فلا تبدي المجتمعات في المناطق الريفية وشبه الحضرية سوى القليل من الاستعداد للدفع مقابل خدمات الصرف الصحي اللامركزية، وذلك للأسباب التالية:

- الظروف الاقتصادية الصعبة في المجتمعات الريفية، ولذلك، فإن المناطق المراد تنفيذ أنظمة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية فيها قليلة. وبالتالي، فإنها لا تمثل أولوية قصوى لاستثمارات البنية التحتية من قبل الحكومة.
- يُفضّل صناع القرار، بدلًا من ذلك، ربط المناطق المكتظة بالسكان بمحطة معالجة مياه الصرف الصحي واسعة النطاق لزيادة تغطية شبكة الصرف الصحي إلى أقصى حدٍ ممكن. والسبب الرئيسي لذلك هو تحقيق «وفورات الحجم»: فالنفقات الرأسمالية لكل شخص متصل بمحطات معالجة مياه الصرف الصحي واسعة النطاق عادةً ما تكون أقل من النفقات الرأسمالية التي يتم تكبّدها في محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية صغيرة النطاق.
- من الأسهل الحصول على التمويل لـ «بعض» محطات معالجة مياه الصرف الصحي واسعة النطاق (المركزية) مقارنةً بتنفيذ «العديد» من الأنظمة صغيرة النطاق لأن إنشاء محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية يتطلب مزيدًا من الجهد والوقت والنفقات الرأسمالية الإجمالية لتغطية العدد ذاته من الأشخاص. والسبب الرئيسي لذلك هو أن خطوات العمل المطلوبة لكل محطة معالجة مياه صرف صحي لامركزية هي بالأساس نفسها بالنسبة لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي واسعة النطاق، بما في ذلك تحديد الموقع، والدراسات المفاهيمية ودراسات الجدوى، وتقييم الأثر البيئي، والتصميم، وطرح العطاءات، والبناء، وإعداد نماذج العمل المستدامة...إلخ.

4.3 نماذج العمل المستدامة للنفقات التشغيلية

يجب أن يكون التشغيل المستدام لأنظمة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية متوافقًا مع المعرفة والمهارات المتاحة محليًا. ومع أنّ التقنيات البسيطة غالبًا ما تفشل عمليًا بسبب الافتقار لقدرات التشغيل والصيانة، إلّا أنّ إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية يمكن أن توفر فرصًا لتنفيذ هذه المهام بشكل صحيح من قبل أصحاب المصلحة المحليين، الذين لديهم حافز أكبر لضمان استمرار المرافق في الأداء على النحو المنشود، إلّا أنّه حتى في حال توفرت قدرات تشغيل وصيانة محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية محليًا أو كان بالإمكان تطويرها، فإنّ تغطية النفقات التشغيلية تمثل تحديًا للأسباب التالية:

- تتم حاليًا تغطية النفقات الرأسمالية لشبكات الصرف الصحي ومحطات معالجة مياه الصرف الصحي إلى حد كبير من قبل الشركاء الدوليين، إلّا أنّه يجب أن تتم تغطية النفقات التشغيلية عمومًا من قبل الحكومة المحلية والمستفيدين من خدمات الصرف الصحي.
- من أجل ضمان فعالية التشغيل والصيانة لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية، يجب وضع نماذج عمل مجدية ومستدامة. ولا مفرّ من اعتبار إشراك القطاع الخاص شرطًا مسبقًا للتوصل إلى نماذج عمل مُجدية، إلّا أنّ إشراك القطاع الخاص لا يزال يمثل تحديًا بسبب الافتقار إلى خطط الاعتماد (مثل اعتماد الشركات المقدمة لخدمة تشغيل محطات معالجة مياه الصرف الصحي) وإيرادات تغطية التكاليف (من خلال تعرفات مياه الصرف الصحي على سبيل المثال).
- يعتبر شعار «المعالجة اللامركزية - الإدارة المركزية» شرطًا أساسيًا معروفًا للتشغيل المستدام في سياق إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية، والذي ينطبق أيضًا في الأردن، خاصة إذا كان سيتم إشراك القطاع الخاص. ويتعيّن إنشاء عدد كافٍ من محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية لإعداد نماذج عمل مجدية حيث إن تجهيز محطات معالجة مياه الصرف الصحي صغيرة النطاق بموظفي التشغيل والمعدات على أساس دائم، لا يكون مجديًا من حيث التكلفة حتى عندما تكون متطلبات التشغيل والصيانة منخفضة. فضمان عمليات فعالة من حيث التكلفة يتطلب وجود حد أدنى معين من عدد محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية بحيث يمكن للموظفين والمعدات التناوب بين الأنظمة دون الحاجة إلى قطع مسافات كبيرة.
- في الوقت الراهن، لا يمكن لعائدات بيع مياه الصرف الصحي المعالجة كبديل للمياه العذبة أن يُغطي التكاليف، خاصة وأن أسعار المياه منخفضة ومدعومة. كما أنّه من المرجح ألّا يكون المزارعون أو غيرهم ممن يتلقون مياه الصرف الصحي المعالجة على استعداد لدفع مبالغ أكبر مقابل مياه الصرف الصحي المعالجة كما لو يدفعون للمياه العذبة، وإن كانت مياه الصرف الصحي المعالجة تحتوي على بعض بقايا العناصر المُغذّية القيّمة. وبذلك، فإن السبب في انخفاض إيرادات مبيعات مياه الصرف الصحي الخارجة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي يعود على وجه الخصوص إلى أسعار المياه المدعومة.
- ضروريًا.
- ينبغي النظر في نماذج العمل المبتكرة مثل بيع «المنتجات» (مثل محاصيل العلف التي يتم ريّها بمياه الصرف الصحي المعالجة الخارجة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية) بدلًا من بيع مياه الصرف.
- لمزيد من المعلومات حول نماذج العمل الخاصة بإدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية، بما فيها السيناريوهات المحتملة، يرجى الرجوع إلى **الجزء (د) نماذج العمل لإدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية في الأردن** من هذه الخلاصة الوافية.

