



ROMÂNIA
MINISTERUL EDUCAȚIEI NAȚIONALE
UNIVERSITATEA „VASILE ALECSANDRI” DIN BACĂU
Calea Mărășești, Nr. 157, Bacău 600115
Tel. +40-234-542411, tel./fax +40-234-545753
<http://www.ub.ro>; e-mail: rector@ub.ro



**MODERNIZAREA ECOLOGICĂ - O SOLUȚIE ECO-INOVAȚIVĂ
PENTRU PROCESUL DE PLANIFICARE STRATEGICĂ ȘI PROIECTARE
A INFRASTRUCTURII DE COLECTARE A APEI UZATE**

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

Conducător științific:
Prof. Univ. Dr. Ing. Lazăr Gabriel

Doctorand:
Ciobotici (Terry) Iulia Carmen

2017

**UNIVERSITATEA „VASILE ALECSANDRI”
DIN BACĂU
FACULTATEA DE INGINERIE
DOMENIU DE DOCTORAT: INGINERIA
MEDIULUI**



**MODERNIZAREA ECOLOGICĂ - O SOLUȚIE ECO-INOATIVĂ
PENTRU PROCESUL DE PLANIFICARE STRATEGICĂ ȘI PROIECTARE
A INFRASTRUCTURII DE COLECTARE A APEI UZATE**

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

Conducător științific:
Prof. Dr. Ing. Lazăr Gabriel

Doctorand:
Ciobotici (Terry) Iulia Carmen

2017

Mulțumiri,

Cu ocazia definitivării acestei etape de cercetare, doresc sa adresez mulțumiri tuturor celor care m-au îndrumat, mi-au împărtășit cunoștințe profesionale și m-au sprijinit în realizarea tezei de doctorat.

Deosebită recunoștință și mulțumiri datorez domnului Profesor Universitar Doctor Inginer Lazăr Gabriel, care, în calitatea sa de conducător științific, de-a lungul anilor de studiu, mi-a acordat încredere deplină, sprijinindu-mă și încurajându-mi conținutul ideatic și științific, complex și multidisciplinar al acestui demers științific.

Mulțumesc Doamnei Conferențiar Doctor Lazăr Iuliana pentru sprijinul acordat în realizarea analizelor statistice, pentru suport și încurajare în scrierea primelor articole științifice.

Mulțumesc membrilor comisiei pentru evaluarea și susținerea Tezei de doctorat, pentru onoarea ce mi-o fac prin analiza lucrării, precum și pentru acceptul de participare la lucrările comisiei.

În vederea finalizării obiectivelor de cercetare, recunoștința mea se îndreaptă către echipa de proiectare a SC MAPAMOND SRL Bacău, care pe parcursul celor unsprezece ani de activitate mi-a transmis din vasta experiența profesională în domeniul proiectării sistemelor de colectare a apei uzate.

Deosebite mulțumiri aduc echipei DFR System SRL București pentru că mi-a oferit oportunitatea de a mă specializa în domeniul proiectării sistemelor de canalizare sub vid.

Îmi manifest recunoștința față de operatorii sistemelor de colectare a apei uzate ai comunei Traian, județul Bacău și comunei Dragomirești, județul Ilfov pentru acceptul de realizare a măsurărilor de emisii de gaze de canalizare.

Mulțumesc din suflet familiei care m-a sprijinit și mi-a acordat înțelegere pe toată perioada derulării studiilor doctorale, părinților mei datorându-le această reușită prin insuflarea permanentă a necesității de evoluție, de formare continuă umană și profesională.

Nu în ultimul rând, mulțumesc soțului meu care m-a susținut pe perioada studiilor doctorale.

CUPRINS TEZĂ

1. Introducere	Error! Bookmark not defined.
1.1. Descrierea temei de cercetare, incluzând aspecte interdisciplinare	Error! Bookmark not defined.
1.2. Scopul și obiectivele tezei de doctorat	Error! Bookmark not defined.
1.3. Abordarea originală propusă în cadrul tezei	Error! Bookmark not defined.
1.4. Structura tezei de doctorat	Error! Bookmark not defined.
PARTEA I- STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRII ÎN DOMENIUL MODERNIZĂRII ECOLOGICE A SISTEMELOR DE COLECTARE A APEI UZATE	
2. Provocări în managementul apelor uzate menajere în mediul rural	Error! Bookmark not defined.
3. Modernizarea ecologică a sistemelor de colectare a apelor uzate	Error! Bookmark not defined.
3.1. Dezvoltare durabilă versus Modernizare ecologică	Error! Bookmark not defined.
3.2. Modernizarea ecologică – o teorie a inovației de mediu	Error! Bookmark not defined.
3.3. Modernizarea ecologică în România	Error! Bookmark not defined.
3.4. Modernizarea ecologică a sistemelor de colectare a apelor uzate menajere	Error! Bookmark not defined.
3.4. 1. Sisteme convenționale versus sisteme inovative de colectare a apelor uzate menajere	Error! Bookmark not defined.
3.4.1.1. Sistemul convențional de colectare a apelor uzate menajere-introducere studiu de caz	Error! Bookmark not defined.
3.4.1.2. Sistemul de canalizare sub vid un sistem eco-inovativ de colectare a apelor uzate menajere	Error! Bookmark not defined.
4. Instrumentele de analiză a gradului de modernizare ecologică a sectorului apei uzate	Error! Bookmark not defined.
4.1. Reforma tehnologică	Error! Bookmark not defined.
4.1.2. Eco-inovația și difuzarea sistemului de colectare a apei sub vid	Error! Bookmark not defined.
4.1.3. Evaluarea externalităților sistemelor de colectare a apelor uzate	Error! Bookmark not defined.
4.1.3.1. Analiza problemei emisiilor de gaze de canalizare în sistemele de colectare a apei gravitaționale	Error! Bookmark not defined.
4.1.3.1.1. Emisii directe din transportul apei uzate	Error! Bookmark not defined.
4.1.3.1.2. Emisii indirecte din producerea energiei necesară funcționării stațiilor de pompe versus stații de vid	Error! Bookmark not defined.
4.2. Reforma economică	Error! Bookmark not defined.
4.2.1. Analiza cost-beneficiu	Error! Bookmark not defined.
4.3. Reziliența	Error! Bookmark not defined.
4.3.1. Reziliența infrastructurii de colectare a apei uzate	Error! Bookmark not defined.
5. Concluzii privind oportunitatea aplicării teoriei modernizării ecologice pentru ecologizarea sistemelor de colectare a apei uzate	Error! Bookmark not defined.
PARTEA A II A- METODOLOGIA CERCETĂRII ÎN DOMENIUL MODERNIZĂRII ECOLOGICE A SISTEMELOR DE COLECTARE A APEI UZATE	
6. Analiza reformei tehnologice	Error! Bookmark not defined.
6.1. Difuzarea eco-inovației	Error! Bookmark not defined.

6.1.1.	Modelarea cercetării.....	Error! Bookmark not defined.
6.1.2.	Metode de analiză	Error! Bookmark not defined.
6.1.2.1.	Instrumente statistice.....	Error! Bookmark not defined.
6.1.1.2	Instrumente geo-statistice	Error! Bookmark not defined.
6.2.	Analizei externalităților sistemelor de colectare a apei uzate	Error! Bookmark not defined.
6.2.1.	Emisii directe de gaze de canalizare	Error! Bookmark not defined.
6.2.1.1.	Analiza externalităților sistemului de canalizare clasic cu stații de pompare, studiu de caz, comuna Traian, județ Bacău.....	Error! Bookmark not defined.
6.2.1.2.	Analiza externalităților sistemului de canalizare sub vid – studiu de caz sistemul de canalizare sub vid din Dragomirești, județul Ilfov	Error! Bookmark not defined.
6.2.2.	Determinarea emisiilor indirecte la nivelul sistemului de canalizare	Error! Bookmark not defined.
7.	Analiza reformei economice	Error! Bookmark not defined.
7.1.	Analiza cost-beneficiu	Error! Bookmark not defined.
8.	Reziliența sistemelor alternative de colectare a apei uzate menajere	Error! Bookmark not defined.
8.1.	Analiza multicriterială.....	Error! Bookmark not defined.
8.1.1.	Procesul analitic de rețea.....	Error! Bookmark not defined.
PARTEA A III A - REZULTATELE OBTINUTE ÎN URMA ANALIZEI REFORMEI TEHNOLOGICE, ECONOMICE ȘI A REZILIENȚEI SISTEMELOR DE COLECTARE A APEI UZATE.....		
9.	Analiza reformei tehnologice.....	Error! Bookmark not defined.
9.1.	Difuzarea eco-inovației	Error! Bookmark not defined.
9.1.1.1.	Discuții.....	Error! Bookmark not defined.
9.1.1.2.	Concluzii.....	Error! Bookmark not defined.
9.1.1.3.	Contribuții personale.....	Error! Bookmark not defined.
9.2.	Analiza externalităților sistemului de canalizare clasic versus sistem de canalizare sub vid	Error! Bookmark not defined.
9.2.1.	Emisii directe rezultate din colectarea și transportul apei uzate în sistemul de canalizare clasic – studiu de caz: sistem de colectare ape uzate Comuna Traian, județ Bacău	Error! Bookmark not defined.
9.2.2.	Emisii directe rezultate din colectarea și transportul apei uzate în sistemul de canalizare sub vid– studiu de caz Dragomirești Deal, comuna Dragomirești, județ Ilfov	Error! Bookmark not defined.
9.2.3.	Analiza comparativă a emisiilor de gaze de canalizare: Sistem de canalizare convențional versus sistem de canalizare sub vid.....	Error! Bookmark not defined.
9.2.4.	Determinarea emisiilor indirecte la nivelul sistemului de colectare ape uzate	Error! Bookmark not defined.
9.2.5.	Concluzii	Error! Bookmark not defined.
9.2.6.	Contribuții personale.....	Error! Bookmark not defined.
10.	Analiza reformei economice.....	Error! Bookmark not defined.
10.1.	Analiza cost-beneficiu a proiectelor alternative de colectare a apei uzate	Error! Bookmark not defined.
10.1.1.	Descrierea studiului de caz	Error! Bookmark not defined.
10.1.1.1.	Analiza financiară	Error! Bookmark not defined.
10.1.1.2.	Definirea structurii de finanțare a investiției și profitabilitatea sa financiară	Error! Bookmark not defined.

10.1.3.3. Calculul principalilor indicatori financiari: valoarea actualizată netă, rata internă a rentabilității financiare, raportul cost/beneficiu	Error! Bookmark not defined.
10.1.1.4. Analiza de senzitivitate	Error! Bookmark not defined.
10.1.1.5. Concluzii	Error! Bookmark not defined.
10.1.1.6. Contribuții personale.....	Error! Bookmark not defined.
11. Analiza rezilienței sistemelor alternative de colectare a apei uzate menajere	Error! Bookmark not defined.
11.1 Analiza rezilienței prin prisma procesului analitic de rețea	Error! Bookmark not defined.
11.2. Evaluarea rezilienței sistemului de canalizare clasic versus sistem de canalizare sub vid	Error! Bookmark not defined.
11.3. Concluzii	Error! Bookmark not defined.
11.4. Contribuții personale. Integrarea rezilienței în conceptul de modernizare ecologică	Error! Bookmark not defined.
12. Concluzii generale	Error! Bookmark not defined.
12.1. Concluzii teoretice referitoare la analiza gradului de modernizare ecologică a infrastructurii de colectare a apei uzate	Error! Bookmark not defined.
12.2. Concluzii rezultate din analiza reformei tehnologice, economice și a rezilienței sistemelor alternative de colectare a apei uzate menajere	Error! Bookmark not defined.
12.3. Contribuții originale în domeniul cercetării modernizării ecologice a sistemului de colectare a apei uzate	Error! Bookmark not defined.
BIBLIOGRAFIE	Error! Bookmark not defined.

Listă abrevieri

ACB - Analiza Cost Beneficiu
AMC – Analiza Multicriterială
AU – Apă uzată
GES - Gaze cu Efect de Seră
GIS - Sisteme Informaționale Geografice
IC - Indice de Coerență
FNA –Flux de numerar actualizat
FSE - Factor Standard de Emisie
ME – Modernizare Ecologică
PAI - Proces Analitic Ierarhic
PAR - Proces Analitic de Rețea
PEÎD – Polietilenă de Înaltă Densitate
PIB - Produs Intern Brut
PIB-SPC - Produs Intern Brut per Capita în funcție de Standardul de Putere de Cumpărare
PVC - Policlorură de Vinil
RIR - Rata Internă de Rentabilitate
SE - Stație de Epurare
SP - Stație de Pompare
TCE - Total Consum Energie
TME – Teoria Modernizării Ecologice
UAT – Unitate Administrativ Teritorială
VNA – Valoarea Netă Actualizată

Introducere

Colectarea apei uzate reprezintă o problemă majoră în mediul rural și în comunitățile urbane mici. În contextul crizei economice globale, a schimbărilor climatice și a unor potențiale dezastre naturale, focalizarea asupra unei infrastructuri durabile și reziliente de colectare a apelor uzate este redusă.

Teza evaluează, din perspectiva atributelor Teoriei Modernizării Ecologice și a Rezilienței, două sisteme alternative de colectare a apei uzate: sistemul convențional de colectare a apelor uzate (gravitațional cu stații de pompare) și sistemul de canalizare sub vid.

Teza punctează, prin prisma conceptului de modernizare ecologică, asupra capacității tehnologiilor eco-inovative de a contribui la ecologizarea sistemelor de colectare a apei uzate menajere.

Acest demers științific examinează capacitatea *Teoriei Modernizării Ecologice* (Hajer și Wagenaar, 1995; Mol, 1995; Christoff, 1996; Hajer, 1996; Cohen, 1997a; Jänicke, 2010), utilizată ca paradigmă în procesul de luare a deciziei în domeniul colectării apei uzate, de a asigura sustenabilitatea, competitivitatea și succesul comercial al tehnologiilor eco-inovative versus tehnologii clasice de colectare a apelor uzate menajere.

Întrucât domeniul ingineriei de mediu privește aspecte strict referitoare la componenta tehnologică și economică a dezvoltării unor produse sau procese și a impactului asociat al acestora asupra mediului, doar anumite teme importante ale teoriei modernizării ecologice au fost identificate ca fiind relevante pentru a fi explorate în cadrul acestui demers științific. În acest sens, studiul explorează "versiunea teho-corporatistă" a modernizării ecologice, numită și inginerească sau "versiune slabă", care accentuează asupra rolului științei și tehnologiei în furnizarea unor soluții de dezvoltare, reciproc benefice (win-win) mediului și economiei.

Varianta teho-corporatistă a teoriei modernizării ecologice (Hajer, 1995; Cristoff, 1996), focalizează asupra implementării unor tehnologii avansate, inovative, care să implice încă din etapa de design utilizarea eficientă a resurselor și reducerea impactului asupra mediului în perioada de funcționare. Astfel, "super-tehnologizarea" este privită ca o măsură de depășire a crizei ecologice concomitent cu investițiile monetare ce conduc la internalizarea costurilor de mediu în costul noului produs.

Teza investighează și un alt element cheie al modernizării ecologice (ME), care se referă la disponibilitatea informațiilor referitoare la inovație și adoptarea tehnologiilor eco-inovative. Prin urmare, de-a lungul lanțului ofertei pot apare probleme legate de disponibilitate, transfer rapid și acceptarea tehnologiilor eco-inovative.

Studiul explorează gradul de modernizare ecologică a sistemelor de canalizare prin evaluarea capacității tehnologiilor clasice versus eco-inovative în domeniul colectării apei uzate menajere de a depăși criza de mediu, cu accent pe investigarea inovațiilor radicale și a gradului de absorbție a tehnologiilor inovative de colectare a apei uzate în context mondial. O alta linie de analiză se axează pe evaluarea economică și de mediu a acestor tehnologii atât în faza de proiectare, cât și în cea de funcționare, dar și din perspectiva unei infrastructuri reziliente.

Analiza reformei instituționale și a rolului mișcărilor sociale nu face obiectul prezentului demers științific datorită limitărilor generate de gradul ridicat de birocrație în relația cu actorii implicați în procesul de planificare, al unui proces non-participativ de elaborare a strategiilor județene în domeniul apei uzate, bazat exclusiv pe utilizarea unor experți în domeniul planificării strategice. Datorită inerției autorităților locale în participarea

la procesul de planificare strategică, componenta de analiza sociologică a fost abandonată pe parcurs.

În același timp, dezbaterile din jurul politicilor din domeniul infrastructurii de furnizare a apei și de colectare și tratare a apei uzate, accentuează nevoia de a promova reziliența pentru sistemele de apă uzată, tendință mai accentuată în economiile avansate (Walker și colab., 2004; Walker și Salt, 2006; IPCC, 2007b; WHO, 2009).

Considerând potențialele riscuri naturale și antropice la care este supusă infrastructura de apă uzată, studiul explorează performanța și gradul de modernizare ecologică a sistemelor de colectare a apei uzate și din perspectiva rezilienței.

Reziliența infrastructurii, definită ca abilitatea unui sistem de a reduce magnitudinea și durata unor evenimente cu efect distrugător prin abilitatea de a anticipa, absorbi, a se adapta și recupera rapid în urma acestor evenimente (Holling, 1973; Walker și colab., 2004; Resilience Alliance, 2007; Wu și Wu, 2013) este privită în cadrul acestui demers științific ca o posibilă componentă a conceptului de modernizare ecologică, aspect care nu a fost abordat până în prezent în literatura de specialitate. Analiza riscurilor economice, tehnologice și de mediu aferente implementării infrastructurii de colectare a apei uzate, pornește de la necesități de ordin practic de proiectare și amenajare a infrastructurii urbane. În acest sens este importantă pentru autoritățile locale aplicarea diagnozei infrastructurii de colectare a apei uzate, încă din etapa de proiectare a acesteia.

Teza încearcă să integreze două linii de analiză. *Prima linie de analiză* abordează tehnologiile eco-inovative disponibile versus tehnologii clasice de colectare a apei uzate și concluzionează asupra impactului economic, social și de mediu al acestora prin prisma conceptului de modernizare ecologică. *Cea de a doua linie de analiză* realizează o analiză comparativă a două sisteme de colectare a apei uzate din perspectiva atributelor rezilienței și reprezintă și o reflecție asupra oportunității introducerii conceptului de reziliență ca instrument de măsurare a gradului de modernizare ecologică. Sunt evaluate, indirect, provocările la care sunt supuși actorii locali implicați în procesul de luare a deciziei, dar și oportunitățile ce decurg din analiza alternativelor de proiecte analizate, ce pot conduce la previzionarea impactului acestora asupra mediului și a unor soluții de îmbunătățire a funcționării sistemelor de canalizare încă din etapa de proiectare.

Obiectivul final este de a explora relația dintre modernizarea ecologică și reziliență prin evaluarea utilizării instrumentelor economice și a eco-inovației în furnizarea și implementarea unor tehnologii competitive de colectare a apelor uzate. Studiul propune introducerea conceptului de reziliență ca un nou pilon al modernizării ecologice, alături de reforma economică, ecologică, instituțională și rolul mișcărilor sociale. Abordarea propusă în acest demers științific, prin adoptarea conceptului de reziliență a infrastructurii, integrează, alături de cei doi piloni analizați ai conceptului de modernizare ecologică (reforma economică și tehnologică), alte două aspecte: capacitatea de recuperare rapidă în urma unor presiuni de origine naturală sau antropică și fiabilitatea economică, socială și de mediu a două sisteme alternative de colectare a apei uzate menajere.

Scopul și obiectivele tezei de doctorat

În contextul expus mai sus, teza examinează aplicabilitatea *variantei ingineresti (tehnocorporatiste) a Teoriei Modernizării Ecologice (TME) și a conceptului de reziliență a infrastructurii* în procesul de luare a deciziei în domeniul managementului apei uzate menajere, pentru asigurarea sustenabilității și competitivității tehnologiilor de colectare a apelor uzate menajere.

Obiectivul general este de a explora gradul de modernizare ecologică a sistemelor de colectare a apelor uzate prin evaluarea capacității tehnologiilor clasice versus eco-inovative în domeniul colectării apei uzate menajere de a depăși criza de mediu, cu accent pe:

- investigarea inovațiilor radicale și a gradului de absorbție a tehnologiilor inovative în context mondial;
- evaluarea economică a acestora;
- evaluarea performanței de mediu din perspectiva externalităților de mediu;
- evaluarea rezilienței sistemelor de canalizare supuse analizei.

Obiectivul de cercetare este de a identifica bunele practici și inovații în domeniul tehnologiilor de colectare și de tratare a apelor uzate; de a poziționa România în ierarhia statelor care au adoptat tehnologii eco-inovative de colectare a apelor uzate menajere și de a stabili care sunt forțele motrice care au grăbit sau întârziat adoptarea eco-inovației; de a studia modul în care analiza cost-beneficiu, cuantificarea externalităților sistemelor alternative de colectare a apei uzate și reziliența pot fi utilizate ca instrumente de evaluare a gradului de modernizare ecologică a acestora; și de a formula modele structurale care permit autorităților locale și operatorilor din domeniul apei uzate de a contribui la dezvoltarea sustenabilă a sectorului apei.

Obiectivele specifice analizate în cadrul acestui demers științific sunt:

- de a investiga nivelul de acceptare și implementare a tehnologiilor eco-inovative de colectare a apelor uzate având la bază o analiză comparativă referitoare la statele care au implementat proiecte de colectare a apelor uzate sub vid, incluzând și România;
- de a compara două sisteme alternative de colectare a apelor uzate (clasic versus inovativ) și a pune în evidență avantajele competitive ale fiecărei tehnologii din punct de vedere al costurilor, beneficiilor și externalităților de mediu;
- de a evalua nivelul tehnologic atins și oportunitățile de modernizare ale sistemelor de colectare a apei uzate, concomitent cu analiza externalităților sistemelor alternative de colectare a apelor uzate;
- de a selecta alternativa de sistem de colectare a apelor uzate cu cel mai ridicat grad de reziliență;
- de a reflecta asupra acelor modele de strategii de dezvoltare și tehnologii de colectare a apei uzate ce vor accelera reorientarea procesului de planificare și proiectare a infrastructurii de colectare a apei uzate cu accent pe ecologizarea sectorului colectării apei uzate;

Un prim obiectiv al tezei a fost de a investiga *nivelul tehnologic atins* de România în ceea ce privește introducerea unor sisteme eco-inovative de colectare a apelor uzate, într-o bază comparativă cu alte state ale lumii și de a determina tendințele și factorii care stimulează sau împiedică difuzarea eco-inovației (Duncan, 1996; Johnstone, 2005; Gonzalez-Moreno și colab., 2013; Gonzalez-Moreno și colab., 2014).

În același timp, utilizând ca instrumente de analiză măsurători ale emisiilor de gaze de canalizare și analiza cost-beneficiu, teza testează ipoteza conform căreia tehnologiile eco-inovative au capacitatea de a depăși criza ecologică în care se situează în prezent sistemele de colectare a apei uzate și impactul social, economic și de mediu al acestora. Prin urmare, teza are ca obiectiv secundar de a studia modul în *analiza cost-beneficiu* (Rashid și Hayes, 2011) *poate fi utilizată ca instrument de măsurare a gradului de modernizare ecologică a sistemelor de colectare ape uzate.*

Studiul răspunde la o serie de provocări globale referitoare la producția de gaze toxice și gaze cu efect de seră, obiectiv foarte puțin abordat în literatura de specialitate în ceea ce privește *generarea de gaze la nivelul rețelelor de canalizare* (Czepiel și colab., 1993; Denman și colab., 2007; Foley și colab., 2009; Foley și colab., 2010; Daelman și colab., 2012, 2013; Lane și Lant, 2012).

Un alt obiectiv al studiului se referă la analiza comparativă a vulnerabilității proiectelor alternative de sisteme de colectare a apei uzate expuse la diverse perturbări de ordin natural (dezastre naturale) sau antropice (economic, tehnologic sau de mediu) din perspectiva conceptului de reziliență (Resilience Alliance, 2007; Saaty, 1996a; Saaty 1996b, 2006, 2008; Saaty și Vargăs, 2006, 2013a;).

Teza s-a concentrat pe explorarea următoarelor întrebări ale cercetării care focalizează pe *reforma economică și reforma ecologică, doi dintre pilonii ME, și a conceptului de reziliență*:

1. Care este nivelul tehnologic atins în domeniul colectării apelor uzate?

Obiectivele secundare se concentrează pe următoarele întrebări:

1.1. Care sunt bunele practici și inovații în domeniul serviciilor de colectare ape uzate?

1.2. Ce modele de inovații de mediu au introdus competitorii în domeniul colectării apelor uzate (România, diverse state ale lumii)?

1.3. Investițiile se bazează pe schimbări radicale sau incrementale ale produselor și proceselor implicate în procesul de colectare a apei uzate?

2. Care este impactul potențial al sistemelor convenționale de colectare a apelor uzate versus sisteme eco-inovative și care sunt instrumentele de analiza care pot conduce la selectarea alternativei optime pentru modernizarea ecologică a sistemelor de colectare a apei uzate?

Obiectivele secundare se concentrează pe următoarele întrebări:

2.1. Care este impactul sistemelor de canalizare convenționale versus sisteme de canalizare clasice din punct de vedere al emisiilor de gaze cu efect de seră?

2.2. Cum poate contribui analiza cost-beneficiu la selectarea variantei de proiect ce reduce impactul asupra mediului și care este efectul asupra procesului de luare a deciziei?

2.3. Cum poate fi încorporat conceptul de reziliență în conceptul de modernizare ecologică și cum poate contribui acesta la procesul de luare al deciziei în domeniul apei uzate?

Abordarea originală propusă în cadrul tezei

Studiul explorează implicațiile de mediu și investiționale ale trecerii către o infrastructură de colectare a apelor uzate eco-eficientă și rezilientă atât din perspectivă economică, a amprentei carbonului prin reducerea emisiilor directe și indirecte de gaze cu efect de seră, dar și din punctul de vedere al presiunii unor factori naturali și antropici și a impactului și riscului asociat asupra altor structuri ale infrastructurii generale (infrastructura de transport, infrastructura de alimentare cu apă, infrastructura de locuire etc.).

Acest demers științific se situează la intersecția mai multor domenii de cercetare: ingineria de mediu, economia și sociologia de mediu. Teza se înscrie în preocupările mondiale de găsire a unor soluții inovative din punct de vedere a modernizării tehnologiilor de colectare a apelor uzate în vederea reducerii impactului procesului de colectare a apelor uzate asupra mediului și sănătății populației, în contextul evacuării accidentale sau voite a apei uzate în sol și pânza de apă freatică, a minimizării resurselor de apă dulce generate de

schimbările climatice și a creșterii impactului activităților socio-economice asupra parametrilor calitativi ai acesteia.

Ca rezultat al caracterului eluziv al conceptului de dezvoltare durabilă și a implementării sale defectuoase, implementarea Teoriei Modernizării Ecologice (*TME*) este privită în cadrul acestui demers științific ca o oportunitate de reducere a impactului economic și de mediu asociat funcționării sistemelor de colectare a apei uzate menajere. *TME*, este o variantă a dezvoltării durabile care are avantajul că indică că sustenabilitatea poate fi atinsă prin reconcilierea obiectivelor de mediu și a celor economice prin intermediul industrializării dictate de piață și a furnizării unor soluții tehnice inovative și noi strategii de management pentru a reduce impactul dezvoltării asupra mediului.

Analiza comparativă a sistemului de colectare a apelor uzate sub vid și a sistemului clasic de colectare a apei uzate pune în evidență beneficiile economice și de mediu generate de introducerea unor inovații tehnologice radicale (sistem de canalizare sub vid) în proiectarea și operarea infrastructurii de colectare a apei uzate.

De asemenea, studiul concluzionează asupra implicațiilor de mediu și investiționale ale trecerii către o infrastructură de colectare a apelor uzate rezilientă atât din perspectiva amprentei carbonului prin reducerea emisiilor directe și indirecte de gaze cu efect de seră, dar și din punctul de vedere al presiunii unor factori naturali și antropici și a impactului și riscului asociat asupra altor structuri ale infrastructurii generale (infrastructura de transport, infrastructura de alimentare cu apă, infrastructura de locuire etc.).

Teza reflectă asupra modelelor de strategii de dezvoltare și tehnologii de colectare a apei uzate ce vor accelera reorientarea procesului de planificare și proiectare a infrastructurii de colectare a apei uzate cu accent pe ecologizarea sectorului colectării apei uzate. Studiul concluzionează că reforma în domeniul managementului apei uzate și a proiectării sistemelor de colectare a apei uzate menajere trebuie analizată atât la nivel holistic cât și a detaliilor de implementare. Rezultatele finale ale implementării unor sisteme eco-inovative de colectare a apei uzate sunt influențate de cererea pentru servicii de colectare ape uzate, de contextul socio-economic, de poziționarea față de frontiera tehnologică, precum și de condițiile geografice și de mediu.

Din perspectivă metodologică, teza aduce o importantă contribuție la stadiul actual al cercetării prin aceea că propune combinarea unei serii de metode și tehnici atrase din diverse discipline pentru a dezvolta un set uniform de instrumente de măsurare a gradului de modernizare ecologică a managementului apei uzate. Aceste aspecte abordează elemente care nu au fost studiate anterior în literatura de specialitate: difuzarea eco-inovației și poziționarea României în ierarhia statelor europene în ceea ce privește adoptarea eco-inovației în domeniul colectării apei uzate; analiza rețelelor de canalizare alternativă prin prisma externalităților negative, și anume hidrogenul sulfurat și gazele cu efect de seră (metan, dioxid de carbon și monoxid de carbon); propunerea unei metodologii de analiză a emisiilor de gaze de canalizare la nivelul sistemului de canalizare sub vid și extragerea unor factori de emisie pentru cele două sisteme de colectare a apei uzate analizate; analiza cost-beneficiu a unor proiecte alternative de colectare a apelor uzate cu accent pe evaluarea financiară a externalităților generate de funcționarea sistemelor de canalizare clasic și sub vid; evaluarea gradului de reziliență a sistemelor alternative de colectare a apelor uzate.

Metodele propuse se bazează pe un set de tehnici de colectare și analiză a datelor ce pot fi replicate și pentru alte studii de caz.

Rezultatele cercetării servesc ca o bază pentru procesul de luare a deciziei în prioritizarea ariilor de intervenție și a introducerii eco-inovației în domeniul sistemelor de colectare ape uzate.

Fără a avea pretenția unei acoperiri exhaustive a conceptului de modernizare ecologică, teza propune o abordare tehnică, inginerescă a conceptului, depășind limitele pur teoretice ale acestuia, care, din păcate, a fost utilizat mai mult în sens sociologic pentru a

confirma sau infirma capacitatea de depășire a crizei ecologice în domeniul planificării strategice de mediu.

Chiar dacă conceptul de modernizare ecologică este de actualitate, pentru a căpăta greutate este necesară introducerea unor instrumente specifice de măsurare a gradului de modernizare ecologică încă din procesul de planificare, pentru a putea vorbi de o schimbare de paradigmă în ceea ce privește fundamentarea științifică a declarării modernizării ecologice ca schimbare în practicile de mediu către așa numita industrializare ecologică, obiectiv atins în cadrul acestui demers științific.

Studiul propune introducerea conceptului de reziliență ca un nou pilon al modernizării ecologice și concluzionează că reziliența poate fi încorporată în conceptul mai larg de modernizare ecologică, care implică o viziune de ansamblu a dezvoltării economice prin încorporarea considerentelor de mediu în procesul de dezvoltare a unor produse sau tehnologii, prin internalizarea externalităților de mediu încă din procesul de proiectare. Raporturile dintre cele două paradigme pot fi interconectate sprijinindu-se reciproc. În timp ce reziliența accentuează pe preocupări pentru gestionarea dezechilibrelor în confruntarea cu hazardele, spre o mai mare redundanță, resurse suplimentare ca soluții de rezervă în situații de criză; modernizarea ecologică focalizează pe eficientizarea consumului de resurse în vederea rentabilizării procesului de producție, concomitent cu reducerea presiunii asupra componentelor mediului înconjurător și readucerea sistemelor economice și de mediu într-o stare de echilibru.

În baza modelului ingineresc al modernizării ecologice, se pot propune procese de luare a deciziei mai eficiente în domeniul colectării apei uzate.

Structura tezei de doctorat

Teza de doctorat este structurată pe trei părți, 12 capitole, însumând 241 pagini, inclusiv anexe.

Introducerea prezintă direcțiile de cercetare corelate cu obiectivul general al tezei, obiectivele secundare, întrebările cercetării și aspecte legate de originalitatea demersului științific.

Partea I, structurată în cinci capitole, prezintă Stadiul actual al cercetării în domeniul modernizării ecologice a sistemelor de colectare a apei uzate menajere.

Capitolul 2 prezintă provocările cu care se confruntă autoritățile locale și companiile de apă în managementul apei uzate și accentuează asupra necesității de a evalua din punct de vedere economic, social și de mediu sistemele alternative de colectare a apelor uzate încă din faza de proiect pentru a aprecia potențialul impact al acestora asupra mediului.

Capitolul 3 introduce într-o manieră comparativă conceptul de modernizare ecologică versus conceptul de dezvoltare durabilă, accentuând asupra avantajelor competitive ale modernizării ecologice și prezintă informații generale asupra a două tehnologii alternative de colectare a apei uzate menajere, ce vor face obiectul unor studii de caz particulare în partea a II a și a III a tezei.

Capitolul 4 prezintă instrumentele de analiză a gradului de modernizare ecologică. Sunt investigate instrumentele de analiză a gradului de modernizare ecologică, cu accent pe reforma tehnologică (distribuția eco-inovației și analiza externalităților sistemelor de colectare a apei uzate alternative), reforma economică (cu accent pe analiza cost-beneficiu a proiectelor alternative) și a rezilienței sistemelor de colectare a apei uzate.

Capitolul 5 prezintă concluzii privind oportunitatea aplicării teoriei modernizării ecologice pentru ecologizarea sistemelor de colectare a apei uzate.

Partea a II a, structurată pe patru capitole, prezintă aspecte metodologice abordate în vederea atingerii obiectivelor tezei. Sunt discutate etapele metodologiei adoptate de către

comunitatea științifică internațională în domeniul modelării și analizei gradului de modernizare ecologică, dar și metode propuse de cercetător cu accent pe modernizarea ecologică a sistemelor de colectare a apei uzate. Astfel, sunt prezentate metodele de analiză a reformei tehnologice (difuzarea eco-inovației, analiza externalităților), economice (analiza cost-beneficiu) și a rezilienței unor proiecte alternative de colectare a apei uzate.

Metodele de cercetare utilizate în cadrul acestui demers științific sunt specifice atât *ingineriei mediului, sociologiei de mediu și economiei* având în vedere caracterul interdisciplinar al tezei.

Metodele utilizate includ:

1. evaluarea gradului de introducere a eco-inovației utilizând *metode logico-matematice pentru prelucrarea datelor statistice* (softul SPSS) și instrumente geostatistice (GIS);
2. *tehnici de management de mediu*, respectiv tehnologia senzorilor de infraroșu și senzori electrochimici, pentru determinarea nivelului emisiilor de gaze de canalizare;
3. *analize cost-beneficiu comparative* în vederea selectării alternativei optime de sistem de colectare a apei uzate din punct de vedere economic și al protecției mediului (aplicație proprie în Excel);
4. *analiza multicriterială* (procesul analitic de rețea) pentru determinarea gradului de reziliență a tehnologiilor alternative de colectare a apei uzate, utilizând software-ul SUPER DECISIONS (disponibil la adresa www.superdecisions.com)

Partea a III a, organizată în patru capitole, prezintă rezultatele obținute în urma analizei reformei tehnologice, economice și a rezilienței. Rezultatele studiilor de caz analizate integrează două linii de analiză. *Prima linie de analiză* a abordat tehnologiile eco-inovative disponibile versus tehnologii clasice de colectare a apei uzate și concluzionează asupra impactului economic, social și de mediu al acestora, prin prisma conceptului de modernizare ecologică, evidențiind o serie de avantaje competitive ale tehnologiei de colectare a apei uzate sub vid. *Cea de a doua componentă* analizează reziliența a două sisteme alternative de colectare a apei uzate. Această componentă reprezintă și o reflecție asupra oportunității introducerii conceptului de reziliență ca instrument de măsurare a gradului de modernizare ecologică.

Teza de doctorat se încheie cu concluziile generale referitoare la cercetările realizate cu evidențierea elementelor de originalitate ale tezei și posibile viitoare direcții de cercetare.

Rezultatele originale ale tezei au fost diseminate astfel: 3 articole în reviste cotate ISI Web of Science, 1 articol ISI în evaluare, 1 articol ISI proceedings (co-autor), 3 lucrări prezentate sub formă de comunicări orale la conferințe internaționale, o lucrare în calitate de co-autor și un capitol de carte.

PARTEA A III A - REZULTATELE OBȚINUTE ÎN URMA ANALIZEI REFORMEI TEHNOLOGICE, ECONOMICE ȘI A REZILIENȚEI SISTEMELOR DE COLECTARE A APEI UZATE

În interpretarea gradului de modernizare ecologică a sectorului de colectare a apei uzate, au fost analizate următoarele aspecte:

1. *Reforma tehnologică;*
2. *Reforma economică;*
3. *Reziliența infrastructurii;*

pentru două sisteme alternative de colectare a apei uzate.

9. *Analiza reformei tehnologice*

Capitolul răspunde la o serie de provocări de adaptare a infrastructurii de colectare a apei uzate ca răspuns la schimbările climatice și în vederea reducerii impactului emisiilor de apă uzată în sol și aer.

Capitolul reflectă transformările tehnologice în domeniul tehnologiilor eco-inovative de colectare a apei uzate și a impactului acestora asupra mediului, aspecte ce demonstrează gradul de modernizare ecologică a sistemului de colectare a apelor uzate.

9.1. *Difuzarea eco-inovației*

Scopul acestui capitol este de a investiga gradul de modernizare ecologică în cadrul sectorului colectării apei uzate cu referire la adoptarea eco-inovației. Capitolul se concentrează asupra forțelor motrice care facilitează sau împiedică difuzarea eco-inovației - motor pentru modernizarea ecologică, considerând colectarea apei uzate un bun public substanțial.

9.1.1. *Rezultatele cercetării*

Rezultatele studiului prezintă relația dintre:

- a. *stadiul de adoptare al tehnologiei eco-inovative și numărul de camere de colectare;*
- b. *PIB–SPC și numărul de camere de colectare;*
- c. *proximitatea geografică și nivelul de adoptare a eco-inovației;*
- d. *relația dintre populația statelor participante și numărul de camere de colectare.*

Pentru determinarea relației dintre stadiul de adoptare – numărul de camere de colectare (a) și PIB–SPC - numărul de camere de colectare (b) au fost utilizate instrumente statistice.

Întrucât numărul de cazuri analizat este redus și distribuția nu este normală, s-a optat pentru un test non-parametric Jonckheere-Terpstra, asociat cu testul Mann-Whitney-U și testul Monte Carlo care compară nivelul rangurilor.

Testele non-parametrice mai sunt numite și teste de rang deoarece multe dintre ele implică transformarea scorurilor în ranguri (Howitt și Cramer, 2010).

Datele disponibile au recomandat testarea ipotezei utilizând Jonckheere-Terpstra, asociat cu testul Mann-Whitney-U (Field, 2005).

Testul Jonckheere-Terpstra a vizat testarea unor ipoteze de cercetare unidireționale.

(a) Relația dintre stadiul de adoptare – numărul de camere de colectare

Prima ipoteză a postulat că există o relație directă între dorința statelor de a adopta tehnologii eco-inovative în relație cu una din cele trei perioade de adoptare a eco-inovației, numărul de proiecte implementate și numărul de camere de colectare, asociat în fapt cu numărul de conexiuni și dimensiunea fiecărui proiect în parte.

Tabel 9-1. Testul Jonckheere-Terpstra. Grupul de variabile: stadiul de adoptare al eco-inovației

	Numărul de camere de colectare/ asociat numărului de racorduri	Numărul de stații de vid	Numărul de proiecte
Numărul de nivele în Stadiul de adoptare	3	3	3
N	38	39	39
Test J-T Statistic	93,500	82,000	91,000
Media J-T Statistic	228,000	238,000	238,000
Deviația standard a testului J-T Statistic	36,570	37,380	37,082
Standard J-T Statistic (z)	-3,678	-4,173	-3,964
Importanța asimptotică (valoare critică bidimensională -2-tailed)	0,000	0,000	0,000

Relația dintre stadiul de adoptare a eco-inovației și numărul de camere de colectare (Tabel 9-1) a fost investigată utilizând testul non-parametric Jonckheere-Terpstra ($J = 93,5$). Robustețea constatărilor de-a lungul celor trei categorii distincte de perioade de adoptare a eco-inovației evidențiază o valoare negativă a scorului standard z ($z = -3,678$) pentru mediile eșantioanelor, indicând o tendință descendentă a mediei. Semnul negativ al testului z indică o relație indirectă între stadiul de adoptare al eco-inovației și numărul de camere de colectare. *Rata de difuzare a eco-inovației descrește de-a lungul celor trei stadii de adoptare.*

Datorita numeroaselor probleme pe care le ridică pragul de semnificație în cadrul testării ipotezelor, tot mai mulți autori au remarcat necesitatea completării rezultatelor cu ceea ce se numește mărimea efectului (Cohen, 1990; Cohen, 1994; Fan, 2001; Thompson, 1999; Thompson, 2002). Mărimea efectului s-a impus tot mai mult ca un termen generic pentru o familie de indicatori care informează asupra magnitudinii unui efect. Mărimea efectului a fost calculată pentru analiza comparațiilor pereche utilizând testul Mann-Whitney.

Pragul de semnificație statistică ne arată doar că există o probabilitate foarte mică de a obține datele observate în cazul în care ipoteza nulă este adevărată, însă nu ne informează dacă această situație are o importanță practică. Pentru a evidenția acest lucru s-a apelat la calcularea mărimii efectului. Numărul mare de indicatori existenți poate fi redus la două categorii de indici: bazați pe o diferență standardizată dintre medii (d), respectiv bazați pe procentul de dispersie explicată (r) (Ecuația 9-1).

$$d = \frac{2r}{\sqrt{1-r^2}}$$

Ecuația 9-1

Ecuația 9-1. Ecuația de transformare (Rosnow și colab., 2000)

Prin urmare, mărimea efectului este un indicator al magnitudinii efectului studiat.

Prin testarea ipotezelor nu s-a verificat dacă efectul există sau nu, ci mai degrabă dacă acesta are sau nu o valoare ce merită luată în considerare. Un efect insignifiant este transpus prin nerespingerea ipotezei nule.

Magnitudinea unui efect poate fi interpretată în mai multe moduri. Utilizând criteriile inițiale propuse de Cohen (1988) putem distinge trei nivele de intensitate: efect scăzut; efect mediu și efect puternic. Valorile corespondente aproximative pentru fiecare tip de efect în cazul lui d și r^2 sunt prezentate în Tabelul 9-2.

Tabel 9-2. Analiza puterii statistice

Mărimea efectului	Coeficientul d al lui Cohen	Coeficientul de determinare r^2
Efect scăzut	0,2	0,01
Efect mediu	0,5	0,06
Efect puternic	0,8	0,14

Puterea statistică este probabilitatea de a obține rezultate semnificative statistice. Cu cât puterea statistică este mai mare cu atât probabilitatea de a obține un rezultat semnificativ statistic este mai mare. La nivel convențional, valoarea p de 0,05 reprezintă nivelul acceptat de comunitatea științifică de a respinge sau a nu respinge ipoteza nulă. Testul de semnificație $p = 0,000$ indică o corelație statistică importantă între stadiul de adoptare al eco-inovației și nivelul de răspândire a sistemului de canalizare sub vid.

Mărimea efectului (r), măsoară magnitudinea efectului stadiului de adoptare a eco-inovației conform ecuației lui Rosenthal (1984) (Ecuația 9-2).

$$r = \frac{\sqrt{z^2}}{n} = \frac{z}{\sqrt{n}} \quad \text{Ecuația 9-2}$$

unde:

n - numărul de cazuri

z - deviația standard

Mărimea efectului în studiul de caz analizat este puternică ($r = 0,6$). Efectul pare a fi destul de important din punct de vedere practic. În plus, efectul este semnificativ statistic.

Pentru a studia mărimea efectului fiecare două grupuri independente au fost comparate (testul Mann-Whitney-U). În ceea ce privește comparația între primul și cel de al doilea stadiu de adoptare, media rangurilor și suma rangurilor pentru cele două grupuri testate a pus în evidență importanța valorii testului, indicând care grup are cel mai ridicat rang mediu (Tabel 9-3).

Tabel 9-3 Testul Mann-Whitney-U. Grup de variabile: stadiul de adoptare - stadiul 1 și stadiul 2

	Numărul de proiecte	Numărul de stații de vid	Numărul de camere de colectare asociat cu numărul de racorduri
Mann-Whitney-U	28,500	28,500	30,000
Wilcoxon W	218,500	218,500	201,000
Z	-2,538	-2,530	-2,333
Importanța Asimptotică (2-tailed)	0,011	0,011	0,020

Grupul cu cel mai ridicat rang mediu îl reprezintă primul stadiu de adoptare al eco-inovației. Rezultatele indică că există o diferență statistică importantă între primul și cel de al doilea stadiu de adoptare a eco-inovației, între numărul de proiecte și numărul de camere de colectare ($N = 26$, $U = 30$; $p = 0,020$). Testul este semnificativ statistic.

Mărimea efectului evidențiată în acest studiu este $r = 0,457$, ceea ce, conform criteriilor lui Cohen (1988), indică că efectul variabilei stadiu de adoptare asupra variabilei

număr de camere de adoptare este puternic. Se poate concluziona că, din punct de vedere statistic, grupul statelor incluse în stadiul doi de adoptare a eco-inovației, cuprinde un număr mai redus de camere de colectare decât statele cuprinse în primul stadiu de adoptare al eco-inovației.

În mod similar, testul Mann-Whitney-U este utilizat pentru a compara cel de al doilea cu cel de al treilea stadiu de adoptare al eco-inovației (Tabel 9-4).

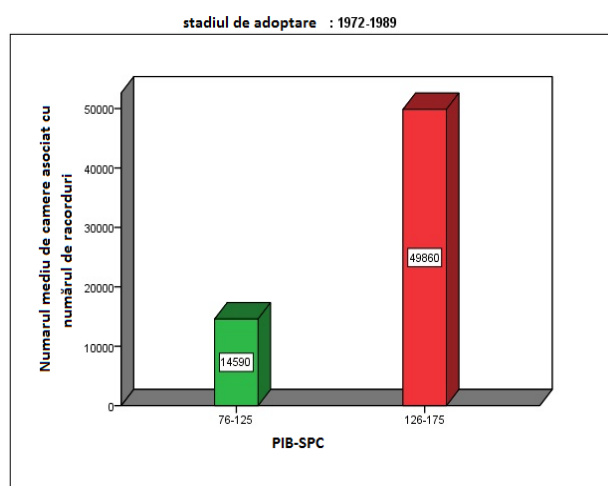
Tabel 9-4 Testul Mann-Whitney U Grup de variabile: stadiul de adoptare - stadiul 2 și stadiul 3

	Numărul de proiecte	Numărul de stații de vid	Numărul de camere de colectare asociat cu numărul de racorduri
Mann-Whitney-U	62,000	53,500	61,500
Wilcoxon W	140,000	131,500	139,500
Z	-2,199	-2,518	-1,969
Importanța Asimptotică (2-tailed)	0,028	0,012	0,049

Fiind un test neparametric, testul Mann-Whitney are la bază compararea medianelor celor două grupuri supuse comparației. Acesta indică că *al doilea stadiu de adoptare a eco-inovației are cea mai ridicată valoare a mediei rangurilor*, prin urmare cuprinde cel mai mare număr de camere de colectare comparativ cu cel de al treilea stadiu de adoptare a eco-inovației. Există o *diferență statistică semnificativă între stadiul doi și trei de adoptare a eco-inovației*, având în vedere numărul de proiecte și numărul de camere de colectare ($N = 30$, $U = 61,500$; $p = 0,049$; $r = 0,359$). *Efectul variabilei stadiu de adoptare asupra variabilei număr de camere de adoptare este mediu spre puternic.*

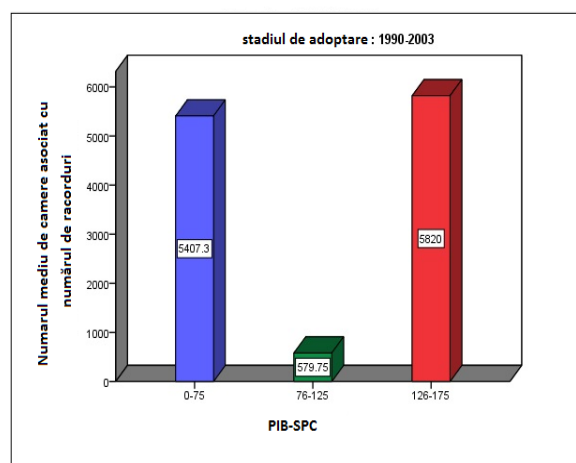
Mediana unui set de date statistice distincte ordonate după mărime este numărul care împarte setul de date în două grupe egale ca număr. Mediana (*Mdn*) este calculată pentru numărul de camere de colectare aferent celor trei stadii de adoptare a eco-inovației, rezultând următoarele valori: primul stadiu $Mdn = 4048$, al doilea stadiu $Mdn = 398,5$ și al treilea stadiu $Mdn = 103$, indicând un trend descrescător al implementării proiectelor în timp.

Rezultatele indică că grupul statelor incluse în cel de al treilea stadiu de adoptare a sistemului de canalizare sub vid (2004-2010) prezintă din punct de vedere statistic un număr mult mai redus de camere de colectare decât grupul statelor incluse în stadiul doi, demonstrând tendința generală de descreștere a adoptării eco-inovației în timp (Figura 9-1, a,b,c).



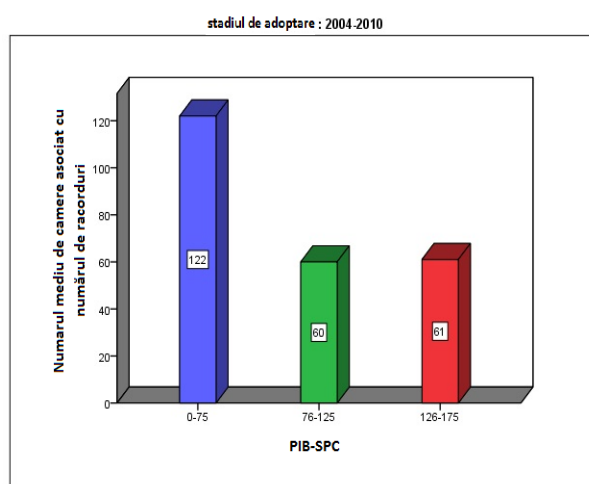
Cazuri analizate prin prisma PIB-SPC

a) stadiul unu (1972-1989)



Cazuri analizate prin prisma PIB-SPC

b) stadiul doi (1990-2003)



Cazuri analizate prin prisma PIB-SPC

c) stadiul trei (2004-2010)

Figura 9-1. Relația dintre PIB-SPC și numărul de racorduri (camere de colectare) corespunzătoare celor trei stadii de adoptare a eco-inovației: a) stadiul unu (1972-1989); b) stadiul doi (1990-2003); c) stadiul trei (2004-2010)

(b) Relația dintre PIB-SPC – numărul de camere de colectare

Cea de a doua ipoteză a postulat că nivelul PIB influențează nivelul de adoptare al eco-inovației. Relația dintre PIB-SPC și numărul de camere de colectare a fost examinată, utilizând același test non-parametric Jonckheere-Terpstra.

Tabel 9-5. Testul Jonckheere-Terpstra. Grupul de variabile: PIB-SPC

	Numărul de camere de colectare/ asociat numărului de racorduri	Numărul de stații de vid	Numărul de proiecte
Numărul de nivele în Stadiul de adoptare	3	3	3
<i>N</i>	17	17	17
Test J-T Statistic	50,000	55,500	55,500
Media J-T Statistic	45,000	45,000	45,000

Deviația standard a testului J-T Statistic	11,091	11,032	11,025
Standard J-T Statistic	0,451	0,952	0,952
Importanța asimptotică (valoare critică bidimensională -2-tailed)	0,652	0,341	0,341

Semnul pozitiv al scorului standard z evidențiază ($z = 0,451$) un trend ascendent al medianelor. Valoarea puterii statistice p (0,652) indică o corelație nesemnificativă între nivelul PIB-SPC și nivelul de adoptare a sistemului de canalizare sub vid. Mărimea efectului $r = 0,11$ este redusă (Tabel 9-5).

Testul Mann-Whitney a fost realizat pentru a compara două grupuri independente: prima categorie PIB-SPC cu a doua categorie PIB-SPC (Tabel 9-6) și a doua categorie PIB-SPC cu a treia, în relație cu numărul total de camere de colectare (proiecte) (Tabel 9-7).

Tabel 9-6. Testul Mann-Whitney U. Grup de variabile: număr de camere de colectare - prima și a doua categorie a PIB-SPC

	Numărul de proiecte	Numărul de stații de vid	Numărul de camere de colectare asociat cu numărul de racorduri
Mann-Whitney U	19,500	19,500	23,000
Wilcoxon W	40,500	40,500	59,000
Z	-0,585	-0,584	-0,129
Importanța Asimptotică (2-tailed)	0,559	0,559	0,897

Rezultatele testului indică că nu există o diferență statistică semnificativă între prima și a doua categorie a PIB-SPC în ceea ce privește numărul de proiecte și camere de colectare ($N = 14$, $U = 23$, $p = 0,897$). Testul indică o legătură statistică nesemnificativă ($p > 0,05$). Se acceptă ipoteza nulă.

Valoarea mărimii efectului $r = 0,034$, indică un efect foarte scăzut. Se poate concluziona că statele incluse în cel de al doilea grup al PIB (76-125), prezintă din punct de vedere statistic un număr ușor mai redus de camere de colectare decât grupul statelor incluse în prima categorie PIB-SPC (1-75).

În mod similar, testul a indicat că statele incluse în categoria a treia a PIB-SPC (126-175) au cel mai ridicat rang mediu (Tabel 9-7).

Tabel 9-7. Testul Mann-Whitney-U. Grup de variabile: numărul de camere de colectare – a doua și a treia categorie a PIB-SPC

	Numărul de proiecte	Numărul de stații de vid	Numărul de camere de colectare asociat cu numărul de racorduri
Mann-Whitney-U	9,500	9,500	8,000
Wilcoxon W	45,500	45,500	44,000
Z	-0,513	-0,511	-0,816
Importanța Asimptotică (2-tailed)	0,608	0,609	0,414

Nu este nici o diferență importantă din punct de vedere statistic între categoria a doua și a treia a PIB-SPC, între numărul de proiecte și numărul de camere de colectare ($N = 11$, $U = 8$, $p = 0,414$). Întrucât $p > 0,05$ legătura statistică între cele două grupuri este nesemnificativă în ceea ce privește relația PIB-număr de proiecte implementate. Valoarea mărimii efectului $r = 0,246$ indică un efect mediu. Se poate concluziona că *grupul statelor incluse în a treia categorie PIB-SPC au din punct de vedere statistic un număr mai ridicat de camere de colectare comparativ cu statele incluse în categoria a doua a PIB-SPC.*

Mediana este calculată pentru numărul de camere de colectare ale celor trei categorii ale PIB-SPC, rezultând următoarele valori: pentru prima categorie PIB-SPC, $Mdn = 1400,5$;

pentru categoria a doua a PIB-SPC $Mdn = 529,5$; iar pentru categoria a treia PIB-SPC, $Mdn = 5820$. Valorile mediane indică că *statele incluse în prima categorie PIB-SPC au o tendință mai ridicată de adoptare a eco-inovației decât statele incluse în a doua categorie a PIB-SPC*.