3.5 الإطار التنظيمي لإدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية

يتطلّب توسيع النطاق دمج إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية في إطار متكامل لإدارة الموارد المائية وغيرها من خدمات إمدادات المياه والصرف الصحي وإدارة النفايات الصلبة. وقد تكون معايير التصميم الرسمية غير مؤطرة بطريقة تدعم تطوير محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية. لذلك، يلزم تطوير معايير مناسبة لاستخدامها في تصميم وبناء محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية، وتطوير معايير إعادة استخدام واقعية ومقبولة. هذا ويجب أن تستند السياسات إلى الخبرات العملية والأهداف الواقعية ويجب تطويرها بالتعاون الوثيق مع جميع المؤسسات التي تتعامل مع هذه المجتمعات التي تم تصميم محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية لخدمتها. وتتلخص التحديات المتعلّقة بالإطار التنظيمي الحالي لإدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية فيما يلي:

- تتطلب مواصفة التصريف/ إعادة الاستخدام سارية المفعول (2006/JS893) أن تكون محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية عالية الكفاءة، بما في ذلك من حيث إزالة المغذيات (النيتروجين والفسفور)، بغض النظر عمّا إذا كان يتم إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة للريّ أم لا. وفي حال كانت مياه الصرف الصحي المعالجة تستخدم لأغراض الري، على سبيل المثال في الزراعة أو لريّ الأشجار المثمرة، فمن غير المجدي إزالة العناصر المُغذّية لأن هذه العناصر الموجودة في مياه الصرف الصحي يمكن أن تقلل من استخدام الأسمدة الاصطناعية. كما أنّ إزالة العناصر المُغذّية على النحو المطلوب في المواصفة القياسية 2006/JS893 ستؤدي إلى زيادة النفقات الرأسمالية لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي. وفي حالة محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية على وجه الخصوص، حيث تكون كمية التلوث أصغر مقارنة بالأنظمة واسعة النطاق بسبب الكميات الأقل من مياه الصرف الصحي المعالجة، فإن حدود التصريف الطموحة والعالية أكثر من اللازم تُعرّض الجدوى المالية لمثل هذه المرافق للخطر.
- تنص المواصفة المقترحة في سياسة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية (وزارة المياه والري، 2016) فيما يخص الري، على تخفيف جميع الحدود وإزالة عنصر الفوسفور من محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية؛ إلّا أنّها لا تزال تتضمن حدود النيتروجين. والحدود المقترحة في السياسة لم يتم تضمينها بعد من قبل مؤسسة المواصفات والمقاييس الأردنية. وفي عام 2019، اقترحت مؤسسة المواصفات والمقاييس الأردنية مواصفة مُرهِقة تتضمن حدودًا لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي، ومرة أخرى دون الفصل بين الأنظمة الكبيرة والصغيرة. وقد كانت المواصفة، التي لم تتم الموافقة عليها حتى وقت كتابة الدليل، أكثر صرامة مقارنة بالمواصفة القياسية 2006/JS893. وفي الوقت الذي كان يتم فيه إعداد هذا الدليل، كانت سلطة المياه تعتزم اقتراح مواصفة تصريف/ إعادة استخدام منفصلة وأقل صرامة لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية.

6.3 لخبرات الفنية المحلية لإدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية

حتى عندما يقبل واضعو السياسات صلاحية النهج اللامركزي، فإن الافتقار إلى القدرة على تخطيط وتصميم وتنفيذ وتشغيل محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية من المرجح أن يمثل تحديًا كبيرًا أمام الجهود المبذولة لضمان اعتماده على نطاق واسع. ويجب أن يكون التشغيل المستدام لأنظمة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية متوافقًا مع المعرفة والمهارات المتاحة محليًا مع مراعاة ما يلي:

- معظم محطات معالجة مياه الصرف الصحي في الأردن تعتمد على أنظمة الحمأة النشطة (تهوية ممتدة). وبالتالي، فإن الخبرة العملية في التقنيات الأخرى تعتبر محدودة. وعادة ما يتم تصميم محطات معالجة مياه الصرف الصحي بواسطة استشاريين خارجيين مموّلين من المانحين.
- يمكن أن تكون إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية معتمدة على التقنيات المتطورة عمومًا (مثل مفاعل الدفعات المتتابعة) أو معتمدة على الطبيعة (مثل الأراضي الرطبة المنشأة)، حسب الموقع المحدد (مستوى المياه الجوفية والتلوث، ومخططات إعادة الاستخدام المطبقة، وتوافر الأرض، وما إلى ذلك). ولذلك يجب اختيار التقنيات الأنسب بناءً على نهج شامل، على سبيل المثال تحليل متعدد المعايير.
- يمكن تطبيق إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية في الأردن في الغالب في المناطق الريفية النائية، حيث يوجد طلب على

إعادة استخدام مياه الصرف الصحي لأغراض الري وتتوفر المساحات المطلوبة (خاصة في حالة تطبيق الأنظمة التي تعتمد على الطبيعة). كما يمكن تطبيق إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية أيضًا في المناطق شبه الحضرية إذا كان الربط بمحطات معالجة مياه الصرف الصحي واسعة النطاق أقل جدوى. أما التقنيات المناسبة لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية فهي على سبيل المثال: هاضم الغاز الحيوي، والمُفاعل اللاهوائي ذو الحواجز، ومُفاعل التدفق العلوي اللاهوائي عبر طبقة الحمأة، والأراضي الرطبة المنشأة (العمودية، الأفقية، النظام الفرنسي)، إلّا أنّ الخبرة المحلية في تصميم وبناء وتشغيل وصيانة هذه التقنيات لا تزال محدودة.