Așa cum este evidențiat în figura 9-1, statele cu PIB-SPC cel mai ridicat prezintă cea mai ridicată rată de adoptare a eco-inovației, urmate de statele cu cel mai scăzut PIB-SPC.

c. Relația dintre proximitatea geografică și nivelul de adoptare al eco-inovației în Europa

Datele referitoare la introducerea sistemului de canalizare sub vid în Europa au fost cartate cu ajutorul softului ArcGIS, care a permis analiza spațială a adoptării eco-inovației.

Principalul obiectiv al utilizării GIS a fost acela de a furniza o vizualizare clară a rezultatelor adoptării eco-inovației considerând că instrumentele statistice utilizate pentru a testa primele două ipoteze nu furnizează o imagine spațială a ierarhiei statelor care au adoptat sistemul de canalizare sub vid.

GIS s-a aplicat pentru a sublinia importanța acordată adoptării eco-inovației în cadrul statelor europene analizate care au făcut obiectul studiului de caz, în relație cu numărul de camere de colectare aferente fiecărui proiect de colectare a apelor uzate.

Evaluarea relației dintre proximitatea geografică și nivelul de adoptare a eco-inovației este relevantă în ceea ce privește distribuția proiectelor și numărul de camere de colectare (Figura 9-2).

Rezultatele analizei geo-statistice (Figura 9-2) evidențiază faptul că statele riverane Germaniei, liderul de piață al sistemului de canalizare sub vid în Europa, au un număr mai ridicat de conexiuni decât alte state plasate la periferie în ceea ce privește distanța față de liderul de piață.

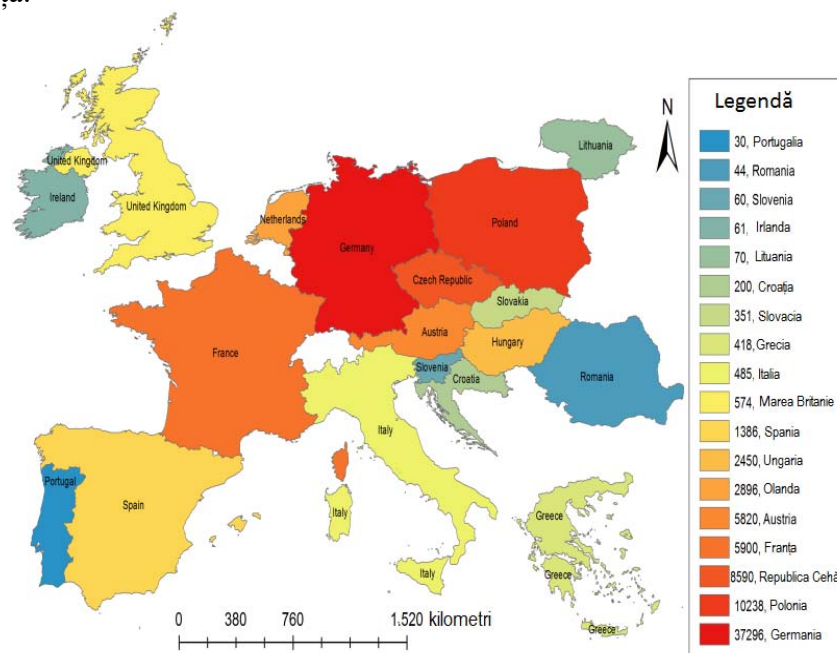


Figura 9-2. Distribuția sistemului de canalizare sub vid în Europa în relație cu liderul de piață și numărul de camere de colectare (Terry și Lazăr, 2016)

d. relația dintre populația statelor participante și numărul de camere de colectare

Datele referitoare la introducerea sistemului de canalizare sub vid în Europa au fost analizate și din perspectiva populației statelor analizate în cadrul studiului de caz. Informațiile referitoare la relația populație și numărul de camere de colectare, indicator al

numărului final de beneficiari, sunt prezentate în Tabelul 9-8 și Figura 9-3, utilizând ca date de raportare populația statelor participante la nivelul anului 2015 și procentul din populație care locuiește la șes (http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/studies/pdf/montagne/mount6.pdf).

Raționamentul ce a stat la baza analizei relației dintre populația stabilă în zona de șes și numărul de proiecte, asociat cu numărul de camere de colectare, a fost determinat de funcționarea sistemului doar în condițiile unui teren plat.

În ceea ce privește populația beneficiară s-a considerat că o cameră de colectare deservește un număr de 12 persoane.

Tabel 9-8. Distribuția numărului de camere de colectare în relație cu populația statelor participante care locuiește în zona de șes

Statul	Populația totală (nr. locuitori)	Populație care locuiește la șes (%)	Populația care locuiește la șes (nr. locuitori)	Număr de camere de colectare	Populația beneficiară a sistemului	Procent din populație racordat la sistem de canalizare sub vid (raportat la populația ce locuiește în zona de șes)
Germania	82.210.000	85,28	70.108.688	37.296	447.552	0,638%
Franța	65.073.482	74,75	48.642.428	5.900	70.800	0,146%
Marea Britanie	61.113.205	74,79	45.706.566	574	6.888	0,015%
Italia	59.337.888	40,06	23.770.758	485	5.820	0,024%
Spania	46.661.950	44,41	20.722.572	1.386	16.632	0,080%
Polonia	38.115.967	94,80	36.133.937	10.238	122.856	0,340%
România	22.329.977	62,16	13.880.314	44	528	0,004%
Olanda	16.402.414	100,00	16.402.414	2.896	34.752	0,212%
Grecia	11.147.000	22,12	2.465.716	418	5.016	0,203%
Portugalia	10.605.870	60,88	6.456.854	30	360	0,006%
Republica Cehă	10.501.197	67,74	7.113.511	8.590	103.080	1,449%
Ungaria	10.076.000	95,30	9.602.428	2.450	29.400	0,306%
Austria	8.206.524	26,66	2.187.859	5.820	69.840	3,192%
Slovacia	5.431.363	38,02	2.065.004	351	4.212	0,204%
Croația	4.551.000	53,42	2.431.144	200	2.400	0,099%
Irlanda	4.234.925	89,39	3.785.599	61	732	0,019%
Lituania	3.596.617	100,00	3.596.617	70	840	0,023%
Slovenia	2.100.070	22,02	462.435	60	720	0,156%

Principalul obiectiv al stabilirii relației populație-număr de camere de colectare a fost acela de a determina dacă absorbția unei tehnologii eco-inovative este un indicator al răspunsului politic și social la problemele de mediu, raportat la procentul din populație care dispune de sistemul de colectare a apei uzate sub vid. Așa cum se remarcă din tabelul 9-8, chiar dacă Germania este unul din marii producători ai sistemului de canalizare sub vid, acest stat se plasează pe locul trei (0,638 %), raportat la total populație ce locuiește la șes, fiind surclasată de către Austria (3,192 %) și Republica Cehă (1,449 %). State ca Polonia și Ungaria se situează pe locurile imediat următoare. România se situează pe ultimul loc în această ierarhie, cu un procent de 0,004 % din populația ce ar putea reprezenta grupul țintă al proiectelor de colectare a apelor uzate prin sistemul de canalizare sub vid.

Figura 9-3 prezintă relația dintre populația de la șes și numărul de camere de colectare pentru statele ce au făcut obiectul studiului de caz.

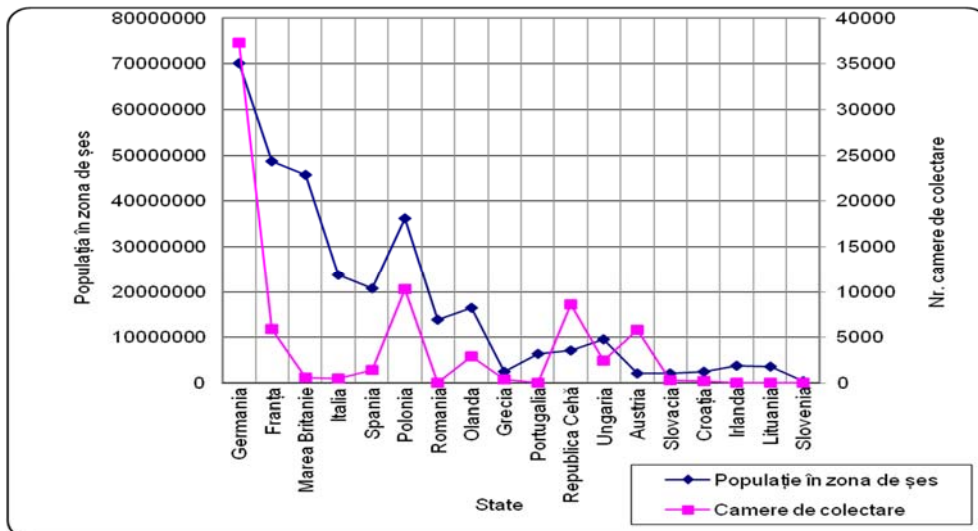


Figura 9-3. Relația dintre populația ce locuiește în zona de șes și numărul de camere de colectare a ape uzate

9.1.1.1. Discuții

Această secțiune prezintă principalele rezultate și implicațiile aferente obținute în cadrul analizei, cu referire la dimensiunea distribuției eco-inovației în domeniul furnizării de bunuri publice, în relație cu gradul de modernizare ecologică.

Studiul a luat în considerare câteva limitări. Una dintre principalele limitări ale studiului face referire la faptul că studiul a abordat doar două dintre companiile producătoare de sisteme de canalizare sub vid, prin urmare rezultatele obținute nu pot fi considerate reprezentative pentru întreaga industrie de producere a sistemelor de canalizare sub vid. O altă limitare se referă la baza de date pusă la dispoziție de către furnizorii tehnologiei referitor la numărul de proiecte implementate în perioada 1973-2008.

În ciuda acestor limitări, studiul prezintă câteva implicații pentru sfera cercetării, politicilor și a managementului de mediu. Rezultatele acestui studiu contribuie la dezvoltarea literaturii asupra adoptării eco-inovației sub mai multe aspecte.

Prima parte a analizei confirmă influența stadiului/etapei de adoptare a eco-inovației asupra nivelului de adoptare a acesteia. Rezultatele cercetării asupra distribuției eco-inovației indică că prima ipoteză a cercetării poate fi susținută, concluzionând ca există un trend descendent în adoptarea eco-inovației de la prima introducere pe piață gradual până în cel de al treilea stadiu de adoptare a eco-inovației (Beise, 2001; Beise și Rennings, 2004). Situația este confirmată în special de statele dezvoltate.

În general, inovațiile de mediu experimentează o perioadă de dezvoltare rapidă după ce s-au dovedit a fi eficiente și conduc la îmbunătățirea condițiilor de mediu și la reducerea costurilor de funcționare comparativ cu tehnologiile clasice. În stadiile următoare are loc o perioadă de stagnare și declin, datorită reducerii cererii, saturării pieței, accesului redus la resurse financiare pentru implementarea de proiecte eco-inovative sau datorită faptului că tehnologiile devin în timp depășite fizic și moral, fiind înlocuite de către alte inovații incrementale sau radicale.

Statele pioniere sunt regăsite printre cele mai avansate economii: Germania și Statele Unite, care sunt și liderii globali ai tehnologiei de colectare a apei uzate sub vid.

Acest tip de inovație s-a impus în diverse piețe la nivel internațional după ce a fost testată și adoptată pe scară largă în Germania și Statele Unite.

Difuzarea eco-inovației poate conduce la decalaje majore (Zhu și colab., 2012) în performanța de mediu atât timp cât adoptanții timpurii sunt mult mai pro-activi în a implementa noi idei și în a căuta inovații datorită capacității de alocare a resurselor pentru

adoptarea inovațiilor în comparație cu adoptanții târzii. Însă, adoptanții târzii au avantajul că pot adopta o tehnologie mai eficientă din punct de vedere tehnic și funcțional, cum este cazul camerelor de vid sau componentelor pompelor de vid.

În relație cu stadiul de adoptare a eco-inovației, s-a remarcat că un număr ridicat de state dezvoltate, urmate de statele emergente, au luat parte la adoptarea eco-inovației. Bazat pe aceste observații, rata cea mai ridicată de penetrare a eco-inovației în Europa s-a observat în Germania (1973-2007), urmată de Polonia (1997-2007), Republica Cehă (1996-2008), Franța (1984-2007), Austria (1990-2007), Olanda (2002-2007).

În aceasta clasificare, România, China, Indiile de Vest, Portugalia și Bahrain sunt adoptanții târzii ai sistemului de canalizare sub vid. Principala barieră pentru adoptarea eco-inovației pentru statele ce au implementat târziu sistemul de canalizare sub vid o reprezintă dezvoltarea socio-economică cu mari decalaje față de statele dezvoltate și tranferul târziu de know-how de la producător la adoptant.

Adoptanții târzii se bucură de cele mai recente îmbunătățiri ale tehnologiei (vanele căminelor de colectare cu durata de viață mai lungă, pompe de vid cu inel de apă etc.) în comparație cu atributele de care s-au bucurat statele lider în momentul introducerii și difuzării pe piață a sistemului de canalizare sub vid.

Analiza a avut ca obiectiv estimarea progresului fostelor state comuniste și a unor state în curs de dezvoltare ca rezultat al schimbării structurii sociale către economia de piață și doctrina neo-liberală, punctul central al TME. Aderarea la Uniunea Europeană a intensificat viteza dezvoltării economice și a progresului tehnologic. Asemenea paradigme sunt puternic conectate cu procesul de tranziție post-comunistă la economia de piață și aderarea la Uniunea Europeană ce a caracterizat statele Central și Est Europene după colapsul sistemului comunist. O dată cu căderea sistemului comunist și a economiei planificate, a început un lung proces de deindustrializare și restructurare economică care a modificat radical organizarea activităților economice în aceste state, inclusiv România, însă cu un număr ridicat de oponenți ai adoptării eco-inovației.

Aderarea fostelor state ale Europei Centrale și de Est la Uniunea Europeană în 2004 și 2007 a creat premisele intensificării procesului de integrare economică (Longhi și colab., 2004; Ezcurra și colab., 2007; Monastiriotis, 2011). Însă, în ciuda reducerii decalajelor, aceste economii centrate pe management birocratic sunt încă în faza de dezvoltare și restructurare, rămânând în urmă în ce privește procesul de inovație și adoptarea acesteia. Procesul de luare a deciziei într-un sistem birocratic afectează adoptarea eco-inovației datorită diferitelor nivele ale managementului.

Lipsa istoricului operațional a unor tehnologii inovative implică rezerve din partea autorităților contractante de a implementa sistemul de canalizare sub vid. În acest sens, furnizorii și proiectanții servesc drept canale de informații prin care informațiile disponibile referitoare la tehnologiile eco-inovative de colectare a apei uzate sunt puse la dispoziția autorităților locale.

Acest aspect ilustrează faptul că dinamica economică și cea a pieței devin importante în procesul de restructurare ecologică și că actorii reprezentativi ai acestor sectoare devin purtători sociali ai restructurării ecologice (Mol și Spaargaren, 2000).

Pe de o parte, în concordanță cu principiile modernizării ecologice, rolul tehnologiei ce acționează ca un pilon pentru reforma ecologică a fost mai evident în statele Europei de Vest și Statele Unite încă din 1973, ca răspuns la introducerea pe piață și implementarea sistemului de canalizare sub vid. Un rol deosebit îl are dinamica difuzării tehnologice și a factorilor care creează condiții favorabile pentru această dinamică (Brunnermeier și Cohen, 2003).

Pe de alta parte, efectul structurii pieței se referă la gradul de competiție și eforturile antreprenoriale (Beise și Rennings, 2004), dar și la performanța economică. Din această perspectivă, cea de a doua ipoteză nu poate fi total susținută, concluzionând că nu există o

relație evidentă între avansul tehnologic și performanța economică a unui stat. Studiul de caz a pus în evidență faptul că Produsul Intern Brut nu reprezintă un element definitoriu al adoptării eco-inovației.

Rezultatele au fost corelate cu cea de a treia ipoteză care postulează că există o relație directă între nivelul adoptării eco-inovației și condițiile de vecinătate, care accelerează adoptarea unor tehnologii inovative. Fluxul informațional de la organizația care a adoptat inovația de mediu către potențialii adoptanți are loc prin canale de comunicare de tipul workshop-uri, prezentări, vizite în teren etc. organizate de către furnizorii de echipamente și echipe de proiectare. Procesul de difuzare al informației poate fi înțeles ca un proces de comunicare între sursă și țintă.

Cea de a patra ipoteză care postulează că condițiile geografice influențează adoptarea eco-inovației nu poate fi confirmată în totalitate. State cu un procent ridicat al populației în zona de șes, prezintă un nivel redus de proiecte.

Soluția depășirii crizei de mediu în domeniul colectării apei uzate este reprezentată de restructurarea instituțiilor responsabile și politicilor aferente. O implicație importantă pentru adoptarea eco-inovației este reprezentată de sprijinul politic acordat autorităților locale, fapt demonstrat de numeroase studii empirice asupra factorilor determinanți ai eco-inovației (Beise și Rennings, 2004; Foxon și Pearson, 2008; Horbach, 2008; Horbach și colab., 2012). Întrucât avantajele economice și de mediu ale eco-inovației sunt esențiale, iar tehnologiile eco-inovative oferă un motiv suplimentar al cererii datorită internalizării costurilor non-monetare ale reducerii poluării, rolul administrației publice este de a crea condiții pentru accelerarea progresului tehnic. Acest deziderat se poate realiza în cadrul procesului de planificare strategică prin includerea acestor tehnologii în Master Planurile de Apă Uzată și Apă.

Cealaltă fațetă a problemei difuzării eco-inovației este reprezentată de costurile de transport, care pot împiedica difuzarea eco-inovației, acționând ca o barieră pentru acele state plasate la periferie din punct de vedere geografic. Astfel, adoptarea eco-inovației poate fi restricționată de costurile de transport ale tehnologiilor spre organismele adoptante (Hautsch și Klotz, 2003). Dacă transportul nu ar implica costuri ridicate, distanța dintre unitățile spațiale (producător-cumpărător) nu ar influența adoptarea eco-inovației, fapt care poate amâna sau împiedica adoptarea acesteia. Pentru sistemul de canalizare sub vid, transportul echipamentelor sistemului (camere de colectare, rezervor de vid, fittinguri, pompe de vid) de la producător (Germania, Marea Britanie, Statele Unite) către statele Europei de Est implică costuri importante. Spre exemplificare, transportul sistemului spre România ar costa aproximativ 16.000 euro pentru o distanță medie de transport de 2.500 km (conform ofertă pusă la dispoziție de către SC DFR Romania pentru implementarea sistemului în comuna Letea Veche, județ Bacău).

În cadrul studiului, măsurarea gradului de adoptare a eco-inovației a sprijinit înțelegerea și evaluarea progresului tehnologic pentru diferite categorii de adoptanți, a evaluat ce state au avut rol de lider, ce progres au înregistrat statele pentru a balansa dezvoltarea economică cu protecția mediului. Indirect, studiul a evaluat valoarea pe care statele o acordă controlului poluării și tehnologiilor de protecție a mediului, prin urmare gradul de introducere a reformei ecologice în progresul economic.

În comparație cu abordările curente ale difuzării eco-inovației cu accent pe aspectele economice, de marketing, sociologie și antropologie (Hautsch și Klotz, 2003; Karakaya și colaboratorii, 2014), studiul de față a analizat adoptarea eco-inovației în special din perspectivă economică, a condițiilor de vecinătate și din perspectiva istorică a tranziției de la economia centralizată la economia de piață. Studiul concluzionează că structura sistemului social are un rol important în facilitarea sau împiedicarea difuzării eco-inovației într-un anumit context socio-economic, element determinant al modernizării ecologice.

Analiza studiului de caz confirmă faptul că statele Europei de Est au manifestat o înclinare mai redusă spre abordarea conceptului de eco-inovație și a tehnologiilor eco-inovative în special datorită condițiilor specifice asociate cu *reminiscentele ideologiei* Cortinei de Fier, constrângerilor financiare și a prezenței slabe sau a penetrării relativ târzii a tehnologiilor eco-inovative în colectarea apei uzate.

În ciuda recente creșteri economice, statele Europei Centrale și de Est, axate pe un management birocratic, sunt încă în faza de dezvoltare și restructurare, rămânând în urmă în ceea ce privește inovația și adoptarea acesteia (Longhi și colab., 2004; Ezcurra și colab., 2007; Monastiriotis, 2011), însă bucurându-se de cele mai recente îmbunătățiri ale tehnologiilor eco-inovative.

În timp ce sistemul de canalizare sub vid reprezintă un mecanism cheie pentru modernizarea ecologică a sistemului de canalizare, economia, dinamica pieței și contextul social, sunt agenți importanți ai reformei ecologice. Considerând performanța economică a statelor emergente în ceea ce privește difuzarea eco-inovației, introducerea unor măsuri corespunzătoare pentru întărirea capacității instituționale de acceptare și implementare a inovației tehnologice, reprezintă un pas către modernizarea ecologică a sistemului de colectare a apei uzate. În materie de colectare a apei uzate menajere, sistemul de canalizare sub vid reprezintă un sistem eco-inovativ pentru statele Europei de Est.

Însă, dacă privim România ca un studiu de caz, se remarcă o aplecare redusă a autorităților locale pentru adoptarea tehnologiei de canalizare sub vid, la nivelul anului 2015 fiind în curs de implementare număr de șase proiecte. O situație exactă a numărului de proiecte elaborate nu a putut fi obținută. La nivelul județului Bacău au fost elaborate trei proiecte de colectare a apei uzate sub vid, faza studiu de fezabilitate, însă, datorită constrângerilor bugetare acestea nu au fost implementate până în prezent.

Considerând gradul redus de racordare a populației rurale la sisteme de colectare a apei uzate și procentul ridicat al populației ce locuiește în zone de șes (62,16 %), sistemul de colectare a apei uzate sub vid reprezintă o oportunitate pentru ecologizarea sistemelor de colectare a apei uzate.

9.1.1.2. Concluzii

Acest capitol a evaluat adoptarea eco-inovației, furnizând o perspectivă diferită asupra forțelor motrice care stimulează adoptarea sistemului de canalizare sub vid. Studiul de caz evaluează modul în care structura pieței, condițiile socio-economice, proximitatea geografică, condițiile geografice și nivelul PIB-ului măsoară gradul de acceptare sau respingere a eco-inovației în ceea ce privește furnizarea unor bunuri publice. Studiul analizează modul de distribuție a eco-inovației din punct de vedere al unor etape importante în istoria modernă a Europei, având ca punct de plecare prima punere pe piață a sistemului de canalizare sub vid, căderea sistemului comunist și procesul de extindere a Uniunii Europene.

Studiul concluzionează că rata de adoptare a eco-inovației se reduce pe măsură ce nivelul de saturație este atins; statele utilizatoare timpurii au un nivel mai ridicat al inovației decât ultimii sosiți, chiar dacă aceștia din urmă pot beneficia de salturi peste anumite etape în dezvoltarea unui produs în comparație cu utilizatorii timpurii ai eco-inovației; iar proximitatea geografică influențează ce state reprezintă utilizatorii timpurii sau ultimii sosiți. Condițiile geografice influențează într-o mică măsură rata de adoptare a eco-inovației. Rezultatele studiului ilustrează că performanța economică generală a unui stat nu influențează în mod direct adoptarea eco-inovației.

Din punct de vedere al doctrinei modernizării ecologice, adoptarea eco-inovației reprezintă un pilon important în atingerea sustenabilității. Studiul de caz concluzionează că gradul de modernizare ecologică este proporțional cu numărul de proiecte implementate,

statele fostului Bloc Comunist aflându-se în diverse etape de dezvoltare raportat la statele dezvoltate, evoluție generată de condițiile de vecinătate și mai puțin de produsul intern brut.

Așa cum afirma Jänicke (2000, 2006) schimbarea direcției dezvoltării tehnologice către soluții mai puțin poluante în termenii inovației și difuzarea eco-inovației reprezintă un angajament activ către protecția mediului, esențial pentru piața tehnologiilor inovative. Mecanismele pieței sunt cruciale, facilitând emergența și difuzarea noilor tehnologii de mediu, aspecte tratate în cadrul acestui demers științific.

9.1.1.3. Contribuții personale

Studiul a avut ca obiectiv estimarea progresului realizat de fostele state comuniste europene, inclusiv de România, în ceea ce privește adoptarea eco-inovației ca rezultat al schimbării structurii sociale către economia de piață și doctrina neo-liberală, elementul central al TME. Studiul de caz concluzionează că gradul de modernizare ecologică este proporțional cu numărul de proiecte implementate raportat la condițiile de teren, statele fostului Bloc Comunist aflându-se în diverse etape de adoptare a sistemului de canalizare sub vid în raport cu statele dezvoltate, evoluție generată de condițiile de vecinătate și mai puțin de produsul intern brut.

9.2. Analiza externalităților sistemului de canalizare clasic versus sistem de canalizare sub vid

Acest subcapitol prezintă rezultatele obținute în urma măsurătorilor emisiilor de gaze de canalizare la nivelul celor două sisteme de colectare a apei uzate care utilizează două mecanisme de transport diferite: gravitație cu stații de pompare versus presiune negativă în sistem.

9.2.1. Emisii directe rezultate din colectarea și transportul apei uzate în sistemul de canalizare clasic – studiu de caz: sistem de colectare ape uzate Comuna Traian, județ Bacău

Pentru fiecare din cele patru stații de pompare ale sistemului de colectare ape uzate au fost efectuate trei seturi de măsurători, media concentrațiilor gazelor fiind prezentată în Tabelul 9-9.

Tabel 9-9. Media emisiilor măsurate în bazinele de colectare ale stațiilor de pompare în unități relative și absolute (ppm, g/m³ sau μg/m³ aer)

SP	Concentrația medie măsurată a CH ₄		Concentrația medie măsurată a H ₂ S		Concentrația medie măsurată a CO ₂		Concentrația medie măsurată a CO	
	ppm	g/m ³ aer	ppm	μg/m ³ aer	ppm	g/m ³ aer	ppm	μg/m ³ aer)
SP1	2000	1,312	4,0	5575,46	1000	1,8	4,5	5122,2
SP2	2500	1,64	3,5	4878,53	2000	3,6	2,0	2291,2
SP3	2500	1,64	5,5	7666,26	1000	1,8	5,0	5728,0
SP4	2000	1,312	3,0	4181,66	2000	3,6	0,0	0,0

Următoarea ecuație a fost utilizată pentru a transforma concentrația gazelor din ppm în kg/m³ (Ecuația 9-3):

$$X \text{ ppm} = (Y \text{ kg/m}^3 \cdot 24,4) / M \quad \text{Ecuația 9-3}$$

unde :

X = concentrația gazului în ppm (tabel 9-9)

Y = concentrația medie a gazului analizat în kg/m³ (tabel 9-9)

M = masa moleculară a gazului analizat (CH₄, H₂S, CO₂, CO)

Pentru calcularea emisiilor de gaze la nivelul bazinelor de colectare, a fost utilizată densitatea principalelor gaze analizate la temperatură și presiune standard (Tabel 9-4), utilizând Ecuația 9-4.

Tabel 9-2. Densități standard ale CH₄, H₂S, CO₂ și CO

Densitatea CH ₄ (kg/m ³)	Densitatea H ₂ S (kg/m ³)	Densitatea CO ₂ (kg/m ³)	Densitatea CO (kg/m ³)
0,72	1,36	1,98	1,25

$$Q = C_{med\ gaz} (kg/m^3) \cdot \rho_{gaz}(kg/m^3) \cdot V_{aer}$$

Ecuația 9-4

unde

Q = cantitatea de gaz produsă în bazinul SP (kg)

C_{med gaz} = concentrația medie a gazului (kg/m³)

ρ_{gaz} = densitatea gazului (kg/m³)

V_{aer} = volum de aer evacuat (m³)

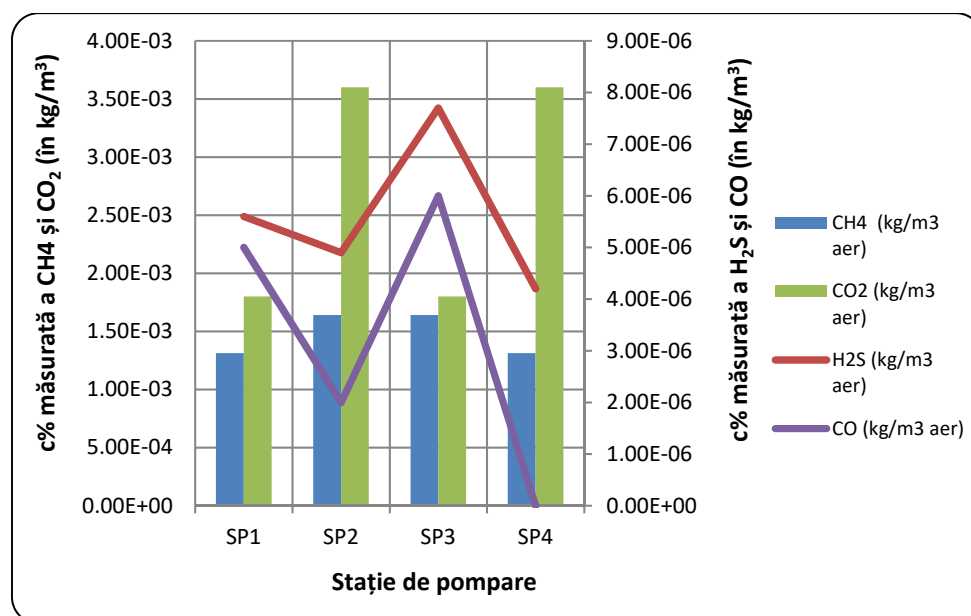


Figura 9-5. Media emisiilor măsurate în bazinele de colectare ale stațiilor de pompare în kg/m³ aer

Datorită volumului redus de apă uzată raportat la capacitatea stațiilor de pompare, pompele au un număr redus de porniri, așa cum este prezentat în Tabelul 9-10.

Tabel 9-10. Numărul de pompări zilnice (cicluri pompare-acumulare) ale stațiilor de pompare

SP	Număr de porniri
SP1	o dată/zi
SP 2	1,3 ori /zi

SP 3	o dată/zi
SP 4	1,6 ori /zi

Tabel 9-11. Cantitatea de gaze evacuate în timpul unui ciclu de pompare (g) și gazele de canalizare emise pe unitate de volum (g/m³)

S.P	Cantitatea de gaze evacuate din bazinul de colectare în timpul unui ciclu de pompare (g)				Cantitatea de gaze evacuate emise din bazinul de colectare pe unitate de volum (g/m ³ apă uzată)			
	CH ₄	H ₂ S	CO ₂	CO	CH ₄	H ₂ S	CO ₂	CO
SP1	1,157	0,009	4,367	0,008	0,386	0,003	1,456	0,003
SP 2	1,447	0,008	8,733	0,004	0,322	0,002	0,002	0,001
SP 3	1,447	0,013	4,367	0,009	0,482	0,004	1,456	0,003
SP 4	16,694	0,101	125,958	0,000	1,473	0,009	11,114	0,000
media	5,186	0,033	35,856	0,005	0,666	0,005	3,507	0,002

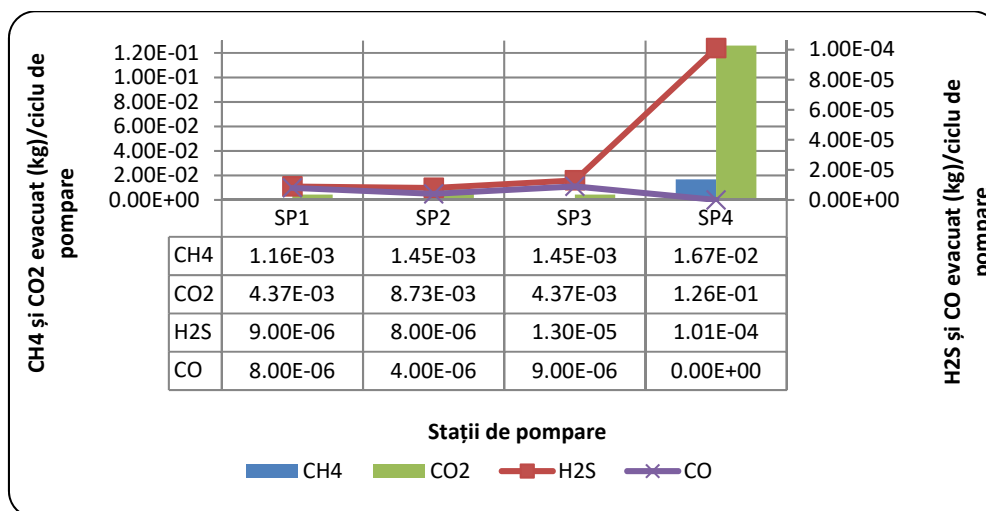


Figura 9-6. Cantitatea de gaze evacuate în timpul unui ciclu de pompare (kg)

Figurile 9-6 și 9-7 prezintă grafic cantitățile de gaze evacuate la nivelul stațiilor de pompare. Dacă la nivelul stațiilor de pompare ape uzate SP1-SP3, nivelul emisiilor este relativ similar, raportat la volume similare de apă uzată vehiculată prin stațiile de pompare, la nivelul stației de pompare SP4, se remarcă o scădere a cantității de monoxid de carbon, raportat la volumul de apă uzată.

Chiar dacă mecanismele de producere ale gazelor de canalizare nu fac obiectul acestui demers științific, scăderea cantității de CO în SP4 ar putea fi explicată prin conversia anaerobă a acestuia în metan sau alți produși (Bredwell și colab., 1999); prin reacția CO cu O₂ (oxigenul) rezultând dioxid de carbon; prin reacția de conversie în prezența apei, catalizată de către microorganisme autotrofe (Morsdorf și colab., 1992) și anaerobe carbohidrotrofe (Sokolova și colab., 2001), rezultând dioxid de carbon, concomitent cu producția de hidrogen; sau din aportul de produse chimice pe bază de clor care distrug microorganismele responsabile de producerea monoxidului de carbon (produse de curățenie pe bază de clor) (Joshi, 2003). Cea mai plauzibilă cauză a reducerii CO este determinată de reacția acestuia cu O₂ (oxigenul) la deschiderea capacului stației de pompare (diametrul de 3 m) rezultând dioxid de carbon.

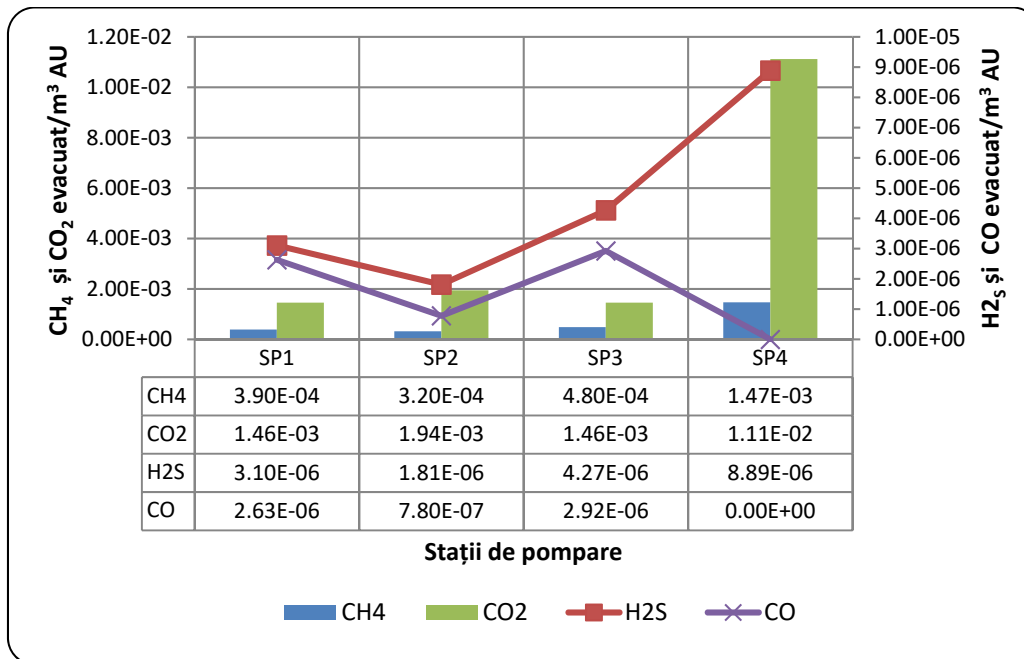


Figura 9-7. Cantitatea de gaze de canalizare emise pe unitate de volum (kg/m^3 apă uzată)

9.2.2. Emisii directe rezultate din colectarea și transportul apei uzate în sistemul de canalizare sub vid– studiu de caz Dragomirești Deal, comuna Dragomirești, județ Ilfov

Media emisiilor măsurate la nivelul stației de vid, atât înainte cât și după biofiltrare este prezentată în tabelul 9-12.

Tabel 9-12. Media emisiilor de CH_4 , H_2S , CO_2 și CO , înainte (la nivelul sistemului de evacuare a aerului) și după biofiltrare în ppm, g/m^3 și $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aer

Locație	Concentrația medie măsurată a CH_4		Concentrația medie măsurată a H_2S		Concentrația medie măsurată a CO_2		Concentrația medie măsurată a CO	
	ppm	g/m^3 aer	ppm	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ aer	ppm	g/m^3 aer	ppm	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ aer
Sistem de evacuare gaze	330	0,216	0,33	459,975	5000	9,0	2,33	2669,2
Biofiltru	1000	0,656	0,33	459,975	3000	5,4	2,00	2991,2

Figura 9-8 prezintă media emisiilor măsurate ale principalelor gaze de canalizare care fac obiectul studiului.

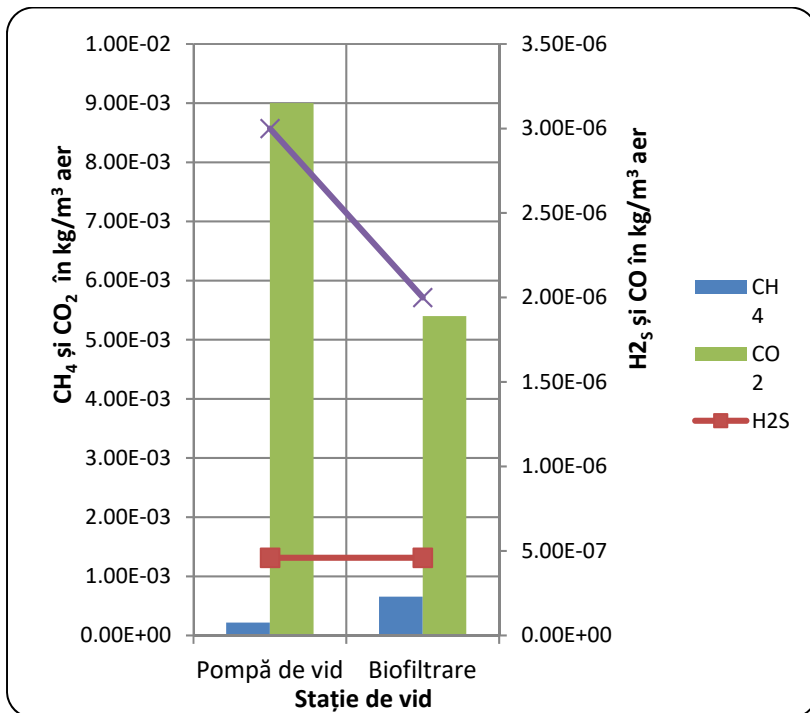


Figura 9-8. Media emisiilor de CH₄, H₂S, CO₂ și CO, înainte și după biofiltrare în kg/m³ aer

Figurile 9-9 și 9-10 prezintă gazele de canalizare evacuate pe perioada unui ciclu de funcționare a stației de vid și pe unitate de volum (kg gaz/m³ apă uzată).

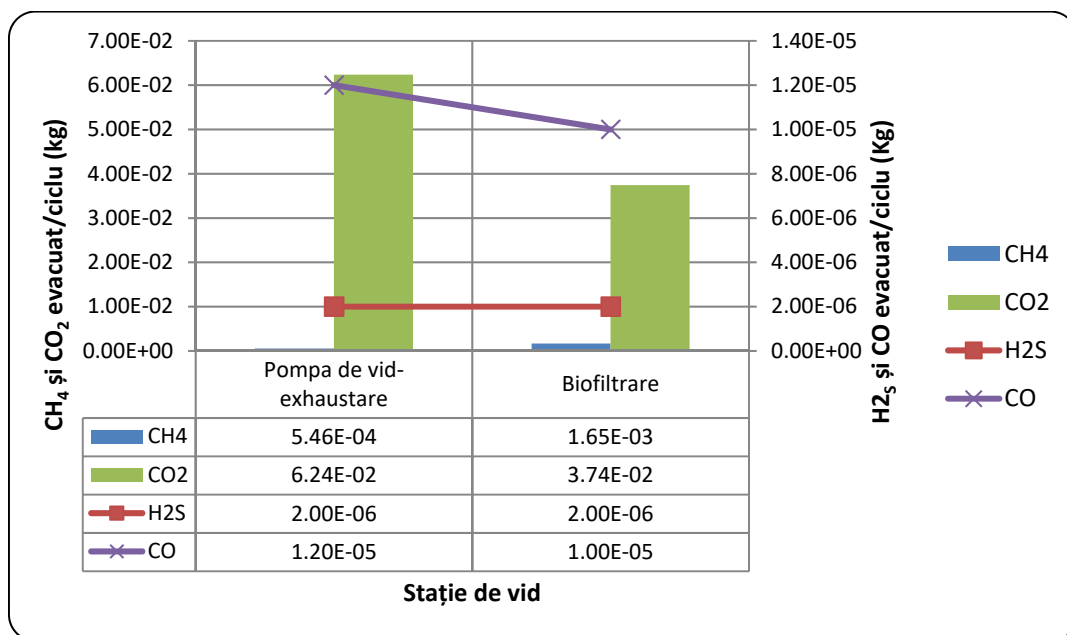


Figura 9-9. Cantitatea de gaze de canalizare evacuate pe perioada unui ciclu de funcționare a stației de vid (kg)

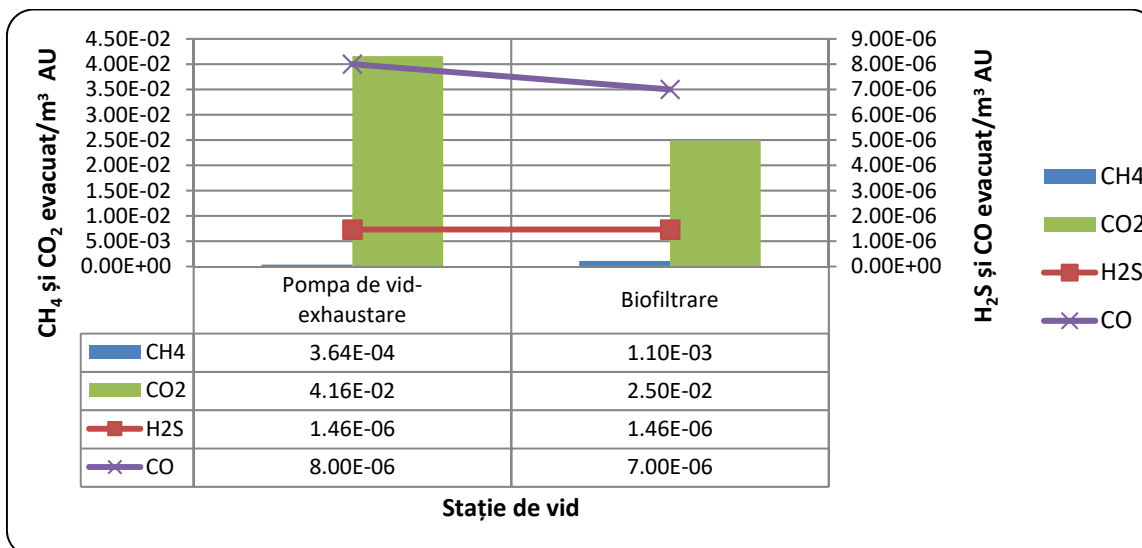


Figura 9-10. Cantitatea de gaze de canalizare evacuate pe unitate de volum (kg/m^3 apă uzată)

Numărul mediu proiectat de pompări este de 9 pompări/oră (2,5-5,0 ore funcționare/zi), însă în practică depinde de consumul de apă și volumul de apă uzată acumulat în rezervor.

Concentrația CH_4 (Figurile 9-9 și 9-10) este mai ridicată după procesul de biofiltrare, deoarece materialul biofiltrant nu a fost înlocuit după doi ani de funcționare a biofiltrului, conform recomandărilor furnizorului sistemului. Procese de putrefacție sunt posibile datorită blocării unor rozătoare în biofiltru. O altă posibilă cauză a emisiilor de CH_4 este reprezentată de temperaturile ridicate și insuficiența vaporilor de apă în sistemul de evacuare a aerului care să mențină procesele biologice în biofiltru. Aceasta conduce indirect la concluzia că vaporii de apă vehiculați către biofiltru nu asigură funcționarea microflorei acestuia.

În ceea ce privește concentrația medie a H_2S , se poate remarca faptul că nivelul gazului rămâne constant înainte și după biofiltrare. Nivelul CO_2 a fost redus după biofiltrare, ca și nivelul CO . Nivelul crescut al CO_2 înainte de biofiltrare se poate datora și funcționării motorului pompei de vid.

În linii mari, studiul concluzionează că biofiltrarea pentru sistemul de canalizare sub vid poate fi privită ca o măsură suplimentară de siguranță care să compenseze eventualele avarii în sistem. Pentru studiul de caz analizat, testele realizate la nivelul conductei de evacuare a aerului în biofiltru demonstrează că nivelul emisiilor este redus, unii parametri după biofiltrare depășind valorile anterioare biofiltrării, constatându-se astfel ineficiența biofiltrării datorită cauzelor specificate anterior. Se recomandă înlocuirea materialului filtrant al biofiltrului și verificarea umidității gazelor care părăsesc rezervorul și eventual utilizarea unor sprinklere în sezonul cald pentru asigurarea umidității necesare degradării compușilor volatili de către microorganismele din biofilm.

Studiul de caz analizează randamentul de funcționare al biofiltrului, concluzionându-se că, spre deosebire de cazurile prezentate în literatura de specialitate, eficiența acestuia nu a fost demonstrată punctual în cazul biofiltrului aferent instalației de canalizare sub vid de la Dragomirești.

Teoretic, conform referințelor bibliografice (IPCC, 2003) din procesul de biofiltrare ar trebui să rezulte CO_2 și H_2O . CO_2 este emis după epurarea aerului în biofiltru, însă trebuie să se ia în considerare faptul că acesta are un potențial de încălzire globală de 25 ori mai mic decât CH_4 . H_2S , chiar dacă a înregistrat un nivel foarte scăzut, nu a fost eliminat în procesul de biofiltrare.

Prin urmare reducând emisiile de metan în atmosferă sistemul de colectare al apei sub vid ar reduce amprenta ecologică a sectorului transportului apei uzate și emisiile de gaze cu efect de seră, care contribuie la procesul de încălzire globală.

9.2.3. Analiza comparativă a emisiilor de gaze de canalizare: Sistem de canalizare convențional versus sistem de canalizare sub vid

În timpul procesului de colectare, apa uzată este supusă atât unor condiții anaerobe, cât și unor condiții aerobe, incluzând mixare, infiltrare, diluție, stagnare, încălzire, răcire, volatilizare, procese în cadrul cărora descompunerea materiei organice are loc în prezența microorganismelor (Listowsky și colab., 2011).

Tabel 9-13. Analiza comparativă a emisiilor sistemului de canalizare clasic versus sistemului de canalizare sub vid pe unitate de volum apă uzată

Locul de evacuare emisiilor	CH ₄ emis pe unitatea de volum (g/m ³ AU)	H ₂ S emis pe unitatea de volum (μg/m ³ AU)	CO ₂ emis pe unitate de volum (g/m ³ AU)	CO emis pe unitate de volum (μg/m ³ AU)
Sistemul de canalizare clasic	0,666	4516,996	3,991	1583,896
Sistemul de canalizare sub vid	0,364	1462,875	24,948	6682,686
Raport conventional: vid	1,83	3,09	0,16	0,24

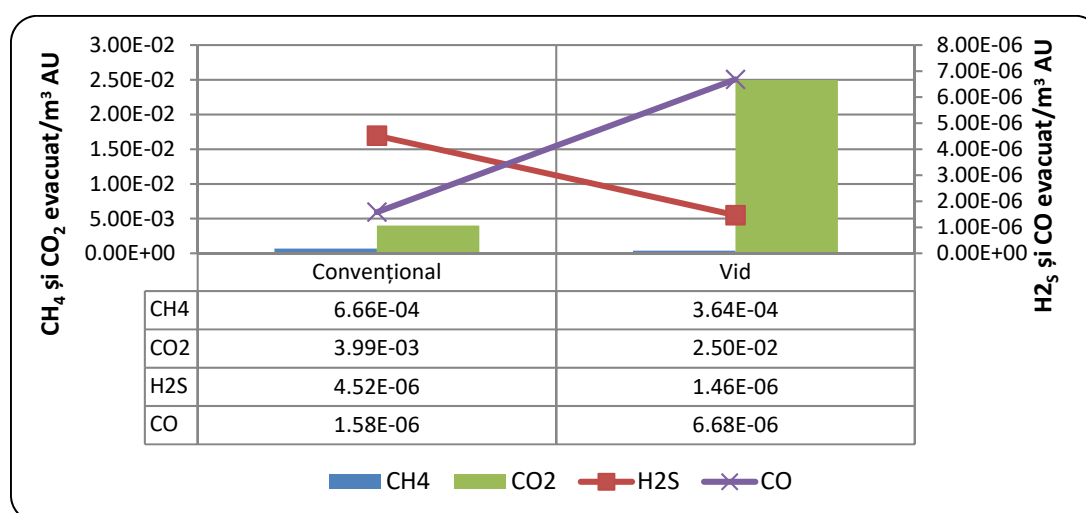


Figura 9-11. Analiza comparativă a nivelului emisiilor sistemului de canalizare clasic versus sistem de canalizare sub vid (în m³ gaz evacuat/m³ apă uzată)

Analiza comparativă a valorilor emisiilor eliberate la nivelul celor două sisteme de canalizare (Figura 9-11) ce fac obiectul studiului de caz demonstrează că *emisiile de metan (CH₄) sunt de 1,83 ori mai mari în cadrul sistemului de canalizare clasic comparativ cu sistemul de canalizare sub vid* (Tabel 9-13).

Întrucât s-a remarcat o creștere a nivelului de CH₄ după procesul de biofiltrare, aspect generat de tehnici de management incorecte, în vederea analizei comparative a emisiilor de CH₄ la nivelul celor două sisteme au fost considerate emisiile de CH₄ calculate pentru sistemul de canalizare sub vid înaintea biofiltrării.

Principalii factori care afectează metanogeneza sunt timpul de retenție al apei în rețea, pH-ul apei uzate, temperatura, prezența bacteriilor sulfat reducătoare și a celor metanogene (Guisasola și colab., 2008).

Producția de hidrogen sulfurat (H_2S) rezultă ca urmare a proceselor de descompunere a materiei organice în condiții anaerobe sau din reducerea sulfiților și sulfatilor minerali (Lahav și colab., 2006).

În acord cu Guisasola și colaboratorii (2008) se remarcă *corelații între producția de gaz metan, hidrogen sulfurat și timpul de retenție hidraulică*. Astfel, se concluzionează că timpul de retenție hidraulică reprezintă un factor decisiv al producției celor două gaze, permițând descompunerea materiei organice de către bacterii în condițiile unui timp de retenție hidraulică mai ridicat.

În tabelul 9-6 se poate observa că emisiile de H_2S la nivelul sistemului de canalizare clasic depășesc de 3,09 ori nivelul emisiilor din sistemul de canalizare sub vid, în timp de emisiile CO_2 și CO eliberate la nivelul sistemului de canalizare sub vid *depășesc de circa șase ori, respectiv patru ori nivelul emisiilor eliberate la nivelul sistemului de canalizare clasic*. Emisiile de CO_2 sunt normale în condițiile descompunerii materiei organice în biofiltru în CO_2 și apă.

Producția de dioxid de carbon (CO_2) este generată atât în procesul de descompunere a materiei organice din apa uzată, cât și ca rezultat al consumului de energie în timpul procesului de pompare/absorbție a apei uzate în sistem.

În prezent, principiul „emisii de CO_2 zero” este implementat doar din perspectiva emisiilor de CO_2 generate prin producerea energiei necesare funcționării sistemelor de canalizare, nu și din perspectiva emisiilor de CO_2 generate de procesele de transport a apei uzate.

Debitul mic de apă uzată datorită numărului redus de conexiuni și a consumului de apă sub norma de consum proiectată datorită existenței unor surse alternative de apă (puțuri săpate sau forate) și a unor soluții individuale de colectare a apelor uzate (bazine vidanjabile, latrine uscate), conduce la concluzia că *apa uzată adesea stagnează în conducte și stații de pompare pentru câteva ore*, rezultând un timp ridicat de retenție hidraulică (o zi în cazul SP1 și SP3), ce rezultă într-o *reducere a conținutului de oxigen în sistemul de canalizare clasic*. Lipsa oxigenului este urmată de producția unor cantități crescute de H_2S . Când apa uzată se deplasează foarte încet prin sistem sau stagnează, hidrogenul sulfurat produs de către bacteriile sulfat-reducătoare se acumulează în bazinele de recepție ale stațiilor de pompare.

Diferența dintre emisiile de gaze generate la nivelul celor două sisteme de colectare a apelor uzate se raportează la *diferențele dintre modelele operaționale asociate cu prezența sau absența oxigenului, viteza de autocurățire în colectoarele de canalizare și timpul de retenție al apei uzate în stațiile de pompare sau rezervorul de vid*. Pentru sistemul de canalizare sub vid, raportul volumetric apă uzată:aer este de minim 1 : 3 (recomandat 1: 6 până la 1:12), viteza de deplasare a amestecului bifazic (apă uzată-aer) prin colectoarele de canalizare este cuprinsă între 7,2 - 17,5 km/h și timpul de retenție în rezervorul de vid este scurt. Timpul de retenție adoptat în procesul de proiectare este de 15 min. Ca și în situația sistemului de canalizare clasic, acest timp de retenție depinde de aportul de apă uzată.

Rezultatele studiului se bazează pe o analiză tehnică a emisiilor de gaze de canalizare generate datorită transportului apei uzate în două comunități rurale, unde rata de racordare la sistemul de canalizare este redusă, și în unele segmente ale sistemului apa uzată stagnează. În această situație biomasa continuă să se acumuleze, deoarece aceasta se reproduce rapid pe pereții conductelor și în stațiile de pompare.