7.3 الوعي والقبول الاجتماعي

واجه مشروع «الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي من أجل التكيّف مع التغيّر المناخي في الأردن» (ACC) تحديات عدة في قضاء رحاب، وبالمثل، فإن القبول الاجتماعي فيما يتعلّق بالعمل بنظام إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية يعتبر تحديًا كبيرًا. ويكون الاعتراض بشكل أساسي على موقع محطة معالجة مياه الصرف الصحي، والتي تكون في المفهوم اللامركزي أقرب بطبيعة الحال إلى نقطة توليد مياه الصرف الصحي مقارنة باستخدام محطات معالجة مياه الصرف الصحي المركزية واسعة النطاق. وتستند الآراء السلبية حول محطات معالجة مياه الصرف الصحي إلى التجارب السيئة في الأردن التي رافقت إنشاء محطات معالجة مياه الصرف الصحي بشكل عام. ومن أجل زيادة القبول الاجتماعي، فإن إذكاء الوعي بالطلب على محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية لا يقل أهمية عن تقليل المخاوف المتعلّقة بانبعاث الروائح من محطات معالجة مياه الصرف الصحي. وفيما يلي تلخيص للحقائق الأساسية المتعلّقة بالقبول الاجتماعي لإدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية في الأردن:

- على مستوى المستفيدين، يُعتبر النهج المركزي لإدارة مياه الصرف الصحي الحل الأنسب والمُفضل. إذ يسعى الناس جاهدين للحصول على أنظمة تكون معروفةً في المناطق الحضرية والبلدان المتقدمة، وبالتالي نظام صرفٍ صحي ينقل مياه الصرف بعيدًا عن منازلهم (عقلية اسكب الماء وانسى).
- لا يرغب الناس في أن يكون لهم أي تعامل مع نظام الصرف الصحي الخاص بهم. فعلى سبيل المثال، يعدّ التفريغ المنتظم لوحدات ما قبل المعالجة والمطلوب في حالة أنظمة الصرف الصحي المبسطة، غير مقبولٍ لدى أصحاب المنازل.
- لا يقبل السكان أن تكون محطات معالجة مياه الصرف الصحي، بجميع أنواعها، بالقرب من مبانيهم نتيجة مخاوفهم المتعلّقة بما قد ينتج عن تلك المحطات من مضايقات (الرائحة، منظر البنية التحتية...إلخ).
- يفتقر الكثير من الأردنيين إلى الثقة بالمؤسسات الحكومية التي تقدم خدمات الصرف الصحي بسبب التجارب السابقة السلبية لمشاريع معالجة مياه الصرف الصحي في الأردن. إذ يعتقد الناس أن جميع محطات معالجة مياه الصرف الصحي ستسبب مشكلات خطيرة. وهذه الصورة السلبية لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي تعيق بشكل خاص إنشاء محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية كونها يتم بناؤها على مقربة من القرى لتقليص مسافات النقل والسماح بإعادة الاستخدام المحلي لمياه الصرف الصحي المعالجة.
- يعدّ عدم وجود أمثلة وحملات ناجحة لزيادة القبول أمرًا بالغ الأهمية لتحسين القبول الاجتماعي على المدى الطويل.

4. إرشادات توجيهية لتنفيذ إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية في الأردن وتوسيع نطاقها

1.4 تعريف إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية

يمكن تعريف إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية على أنها «تجميع مياه الصرف الصحي من المنازل الفردية أو المجمعات السكنية أو المجتمعات المعزولة أو المصانع أو المرافق المؤسسية، وكذلك أجزاء من المجتمعات القائمة عند نقطة توليد النفايات أو بالقرب منها (تشوبانوغلوس، 1995). وفي حالة الأنظمة اللامركزية، يتم استخدام الأجزاء الصلبة والسائلة من مياه الصرف الصحي بالقرب من موضع توليدها. ومن الواضح أن التعرفات الأكثر شيوعًا تشير إلى المسافة بين مكان التوليد والمعالجة / إعادة الاستخدام.

إنّ التعريف المعتمد لدى وزارة المياه والري يراعي المسافة بين نقطة التوليد والمعالجة وكذلك قدرة محطة معالجة مياه الصرف الصحي كما هو مذكور في دراسة الجدوى التي أجرتها لجنة التنفيذ الوطنية للإدارة اللامركزية الفعالة لمياه الصرف الصحي. يتم تحديد أنظمة المعالجة وإعادة الاستخدام اللامركزية لمياه الصرف الصحي من خلال مكوناتها التقنية التي تتكون من محطة معالجة مياه الصرف الصحي إلى جانب إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة عند نقطة التوليد أو بالقرب منها، مما يعود بفوائد إضافية ويساهم في الإدارة المستدامة للمياه في المنطقة، وفقًا لوزارة المياه والري ولجنة التنفيذ الوطنية للإدارة اللامركزية الفعالة لمياه الصرف الصحي. هذا ويتراوح حجم محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية بدءًا من حلول للمباني الفردية إلى حلول للمجمعات السكنية أو القرى الصغيرة التي يصل حجمها الأقصى إلى 5000 نسمة من عدد سكان المكافئ، بينما تعرّفه سياسة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية (وزارة المياه والري، 2016) على أنه النهج الأكثر ملاءمة لمجتمعات الضواحي والمجتمعات الريفية، لا سيّما تجاه الجزء العلوي من مستجمعات المياه، حيث إن تكاليف ضخ مياه الصرف الصحي لمسافات طويلة إلى محطات المعالجة المركزية الكبيرة يفوق إمكانيات المحطة فيما يخص تحقيق وفورات الحجم.