În ciuda eficienței generale a sistemului de canalizare sub vid, studiul de față demonstrează *necesitatea întreținerii biofiltrului și înlocuirea regulată (la circa 2 ani sau mai devreme) a materialului biofiltrant (scoarța de copac etc) pentru reducerea emisiilor de gaze de canalizare*. Sistemul de canalizare de la Dragomirești funcționează din 2011 și materialul biofiltrant nu a fost înlocuit până în momentul efectuării măsurătorilor de emisii (2015).

Comparativ cu sistemul de canalizare sub vid, în sistemul de canalizare clasic,

datorită timpului de retenție hidraulică ridicat în stațiile de pompare, generat de numărul mic de conexiuni, și din rațiuni economice de reducere a consumului de energie pentru pompare apei uzate, emisiile de metan și hidrogen sulfurat depășesc nivelul emisiilor sistemului de canalizare sub vid. În acest sens, pentru reducerea nivelului emisiilor este necesară evitarea proceselor anaerobe prin *reducerea timpului de retenție hidraulică în bazinul stațiilor de pompare la 10 minute* (NP 133 – 2011), amplasarea unor *biofiltre în imediata proximitate* a stațiilor de pompare a apei uzate, sau introducerea în sistem a ozonului, dioxidului de clor, hipocloritului de sodiu, permanganatului de potasiu, peroxidului de hidrogen, azotatului de fier sau de calciu (Andersson Chan și Hanæus, 2006). Utilizarea substanțelor chimice are dezavantajul unor costuri suplimentare pentru achiziționarea acestor substanțe și formarea de produși reziduali în apa uzată.

Amplasarea unor *biofiltre pentru filtrarea aerului din bazinele stațiilor de pompare*, chiar dacă este limitată de spațiul disponibil de instalare a acestora, implică unele modificări tehnice prin montarea unor ventilatoare anti-ex în bazinele stațiilor de pompare, a unei conducte de evacuare și evacuarea forțată a gazelor formate în biofiltru.

O metodă mai simplă de reducere a emisiilor de canalizare este cea a evacuării forțate a aerului din bazinul de retenție al stației de pompare și amplasarea pe conducta de evacuarea gazelor de canalizare a unor *cartușe filtrante cu cărbune activ* care să reducă nivelul emisiilor. Un inconvenient al sistemului este acela că filtrul de cărbune activ trebuie înlocuit periodic. Durata de viață a mediului filtrant este de circa un an, perioada de viață depinzând de volumul de gaze filtrate. Filtrul de cărbune activ este dimensionat în funcție de volumul de aer evacuat. Cărbunele activ uzat fiind considerat deșeu periculos trebuie depozitat conform normelor de protecție a mediului.

Chiar dacă literatura de specialitate se confruntă cu o insuficientă abordare a emisiilor de gaze de canalizare provenite din transportul apei uzate prin sisteme alternative de colectare a apei uzate, studiul de caz furnizează *dovezi care sprijină ipoteza conform căreia tehnologia de colectare a apei uzate sub vid contribuie la reducerea amprentei carbonului*, în special prin reducerea nivelului emisiilor de CH₄, dar contribuie și la *reducerea unor gaze nocive ca H₂S*.

În concordanță cu rezultatele studiului, *timpul de retenție și lipsa oxigenului sunt proporționale cu rata de emisie*. În rețeaua de canalizare sub vid nu se pot forma depuneri care ar provoca colmatarea conductelor datorită efectului de autocurățire asigurat printr-o viteză de curgere de 2-7 m/s, față de viteza minimă de curgere din conductele de canalizare gravitațională 0,7 m/s.

Comparativ cu alte studii care au evidențiat concentrații ale CH₄ ce au variat de la 500–900 ppmv până la 50.000 ppmv în sistemul de canalizare gravitațional (Shah și colab., 2011; Liu și colab., 2014; Liu și colab., 2015; GWRC, 2011), în studiul de caz concentrația CH₄ a avut valori ce au variat de la 2.000–2.500 ppmv în bazinele stațiilor de pompare și 1.000 ppmv la nivelul stației de vid după procesul de biofiltrare.

Metanul are un potențial de încălzire globală mult mai mare decât CO₂ (Foley și colab. 2010). Conform IPCC (2003), CH₄ are un potențial de încălzire globală de 25 de ori mai mare decât al CO₂.

În toate cele patru stații de pompare, nivelul H₂S depășește limita admisă și prezintă riscuri de coroziune pentru infrastructura de apă uzată.

Concentrația H₂S a înregistrat valori care depășesc maximum acceptat de 1 mg/l (1 ppm) reglementat de NTPA-002. Pentru sistemul de canalizare convențional au fost determinate valori ale H₂S de 3-4 ppm. Sistemul de canalizare sub vid a prezentat valori medii reduse ale concentrației (0,33 ppm), sub nivelul maxim acceptat.

În ceea ce privește valorile CO₂ și ale CO, rezultatele măsurătorilor instantanee indică un *nivel mai ridicat de emisii pentru CO₂ și CO pentru sistemul de canalizare sub vid*, datorită proceselor ce au loc în biofiltru. În biofiltru gazele împreună cu particule de apă sunt

dizolvate într-un biofilm, microorganismele din biofilm absorb și metabolizează compușii gazoși prin procesul de oxidare, convertindu-i în dioxid de carbon, apă și biomasă. Tocătura de lemn este utilizată și avantajoasă ca material de umplutură, datorită porozității crescute și a faptului că este deja colonizată cu microorganisme, cu condiția să fie înlocuită periodic.

Conform IPCC (2006, 2013), inventarul gazelor cu efect de seră nu include și emisiile de CO₂ rezultate din surse de origine biogenă.

Nu au fost raportate emisii de CO din transportul apei uzate. În studiile de caz analizate în cadrul tezei nivelul CO este sub media acceptată în clădiri (0,5-5,5 ppm) (US EPA, 2015).

Datele colectate ca urmare a măsurătorilor instantanee demonstrează că bazinele de recepție apă uzată ale stațiilor de pompare pot fi importante surse de emisii de CH₄ și H₂S. Estimarea emisiilor pentru sistemul de canalizare gravitațional subvaluează emisiile reale, în primul rând datorită *variațiilor orare ale debitului de apă uzată și a timpului variabil de retenție hidraulică* în colectoarele de canalizare și bazinele de recepție. O altă posibilă cauză a subevaluării emisiilor este reprezentată de *ridicarea plăcilor din beton de acoperire a bazinelor stațiilor de pompare 3 și 4* în vederea efectuării măsurătorilor.

O modalitate de reducere a emisiilor este reprezentată de *reducerea timpului de retenție în stațiile de pompare* prin reducerea intervalului de timp între două pompări succesive, însă creșterea consumului de energie contribuie la creșterea nivelului gazelor cu efect de seră.

Pentru o evaluare mai exactă a producției de CH₄, H₂S, CO₂ și CO în bazinele de recepție ale stațiilor de pompare, este recomandată monitorizarea continuă.

Monitorizarea gazelor de canalizare la nivelul bazinelor de colectare a apei uzate a stațiilor de pompare poate estima nivelul emisiilor din surse punctiforme.

Literatura de specialitate pune în evidență că nu există o metodă sau model matematic acceptat de estimare a emisiilor pentru întregul sistem de colectare a apei uzate, incluzând colectoarele, căminele de racord și căminele de vizitare.

9.2.4. Determinarea emisiilor indirecte la nivelul sistemului de colectare ape uzate

Cantitatea de energie utilizată în operarea sistemului de canalizare este determinată de cantitatea de apă uzată colectată și transportată în vederea tratării, de configurația terenului și de tipul de sistem de canalizare adoptat. Emisiile indirecte au fost calculate având la bază consumul de energie și aplicarea unui factor de emisie exprimat în kg CO₂/kWh care are la bază tipul de combustibil fosil utilizat pentru producerea energiei.

Calculul emisiilor de CO₂ pentru electricitatea consumată a avut în vedere abordarea IPCC- bazată pe conținutul de carbon al combustibililor. Este a metodă simplă, în acord condițiile de raportare internațională (IPCC, 2013). Raportarea se face în tone CO₂.

În vederea calculării impactului fiecăruia dintre cele două sisteme de canalizare analizate din punct de vedere al consumului de energie utilizată pentru transportul apei uzate, s-au calculat emisiile de CO₂, având la bază Ecuația 9-7:

$$\text{Total emisii CO}_2 = FSE \cdot TCE$$

Ecuația 9-7

unde:

FSE = factorul standard de emisie pentru electricitatea consumată [t CO₂/MWh_e]

TCE = consumul total de electricitate [MWh]

Factorul de emisie pentru electricitatea consumată în România este de 0,701 t CO₂/MWh_e, media europeană fiind de 0,460 t CO₂/MWh_e (Uniunea Europeană, 2010).

a. Determinarea emisiilor indirecte pentru sistemele existente de colectare a apelor din comuna Traian, județ Bacău și comuna Dragomirești, județ Ilfov

a.1. Consumul de energie pentru sistemul de canalizare convențional al comunei Traian, (la nivel teoretic), în condițiile funcționării sistemului la capacitate maximă (8 ore zi), conform Ecuației 9-8:

$$TCE = CE_{SP1} + CE_{SP2} + CE_{SP3} + CE_{SP4} \quad \text{Ecuația 9-8}$$

unde:

CE_{SP1} - consum electricitate SP1 (0,6 kW · 8 h/zi);

CE_{SP2} - consum electricitate SP2(0,6 kW · 8 h/zi);

CE_{SP3} - consum electricitate SP3(1,1 kW · 8 h/zi);

CE_{SP4} - consum electricitate SP4(2,8 kW · 8 h/zi);

Total emisii CO₂ = 0,028 t CO₂/zi

a.2. Consumul de energie pentru sistemul de canalizare sub vid din Dragomirești Deal, (2,5 ore/zi), conform Ecuației 9-9:

$$TCE = CE_{PV} + CE_{SP} \quad \text{Ecuația 9-9}$$

unde:

CE_{PV} - consum electricitate pompă de vid (5,5 kW · 2,5 h/zi);

CE_{SP} - consum electricitate pompa evacuare (4,2 kW · 2,5 h/zi);

Total emisii CO₂ = 0,017 t CO₂/zi

b. Determinarea emisiilor indirecte pentru alternativele de proiecte de colectare a apei uzate din Letea Veche (convențional versus vid)

b.1. Consumul de energie în eventualitatea implementării sistemului de canalizare convențional cu stații de pompare cu separare a solidelor, în condițiile funcționării sistemului la capacitate maximă (8 ore/zi), conform Ecuației 9-10:

$$TCE = CE_{SP1} + CE_{SP2} + CE_{SP3} + CE_{SP4} \quad \text{Ecuația 9-10}$$

unde:

CE_{SP1} - consum electricitate SP1 (2 kW · 8 h/zi)

CE_{SP2} - consum electricitate SP2 (2 kW · 8 h/zi)

CE_{SP3} - consum electricitate SP3 (2 kW · 8 h/zi)

CE_{SP4} - consum electricitate SP4 (2 kW · 8 h/zi)

CE_{SP5} - consum electricitate SP5 (2 kW · 8 h/zi)

Total emisii CO₂ = 0,056 t CO₂/zi

b.2. Consumul de energie în eventualitatea implementării sistemul de canalizare sub vid din (2,5 ore/zi), conform Ecuației 9-11:

$$TCE = CE_{PV} + CE_{SP} \quad \text{Ecuația 9-11}$$

unde:

CE_{PV} - consum electricitate pompe de vid (2 · 5,5 kW · 2,5 h/zi);

CE_{SP} - consum electricitate pompa evacuare (11 kW · 2,5h/zi);

Total emisii CO₂ = 0,038 t CO₂/zi

Analiza celor două variante de proiect pune în evidență că consumul de energie electrică este mai ridicat în situația implementării sistemului clasic de colectare a apei uzate,

rezultând un nivel global mai crescut de emisii de CO₂ comparativ cu sistemul de canalizare sub vid, și prin urmare o amprentă a carbonului mai ridicată.

De aceea în selectarea variantelor de proiecte de colectare a apei uzate este necesar calculul emisiilor de CO₂ rezultate din consumul utilajelor de ridicare a apei (stații de pompare) sau a celor de absorbție în rezervor (pompele de vid) și a pompelor de evacuare a apei uzate.

9.2.5. Concluzii

Abordarea descrisă anterior furnizează un cadru pentru procesul de luare al deciziei de mediu în privința selectării celei mai favorabile soluții de colectare a apelor uzate prin prisma reducerii amprentei carbonului asociat cu reducerea gazelor cu efect de seră dar și a altor gaze de canalizare. În timp ce analiza se bazează pe o metodologie simplă pentru măsurarea gazelor de canalizare și construcția unui model matematic pentru estimarea emisiilor, este evident că sistemul de canalizare sub vid prezintă o serie de *beneficii din perspectiva protecției mediului*.

Studiul a evaluat emisiile de gaze canalizare pentru două tehnologii de colectare a apei uzate axate pe mecanisme diferite de transport a apei uzate în rețea (gravitație cu stații de pompare versus presiune negativă generată de stația de vid). Mecanismele de transport determină timpul de retenție hidraulică și procesul de aerare al apei, ceea ce influențează nivelul emisiilor de gaze de canalizare.

Analiza comparativă a nivelului emisiilor eliberate la nivelul celor două sisteme de canalizare ce fac obiectul studiului de caz, demonstrează că emisiile de CH₄ sunt de 1,83 ori mai mari în cadrul sistemului de canalizare clasic comparativ cu sistemul de canalizare sub vid. Emisiile de H₂S la nivelul sistemului de canalizare clasic depășesc de 3,09 ori nivelul emisiilor din sistemul de canalizare sub vid, în timp ce emisiile CO₂ și CO eliberate la nivelul sistemului de canalizare sub vid depășesc de circa șase ori, respectiv două ori nivelul emisiilor eliberate la nivelul sistemului de canalizare clasic.

Din perspectiva emisiilor indirecte de gaze cu efect de seră, sistemul de canalizare sub vid prezintă avantaje competitive față de sistemul de canalizare clasic datorită sursei singulare de consum energetic (stația de vid) și a numărului redus de ore de funcționare.

Studiul a evaluat două tehnologii de colectare a apelor uzate, furnizând o perspectivă diferită a tehnologiilor pro-active de colectare a apelor uzate cu accent pe evitarea, tratarea și reducerea emisiilor în aer a gazelor produse ca urmare a colectării și transportului apei uzate.

Față de scopul studiului de a analiza două tehnologii diferite de colectare a apei uzate din perspectiva nivelului emisiilor de gaze de canalizare, studiul accentuează asupra necesității evaluării emisiilor de gaze de canalizare în cadrul unei monitorizări continue a emisiilor.

9.2.6. Contribuții personale

Studiul a avut ca obiectiv să estimeze nivelul emisiilor pe unitate de volum apă uzată pentru două tehnologii de colectare a apei uzate axate pe mecanisme diferite de transport a apei uzate în rețea (gravitație cu stații de pompare versus presiune negativă generată de stația de vid). Au fost determinați factori de emisie pentru principalele gaze de canalizare.

Studiul concluzionează că mecanismele de transport determină timpul de retenție hidraulică și procesul de aerare a apei, ceea ce influențează nivelul emisiilor de gaze de canalizare.

10 . Analiza reformei economice

Analiza reformei economice a fost realizată prin prisma evaluării comparative a două variante de proiect de colectare a apelor uzate menajere și a potențialului acestora de a contribui la modernizarea ecologică a managementului apei uzate, utilizând ca instrument analiza cost-beneficiu.

10.1. Analiza cost-beneficiu a proiectelor alternative de colectare a apei uzate

Scopul utilizării analizei cost-beneficiu (ACB) a fost acela de a investiga noi perspective cu privire la ecologizarea colectării apelor uzate. Prin urmare, a fost evaluată valoarea din punct de vedere economic și a protecției mediului a două sisteme alternative de colectare a apelor uzate menajere: a) sistemul de canalizare clasic, gravitațional, cu stații de pompare și b) sistemul de canalizare sub vid.

Cercetarea a fost conturată din perspectiva decidenților politici, aflați în situația de a selecta cele mai bune tehnologii de colectare a apelor uzate cu impact minim asupra mediului și costuri reduse.

Studiul a postulat ipoteza conform căreia sistemul de canalizare sub vid este din punct de vedere tehnologic, al protecției mediului, economic și social mai durabil în comparație cu soluția clasică pentru colectarea apelor uzate. În acest sens, a fost realizată o analiză cost-beneficiu comparativă între două variante de proiect care tratează introducerea sistemului de canalizare sub vid versus sistem de canalizare clasic cu stații de pompare cu separare solid-lichid.

Analiza cost-beneficiu a solicitat transpunerea impacturilor proiectului în termenii beneficiilor și a costurilor în unități monetare.

Analiza cost-beneficiu comparativă a celor două variante de proiect implică următorii pași:

1. Descrierea generală a proiectelor alternative;
2. Identificarea costurilor și beneficiilor: economice, sociale și de mediu pentru grupul țintă al proiectului, incluzând populația locală, unități socio-culturale, activități economice, impactul asupra forței de muncă, sănătate, turism, mediu;
3. Evaluarea costurilor și beneficiilor prin convertirea acestora în impacturi financiare;
4. Actualizarea: toate costurile și beneficiile sunt actualizate pentru a se obține o singură valoare pentru proiect (valoarea netă actualizată);
5. Analiza de senzitivitate.

10.1.1. Descrierea studiului de caz

Studiul de caz prezentat este cel al unei comunei suburbane Letea Veche din județul Bacău, România.

Topografia zonei studiate (pante reduse) permite atât implementarea sistemului de canalizare clasic cu stații de pompare cu separare solid-lichid, cât și a sistemului de canalizare sub vid.

Satele Siretu și Ruși Ciutea, cu o populație de 1996 locuitori, sunt racordate la rețeaua de alimentare cu apă a comunei, însă nu dispun de un sistem de colectare și tratare a apelor uzate menajere.

Datorită constrângerilor bugetare, proiectul implică, într-o primă etapă, dezvoltarea unui sistem de canalizare pentru satul Siretu și a unei stații de epurare amplasate în satul Ruși Ciutea, stație de epurare dimensionată pentru a trata întregul volum de apă uzată de la cele două colectivități.

Scopul studiului de caz, este a oferi o analiză comparativă a celor două variante de proiect, păstrând obiectul stație de epurare ca o constantă pentru cele două alternative.

Obiectivul studiului de caz este de a pune în valoare avantajele competitive ale celor două sisteme de colectare a apelor uzate.

Cerința de apă potabilă furnizată tuturor categoriilor de consumatori și debitul de apă uzată au fost calculate conform STAS 1343-1-2006 - Alimentari cu apă, Determinarea cantităților de apă potabilă pentru localitățile urbane și rurale.

Conform breviarului de calcul aferent studiului de fezabilitate (SC MAPAMOND SRL Bacău), debitele de apă uzată caracteristice pentru perioada de perspectivă sunt următoarele:

Debitul zilnic mediu de apă uzată - $Q_{uz\ zi\ med} = 288,94\ m^3/zi = 3,57\ l/s$

Debitul zilnic maxim de apă uzată - $Q_{uz\ zi\ max} = 375,62\ m^3/zi = 4,64\ l/s$

Debitul orar maxim de apă uzată - $Q_{uz\ o\ max} = 33,65\ m^3/h = 9,35\ l/s$

Scenariul cu proiect cuprinde două opțiuni:

Varianta 1 - constă în dimensionarea și înființarea rețelei de canalizare sub vid și construirea unei stații de epurare care să deservească satele Ruși Ciutea și Siretu, cu realizarea într-o primă etapă a rețelei de canalizare pentru satul Siretu și racordarea acesteia la stația de epurare dimensionată pentru perioada de perspectivă, cu montarea în etapa a I a unui singur modul biologic de 200 m³.

Aceasta este soluția optimă, asigurând un raport preț-calitate optim.

Varianta 2 - constă în dimensionarea și înființarea rețelei de canalizare în sistem gravitațional cu stații de pompare cu separare de solide și construirea unei stații de epurare care să deservească satele Ruși Ciutea și Siretu, cu realizarea într-o primă etapă a rețelei de canalizare pentru satul Siretu și racordarea acesteia la stația de epurare dimensionată pentru perioada de perspectivă. Caracteristicile stației de epurare sunt cele indicate la varianta 1.

Scenariul 1: Sistem de colectare a apelor uzate sub vid

Prezentarea generală a sistemului de colectare a apelor uzate sub vid și principiul de funcționare

Sistemul de canalizare sub vid este reprezentat de colectoare de canalizare gravitaționale (racorduri), camere colectoare, colectoare de canalizare sub vid, stație de vid, biofiltru, colectoare de canalizare sub presiune de la stația de vid la o stație de pompare ape uzate menajere, o stație de pompare ape uzate menajere care pompează apa uzată în stația de epurare proiectată.

Tabel 10-1. Prezentarea generală a obiectelor investiției cu sistem de canalizare sub vid

Colectoare de canalizare	L (m)	Camere de colectare (număr)	Stație de vid și biofiltru	Stații de pompare (bucăți)	Supratraversa-re Canal UHE
Colectoare de canalizare sub vid PE1D, PE100, SDR11, PN16, DN 90 · 8,2 mm (racorduri)	1.268	50 (PVC)	- 3 pompe de vid (3 · 5,5 kW); - rezervor (10 m ³ - 4,17 l/sec), - 2 pompe		
Colectoare de canalizare sub vid PE1D, PE100, SDR11, PN16, DN 110 · 10 mm	24				
Colectoare de canalizare sub vid	17				

PEÎD, PE100, SDR11, PN16, DN 125 · 11,4 mm			de evacuare (2 · 11 kW)		
Colectoare de canalizare sub vid PEÎD, PE100, SDR11, PN16, DN 140 · 12,7 mm	0				
Colectoare de canalizare sub vid PEÎD, PE100, SDR11, PN16, DN 160 · 14,6 mm	450				
Colectoare de canalizare sub vid PEÎD, PE100, SDR11, PN16, DN 200 · 18,2 mm	50				
Colectoare de canalizare sub vid PEÎD, PE100, SDR11, PN16, DN 250 · 22,7 mm	400				
Colectoare de canalizare sub presiune PEÎD, PE80, SDR 17,6, PN6, DN 125 · 7,1 mm (de la stația de vid la stația de pompare)	2.450			1 buc.	Conductă preizolată peste canalul UHE OL125mm (133 x 5,0 mm)
Colectoare de canalizare sub presiune PEÎD, PE80, SDR17,.6, Pn6, DN 160 · 9,1 mm (de la stația de pompare la stația de epurare)	1.350				
Colector de canalizare gravitațional PVC, SN2, Ø 200 · 3,9 mm (de la stația de epurare la emisar)	690				
Conexiune de la consumator la camera de colectare - PVC, SN2, Ø 200 · 3,9 mm	300				
Total	6.999 m	50 buc.	1 buc.	1 buc.	1 buc.

Tabelul 10-1 prezintă sintetic toate obiectele de investiții ale sistemului de canalizare sub vid.

Conductele sistemului de canalizare sub vid creează o rețea ce conectează camerele de colectare la o stație centrală de vid. Profilul ”în dinți de fierăstrău” permite conductelor de canalizare sub vid să urmeze panta de suprafață și permite crearea pungilor de apă necesare funcționării sistemului. Camerele de colectare servesc ca o interfață între conducta de racord gravitațională de la consumatori și sistemul de colectare cu vid.

Conductele de canalizare sub vid sunt conectate la stația de vid, reprezentată de o clădire în care sunt montate trei pompe de vid (3 · 5,5 kW) ce generează vid în colectoarele de canalizare. Apa uzată absorbită în sistem este colectată într-un rezervor de vid, realizat din oțel, dimensionat în relație cu debitul maxim orar (4,17 l/sec) și capacitatea de sucțiune a rezervorului de vid (10 m³). Două pompe de evacuare (2 · 11 kW) descarcă apa uzată colectată în rezervor prin intermediul unei conducte de canalizare sub presiune într-o stație de pompare și de aici în stația de epurare.

Pentru buna funcționare a stației de vid și reducerea emisiilor de aer viciat în atmosferă, la stația de vid se propune executarea unui biofiltru, care va filtra aerul generat de pompele de vid, înainte de a fi descărcat în mediul înconjurător.

Scenariul 2: Sistemul de canalizare clasic cu stații de pompare a apelor uzate cu separare de solide

Sistemul de canalizare clasic, gravitațional, transportă apa uzată prin colectoare de canalizare către stația de epurare prin intermediul unor stații de pompare.

Colectoarele sunt instalate pe un aliniament specific, cu cămine de vizitare amplasate la distanțe prestabilite (50 m), la intersecții și schimbarea direcției. Construcția sistemului de canalizare pe un teren relativ plat solicită excavații adânci (1,2 până la 5 m sub

nivelul cotei naturale a terenului CTN, conform studiului topografic) și o pregătire corespunzătoare a patului de umplură în tranșeele conductelor. Instalarea conductelor, căminelor de vizitare, a conexiunilor solicită un volum mare de excavații.

Datorită unor aspecte legate de eficiența și protecția mediului, și pentru a păstra un balans între cele două variante de sisteme de colectare a apelor uzate, au fost proiectate cinci stații de pompare cu separare de solide (Tabel 10-2) pentru a pompa apa uzată din zonele mai joase și a o transporta către stația de epurare. Colectoarele sunt proiectate a fi instalate pe axul drumului datorită configurației terenului și imposibilității de a asigura lățimea necesară săpării șanțurilor și de a poza conducta de o parte și de alta a drumului.

Tabel 10-2. Prezentarea generală a obiectelor investiției cu sistem de canalizare cu stații de pompe cu separare a solidelor

Colectoare de canalizare	L (m)	Racorduri	Stații de pompare a apelor uzate menajere cu separare de solide	Cămine de vizitare (buc.)	Supratraversare canal UHE
Colectoare PVC, SN4, DN 200 · 4,9 mm	120	(incluzând cămin de racord, conducte PVC, SN2, DN 200 · 3,9 mm și DN 400 · 28,5 mm;	5 buc. 1. Q = 6 m ³ /h, P = 2 kW; 2. Q = 9 m ³ /h, P = 2 kW; 3. Q = 13 m ³ /h, P = 2 kW; 4. Q = 16 m ³ /h, P = 2 kW; 5. Q = 23 m ³ /h, P = 2 kW;	48	Conductă preizolată peste canalul UHE OL125mm (133 · 5,0 mm)
Colectoare PVC, SN4, DN 250 · 6,2 mm	1.540				
Colectoare de canalizare sub presiune PE1D, PE80, SDR17,6, PN6, DN 110 · 6,3 mm	1.092				
Colectoare de canalizare sub presiune PE1D, PE80, SDR17,6, PN6, DN 140 · 8,0 mm	1.967				
Colector PVC, SN2, Ø 200 · 3,9 mm (de la SE la emisar)	690				
Conexiune (incluzând cămin de conectare, conducte PVC, SN2, DN 200 · 3,9 mm și DN 400 · 28,5 mm	300				
Total	5.709 m	200 m	5 buc.	48 buc.	1 buc.

10.1.1.1. Analiza financiară

Obiectivul analizei financiare este de a calcula performanțele și sustenabilitatea financiară a investiției propuse pe parcursul perioadei de referință (30 ani), cu scopul de a stabili cea mai potrivită structură de finanțare a acesteia. Modelul teoretic aplicat este DCF (discounted cash flow) - flux de numerar actualizat (FNA), care cuantifică diferențele dintre veniturile și cheltuielile generate de proiect pe durata sa de funcționare, ajustând aceste diferențe cu rata de actualizare (5%), operațiune necesară pentru a converti o valoare viitoare în prezent.