وإنّ المبدأ الأساسي لإدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية يتمثل في تنفيذ أنظمة تجميع ومعالجة مناسبة ومصممة حسب الطلب في المناطق التي لا يمكن ربطها بكفاءة من حيث التكلفة بأنظمة معالجة مياه الصرف الصحي المركزية عبر شبكة صرف صحي (طويلة)، وفقًا للتجارب التي أحصاها مشروع «الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي من أجل التكيّف مع التغيّر المناخي في الأردن» (ACC) في السنوات الأربع الماضية. ويعني ذلك أن إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية ليست ببديل أو منافس، بل هي عنصرٌ مكملٌ للإدارة المركزية، ويلزم إجراء مقارنة شاملة لتحديد النهج الأكثر جدوى واستدامة لكل حالة. ومن نافلة القول إن إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية ليست بالضرورة نهجًا غير مرتبط بشبكات الصرف الصحي، بل إنه يعتمد على الظروف المحلية: حيث يمكن دمج نظام الصرف الصحي التقليدي وتقنيات الصرف الصحي الأخرى مثل الأنظمة المبسطة والخالية من المواد الصلبة وكذلك تفريغ الخزانات المنزلية (خزانات معالجة الصرف الصحي/ الحفر الامتصاصية) بواسطة الصهاريج ونقلها إلى محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية، يمكن دمجها في سيناريو إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية. ويوضح هذا التعريف أن ربط منازل الناس بمحطة معالجة مياه الصرف الصحي وفق نهج إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية لا تقيّده المسافة ولا عدد السكان بل هو الخيار الأكثر جدوى لتوفير خدمات الصرف الصحي في ظل حالة معينة.

ولذلك، فإن طرح نظام إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية كنهج بديل أو جديد يمكن أن يخلق توترات وارتباكًا غير ضروري، خاصة عندما يتم إدارته وتنظيمه ومراقبته من قبل مشغّل محدد مسبقًا، سواء كان ذلك المشغّل هو سلطة المياه أو شركة مياه أو القطاع الخاص أو المنظمات غير الحكومية. ويلخص نظام إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية نهج بناء محطة معالجة مياه الصرف الصحي، آخذًا في الاعتبار تقنية المعالجة وإعادة الاستخدام الأكثر جدوى، والحجم والموقع، مع مراعاة جوانب أخرى مثل المسافة بين موقع توليد مياه الصرف الصحي ومعالجتها وإعادة استخدامها (وهو عامل تكلفة هام). ونتيجة لاعتبارات فنية واجتماعية ومالية وبيئية، فإن محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية عادةً ما تكون أنظمة صغيرة إلى متوسطة الحجم ومسافات النقل فيها عادة ما تكون قصيرة نسبيًا. ونظرًا لبُعد المناطق المستهدفة المحتملة، فإن الحلول المعتمِدة على الطبيعة والتي تتطلب مساحة أكبر، غالبًا ما تكون مناسبة لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية، ولكن ليس بالضرورة أن تكون كذلك. هذا ويمكن أن يؤدي عدم فهم نهج إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية إلى زيادة المخاوف والاعتراضات إذا اعتقد المستفيدون المحتملون أن حل مشكلة الصرف الصحي المقترح هو نظام جديد يختلف عما يُعرف باسم محطات معالجة مياه الصرف الصحي «العادية» عندما يتعلّق الأمر بالشبكة ومحطة الضخ والتقنية. وكما هو الحال في محطات المعالجة المركزية، يمكن لتقنيات محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية أن تتراوح بين البساطة والتطوّر.

2.4 الأوضاع المناسبة لإدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية والتخطيط لها

فيما يلي الحالات الملائمة لتطبيق نظام إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية:

- المواقع التي توجد فيها مجموعات من أنظمة الصرف الصحي الموقعية (مثل الحفر الامتصاصية / خزانات معالجة الصرف الصحي) وتسبب التلوث البيئي، على سبيل المثال بسبب التسربات، خاصةً عندما تترافق مع مستويات المياه الجوفية الضحلة (تسمى مناطق النقاط الساخنة).
- الصيانة غير السليمة لأنظمة المعالجة في الموقع، إضافة إلى التكلفة الباهظة للمعالجة التقليدية من خلال إنشاء أنظمة مركزية تحتوي على شبكات صرف صحي طويلة.
- المجتمعات أو المرافق المؤسسية البعيدة عن محطات معالجة مياه الصرف الصحي المركزية القائمة.
- المواقع التي تعاني من شح المياه العذبة ولديها إمكانية إعادة الاستخدام الموضعي لمياه الصرف الصحي المعالجة.
- المواقع التي يتعذر فيها تمديد النظام المركزي الحالي.
- المجمعات السكنية المطورة حديثًا أو القائمة والمجمعات الصناعية والمرافق العامة والمؤسسات التجارية والمرافق المؤسسية.

إنّ دعم التنفيذ السليم للاستراتيجية الوطنية لإدارة المياه والصرف الصحي اللامركزية في الأردن، يتطلب بشدة إجراء تقييم على المستوى الوطني بالتعاون مع جميع أصحاب المصلحة المعنيين لتحديد ووضع أولويات مواقع محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية بناءً على ما هو مذكور أعلاه. ويجب إجراء مثل هذا التقييم على مراحل بالاعتماد على كميات ونوعية مياه الصرف الصحي المتولدة وكذلك الموارد المالية المتاحة. كما يجب وضع خطة رئيسية للمواقع المحتملة لإدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية. ويجب أن تتماشى هذه المواقع المحتملة مع خطة رئيسية شاملة للصرف الصحي يتم وضعها للبلد، وألّا تتداخل مع المناطق التي يوجد فيها أو المخطط أن يُنشأ فيها نظام مركزي لأنه وُجد أن ذلك أكثر جدوى.

وبمجرد أن يتم تحديد المناطق التي سيتم خدمتها من خلال تطبيق نظام إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية في الخطة الرئيسية (التي يجب أن تتكفل وزارة المياه والري بوضعها)، فيجب أن تكون الخطوة الأولى في عملية التخطيط هي اختيار موقع محطة معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية. ويجب تحديد المواقع المحتملة بناءً على العوامل التالية:

- توافر الأراضي وملكيتها.
- القبول الاجتماعي.
- التضاريس والحاجة إلى الضخ.
- كمية ونوعية مياه الصرف الصحي والإمكانية لإعادة استخدامها.
- تفاصيل أنظمة المعالجة الموقعية القائمة.
- وجود أي قناة تصريف لتصريف مياه الصرف الصحي المعالجة إذا لزم الأمر لإدارة الفائض الذي لن يستخدمه المزارعون واستمرار جريانه في وادٍ طبيعي.
- ظروف التربة والمياه الجوفية ومناطق حماية الموارد المائية.