Identificarea costurilor și beneficiilor investiției

Prioritizarea proiectelor în domeniul managementului apei uzate a fost realizată prin evaluarea costurilor și beneficiilor pentru fiecare alternativă de proiect analizată (Rashid și Hayes, 2011).

Beneficiile proiectului reprezintă valoarea serviciilor de colectare a apelor uzate menajere furnizate de către proiect, în timp ce costurile, adesea denumite costuri de oportunitate, reprezintă valoarea bunurilor și serviciilor la care se renunță ca rezultat al

implementării proiectului. În ambele cazuri, valoarea este măsurată, în principiu, prin dorința de a plăti a indivizilor pentru serviciile în cauză (Anderson și Settle, 1977).

Costurile estimate, includ toate costurile de investiție (planificare, supervizare, hardware, utilaje și echipamente, lucrări civile), costuri recurente și operaționale (energie, materiale, servicii, personal tehnic și administrativ, costuri de mentenanță).

Costurile de proiectare și construcție a celor două scenarii de proiectare a rețelei de canalizare variază în funcție de tipul de tehnologie adoptat și volumul de lucrări de construire propriu-zisă a sistemului.

Datele referitoare la costuri și beneficii au fost obținute din studiile de fezabilitate, din cataloage de produse, buletine statistice etc. Analiza cost-beneficiu a considerat costurile resurselor și a estimat beneficiile asociate celor două alternative de proiect. Studiul de caz a plecat de la premiza că analiza nu încearcă să monetizeze toate costurile și beneficiile, focalizând pe avantajele competitive ale ambelor tehnologii de colectare a apei uzate.

Costurile economice, sociale și de mediu ale grupurilor țintă au fost cuantificate, incluzând locuitorii, activitățile socio-economice, cât și impactul asupra ocuparea forței de muncă, sănătate, turism și mediu.

Studiul analizează două categorii de costuri. Informațiile asupra primei categorii de costuri (costuri monetare) care implică procesul de colectare și tratare a apelor uzate sunt cele mai precise. Informațiile asupra a celei de a doua categorii de costuri referitoare la *costurile de prevenire a poluării* și managementul de mediu sunt mult mai dificil de determinat, deoarece se pot suprapune cu prima categorie de costuri.

Costurile estimate (ieșiri) includ acele investiții/costuri de capital (planificare, supervizare, hardware, utilaje și echipamente, lucrări civile), costuri recurente și operaționale (consum de energie, materiale, servicii, personal tehnic și administrativ, costuri de mentenanță).

Beneficiile includ: beneficii *financiare* (intrări) care includ taxele pentru efectuarea racordurilor la rețeaua de canalizare, veniturile realizate din tarifarea serviciilor de colectare a apei uzate; beneficii cuantificabile *socio-economice* asociate cu beneficii directe rezultate ca urmare a evitării unor boli cu transmitere hidrică, beneficii din activități colaterale care includ noi activități economice ce vor genera locuri de muncă, beneficii rezultate ca urmare a dezvoltării sectorului turistic, beneficii din creșterea valorii proprietăților și terenurilor etc. Beneficiile *asupra mediu* sunt cel mai dificil de cuantificat din punct de vedere financiar.

Externalitățile, în ansamblu, sunt reprezentate de externalități pozitive și externalități negative.

Colectarea apelor uzate și tratarea acestora are un important impact de mediu și social, definit în termeni economici ca externalități pozitive.

Toate costurile și beneficiile au fost evaluate prin convertirea acestora în impacturi financiare.

Analiza cost-beneficiu pleacă de la premiza că un proiect este fezabil doar în situația în care beneficiile agregate depășesc costurile agregate. În orice caz, colectarea și tratarea apelor uzate sunt procese fezabile numai din punctul de vedere al externalităților de mediu datorită caracterului de bun public al acestor servicii.

Se consideră că cel mai eficient sistem de canalizare este acela care minimizează input-urile (consumul de materiale și energie) și outputurile indezirabile (mirosuri, poluare, pierderi de apă uzată în rețea) în timp ce minimizează costurile operaționale și de mentenanță.

S-a presupus că 100 % din consumatorii casnici se vor racorda la rețeaua de canalizare până în anul 20 al orizontului de timp analizat. Ipoteza luată în calcul este aceea că cea mai mare rată de racordare are loc în primii trei ani după implementarea proiectului (80 %), după care gradul de racordare va scădea gradual până în anul 20 al orizontului de timp,

când potențialul de dezvoltare a unor noi clădiri rezidențiale va scădea datorită reducerii suprafeței de terenuri în intravilan.

Costurile și beneficiile sunt calculate plecând de la ipoteza că toate costurile de investiție sunt alocate în primii doi ani ai intervenției financiare. Costurile operaționale asociate cu colectarea și tratarea apei uzate au fost grupate în cinci categorii: personal, consum energie pentru colectarea apei uzate, consum energie pentru tratarea apei uzate, costuri pentru tratarea apei uzate (reactivi, managementul deșeurilor), costuri administrative și de mentenanță.

Estimarea veniturilor

Proiectele alternative generează venituri proprii din vânzarea de servicii (colectarea apei uzate). Aceste venituri sunt determinate de previziunile cu privire la serviciile oferite și prețurile lor.

Estimarea veniturilor este comună pentru ambele scenarii de realizare a investiției și s-a realizat în baza aprecierii gradului de racordare a consumatorilor la viitoarea rețea de canalizare.

Conform breviarelor de calcul debitul zilnic maxim de apă uzată pentru perioada de perspectivă $Q_{uz\ zi\ max} = 375,62\ m^3/zi$.

Veniturile estimate pentru perioada de referință au fost determinate în funcție de:

- cantitatea de apă uzată colectată anual;
- tariful pentru $1\ m^3$ apă uzată colectată;
- tarifele pentru taxele de racordare la rețeaua de canalizare.

Beneficii socio-economice

Atât în varianta implementării sistemului de canalizare sub vid, cât și a celui clasic cu stații de pompare cu separare de solide, se vor obține următoarele beneficii:

a. *beneficii obținute din evitarea bolilor cu transmitere hidrică* (infecțioase și parazitare) generate de descărcarea direct pe sol a apei uzate și infestarea pânzei de apă freatică, datorita absenței rețelei de canalizare, și posibil infiltrării apei uzate în rețeaua de apă potabilă în condițiile unor posibile avarii ale rețelei (Hutton și Haller, 2004).

Costul unei zile de spitalizare (conform tarifelor percepute de spitalele din regiune) este de 154 lei/zi. Numărul de zile de spitalizare necesare pentru tratarea unui caz de hepatită A este de 30 zile. Costurile pentru tratarea unui caz de hepatita A: $154 \cdot 30 = 4.620$ lei

Costul estimat pentru o boală diareică (2 zile), fără efecte pe termen lung, este de 298,7 lei, incluzand costul pentru medicația tulburărilor gastrice și costul productivității muncii pierdute în termeni de timp de lucru).

În zona de studiu numărul mediu de cazuri de hepatita A înregistrate este de două cazuri/an și circa șapte cazuri de boli diareice acute, cauzate în special de utilizarea latrinelor și bazinelor vidanjabile.

Pe baza acestor date, s-au estimat beneficiile rezultate din reducerea cazurilor de îmbolnaviri cu transmisie hidrică urmare a implementării proiectului.

b. Beneficii din activități colaterale

Noile condiții rezultate după implementarea proiectului vor avea un impact social și economic direct asupra locuitorilor din zona analizată. Astfel, zona va deveni mai atrăgătoare pentru investitori, iar activitatea acestora va genera noi locuri de muncă. S-a estimat că se vor dezvolta 10 noi societăți până în anul 30 de funcționare. De asemenea, se consideră că fiecare societate nou înființată va avea în medie 4 angajați. Indicatorii utilizați pentru determinarea beneficiilor aduse de creșterea activității economice sunt: venitul suplimentar la bugetul local

din impozitul pe venit, venitul suplimentar la bugetul local din impozitul pe profit, profitul net și salariul net. A fost considerat un venit mediu lunar de 836 lei.

c. *Beneficii din dezvoltarea turismului*

Se presupune că prin înființarea rețelei de canalizare se va dezvolta industria turistică, prin dezvoltarea de pensiuni agro-turistice.

Indicatorii utilizați pentru estimarea beneficiilor rezultate din dezvoltarea turismului:

- număr de turiști: 40 persoane;
- perioada de cazare (număr de înnoptări): de la 3 la 12 zile/turist/an până în anul 30 de analiză;
- suma medie cheltuită de un turist/zi: 130,24 lei/zi, în primii ani, ajungând la 150 lei/zi în anul 30 de analiză.

d. *Beneficii din creșterea valorii proprietăților* (veniturile suplimentare din creșterea valorii terenurilor)

Pornindu-se de la un preț de vânzare a terenurilor de aproximativ 48 lei/m², o majorare cu 20% a valorii acestuia determină un venit suplimentar de 9,6 lei/m². S-a estimat că în decurs de un an se fac tranzacții cu circa 12.000 m² teren. Beneficiul adus va fi de 12.000 · 9,6 = 115,200 lei/an.

Beneficii de medii

Beneficiile aduse mediului prin implementarea uneia din cele două variante de proiect au luat în considerare în special potențialul de reducere a pierderilor de apă uzată datorită riscului de producere a unor posibile avarii în rețeaua de colectare ape uzate și emisia de substanțe poluante care afectează calitatea solului, calitatea apei potabile din surse de apă alternative (puțuri forate), infrastructura de transport și nu în ultimul rând sănătatea populației datorită expunerii la boli cu transmitere hidrică.

Aceste beneficii reprezintă *pierderile monetare evitate* ca rezultat a implementării fiecăreia din cele două variante de proiect. Mai mult, *reducerea consumului de energie* a sistemelor alternative de canalizare poate fi privită ca un *beneficiu de mediu* atât timp cât producerea de energie contribuie la schimbările climatice. Însă, pentru a se evita dubla contabilizare, energia este considerată un cost operațional.

Au fost calculate beneficiile de mediu, exprimate în termeni monetari. Beneficiile de mediu reprezintă *valoarea daunelor evitate* ca urmare a implementării proiectului de colectare a apei uzate. În această privință, calculul beneficiilor implementării celor două variante de proiect a avut în vedere probabilitatea de producere a unor avarii pe colectoarele de canalizare și producerea de exfiltrații de apă uzată în sol și pânza de apă freatică.

În relație cu datele furnizate de operatorii de apă-canal și în baza experienței de proiectare, pentru sistemul de canalizare clasic s-a considerat că volumul apei exfiltrare în cazul unei avarii până la constatarea evenimentului și intervenția operatorului poate atinge în până la 10% din volumul de apă uzată (Ellis și colab., 2003), întâmpinând dificultăți în localizarea colectorului avariât, a căminului de colectare sau stației de pompare ce permite exfiltrarea apei uzate.

În cazul sistemului de canalizare sub vid, această probabilitate de apariție a unor avarii pe rețea este mult scăzută, datorită presiunii negative în sistem și a posibilității de detectare a unor eventuale avarii datorită sistemului de monitorizare. S-a apreciat că volumul maxim de apă uzată, posibil exfiltrată din rețea să cumuleze maximum 1% din volumul de apă uzată, datorită posibilității de separare a sectorului de rețea de canalizare sub vid ce prezintă avarii și a intervenției rapide.

În relație cu întregul volum de apă uzată și securitatea sistemului, frecvența de apariție a unor avarii a fost cuantificată la *trei evenimente pe an cu durata de două zile*

însușând un volum de $225,37 \text{ m}^3/\text{an}$ pentru sistemul clasic de canalizare și *trei evenimente pe an cu durata de o zi*, însușând un volum de $11,25 \text{ m}^3/\text{an}$ exfiltrată pentru sistemul de canalizare sub vid.

Cantitatea de CBO_5 și a materiilor în suspensie (MTS) a fost calculată ca reprezentând diferența dintre valoarea admisă a celor doi parametri la evacuarea în emisar (NTPA-001) și condițiile acceptate pentru evacuarea apei uzate în rețeaua de canalizare și direct în stația de epurare (NTPA-002) (Guvernul României, 2005). Aceasta valoare obținută a fost multiplicată cu volumul de apă uzată exfiltrată din sistemul de canalizare și valoarea financiară a penalității pentru depășirea concentrației maxim admise. Conform Hotărârii de Guvern nr. 328 din 2010 privind reactualizarea cuantumului contribuțiilor specifice de gospodărire a resurselor de apă, a tarifelor și a penalităților cu indicii de inflație, cuantumul penalităților pentru depășirea concentrațiilor maxime admise ale poluanților din apele uzate evacuate este de 204,51 lei/tona pentru CBO_5 și 25,56 lei/tona pentru MTS (Tabel 10-6).

Tabel 10-6. Cuantificarea financiară comparativă a externalităților de mediu

Indicator de calitate	NTPA -002	NTPA -001	Depășiri parametri	Cantitatea poluant (tone/an) * valoarea penalității (lei/tonă)	
	mg/l	mg/l	mg/l	Sistem de canalizare sub vid	Sistem clasic de canalizare
CBO_5	300	25	275	$0,003 \cdot 204,51 = 0,61 \text{ lei}$	$0,06 \cdot 204,51 = 12,27 \text{ lei}$
MTS	350	35	315	$0,003 \cdot 25,56 = 0,07 \text{ lei}$	$0,07 \cdot 25,56 = 1,79 \text{ lei}$

În termeni financiari, externalitățile generate de avarii și exfiltrarea apei uzate în sol și pânza de apă freatică au fost calculate ca reprezentând *suma poluanților emiși în mediu fără epurare*. Costul daunelor evitate ca rezultat al implementării celor două variante de proiect a fost considerat *indicatorul ce departajează cele două soluții* de colectare și transport a apelor uzate.

Datorită volumului relativ redus de apă uzată colectată și a valorii financiare reduse a penalităților, nivelul penalităților este scăzut pentru ambele variante de proiect (Tabel 10-6), în situația în care acest model de cuantificare a pierderilor ar fi aplicat. Însă, se poate remarca că valoarea penalității (prețului umbră) în cazul implementării proiectului cu sistem de canalizare clasic cu separare se solide, depășește de aproximativ 20 ori valoarea penalității pentru CBO_5 și 25,6 ori pentru MTS față de situația în care sistemul de canalizare sub vid ar fi implementat, indicând că sistemul de colectare a apei uzate sub vid este mult mai restrictiv din punct de vedere al aspectului internalizării externalităților de mediu.

Costurile evitării daunelor produse mediului se bazează pe dorința indivizilor de a plăti pentru o mai bună calitate a mediului.

Bazat pe valoarea prejudiciului adus mediului, se concluzionează că *sistemul de canalizare sub vid este mult mai eficient* decât sistemul de canalizare clasic, în condițiile în care s-au considerat doar doi dintre cei mai importanți indicatori de calitate ai apei uzate.

Comparând rezultatele obținute pentru prețurile umbră ale indicatorilor de calitate selectați, se observă că costul marginal al poluării este mai mare în cazul sistemului de canalizare clasic.

Valoarea financiară a penalităților este prezentată în Tabelul 10-6.

Estimarea costurilor

Considerând cele două tehnologii de colectare a apei uzate, *consumul de energie* pentru ambele proiecte a reprezentat un element important pentru selectarea alternativei cu *cel mai redus consum de energie, prin urmare cu cea mai scăzută amprentă a carbonului*. Costul major este costul de investiției, iar mai important cost operațional este reprezentat de consumul de energie necesar funcționării stației de epurare. Costurile aferente personalului, reflectă salarizarea, taxele aplicate pentru șomaj, sănătate etc. Costurile cu personalul au fost

considerate similare pentru cele două proiecte, pentru exploatarea și mentenanța sistemului fiind necesari doi operatori.

Proiectele de alimentare cu apă, colectare și tratare apă uzată reprezintă un caz de monopol natural, și de aceea prețurile de piață suferă considerabile distorsiuni ce focalizează pe principiul recuperării totale a costurilor, incluzând costurile financiare pentru colectarea și tratarea apei uzate, operare și mentenanță, costuri de mediu referitoare la deteriorarea mediului.

Datorită caracterului de bun public, consumatorii nu pot renunța la consumul de apă potabilă (Budds și McGranahan, 2003) și producerea de apă uzată. Acesta este unul din motivele intervenției financiare a Uniunii Europene. Problema stabilirii tarifului pentru serviciile de furnizare și colectare a apei uzate deviază de la optimum economic (Rogers și colab., 2002), de aceea, costurile de oportunitate ale serviciului (valoarea celei mai bune dintre șansele sacrificate, la care se renunță atunci când se face o alegere) nu sunt vizibile, fiind foarte scăzute în relație cu costurile financiare. Datorită caracterului de bun public al serviciilor de furnizare și colectare a apei uzate, acest aspect creează ineficiență economică în furnizarea acestor servicii populației.

Scenariul 1: Sistem de colectare a apelor uzate sub vid

Pe lângă costurile de investiție, proiectul generează și cheltuieli pe termen lung, asociate întreținerii rețelelor de canalizare, a stației de vid, stației de pompare ape uzate și stației de epurare etc.

Costurile de operare și de întreținere au fost previzionate pe baza următoarelor ipoteze:

- Costuri pentru consum energie electrică pentru stația de vid, pompare apă uzată și pentru funcționare stație de epurare. Pentru sistemul de colectare și tratare ape uzate (funcționarea stației de vid, stației de pompare și a celei de epurare) a fost considerat consumul electric al pompelor de vid, pompelor de descărcare, pompelor stației de pompare și a utilajelor stației de epurare conform ofertelor puse la dispoziție de către furnizorul echipamentelor și a numărului maxim de ore de funcționare/zi. Puterea însumată a pompelor este de 34,65 kW/h, funcționând circa 2,5 h/zi. Puterea stației de epurare este de 55 kW, cu un număr maxim de ore de funcționare de 12 h/zi.
- Pentru costurile administrative a fost considerat un procent de 2% din cheltuielile de operare (forța de muncă) și din consumul de energie electrică pentru colectare și tratare ape uzate.
- Costurile aferente forței de muncă s-au fundamentat pe baza informațiilor cu privire la salariul mediu pe economie (ramură). Se preconizează apariția a două locuri de muncă în cadrul operatorului (lucrător instalator apă-canal și operator stație epurare). S-a considerat un salariu mediu net de 840 lei/luna, la care se adaugă contribuțiile sociale. Costurile cu forța de muncă a celor doi angajați se ridică la 25.863,26 lei/an.

Scenariul 2: Sistemul de canalizare clasic cu stații de pompare a apelor uzate cu separare de solide

Proiectul generează cheltuieli asociate întreținerii rețelelor de canalizare, stațiilor de pompare, stației de epurare etc.

Costurile de operare și de întreținere au fost previzionate pe baza următoarelor ipoteze:

- Costuri pentru consum energie electrică pentru stațiile de pompare apă uzată și pentru funcționare stație de epurare. Pentru sistemul de colectare și tratare ape uzate a fost considerat consumul electric al pompelor și al utilajelor stației de epurare conform ofertelor

puse la dispoziție de furnizorul echipamentelor și numărul maxim de funcționare/zi. Puterea însumată a pompelor este de 18 kW/h, funcționând circa 8 h/zi. Puterea stației de epurare este de 55 kW, cu un număr maxim de ore de funcționare de 12 h/zi.

➤ Pentru costurile administrative a fost considerat un procent de 2 % din cheltuielile de operare (forța de muncă) + consum energie electrică utilizată pentru colectarea și tratarea apei uzate.

➤ Costurile aferente forței de muncă a celor doi angajați se ridică la 25.863,26 lei/an.

Tabelul 10-7 prezintă o analiză comparativă a principalelor categorii de costuri pentru colectarea și tratarea unui m³ de apă uzată.

Table 10-7. Costurile colectării și tratării apei uzate - analiză comparativă

Costuri	Sistem de canalizare sub vid		Sistem de canalizare clasic	
	Lei/m ³	Euro/m ³	Lei/m ³	Euro/m ³
Personal	0,195	0,044	0,195	0,044
Energie pentru colectarea apei uzate	0,089	0,020	0,159	0,036
Energie pentru funcționarea stației de epurare	0,646	0,146	0,646	0,146
Reactivi pentru stația de epurare	0,102	0,023	0,102	0,023
Costuri administrative și de mentenanță	0,017	0,004	0,022	0,005
Total	1,049	0,237	1,124	0,254

10.1.1.2. Definirea structurii de finanțare a investiției și profitabilitatea sa financiară

La baza estimării cheltuielilor necesare realizării lucrărilor prevăzute au stat evaluările cantităților de lucrări și materiale, prețurilor unitare precum și estimările pe baza de devize pe obiecte, deviz general, deviz financiar, a cotelor de cheltuieli aferente implementării proiectului aflat de dispoziția SC MAPAMOND SRL Bacău.

Scenariul 1: Sistem de colectare a apelor uzate sub vid

Tabel 10-8. Costul total al investiției - Sistem de colectare a apelor uzate sub vid

Costuri de investiție	Valoare	
	Mii lei	Mii euro
TOTAL GENERAL	6.167,708	1.392,259

Scenariul 2: Sistemul de canalizare clasic cu stații de pompare a apelor uzate cu separare de solide

Tabel 10-9. Costul total al investiției - Sistem de colectare a apelor uzate cu stații de pompare a apelor uzate cu separare de solide

Costuri de investiție	Valoare	
	Mii lei	Mii euro
TOTAL GENERAL	6.019,471	1.358,797

10.1.3.3. Calculul principalilor indicatori financiari: valoarea actualizată netă, rata internă a rentabilității financiare, raportul cost/beneficiu

Determinarea performanței și sustenabilității financiare a proiectului s-a realizat prin calculul următorilor indicatori de performanță: valoarea netă actualizată (VNA), rata internă a rentabilității financiare (RIR), raportul cost/beneficiu (C/B).

Pe baza fluxurilor de venituri și cheltuieli se preconizează fluxul de venituri nete (cash-flow) anual pe durata de referință și pe durata de viață a proiectului.

Următoarea etapă o reprezintă actualizarea fluxului de numerar cu o rată de actualizare de 5 %.

Scenariul 1: Sistem de colectare a apelor uzate sub vid

Tabel 10-12. Indicatorii de performanță ai proiectului - Sistem de colectare a apelor uzate sub vid

Indicatori de performanță	Valoare	Valoare admisibila
VNA	-5.025.043,95 lei/-1.134.321,32 euro	≤ 0
RIR	-6,90 %	$\leq 5\%$
Raport cost-beneficiu	0,73	< 1
Flux numerar cumulat	Pozitiv în fiecare an	Pozitiv în fiecare an

Scenariul 2: Sistemul de canalizare clasic cu stații de pompare a apelor uzate cu separare de solide

Tabel 10-13. Indicatorii de performanță ai proiectului - Sistem de colectare a apelor cu stații de pompare a apelor uzate cu separare de solide

Indicatori de performanță	Valoare	Valoare admisibila
VNA	-4.939.263,34 lei/ -1.114.957,86 euro	≤ 0
RIR	-7,07 %	$\leq 5\%$
Raport cost-beneficiu	0,78	< 1
Flux numerar cumulat	Pozitiv în fiecare an	Pozitiv în fiecare an

În absența unor constrângeri bugetare, cea mai bună alternativă de investiție este cea cu cea mai mare valoare netă actualizată (VNA) – sistemul de canalizare sub vid. Valoarea negativă a VNA în cazul celor două variante de proiect indică necesitatea ca proiectul să fie co-finanțat.

Valoarea netă actualizată negativă în cadrul proiectului de infrastructură, unde scopul primordial servește satisfacerea unor cerințe sociale și de mediu, și nu neapărat realizării de profit, atrage atenția beneficiarului asupra necesității obținerii de resurse financiare nerambursabile pentru realizarea investiției.

Pentru proiectele de infrastructură, RIR are în mod uzual valoare negativă datorită structurii tarifului și caracterului de bun public, non-exclusiv și non-rival, deoarece principalul scop este de a satisface nevoi sociale și de mediu.

Rata internă de rentabilitate este mai mica de 5% (rata de actualizare recomandată).

Raportul cost-beneficiu

Veniturile realizate în perioada de exploatare a investiției sunt în măsură să acopere costurile curente.

Raportul beneficiu cost este mai mare decât unu, ceea ce înseamnă că ambele proiecte sunt viabile. Pentru fiecare un euro investit în sistemul de canalizare sub vid 1,36 euro sunt economisiți (raport beneficiu:cost = 1,36), în timp ce pentru fiecare un euro investit în sistemul de canalizare clasică, sunt economisiți 1,28 euro (raport beneficiu:cost = 1,28).

Flux de numerar cumulat (FNC)

Fluxul de numerar cumulat pentru ambele variante de proiect este pozitiv în fiecare an al perioadei de referință, ceea ce înseamnă că proiectul este durabil din punct de vedere financiar. La calculul FNC s-au avut în vedere veniturile obținute din exploatarea investiției și costurile de exploatare în perioada de referință.

10.1.1.4. Analiza de senzitivitate

După estimarea indicatorilor economici de rentabilitate a investiției, s-a studiat impactul variației diverselor variabile cheie ale proiectului asupra performanței financiare a proiectului prin realizarea analizei cost-beneficiu.

Analiza de senzitivitate constă în determinarea variației indicatorilor de profitabilitate în condițiile modificării diferitelor variabile cheie. Motivațiile cheie ale efectuării analizei de senzitivitate includ identificarea surselor cheie de variabilitate și incertitudine, în vederea facilitării dezvoltării, verificării și validării proiectului; prioritizării surselor cheie de variabilitate și incertitudine, în vederea prioritizării culegerii și cercetării datelor suplimentare și îmbunătățirii modelului general (Frey și colab., 2004).

Analiza s-a efectuat pentru a determina acele componente ale costurilor care sunt incerte și la a căror modificare, indicatorii financiari ai proiectului (VNA și RIR) sunt sensibili (Tabel 10-14 și Tabel 10-15).

Potrivit ghidului de întocmire a Analizei cost-beneficiu a proiectelor de investiții, au fost analizați numai acei parametri pentru care o variație (+ sau -) de 1% provoacă o creștere cu 5 % a VNA și cu 1 % a RIR.

Selectarea variabilelor cheie ale proiectului:

- Modificarea ratei de actualizare;
- Modificarea costului investiției;
- Modificarea prețului energiei electrice.

S-a considerat că variația acestor parametri, pozitivă sau negativă, are cel mai mare impact asupra performanței financiare a proiectului. Analiză a fost realizată prin variația unui element și determinarea efectului schimbării asupra ratei interne de rentabilitate sau a valorii nete actualizate.

Scenariul 1: Sistem de colectare a apelor uzate sub vid

Tabel 10-14. Analiza de senzitivitate pentru sistemul de canalizare sub vid

		Creșterea cu 1 % a ratei de actualizare		Creșterea cu 5 % a ratei de actualizare	
	Inițial (Euro)	Ajustat (Euro)	Variație (%)	Ajustat (Euro)	Variație (%)
VNA	-1.134.321,43	-1.134.592,32	0,02	-1.135.369,31	-0,09
RIR	-6,90 %	-6,95 %	0,05	-7,13 %	-0,23
		Creșterea cu 1 % a costului investiției		Creșterea cu 5 % a costului investiției	
	Inițial (Euro)	Ajustat (Euro)	Variație (%)	Ajustat (Euro)	Variație (%)
VNA	-1.134.321,32	-1.146.471,30	1,07	-1.195.070,78	-5,36
RIR	-6,90 %	-6,91 %	-0,01	-6,95 %	-0,05
		Creșterea cu 1 % a costului energiei electrice		Creșterea cu 5 % a costului energiei electrice	
	Inițial (Euro)	Ajustat (Euro)	Variație (%)	Ajustat (Euro)	Variație (%)
VNA	-1.134.321,32	-1.135.710,92	0,12	-1.141.269,60	-0,61
RIR	-6,90 %	-6,92 %	-0,02	-7,01 %	-0,11

Scenariul 2: Sistemul de canalizare clasic cu stații de pompare a apelor uzate cu separare de solide

Tabel 10-15. Analiza de senzitivitate pentru sistemul de canalizare clasic cu stații de pompare cu separare de solide

	<i>Creșterea cu 1 % a ratei de actualizare</i>			<i>Creșterea cu 5 % a ratei de actualizare</i>	
	Inițial (Euro)	Ajustat (Euro)	Variație (%)	Ajustat (Euro)	Variație (%)
VNA	-1.114.957,86	-1.115.089,31	0,01	-1.115.334,56	0,03
RIR	-7,07 %	-7,12 %	-0,05	-7,30 %	-0,23
	<i>Creșterea cu 1 % a costului investiției</i>			<i>Creșterea cu 5 % a costului investiției</i>	
	Inițial (Euro)	Ajustat (Euro)	Variație (%)	Ajustat (Euro)	Variație (%)
VNA	-1.114.957,86	-1.126.796,14	1,06	-1.174.149,23	5,31
RIR	-7,07 %	-7,08 %	-0,01	-7,11 %	-0,04
	<i>Creșterea cu 1 % a costului energiei electrice</i>			<i>Creșterea cu 5 % a costului energiei electrice</i>	
	Inițial (Euro)	Ajustat (Euro)	Variație (%)	Ajustat (Euro)	Variație (%)
VNA	-1.114.957,86	-1.116.231,70	0,11	-1.122.252,83	0,65
RIR	-7,07 %	-7,09 %	-0,02	-7,19 %	-0,12

Analiza de sensibilitate a proiectului de sistemului de canalizare sub vid, expus la factorii de risc prezentați în Tabelul 10-14 pune în evidență că variația cu 1 % a ratei de actualizare, a costului investiției sau prețului energiei nu atrage după sine o modificare mai mare de 5 % a VNA, iar reducerea RIR este sub limita indicată de 1 % indicată de Uniunea Europeană. Pentru o variație cu 5 % a costului investiției, alternativa de proiect privind sistemul de canalizare sub vid este ușor expusă la riscuri rezultând într-o variație cu 5,36 % a VNA.

Analiza de sensibilitate pentru varianta de proiect de sistem de canalizare clasică cu stații de pompare cu separare a solidelor (Tabel 10-15), arată că o variație cu 1% a factorilor de risc selectați generează o variație a VNA mai mică de 5 %, în timp ce reducerea RIR se încadrează în limita de 1% indicată de Uniunea Europeană. Pentru o variație cu 5 % a costului investiției, proiectul este ușor expus la riscuri rezultând într-o variație cu 5,31 % a VNA. Mai mult, sistemul de canalizare clasic este mai expus la riscul referitor la creșterea prețului energiei, care are cea mai mare probabilitate de a crește.

10.1.1.5. Concluzii

Abordarea studiului de caz a furnizat un cadru de analiză pentru a evalua dacă costurile suplimentare ale implementării sistemului de canalizare sub vid, față de sistemul clasic de canalizare, este proporțional cu potențialele beneficii. În timp ce evaluarea s-a bazat pe metodologia de realizare a ACB, și într-o oarecare măsură pe date mai puțin riguroase referitoare la dorința de a plăti a consumatorilor, este evident că sunt aduse anumite beneficii prin implementarea sistemului de canalizare sub vid, în special din perspectiva protecției mediului.

Studiul de caz furnizează informații care să sprijine procesul de luare al deciziei în privința selectării uneia din cele două alternative de proiect studiate, în termenii costurilor, beneficiilor sociale și de mediu. Chiar dacă literatura de specialitate este deficitară în articole care să abordeze procesul de colectare a apelor uzate și impactul asupra mediului, analiza studiului de caz sprijină ipoteza conform căreia *sistemul de canalizare sub vid poate concura la depășirea crizei de mediu* în care se află societatea modernă, *prin internalizarea externalităților*, având capacitatea de a îmbunătăți calitatea factorilor de mediu, a *reduce consumul de energie* și costurile de mentenanță.

Pe de altă parte, rezultatele studiului sunt bazate pe o analiză tehnică a consumului de energie. În ciuda înaltei eficiențe a ambelor soluții de colectare a apelor uzate, tehnologia de colectare a apelor uzate sub vid, aduce economii mai mari la consumul de energie (Tabel 10-7) și în consecință reduce nivelul gazelor cu efect de seră rezultate ca urmare a producerii energiei.

Pentru a depăși unele limitări recunoscute ale analizei cost-beneficiu, a fost dezvoltată o metodă de cuantificare a impactului asupra mediului. În studiul de caz ACB a fost utilizată pentru a formula și comunica argumente economice pentru investiții de

reducere a riscului, prin implementarea unor proiecte pro-active în ceea ce privește impactul asupra mediului.

Externalitățile pozitive asociate cu evitarea descărcării de poluanți în mediu a făcut subiectul studiului de caz. Au fost *estimate externalitățile de mediu*, iar probabilitatea apariției unor avarii a fost utilizată pentru a calcula valoarea financiară a unei posibile penalități pentru principalii poluanți descărcați în mediu, soluția sistemului de canalizare sub vid demonstrând a fi mai prietenoasă mediului. În termeni financiari, externalitățile au fost evaluate ca reprezentând suma totală a emisiilor poluante descărcate în mediu fără tratament cu efect direct asupra pânzei de apă freatică. *Costurile evitate ale prejudiciului* au fost considerate un element cheie al departajării celor două variante de proiect.

Prin adoptarea unor reglementări mai stricte și orientate pe inovații tehnologice, instituțiile cu responsabilități în domeniul protecției mediului vor fi pregătite să răspundă provocărilor unei internalizări acute a efectelor asupra mediului și să reducă impactul negativ asupra mediului (Ferrón-Vílchez și colab., 2013).

10.1.1.6. Contribuții personale

Pentru a depăși unele limitări recunoscute ale analizei cost-beneficiu, a fost dezvoltată o metodă de cuantificare a impactului asupra mediului a două investiții alternative care au ca obiectiv colectarea apelor uzate menajere. În studiul de caz, ACB a fost utilizată pentru a formula și comunica *argumente economice pentru investiții de reducere a riscului, prin implementarea unor proiecte pro-active de colectare a apei uzate menajere*. Cuantificarea financiară a externalităților pozitive asociate cu evitarea descărcării de poluanți în mediu a făcut obiectul studiului de caz, demonstrând reducerea impactului apei uzate asupra mediului în situația implementării sistemului de colectare a apei uzate în vid.

11. Analiza rezilienței sistemelor alternative de colectare a apei uzate menajere

Capitolul analizează problema complexă a procesului de luare a deciziei prin prisma *riscurilor pe care le implică dezvoltarea, construcția și mentenanța* fiecăruia din cele două sisteme de colectare ape uzate analizate. Prin urmare, valoarea desemnată fiecărui proiect depinde de valoarea de investiție, costuri de energie, costuri de exploatare și mentenanță, impactul asupra resurselor, nivel de emisii și siguranța în exploatare.

Reziliența, în acest capitol, este un concept măsurabil doar în condițiile în care se obțin informații referitoare la elementele care pot induce perturbații și a principalelor vulnerabilități în relație cu diverse scări de analiză (economică, de mediu și tehnologică).

Din *perspectivă economică*, reziliența, se referă la eficiența utilizării resurselor financiare.

Din *perspectivă tehnică*, reziliența se caracterizează prin eficiența sistemului în condiții normale de funcționare, dar și sub influența unor factori perturbatori (dezastre naturale, întreruperi ale furnizării energiei electrice etc.).

Reziliența ecologică/de mediu, în acest demers științific, tratează dimensiunea presiunii pe care mediul o poate absorbi, până la restaurarea echilibrului (emisii în aer, apă și sol).

Astfel, *sunt evaluate, indirect, provocările la care sunt supuși actorii locali implicați în procesul de luare a deciziei*, dar și *oportunitățile ce decurg din analiza alternativelor de proiecte analizate*, ce pot conduce la *previzionarea impactului și a unor soluții de îmbunătățire a funcționării sistemelor* de canalizare încă din etapa de proiectare.

11.1 Analiza rezilienței prin prisma procesului analitic de rețea

În cadrul acestui demers științific, procesul analitic al rețelei (PAR) este aplicat pentru selectarea celui mai eficient sistem de colectare a apei uzate menajere din punct de vedere al contracarării riscurilor ce includ atât implementarea cât și funcționarea sistemelor alternative de colectare a apei uzate analizate. Influențele dintre elementele rețelei (alternative și criteriile) au fost identificate și analizate utilizând metodele de analiză a deciziei multicriteriale PAR.

Modelul PAR prezentat permite decidenților politici înțelegerea complexității problemei colectării apei uzate și prioritizarea acestora în vederea selectării unui sistem rezilient de colectare a apei uzate.

Două variante de proiect au fost analizate utilizând ca instrument de analiză software-ul Super Decisions, care în baza datelor numerice obținute în capitolele anterioare și a judecății personale a cercetătorului a prioritizat două variante alternative de proiect în baza a șase criterii de selecție. Criteriile de decizie sunt relevante pentru indicatorii rezilienței economice, tehnologice și de mediu.

Informațiile referitoare la criteriile selectate și ponderarea s-a realizat în baza informațiilor cantitate obținute în capitolele anterioare (analiza cost-beneficiu, cuantificare emisii), dar și în baza unor informații calitative obținute din cataloage de produse, și experiența cercetătorului în procesul de proiectare propriu-zis al celor două sisteme de colectare a apei uzate.

a. *Compararea perechilor de alternative decizionale (matrice) și vectorii de prioritate locali.*

Figura 11-1 prezintă compararea perechilor de criterii selectate raportat la sistemul convențional de colectare a apei uzate, utilizând scala lui Saaty (1994). Comparațiile au avut ca scop determinarea criteriului din perechea de criterii care prezintă cel mai ridicat risc pentru implementarea și funcționarea investiției.



Figura 11-1. Compararea nodurilor cu referire la sistemul clasic de colectare a apei uzate

Vectorul propriu (eigen vector) pentru fiecare din cele 6 criterii este prezentat în coloana 3 (Rezultate) a Figurii 11-1. Suma totală a valorilor vectorilor proprii corespunzătoare fiecărui criteriu este 1. Se remarcă un *risc maxim* pentru criteriul *nivel de emisii, urmat de impactul asupra resurselor*.

Cum se poate observa din Figura 11-1, indicele de inconsecvență de 0,0986 în situația analizei sistemului de canalizare clasic raportat la cele șase riscuri se plasează sub valoarea prag indicată de 10 % (Saaty, 2001). Prin urmare inconsecvența poate fi considerată tolerabilă.



Figura 11-2. Compararea nodurilor cu referire la sistemul colectare a apei uzate sub vid

Similar modului de analiză prezentat anterior, Figura 11-2 prezintă compararea perechilor de criterii selectate raportat la sistemul de colectare a apei uzate sub vid, utilizând scala lui Saaty (1994). Comparațiile au avut ca scop determinarea criteriului din perechea de criterii care prezintă cel mai ridicat risc pentru implementarea și funcționarea investiției. Se remarcă un risc maxim pentru *criteriul nivel de emisii*, urmat de *siguranța în exploatare*. Riscul referitor la nivelul de emisii este inferior sistemului clasic de colectare a apei uzate. Riscul referitor la siguranța în exploatare depășește același risc evidențiat la nivelul sistemului clasic de colectare a apei uzate datorită unor factori determinați în special de factorul uman (consumatori). Riscul se referă la eliminarea unor obiecte în grupurile sanitare care pot distruge vana de vid a camerei de colectare.

Cum se poate observa din Figura 11-2 indicele de inconsecvență de 0,0826, raportat la cele șase riscuri se plasează sub valoarea prag indicată de 10 % (Saaty, 2001). Prin urmare inconsecvența poate fi considerată tolerabilă.

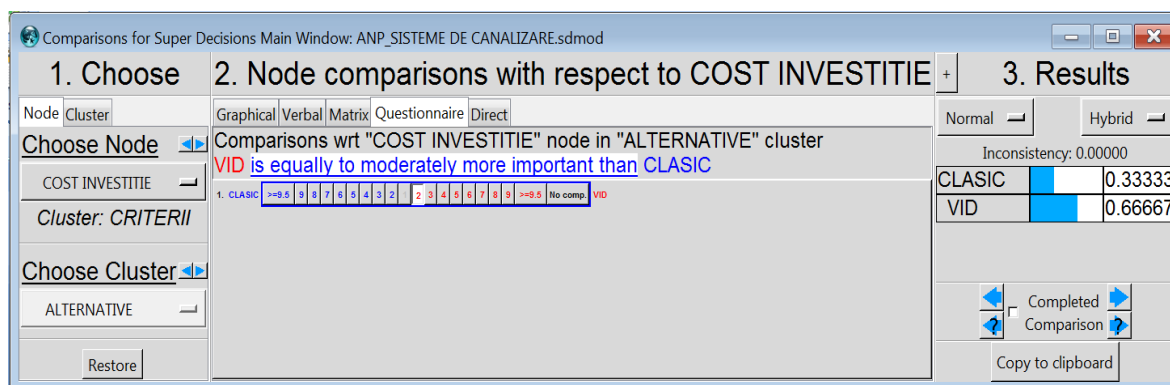


Figura 11-3. Compararea nodurilor (alternativelor) cu referire la costul investiției

Figura 1-13 prezintă compararea alternativelor raportat la costul investiției.

Indicele de inconsecvență este 0,000 în situația raportării celor două sisteme de canalizare alternative la criteriul cost investiție (Figura 11-3). Sistemul cu riscul cel mai ridicat este reprezentat de sistemul de canalizare în vid, întrucât au fost considerate atât posibilitatea creșterii valorii echipamentelor, dar și a barilului de petrol, în consecință a costului de transport a echipamentelor din Europa de Vest.

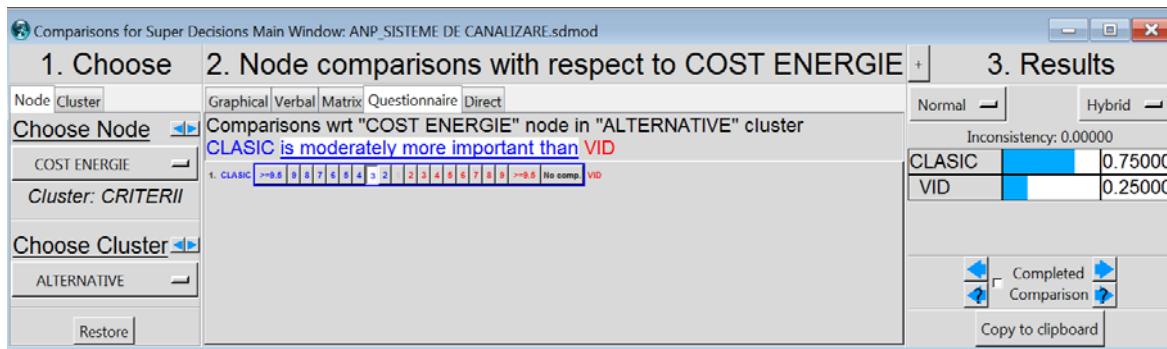


Figura 11-4. Compararea nodurilor (alternativelor) cu referire la costul energiei

Figura 1-14 prezintă compararea alternativelor raportat la costul energiei. Indicele de inconsecvență este 0,000 în situația raportării celor două sisteme de canalizare alternative la criteriul cost energie (Figura 11-4). Sistemul cu *riscul cel mai ridicat este reprezentat de sistemul de canalizare clasic*, care pentru pomparea apei uzate din zonele mai joase necesită stații de pompare cu *consum superior de energie electrică* comparativ cu sistemul de canalizare sub vid, implică o *amprentă a carbonului superioară*.

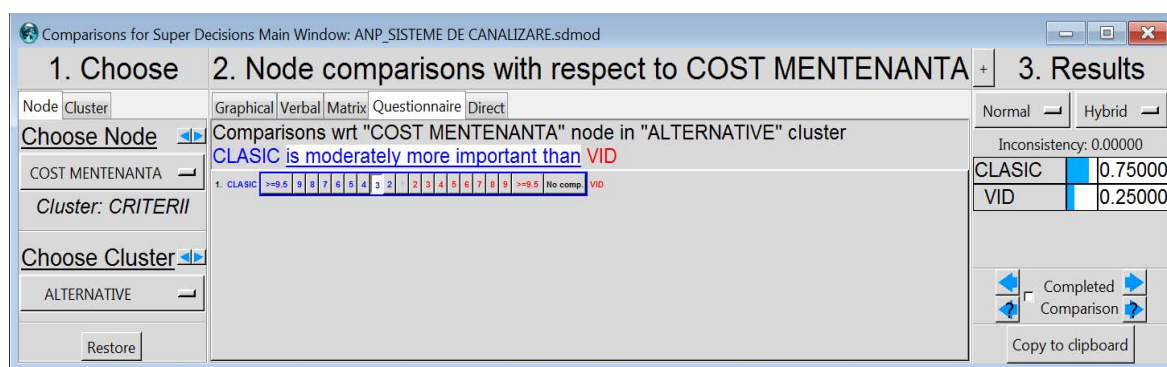


Figura 11-5. Compararea nodurilor (alternativelor) cu referire la costul mentenanței

Figura 1-15 prezintă compararea alternativelor raportat la costul mentenanței. Indicele de inconsecvență este 0,000 în situația raportării celor două sisteme de canalizare alternative la criteriul cost mentenanță (Figura 11-5). Sistemul cu *riscul cel mai ridicat este reprezentat de sistemul de canalizare clasic*, datorită necesității *vidanjării periodice a stațiilor de pompare, avariilor pe rețea sau a necesității înlocuirii pompelor stațiilor de pompare a apei uzate*.

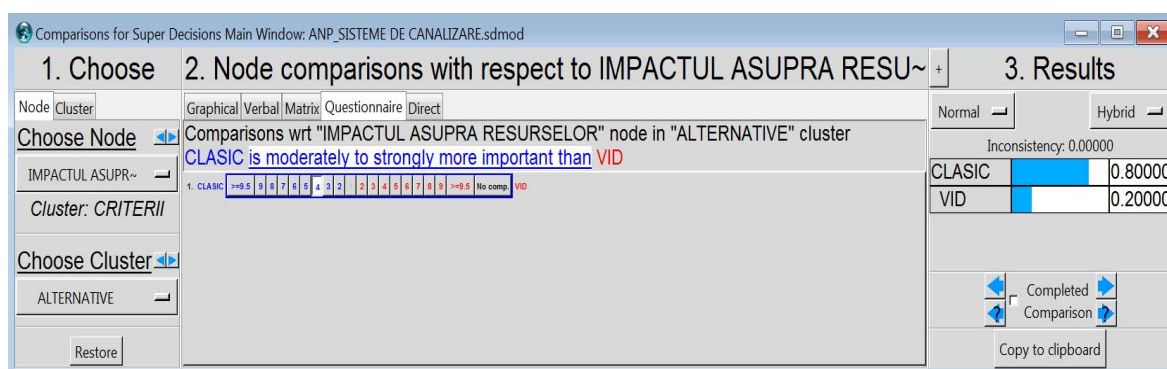


Figura 11-6. Compararea nodurilor (alternativelor) cu referire la impactul asupra resurselor

Figura 1-16 prezintă compararea alternativelor raportat la impactul asupra resurselor.

Indicele de inconsecvență este 0,000 în situația raportării celor două sisteme de canalizare alternative la criteriul impactul asupra resurselor (Figura 11-6). *Sistemul cu riscul cel mai ridicat este reprezentat de sistemul de canalizare clasic, datorită utilizării unor conducte de canalizare cu diametru superior celor utilizate în cadrul sistemului de canalizare în vid, necesității de montare unor stații de pompare a apei uzate, a volumului superior de săpătura și consumului superior de carburanți necesar realizării lucrărilor.*

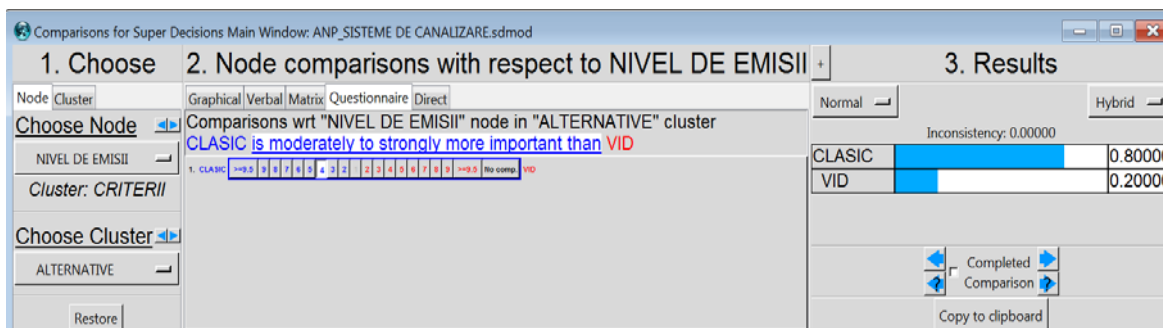


Figura 11-7. Compararea nodurilor (alternativelor) cu referire la costul mentenanței

Figura 11-7 prezintă compararea alternativelor raportat la nivelul de emisii. Indicele de inconsecvență este 0,000 în situația raportării celor două sisteme de canalizare alternative la criteriul cost nivel de emisii (Figura 11-7). *Sistemul cu riscul cel mai ridicat este reprezentat de sistemul de canalizare clasic, raportat în special la volumul de emisii de metan și hidrogen sulfurat.*

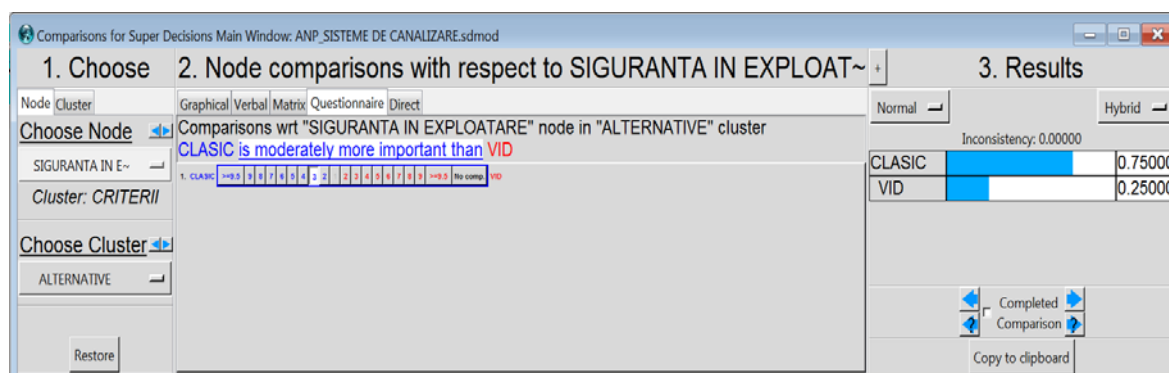


Figura 11-8. Compararea nodurilor (alternativelor) cu referire la siguranța în exploatare

Figura 1-18 prezintă compararea alternativelor raportat la siguranța în exploatare. Indicele de inconsecvență este 0,000 în situația raportării celor două sisteme de canalizare alternative la criteriul siguranța în exploatare (Figura 11-8). *Sistemul cu riscul cel mai ridicat este reprezentat de sistemul de canalizare clasic, datorită necesității vidanjării periodice a stațiilor de pompare datorită riscului colmatării și a expunerii operatorilor la emisii de hidrogen sulfurat și metan.*

b. Construirea și analiza supermatricei

Urmărul pas a constat în formularea și analiza supermatricei. Valorile obținute din comparațiile perechilor de elemente obținute anterior sunt utilizate în formarea structurii supermatricei. Supermatricea prezintă vectorul local de prioritate derivat din comparațiile ce reprezintă impactul unui set de elemente dintr-o componentă (rândurile matricei) asupra altui element din sistem (coloanele matricei). Astfel, supermatricea este realizată în trei etape.

În prima etapă, este creată supermatricea neponderată direct din toți vectorii locali de prioritate, derivați din comparațiile perechilor de elemente care se influențează reciproc (Figura 11-9). Suma vectorilor coloanelor supermatricei nu este echivalentă cu unu.

Cluster Node Labels	ALTERNATIVE		CRITERII						
	CLASIC	VID	COST ENERGIE	COST INVESTITIE	COST MENTENANTA	IMPACTUL ASUPRA RESURSELOR	NIVEL DE EMISII	SIGURANTA IN EXPLOATARE	
ALTERNATIVE	CLASIC	0.000000	0.000000	0.750000	0.333333	0.750000	0.800000	0.800000	0.750000
	VID	0.000000	1.000000	0.250000	0.666667	0.250000	0.200000	0.200000	0.250000
CRITERII	COST ENERGIE	0.134395	0.138546	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	COST INVESTITIE	0.082163	0.132796	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	COST MENTENANTA	0.091744	0.101987	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	IMPACTUL ASUPRA RESURSELOR	0.237672	0.153454	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000	0.000000	0.000000
	NIVEL DE EMISII	0.348181	0.278926	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	SIGURANTA IN EXPLOATARE	0.105846	0.194291	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000

Figura 11-9. Supermatricea neponderată

Vectorul propriu obținut din compararea la nivelul clusterului cu referire la criteriul de control se aplică supermatricei inițiale (neponderate), rezultând *matricea ponderată*. Ponderile relative indică un *grad mai mare de risc pentru implementarea sistemului de canalizare clasic*, în ceea ce privește criteriile impact asupra resurselor și nivel de emisii.

În a doua etapă, este calculată *supermatricea ponderată* prin multiplicarea valorilor matricei neponderate cu ponderile clusterelor afiliate acestora (Figura 11-10). Prin normalizarea supermatricei ponderate, este realizată coloana stocastică, încât suma coloanelor devine 1.

Ponderile relative indică un grad mai mare de risc pentru implementarea sistemului de canalizare clasic, în ceea ce privește criteriile nivelul de emisii, siguranța în exploatare, și costul mentenanței (Figura 11-10).

Cluster Node Labels	ALTERNATIVE		CRITERII						
	CLASIC	VID	COST ENERGIE	COST INVESTITIE	COST MENTENANTA	IMPACTUL ASUPRA RESURSELOR	NIVEL DE EMISII	SIGURANTA IN EXPLOATARE	
ALTERNATIVE	CLASIC	0.000000	0.000000	0.250000	0.333333	0.750000	0.266667	0.800000	0.750000
	VID	0.000000	0.500000	0.083333	0.666667	0.250000	0.066667	0.200000	0.250000
CRITERII	COST ENERGIE	0.134395	0.069273	0.666667	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	COST INVESTITIE	0.082163	0.066398	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	COST MENTENANTA	0.091744	0.050994	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	IMPACTUL ASUPRA RESURSELOR	0.237672	0.076727	0.000000	0.000000	0.000000	0.666667	0.000000	0.000000
	NIVEL DE EMISII	0.348181	0.139463	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	SIGURANTA IN EXPLOATARE	0.105846	0.097146	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000

Figura 11-10. Supermatricea ponderată

Etapa finală constă în calcularea *matricei limitate* prin procesul de ridicare la putere a supermatricei ponderate până aceasta converge în termenii ponderilor și devine stabilă. Această procedură asigură adaptarea pe termen lung a setului de ponderi. Supermatricea este ridicată la puterea 2^{k+1} . Stabilizarea este atinsă când toate coloanele supermatricei corespunzătoare fiecărui nod au aceeași valoare (Figura 11-11).