وتجدر الإشارة إلى أن العامل الأهم بين العناصر المذكورة أعلاه هو القبول الاجتماعي. ففي قضاء رحاب، تم تطبيق معظم العوامل في التصميم الفني للمشروع، ومن ضمنها حملات التوعية الاجتماعية، إلّا أنّ تجربة المجتمع المحلي فيما يتعلّق بعدم كفاءة تشغيل محطات معالجة مياه الصرف الصحي الموجودة في الأردن، تمنعهم من وضع ثقتهم في المشروع لأنهم لا يعرفون مثالًا حيًا لمحطة معالجة مياه صرف صحي ناجحة. كما أن هناك اعتبارًا آخر يتعلّق بالقبول الاجتماعي وهو انخفاض سعر الأراضي الذي سيؤثر على المناطق المحيطة بمحطة معالجة مياه الصرف الصحي. وبالتالي، فإن بعض السكان المعنيين، على سبيل المثال أصحاب الأراضي القريبة من الموقع المحدد، قد رفضوا الموقع الذي سيتم فيه إنشاء المحطة. ولذلك فإنه من الضروري فهم السياق المحلي لاختيار الموقع والتعامل بعقلانية مع مخاوف الناس بناءً على تجربتهم مع محطات معالجة مياه الصرف الصحي في الأردن.

3.4 الإطار المؤسسي والتنظيمي لنظام إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية

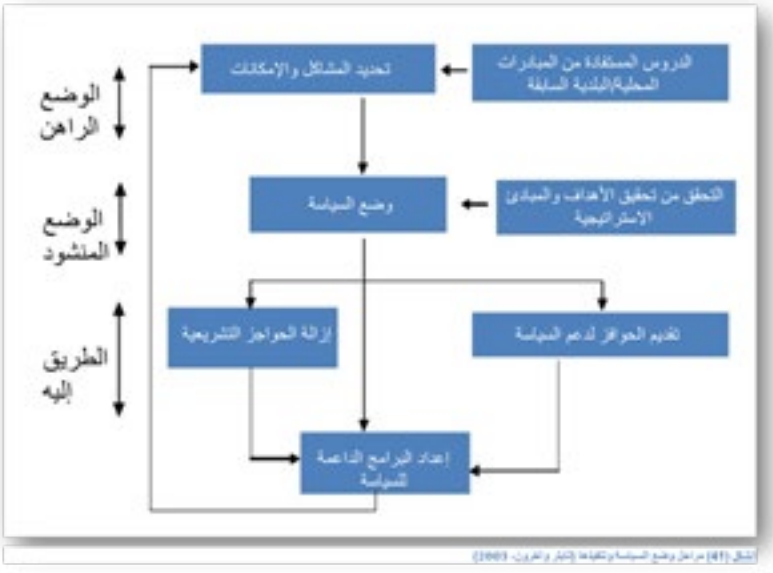
تشارك العديد من الجهات الوطنية والمحلية المختلفة في الأردن في تحسين خدمات الصرف الصحي في المناطق الريفية، إلّا أنّه لا توجد وكالة أو وزارة واحدة تمتلك صلاحيةً شاملةً فيما يتعلّق بالصرف الصحي في المناطق الريفية وإدارة مياه الصرف الصحي. كما أن عدم وجود إطار مؤسسي راسخ يعيق التنسيق والتنفيذ، مما يؤدي إلى تداخل المسؤوليات والإشراف المحدود على الأنشطة في القطاع.

ويجب أن تكون السياسات والأنظمة والمبادئ التوجيهية واضحة. كما يجب التأكيد على أهمية تحديد مسؤوليات الأطراف المختلفة بوضوح لتقليل احتمالية نشوب النزاعات وتحسين خدمة الصرف الصحي في المناطق الريفية وفي أي مكان يتم فيه تطبيق نظام إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية.

هذا وسيتم تنفيذ السياسات الوطنية التي تتناول الصرف الصحي وإدارة مياه الصرف الصحي في المناطق الريفية وشبه الحضرية في الأردن. وستحدد سياسة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية أهدافًا لزيادة نطاق تغطية الخدمات الأساسية للمساعدة في توسيع النطاق الذي تغطيه خدمات الصرف الصحي بنسبة 20% بحلول عام 2030 على النحو المذكور في استراتيجية وزارة المياه والري بالاقتران مع النظام المركزي الذي سيغطي نسبة الـ 80% المتبقية من السكان الذين يفتقرون إلى هذه الخدمات. وعلى المستوى المحلي، هناك حاجة إلى وضع سياسات أكثر تحديدًا لتوضيح عملية صنع القرار، ولتحديد أولويات الأنشطة، ولضمان تمثيل الأعضاء الرئيسيين في المجتمع وإشراكهم في عملية صنع القرار.

ويجب أن تستند السياسات إلى فهمٍ شاملٍ للوضع الحالي باستخدام معلومات دقيقة وذات صلة. إذ إنه من المرجح أن تكون السياسات أكثر فعالية في الاستجابة للاحتياجات إذا استندت إلى رؤى وخبرات جميع أولئك الذين يعملون على تطوير خدمات الصرف الصحي المحسنة (تايلر وآخرون، 2003).

كما ينبغي أن تشجع السياسات على استخدام الأساليب والخيارات الأكثر ملاءمة وفعالية من حيث التكلفة، والتي تحمي صحة الإنسان والبيئة. فالخيارات الأكثر تعقيدًا وتكلفةً لا تكون بالضرورة هي الأفضل، خاصة عندما لا تكون مستدامة.



4.4 المشاركة المجتمعية وبناء القدرات

إن البدء بأنشطة المشاركة المجتمعية يجب أن يتم بعد أن يتولى كل طرف مشارك في إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية دورًا واضحًا. ويجب أن تكون سلطة المياه وشركات المياه (أو الجهة التنظيمية التي تخلفها) مسؤولة رسميًا عن مراقبة جودة إنتاج محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية لضمان التشغيل والصيانة بكفاءة، إلّا أنّ مشاركة المجتمع ضرورية لضمان أن تصب النتائج في المصلحة الراسخة وطويلة الأجل للمجتمع المستفيد. لكن المشاركة المجتمعية وحدها لا تكفي لنجاح تصميم وتنفيذ برنامج الصرف الصحي. فهناك حاجة أيضًا إلى الدعم المؤسسي من قبل الحكومة لتوفير الخبرة الفنية وخدمات الدعم التي لا تتوفر في المجتمع.

ومن الضروري فهم مواقف وسلوكيات المجتمعات الريفية في الأردن تجاه المياه والصرف الصحي. إذ يقع على عاتق الحكومة مسؤولية توفير البنية التحتية الأساسية مثل تحسين المياه والصرف الصحي لجميع المجتمعات الريفية من خلال سلطة المياه وشركات المياه المحلية. لكن هذا ليس حلًا شاملًا. فمن الضروري ضمان استدامة التشغيل والصيانة من خلال القطاع الخاص / البلديات في المناطق الريفية. وفي حالة توكيل البلديات أو المجتمع ليكونوا مسؤولين عن التشغيل، فيجب حينها توفير الموارد المالية للتشغيل والصيانة لضمان الاستدامة.

علاوةً على ذلك، ستعتمد العديد من جوانب عملية المشاركة / التثقيف المجتمعي على الدعم المقدم من الحكومة من خلال البلديات والوزارات ذات الصلة (المياه والبيئة والزراعة) وكذلك من الاستشاريّين/المقاولين من القطاع الخاص لتيسير وتوفير التدريب والتثقيف المجتمعي. وسيُركز الدعم المؤسسي على التنظيم المجتمعي والتوعية والتثقيف والمتابعة والتقييم في كل مرحلة من مراحل المشروع. إذ يمكن لهذا الدعم أن يسهّل عملية اختيار الموقع التي تعتبر القضية الأكثر صعوبة في تخطيط المشروع.

3.5 التحليل الفني والتصميم

إن تطوير القدرات الفنية لتطبيق نظام إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية المستدامة على المستوى المحلي يعدّ هدفًا رئيسيًا لضمان تخطيط مشاريع الصرف الصحي وتصميمها وتنفيذها وتشغيلها بأسعار معقولة وعلى نحو عملي وفعال.

وتنقسم الخطوات المطلوبة لتخطيط وتصميم نظام صرف صحي مناسب لمجتمع ريفي إلى جزأين. حيث يتكون الجزء الأول من دراسات ما قبل التصميم، بما فيها:

- تقييم المجتمع الذي يتضمن تجميع وتحليل البيانات الجغرافية والسكانية والاقتصادية وغيرها من البيانات.
- دراسة ومقارنة جميع البدائل المحتملة لتحقيق أهداف المشروع بهدف تحديد الخيار الأكثر جدوى.
- تحديد أية آثار بيئية محتملة، وتقييم أهميتها، وتحديد تدابير التخفيف.

ويتمثل الجزء الثاني في إعداد التصاميم الهندسية التفصيلية للمشروع النهائي.

فيما يتعلّق باختيار تقنية معالجة مياه الصرف الصحي المناسبة، فيجب أن يتم ذلك بناءً على العديد من العوامل مثل مواصفات نوعية مياه الصرف الصحي المعالجة، ومتطلبات الأرض، ومتطلبات الطاقة، والتكلفة الرأسمالية للمحطة، وتكاليف التشغيل والصيانة، ومتطلبات الصيانة التي يُعنى بها المشغّل، والموثوقية، واسترداد الموارد، والتقلبات في حمل المحطة.

ويجب تحديد جودة مياه الصرف الصحي المعالجة التي سيتم إنتاجها بواسطة تقنية المعالجة المختارة بناءً على خيارات إعادة الاستخدام وظروف التربة والأهم من ذلك موارد المياه الجوفية (الموقع والعمق والجودة والكمية). وبمعنى آخر، يجب أولًا تحديد خيارات إعادة الاستخدام، ومن ثمّ الجودة اللازمة لإعادة استخدامها مع هذه الخيارات، ومن ثم يتم اختيار تقنية المعالجة القادرة على إنتاج الجودة المطلوبة.

كما تجدر الإشارة إلى أنه يجب على المهندسين احترام الثقافة المحلية والمعرفة التي يتحلى بها المجتمع واختيار النهج الأنسب للتواصل مع المجتمع المحلي مع مراعاة الخلفية الثقافية. ويجب على جميع الخبراء التركيز على الاستماع إلى أفراد المجتمع وتكوين نظرة حول التجربة المحلية. إذ يتمثل الهدف الأساسي بدايةً في كسب احترام وثقة المجتمع، والذي سيفتح الطريق أمام التنفيذ الناجح للمشروع.

5.4 التمويل والدعم المالي واسترداد التكاليف

تُعدّ الاعتبارات الاقتصادية لإدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية بما فيها نماذج العمل المستدامة والمُجدية من أهم الجوانب التي تتطلب تحليلًا مفصلًا للتكلفة والعائد أو فعالية التكلفة. وبشكل عام، هناك ثلاثة مصادر تمويل مقترحة لدفع تكاليف إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية، وهي كالتالي:

- الحكومة، وخاصة وزارة المياه والري، وسلطة المياه، والبلديات، وشركات المياه (مياهنا، وشركة مياه اليرموك، وشركة مياه العقبة).
- التمويل من المستخدمين أو التمويل الخاص.
- مصادر التمويل الخارجية من الجهات المانحة الدولية الثنائية أو متعددة الأطراف أو المنظمات غير الحكومية على سبيل المثال.

بالنظر إلى أن الصرف الصحي على أنه منفعة عامة (إذ تؤثر ظروف الصرف الصحي السيئة على الصحة العامة والتنمية البيئية والاقتصادية)، فإن الدعم المالي يكون أحيانًا إجراءً مناسبًا وشائعًا عندما يتطلب الأمر توسيع نطاق التغطية. ويتمثل السبب الشائع لضرورة دعم الصرف الصحي في تمكين الأشخاص الأشد فقرًا في المجتمع من تحمّل تكاليفه.

5.5 إدارة وتشغيل وصيانة ومراقبة نظام إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية

تتكون إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية من ثلاث مراحل للتطوير، حالها حال أي مشروع بنية تحتية. وتشمل هذه المراحل مرحلة التخطيط والتصميم، ومرحلة البناء، والأهم منهما، مرحلة التشغيل والصيانة. وبشكل عام، ستركز برامج التنمية التي تنفذها الحكومات الوطنية والمنظمات غير الحكومية على المرحلتين الأوليتين للتطوير وستترك المرحلة الأخيرة من المشروع لينفذها المستفيدون من المشروع. وقد تسبب هذا النهج بشكل عام بارتفاع معدل فشل المشاريع لعدة أسباب، بما في ذلك عدم توفير التدريب الجيد للقطاع الخاص أو المجتمع المحلي فيما يتعلّق بمتطلبات التشغيل والصيانة للنظام، وعدم كفاية عمليات المتابعة والتقييم المستمرة التي يقوم بها المجتمع التنظيمي، وطرح تقنية غير مناسبة بحيث لا يمكن أن يدعمها المجتمع ماليًا أو فنيًا، وأسباب أخرى محتملة. ولذلك، يجب اعتبار جميع المراحل الثلاث المتمثلة في التخطيط والتصميم، والبناء، والتشغيل والصيانة جزءًا لا يتجزأ من التطوير المستدام للمشاريع.

ويهدف برنامج تشغيل وصيانة محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية إلى توفير خدمة الصرف الصحي ذات الكفاءة والفعالية وتحسينها. وتشمل أنشطة التشغيل والصيانة الأمور الفنية والإدارية والمالية والمؤسسية التي يجب مراعاتها لتوفير خدمة موثوقة دون انقطاع.

ومن المهم للغاية تحديد الجهة الرسمية المسؤولة عن تشغيل وصيانة محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية بوضوح من أجل ضمان استدامة هذه الأنظمة بعد تنفيذها، وإلّا، فإن توسيع نطاق إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية في الأردن دون تعيين جهة عامة أو خاصة لتكون مسؤولة عن تشغيل هذه الأنظمة، سيتسبب بمشكلات بيئية هائلة بسبب التجزئة والفشل في معالجة المشكلات الشاملة بشكل مناسب.

3.8 المواصفات القياسية واللوائح التنظيمية

إنّ الصرامة في مراقبة وضمان جودة تشغيل وصيانة محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية تعدّ أمرًا ضروريًا للغاية لحماية البيئة والمصادر المائية. إذ يجب مراقبة أداء الأنظمة فيما يتعلّق بالمقاييس المختلفة مثل الاحتياج الحيوي للأكسجين، والاحتياج الكيميائي للأكسجين، والمواد الصلبة المعلقة، وإجمالي الفسفور، والبكتيريا القولونية البرازية. ويجب على مياه الصرف الصحي المعالجة أن تستوفي اللوائح التنظيمية المحددة التي يجب إعدادها بشكل منفصل عن المواصفة القياسية 2006/JS893، والتي تعتبر شديدة الصرامة بالنسبة لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي صغيرة الحجم. بالإضافة إلى ذلك، فإن تلبية المواصفة القياسية 2006/JS893

فيما يخص محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية ستؤثر على الاستثمار الرأسمالي اللازم للتنفيذ. على سبيل المثال، في مشروع فينان الإيضاحي الذي نُفذ في إطار مشروع «الإدارة اللامركزية لمياه الصرف الصحي من أجل التكيّف مع التغيّر المناخي في الأردن» (ACC)، كان من الضروري إعادة تدوير مياه الصرف الصحي بنسبة 100%، وزيادة سعة النظام، من أجل تلبية متطلبات الفئة (ج) من المواصفة القياسية 2006/JS893 فيما يتعلّق بالنيتروجين.

كما يُطلب من المصممين أيضًا تلبية المواصفات القياسية المصممة خصيصًا لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية من خلال تجميع تقنية معالجة مناسبة قد تتضمن مزيجًا من عمليات المعالجة والعمليات المعتمدة على التربة التي تتقيد بحدود الملوثات المحددة مما يعني أنه يجب ألّا تتسبب نوعية مياه الصرف الصحي المعالجة بأي ضرر على خصائص التربة والبيئة المحيطة بمحطة معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية، أو أن تقع نوعية مياه الصرف الصحي المعالجة ضمن الحد الأدنى للأضرار الممكنة. والشاغل الرئيسي المتعلّق بمياه الصرف الصحي المعالجة هو نسبة الملوحة التي يجب تقييمها بعناية لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة على التربة على المدى الطويل. ونتيجة لذلك، فإن ترشيح هيئة تنظيمية رسمية (سلطة المياه أو شركات المياه) تكون مسؤولة عن مراقبة جودة المياه وترشيح جهة تكون مسؤولة عن التشغيل والصيانة (القطاع الخاص / البلديات / المجتمع) يُعد من الركائز الأساسية لتوسيع نطاق إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية في الأردن، إلّا أنّ النهج التنظيمي الذي يمكن أن تضعه سلطة المياه / شركات المياه لا يتطلب تحديد طرق المعالجة ووضع عبء الامتثال على الجهة المصممة للنظام ومن ثمّ على القرية. إذ تتمثل ميزة وضع نهج تنظيمي في أنه يسمح باستحداث نهج خاص بالموقع يوائم بين استراتيجيات الحد من المخاطر والظروف السائدة في الموقع (خصائص التربة، وعمق المياه الجوفية، ونقل الملوثات ومصيرها، وعوامل أخرى) وأغراض إعادة الاستخدام. ويمكن لذلك أن يؤدي إلى حلول أبسط وأقل تكلفة، إذا كان احتمال التعرض للمخاطر أو الآثار البيئية منخفضًا، إلّا أنّ عيب هذا النهج يتمثل في أنه يمكن أن يتطلب مزيدًا من الدراسة المتعمقة والتحليل للظروف الخاصة بالموقع، ممّا يتطلب من الجهة المصممة تصميم مشروع مياه الصرف الصحي ليلائم تلك الظروف. ومع ذلك، من المرجح أن تؤدي التصميمات النهائية إلى حلول أكثر ملاءمة واستدامة.

5 الخلاصة والتوصيات

رغم الطلب الواضح على نظام إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية، إلّا أنّ نشره على نطاق واسع بصفته نظامًا مكملًا للأنظمة المركزية ما يزال يمثل تحديًا لأسباب مختلفة. إذ إن توسيع نطاق إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية على مستوى الدولة يتطلب الاستمرار في تطوير بيئة مواتية. هذا وقد كان وضع سياسة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية من قبل وزارة المياه والري في عام 2016 خطوة هامةً لتمهيد الطريق لنشر النهج اللامركزي. ومع ذلك، ما تزال بعض العقبات تمثل تحديًا، ولا يمكن خلق بيئة لتوسيع نطاق إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية في المناطق التي لا تناسبها الحلول التقليدية إلا بالتنسيق والتعاون الوثيق بين الجهات الفاعلة ذات الصلة في القطاع. ومن هذا المنطلق فمن الضروري تحديد المسؤوليات المؤسسية بوضوح لإدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية، بما في ذلك الاستثمارات الرأسمالية والتشغيلية للأنظمة. ويترافق ذلك مع تحديد نماذج العمل المُجدية والمستدامة، بما فيها بحث الخيارات لإشراك القطاع الخاص. وما يزال وضع إطار تنظيمي، ومن ضمنه الرسوم المُجدية وأنظمة الدعم المعقولة، شرطًا مسبقًا من شروط توسيع نطاق الأنظمة. وعلاوةً على ذلك، فمن الواجب تحديث مواصفات التصريف وإعادة الاستخدام في الأردن لتكييفها مع محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية التي تنبعث منها الملوثات بكميات أقل مقارنةً بالأنظمة المركزية واسعة النطاق. وهذا ينطبق بشكل خاص فيما إذا تم إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في ري النباتات التي تستهلك العناصر المُغذّية، لأن الغرض من إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة لأغراض الري يتعارض مع إزالة النترات بصفتها عناصر غذائية قيّمة للنباتات. ولذلك، يوصى بتحديث تركيزات العناصر المُغذّية المسموح بها في مياه الصرف الصحي المعالجة وفقًا للمواصفات الأردنية، مع مراعاة الصحة العامة (حماية جودة الغذاء) والمخاوف البيئية بما فيها المياه الجوفية وملوحة التربة.

هذا ويجب تطوير المهارات الفنية المتعلّقة بتصميم وبناء وتشغيل وصيانة محطات معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية لتكرار تطبيق الأنظمة على مستوى الدولة بجودة عالية. وبصرف النظر عن التحديات المتعلّقة بجانب العرض، فهناك حاجة أيضًا إلى تحوّل النمط الفكري لدى أفراد المجموعة المستهدفة، مما يجعلهم أكثر تقبلًا لفكرة المعالجة الآمنة وإعادة استخدام مياه الصرف الصحي بالقرب من منازلهم.

وما تزال ثمة العديد من العقبات التي ينبغي تذليلها من أجل النجاح في تطبيق نظام إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية باعتباره عنصرًا مكمّلًا لنهج الإدارة المركزية التقليدية؛ إلّا أنّ التغطية الشاملة للصرف الصحي، وحماية البيئة، والأعمال التجارية والأسواق الجديدة، وتعزيز الصحة العامة، والموارد المائية الإضافية، على سبيل المثال لا الحصر، تستحق أن يُبذل في سبيلها الجهد التعاوني لتنفيذ سياسة إدارة مياه الصرف الصحي اللامركزية.

6. المراجع

Bremen Overseas Research and Development Association, BORDA (2017). Technical design report for a decentralized wastewater treatment system at Feynan Ecolodge.

Consulting Services for the Design and Implementation of Sludge Treatment Infrastructure at Wadi Hassan, Jordan (2019), Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) prepared by Ingenieurbüro Blumberg Consulting Engineers.

Decentralized wastewater management in peri-urban areas in low-income countries (2003), Environment & Urbanization Vol 15 No 1by Jonathan Parkinson and Kevin Tayler,

Decentralized Wastewater Management Policy (2016), Ministry of Water & Irrigation, Jordan

Decentralized wastewater systems conceptual design and investments synopsis report (2014), Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) prepared by Dorsch International Consultants GmbH

Guide for wastewater management in rural villages in China (2011), World Bank

Guidelines for decentralized wastewater management (2012) Prepared by MoUD Centre of Excellence in DWWM Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology Madras – Chennai

Integrated, decentralized wastewater management for resource recovery in rural and peri-urban areas (2017) by Andrea G. Capodaglio, Italy.

International multidisciplinary team of LeAF and RHDHV (2017). Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), Consultancy service: feasibility study for construction of decentralized wastewater treatment plant(s), as well as the households and sewer connections and reuse system in Rehab villages Bwaidhah Gharbiyyeh and Al Dajaniyyeh – Mafraq Governorate, Final Feasibility Study Report.

Potentials and challenges of decentralized wastewater management in Jordan (2018), German Jordan Symposium by Jens Götzenberger (GIZ)

Pilot-scale project of vertical flow constructed wetland combined with the anaerobic treatment at Feynan Ecolodge in Jordan (2018), 3RD Regional IWA Diffuse Pollution Conference in Thailand by Rania Al-Zou'bi (GIZ)

Wastewater treatment facilities for small communities in Jordan (2012), the United States Agency for International Development and the Water Authority of Jordan. It was prepared by ECODIT, with support from Stearns & Wheler/GHD, under subcontract with International Resources Group (IRG).

Water shortage in Jordan — Sustainable solutions (2010), Desalination 250(1):197-202 by Nidal