Cluster Node Labels	ALTERNATIVE		CRITERII						
	CLASIC	VID	COST ENERGIE	COST INVESTITIE	COST MENTENANTA	IMPACTUL ASUPRA RESURSELOR	NIVEL DE EMISII	SIGURANTA IN EXPLOATARE	
ALTERNATIVE	CLASIC	0.248771	0.248771	0.248771	0.248771	0.248771	0.248771	0.248771	0.248771
	VID	0.177086	0.177086	0.177086	0.177086	0.177086	0.177086	0.177086	0.177086
CRITERII	COST ENERGIE	0.137102	0.137102	0.137102	0.137102	0.137102	0.137102	0.137102	0.137102
	COST INVESTITIE	0.032198	0.032198	0.032198	0.032198	0.032198	0.032198	0.032198	0.032198
	COST MENTENANTA	0.031854	0.031854	0.031854	0.031854	0.031854	0.031854	0.031854	0.031854
	IMPACTUL ASUPRA RESURSELOR	0.218140	0.218140	0.218140	0.218140	0.218140	0.218140	0.218140	0.218140
	NIVEL DE EMISII	0.111314	0.111314	0.111314	0.111314	0.111314	0.111314	0.111314	0.111314
	SIGURANTA IN EXPLOATARE	0.043535	0.043535	0.043535	0.043535	0.043535	0.043535	0.043535	0.043535

Figura 11-11. Supermatricea limitată

Limitarea valorilor prioritare în cadrul supermatricei indică fluxul de influență a unui element individual către celelalte în vederea atingerii scopului general de a selecta cea alternativă de proiect cu cele mai reduse riscuri. Întrucât alternativele decizionale sunt elementele unui cluster al rețelei, prioritățile limită sunt sinonime cu contribuția acestora la realizarea scopului și sunt utilizate pentru clasificarea alternativelor, normalizate în cadrul clusterului (Wolfslehner și colab, 2005; Saaty, 2013b), așa cum este evidențiat în Figura 11-12.

c. Stabilirea priorităților

Icon	Name	Normalized by Cluster	Limiting
No Icon	CLASIC	0.58417	0.248771
No Icon	VID	0.41583	0.177086
No Icon	COST ENERGIE	0.23879	0.137102
No Icon	COST INVESTITIE	0.05608	0.032198
No Icon	COST MENTENANTA	0.05548	0.031854
No Icon	IMPACTUL ASUPRA RESURSELOR	0.37994	0.218140
No Icon	NIVEL DE EMISII	0.19388	0.111314
No Icon	SIGURANTA IN EXPLOATARE	0.07583	0.043535

Figura 11-12. Prioritățile derivate din compararea alternativelor și riscurilor aferente sistemelor de canalizare

Figura 11-12 pune în evidență prioritățile în ceea ce privește riscurile. În acest context, se remarcă că din punct de vedere al selectării alternativelor de sistem de canalizare, la nivel global, *sistemul de canalizare clasic prezintă cel mai ridicat risc din perspectiva atributelor rezilienței*. Din punct de vedere a criteriilor selectate (factori de risc), cel mai ridicat risc îl reprezintă *impactul asupra resurselor, costul energiei și nivelul de emisii*.

Se remarcă faptul că din punct de vedere al proiectării și funcționării în condiții de funcționare normale, fără presiunea unor factori externi cum ar fi hazarde naturale sau antropice, *sistemul de colectare a apei uzate sub vid prezintă un risc redus față de sistemul*

convențional de colectare a apei uzate. Însă, acest demers științific abordează reziliența sistemelor de canalizare și sub aspectul unor situații excepționale ce implică presiune majoră asupra elementelor sistemului (cutremure, alunecări de teren, inundații), aspecte ce vor fi punctate în capitolul următor.

11.2. Evaluarea rezilienței sistemului de canalizare clasic versus sistem de canalizare sub vid

Atributele tehnice ale a rezilienței au abordat *patru proprietăți ale sistemului: robustețea, redundanța, caracterul inovativ și rapiditatea*, aspecte care sunt discutate mai jos.

În comparație cu sistemul clasic de canalizare, robustețea sistemului de canalizare sub vid reflectă abilitatea sistemului de a rezista la perturbații fără a se degrada sau a-și pierde funcționalitatea.

a. Robustețea sistemului de canalizare clasic

Elementele care pun în pericol robustețea sistemului clasic de colectare a apei uzate includ riscul de coroziune, riscul de fisurare a conductelor și colapsul acestora, blocaje, risc de inundare.

În general, sistemul de canalizare clasic (unitar sau separativ) necesită lucrări de reabilitare pentru a aduce infrastructura existentă la un standard de performanță acceptabil. Rețeaua de canalizare realizată înainte de 1989 este în sistem unitar, colectând atât apele uzate menajere și pluviale. Infrastructura de colectare a apei uzate a rămas de multe ori subdimensionată, deoarece capacitatea de transport a scăzut ca urmare a colmatării colectoarelor, deteriorării conductelor de canalizare, creșterii debitelor de apă pluvială.

Dacă pentru sistemul de canalizare clasic unitar, în perioada de ploi abundente, rețeaua de canalizare poate fi inundată, iar sistemul nu poate colecta și trata debitul excedentar, în perioada fără precipitații capacitatea de transport a colectoarelor de canalizare scade, conducând la procese de degradare aerobă și anaerobă a materiei organice din apa uzată și emisii de gaze cu efect de seră și alte gaze de canalizare.

Problemele tehnice majore ale infrastructurii de colectare a apelor uzate sunt în special legate de colectoarele de canalizare, element majoritar al infrastructurii de colectare a apei uzate. Numeroși factori sunt relevanți pentru stabilitatea tehnică a infrastructurii de colectare a apelor uzate, incluzând vechimea conductelor, materialul din care sunt realizate colectoarele de canalizare, lungimea, adâncimea și gradientul de pozare a conductelor, structura solului, vegetația arborescentă, precum și daunele cauzate de îngheț, infiltrarea apei freatică și exfiltrarea apei uzate, a gazelor de canalizare și a unor procese conexe de dezvoltare urbană (Terry, 2015).

Sistemele convenționale de colectare a apelor uzate pot avea efecte nocive asupra calității apei și asupra ecosistemelor în situația producerii unor avarii prin evacuarea în sol a materiei organice, materiei în suspensie, agenți patogeni, elemente toxice, metale grele, pesticide și alți poluanți conținuți în apa uzată. Pierderea de apă uzată din rețea duce la periclitarea funcționării rețelei de distribuție a apei potabile, prin posibilitatea infiltrării apei uzate în rețeaua de apă potabilă, poluarea stratului acvifer și la distorsionări în funcționarea stației de epurare.

Creșterea exigențelor asupra condițiilor de locuire solicită, în multe cazuri, re tehnologizarea rețelei de canalizare în vederea reducerii riscului de inundație a lucrărilor subterane (pasaje pietonale, stații de metrou, subsoluri) (Terry, 2015).

Influența pierderilor de apă uzată asupra infrastructurii rutiere se manifestă prin producerea de mari dificultăți traficului rutier și pietonal în condițiile în care, în timp, numărul și tonajul vehiculelor a crescut considerabil.

Principalele cauze care conduc la reducerea fiabilității conductelor de canalizare sunt funcționarea la debite și presiuni variabile generate de consumul orar de apă, funcționarea la presiuni exterioare mari și variabile din împingerea pământului, încărcarea din trafic,

încărcări din solicitări dinamice ale pământului, variația de temperatură a apei uzate transportate, agresivitatea solului din exterior și a apei din interior; coroziunea care distruge peretele tubului de canalizare, reducerea capacității de transport prin creșterea rugozității din cauza coroziunii sau depunerilor pe pereții tuburilor, degradarea în timp a structurii materialului din care sunt realizate conductele.

Raportat la riscul de producere a unor cutremure, sistemul de canalizare clasic este mult mai vulnerabil decât sistemul de colectare a apei uzate sub vid datorită capacității reduse de detectare a pierderilor de apă uzată în rețea în situația distrugerii punctuale a rețelei de canalizare și a necesității spargerii și refacerii unor tronsoane mai mari ale infrastructurii de transport în vederea realizării intervențiilor necesare.

Sistemele de canalizare clasice prezintă și alte efecte adverse, prin emisiile de gaze toxice (hidrogen sulfurat) și gaze cu efect de seră. Gazele cu efect de seră contribuie la procesul de încălzire globală, proces ce se așteaptă să aibă un efect distrugător indirect asupra infrastructurii de colectare a apelor uzate, prin precipitații mai abundente și creșterea frecvenței episoadelor cu caracter torențial. Abundența precipitațiilor contribuie la depășirea capacității de transport a colectoarelor de canalizare și a stațiilor de pompare, ce conduce la inundarea străzilor, cu afectarea infrastructurii rutiere, descărcarea apelor uzate în subsolul clădirilor, afectând structura de rezistență a acestora.

b. Robustețea sistemului de canalizare sub vid

Condițiile generale pentru utilizarea sistemului de canalizare sunt mai puțin restrictive, sistemul putând fi implementat cu succes în condițiile unui sol instabil, alunecări de teren, nivel ridicat al pânzei de apă freatică, ecosisteme sensibile, arii protejate etc.

În comparație cu sistemul de canalizare clasic, în etapa de construcție, sistemul de canalizare în vid contribuie la reducerea costurilor de construcție prin reducerea lățimii și adâncimii șanțurilor de îngropare a conductelor, diametrelor reduse ale conductelor, eliminării stațiilor de pompare și a căminelor de vizitare (Roediger, 2013).

Raportat la sistemul de canalizare clasic, gravitațional sau sub presiune, sistemul de canalizare în vid este o soluție eco-inovativă pentru managementul apelor uzate datorită reducerii impactului de mediu, considerând înalta securitate a sistemului în ceea ce privește exfiltrațiile de apă uzată, emisiile de gaze de canalizare, mirosul și reducerea consumului de energie, în consecință internalizând externalitățile (costurile non-monetare determinate de producerea poluării).

Din punct de vedere economic, robustețea implică mobilizarea de resurse financiare pentru proiectele de infrastructură sau pentru intervenție în caz de dezastre, implicând bugete mai reduse pentru sistemul de colectare a apei uzate sub vid. În ceea ce privește robustețea dimensiunii de mediu, aceasta implică potențialul de degradare al mediului generat de funcționarea sistemelor de canalizare (emisiile în sol, apă freatică și aer), implicând un nivel mai scăzut de emisii în situația implementării sistemului de colectare a apei uzate sub vid.

Redundanța se referă la substituibilitatea acelor componente sau aspecte în cadrul sistemului în situația în care evenimentul perturbator diminuează funcționalitatea unor componente critice.

Per ansamblu, infrastructura de colectare a apei uzate este proiectată considerând principiile eficienței, fiabilității și a rentabilității costurilor în raport cu beneficiile. Dacă durata de viață a echipamentelor și investiției este considerată în procesul de proiectare, echipamentele care să asigure redundanța și back-up ce ar permite o mai bună fiabilitate și recuperare rapidă în caz de avarii, implică costuri ridicate și dificil de pus în operă.

Spre deosebire de sistemul clasic de colectare a apelor uzate, unde energia este utilizată în mai multe puncte ale sistemului pentru funcționarea stațiilor de pompare, în cazul sistemului de canalizare sub vid, energia este utilizată într-un singur punct al sistemului pentru generarea presiunii negative și pomparea apei uzate din stația de vid într-un sistem de canalizare gravitațional și de aici în stația de epurare, reducând numărul de racorduri la

rețeaua electrică. În cazul întreruperii curentului electric, sistemul poate funcționa cu ajutorul unui generator electric – ce funcționează cu combustibil lichid.

Redundanța se referă la substituibilitatea sursei de energie în cadrul sistemului de canalizare sub vid în situația în care sistemul se confruntă cu o cădere de tensiune, situație favorizată de existența unei singure surse de energie la nivelul stației de producere a vidului.

Din punct de vedere economic, redundanța implică existența unor resurse financiare din alte surse (taxe, fonduri atrase, co-finanțare sector privat etc.) care să contribuie la înlocuirea rapidă a acelor echipamente distruse ca urmare a evenimentului cu efect perturbator. În general, operatorii sistemelor de colectare sub vid, dispun de vane de vid suplimentare, echipamente necesare înlocuirii periodice ale acestora la sfârșitul perioadei de viață sau datorită unor avarii. Raportat la costul redus de înlocuire a vanei de vid, înlocuirea pompelor din stațiile de pompare a sistemelor clasice de canalizare implică costuri ridicate.

Raportat la sistemul clasic de colectare a apei uzate, *caracterul inovativ* face referire la capacitatea sistemului de canalizare sub vid de a funcționa în condiții de avarie, datorită presiunii negative din sistem, generat de pompele de vid, și reducerea la minim a pierderilor de apă uzată pentru a satisface prioritățile stabilite și atinge scopul pentru care sistemul a fost creat. Factorii limitativi ai inovației tehnologice (tehnologii disponibile, echipamente, materiale pentru execuția proiectelor sau reparații) sunt cei economici și cei referitori la capacitatea administrativă de a promova și implementa proiecte inovative.

Rapiditatea se referă la abilitatea de a realiza funcțiile rapid pentru a reduce pierderile sau distrugerea infrastructurilor de transport, a celei de locuire etc. Preocupări actuale asupra capacității limitate de intervenție se referă la incapacitatea de preluare de către colectoarele de canalizare a întregului volum de apă uzată, ca urmare a aportului de apă pluvială datorită ploilor torențiale, conducând la revărsarea apei uzate din rețea și inundarea subsolurilor locuințelor, spațiilor comerciale, pasajelor, acumularea apei în zonele deschise și pe infrastructura de transport. Sub aspect financiar, rapiditatea privește bugetarea și timpul necesar implementării proiectelor. Rapiditatea în cadrul acestui demers științific se referă la abilitatea sistemului de colectare ape uzate sub vid de a reduce pierderile de apă uzată și la intervenția rapidă, datorită sistemului de monitorizare care indică zona ce prezintă avarii (Terry, 2015).

Prezentul studiu a privit reziliența sub aspect *tehnic, economic și ecologic (de mediu)*. *Vulnerabilitatea alternativelor proiectelor sistemelor de canalizare* expuse la diverse perturbări de ordin economic, tehnologic sau de mediu, implică o anumită predilecție față de perturbațiile din mediul exterior, în timp ce reziliența rezumă capacitatea fiecăruia din sistemele analizate de a face față acestor vulnerabilități. Prin urmare, un sistem este cu atât mai rezilient cu cât este puțin expus factorilor vulnerabili, în același timp reziliența implicând și capacitatea, rapiditatea și resursele necesare readucerii sistemului la starea de echilibru inițială, cu pierderi minime de resurse și externalități de mediu reduse.

Vulnerabilitatea economică este privită ca dificultatea de a accesa surse de finanțare atât pentru investiția propriu-zisă, dar și pentru funcționarea și mentenanța sistemului. Vulnerabilitatea economică adresează și problema refacerii infrastructurii distruse ca urmare a producerii unor hazarde naturale (cutremure, alunecări de teren, inundații). Costurile refacerii infrastructurii de colectare a apei uzate sub vid sunt mai reduse, datorită volumului redus de săpătură necesar înlocuirii conductelor, diametrelor mici ale acestora, sistemului de monitorizare care indică tronsonul exact unde este necesară o intervenție.

Vulnerabilitatea ecologică (de mediu) este privită atât din perspectiva externalităților directe de mediu (emisii în aer și sol), dar și a consumului de energie asociat amprentei carbonului. Așa cum a fost evidențiat în capitolul 9.2.3, nivelul emisiilor de metan și de hidrogen sulfurat în sistemul clasic de colectare a apei uzate depășește de circa 1,83 ori, respectiv de 3,09 ori nivelul emisiilor în sistemul de canalizare în vid. În abordarea studiului de caz referitoare la implementarea sistemului clasic de colectare ape uzate versus sistem de

colectare a apei uzate în vid se remarcă o creștere a consumului de energie electrică în situația implementării sistemului clasic de colectare a apei uzate, rezultând un nivel global de emisii de CO₂ de trei ori mai mare comparativ cu sistemul de canalizare sub vid, și prin urmare o amprenta a carbonului mai ridicată.

Vulnerabilitatea tehnologică se referă la capacitatea sistemului de canalizare de a se adapta la schimbările climatice, la modificări urbanistice determinate de înlocuirea unor rețele sau construirea unor noi structuri de dezvoltare urbanistică, la independența energetică în caz de avarii în sistemul electric național, la alunecările de teren etc. Pe de altă parte, interconexiunea rețelelor subterane și a infrastructurii de transport, generează blocaje în cascadă în situația unor defecțiuni apărute în sistemul de canalizare, perturbând traficul auto, accesul la locuințe și unități socio-economice, conducând la emisii în apă, aer și sol ca urmare a exfiltrării de apă uzată.

Proiectele de infrastructură inovative, care răspund proprietăților rezilienței, au capacitatea de a face față evenimentelor extreme (dezastre naturale și antropice).

11.3. Concluzii

Analiza studiului de caz evidențiază *necesitatea aplicării diagnozei infrastructurii* de colectare a apei uzate din *perspectiva atributelor rezilienței*, încă din etapa de proiectare, și accentuează asupra capacității tehnologiilor eco-inovative de a contracara și atenua perturbările care pot afecta stabilitatea sistemului și păstrarea funcționalității acestuia.

Reziliența sistemelor alternative de colectare a apei uzate a fost analizată atât în condiții de funcționare normale, fără presiunea unor factori externi majori cum ar fi hazarde naturale sau antropice, dar și sub aspectul producerii unor hazarde naturale. Reziliența sistemelor de canalizare a fost abordată și sub aspectul producerii unor evenimente excepționale, ce implică presiune majoră asupra elementelor sistemului (cutremure, alunecări de teren, inundații). Ambele analize demonstrează că sistemul de colectare a apei uzate sub vid prezintă un risc redus față de sistemul convențional de colectare a apei uzate.

Analiza riscurilor economice, tehnologice și de mediu aferente implementării infrastructurii de colectare a apei uzate, pornește de la necesități de ordin practic de proiectare și amenajare a infrastructurii urbane. În acest sens este importantă pentru autoritățile locale aplicarea diagnozei infrastructurii de colectare a apei uzate, încă din etapa de proiectare a acesteia.

Procesul de planificare poate indica opțiunile de proiect care prezintă cele mai multe beneficii prin raportare la costurile investiției și la cele operaționale, fără a eluda conceptul de reziliență, care ar trebui să devină operațional și în România.

Importanța creșterii rezilienței sistemelor de colectare a apelor uzate decurge și din faptul că aceasta reprezintă o infrastructură critică pentru populație. Astfel, o bună înțelegere a conceptului de reziliență favorizează procesul de proiectare, execuție și mentenanță a sistemelor de colectare a apei uzate, încât să permită adaptarea la șocuri din mediul extern și absorbția acestora pentru funcționarea optimă a sistemului.

Atingerea unei economii reziliente și cu emisii reduse de carbon, depinde de modelele de strategii adoptate la nivel național și local, care accelerează sau împiedică această reorientare, de oferta de tehnologii eco-inovative reziliente, de poziționarea față de frontiera tehnologică, precum și de condițiile geografice și de mediu.

În ceea ce privește oferta de tehnologii de colectare a apei uzate, promovarea rezilienței implică adoptarea inovației, în consecință, dezvoltarea și implementarea unor noi tehnologii și a unor noi strategii de management a apei uzate.

Impactul deciziilor de dezvoltare urbană trebuie evaluat atât din perspective economice, cât și sub aspectul protecției mediului, social și al rezilienței sistemului. Sustenabilitatea implică pe de o parte consum minim de materie primă și energie, pe cât

posibil regenerabilă, și generarea unei cantități minime de deșeuri și emisii de-a lungul tuturor fluxurilor diferitelor etape ale ciclului de viață al sistemului de canalizare, dar și capacitatea sistemului de a reduce magnitudinea și durata unor evenimente cu efect distrugător prin abilitatea de a anticipa, absorbi, a se adapta și recupera rapid în urma acestor evenimente, considerente favorabile sistemului de canalizare sub vid.

11.4. Contribuții personale. Integrarea rezilienței în conceptul de modernizare ecologică

În domeniul infrastructurii de colectare a apei uzate, conceptul de reziliență este suprapus celui de vulnerabilitate a infrastructurii, cu accent pe previzionarea și reducerea riscurilor și gestionarea situațiilor imprevizibile și a perturbațiilor. Această schimbare de abordare către o viziune pro-activă, implică o reducere a gradului de expunere la riscuri a infrastructurii încă din faza de proiect, și o adaptare la presiunile mediului extern.

Conceptul de reziliență poate fi încorporat în conceptul mai larg de modernizare ecologică, care implică o viziune de ansamblu a dezvoltării economice prin încorporarea considerentelor de mediu, prin internalizarea externalităților de mediu încă din procesul de proiectare. Raporturile dintre cele două paradigme pot fi interconectate, sprijinându-se una pe alta (Figura 11-13). În timp ce reziliența accentuează pe preocupări pentru gestionarea dezechilibrelor în confruntarea cu hazardele, spre o mai mare redundanță a sistemelor, resurse suplimentare ca soluții de rezervă în situații de criză, modernizarea ecologică focalizează pe eficientizarea consumului de resurse în vederea maximizării rentabilității, reducerea presiunii asupra componentelor mediului înconjurător și readucerea sistemelor economice și de mediu într-o stare de echilibru.

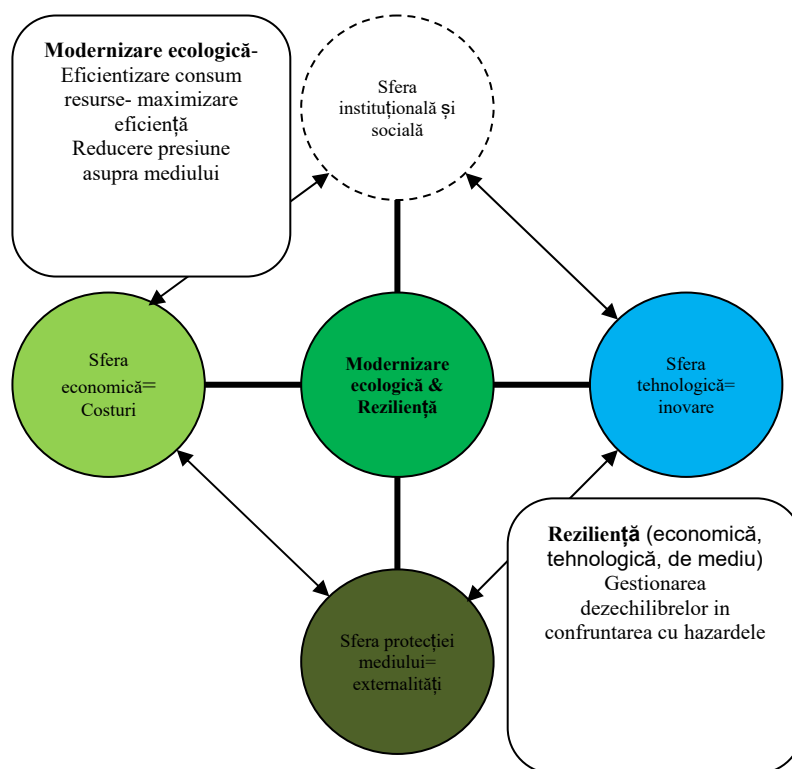


Figura 11-13. Model integrativ de prezentare a conceptului de modernizare ecologică și reziliență

Abordarea propusă în acest demers științific, prin adoptarea conceptului de reziliență a infrastructurii, integrează, alături de cei trei piloni ai conceptului de modernizare ecologică (reforma economică, tehnologică și instituțională), alte două aspecte: capacitatea de

recuperare rapidă în urma unor perturbări și fiabilitatea economică, socială și de mediu a acestora.

Reziliența reprezintă o oportunitate pentru a contracara efectele negative previzionate ale schimbărilor climatice, dar și a altor evenimente extreme (dezastre naturale, cutremure, alunecări de teren) asupra infrastructurii de colectare a apei uzate, prin înțelegerea necesității restructurării politicilor în domeniul apei și a priorităților de planificare.

Procedurile de planificare urbană și dezvoltarea unor noi tehnologii de colectare a apelor uzate, sprijină adaptarea la multiplele categorii de impacturi adverse, nu numai a schimbărilor climatice. Selectarea unor tehnologii și practici de management reziliente, capabile să se adapteze gamei largi de dezastre naturale și antropice, inclusiv deciziile investiționale trebuie să realizeze încât să facă față acestor provocări de a reduce riscurile.

12. Concluzii generale

12.1. Concluzii teoretice referitoare la analiza gradului de modernizare ecologică a infrastructurii de colectare a apei uzate

Studiul a explorat implicațiile de mediu și investiționale ale trecerii către o infrastructură de colectare a apelor uzate eco-eficientă și rezilientă atât din perspectivă economică, a amprentei carbonului prin reducerea emisiilor directe și indirecte de gaze de canalizare (hidrogen sulfurat și gaze cu efect de seră), dar și din punctul de vedere al presiunii unor factori naturali și antropici și a impactului și riscului asociat asupra altor structuri ale infrastructurii generale (infrastructura de transport, infrastructura de alimentare cu apă, infrastructura de locuire etc.).

Teoriei Modernizării Ecologice (*TME*) este privită în cadrul acestui demers științific ca o oportunitate de reducere a impactului economic și de mediu asociat implementării sistemelor de colectare a apei uzate menajere în cadrul unor comunități mici, amplasate în zone de șes. *TME* are avantajul că indică că sustenabilitatea poate fi atinsă prin reconcilierea obiectivelor de mediu și a celor economice prin intermediul industrializării dictate de piață și a furnizării unor soluții tehnice inovative pentru a reduce impactul de mediu al dezvoltării.

Întrucât domeniul ingineriei de mediu privește aspecte strict referitoare la componenta tehnologică și economică a dezvoltării unor produse sau procese și a impactului asociat al acestora asupra mediului, doar anumite teme importante ale teoriei modernizării ecologice au fost identificate ca fiind relevante pentru a fi explorate în cadrul acestui demers științific. În acest sens, studiul a explorat "versiunea tehnocorporatistă" a modernizării ecologice, denumită și inginerescă, care accentuează asupra rolului științei și tehnologiei în furnizarea unor soluții de dezvoltare, reciproc benefice (win-win) mediului și economiei.

Teza a propus o abordare tehnică, inginerescă, a conceptului de modernizare ecologică în domeniul managementului apei uzate menajere, depășind limitele pur teoretice ale acestuia, care, din păcate, a fost utilizat mai mult în sens sociologic pentru a confirma sau infirma capacitatea de depășire a crizei ecologice în domeniul planificării strategice de mediu.

Teza a integrat două linii de analiză. Prima linie de analiză a abordat tehnologiile eco-inovative disponibile versus tehnologii clasice de colectare a apei uzate și concluzionează asupra impactului economic, social și de mediu al acestora, prin prisma conceptului de modernizare ecologică, evidențiind o serie de avantaje competitive ale tehnologiei de colectare a apei uzate sub vid.

Cea de a doua linie de analiză reprezintă o reflecție asupra oportunității introducerii conceptului de reziliență ca instrument de măsurare a gradului de modernizare ecologică.

Chiar dacă conceptul de modernizare ecologică este de actualitate, pentru a căpăta o valoare practică a fost necesară introducerea unor instrumente specifice de măsurare a

gradului de modernizare ecologică încă din procesul de planificare, pentru a putea vorbi de o schimbare de paradigmă în ceea ce privește fundamentarea științifică a declarării modernizării ecologice ca *schimbare în practicile de mediu către așa numita industrializare ecologică* (Spaargaren și Mol, 1992; Cohen, 1997a; Spaargaren, 1997), obiectiv atins în cadrul acestui demers științific. Astfel, *gradul de modernizare ecologică a fost măsurat utilizând ca instrumente de analiză distribuția teritorială a eco-inovației, analiza externalităților de mediu (emisii directe și indirecte în aer din colectarea și transportul apei uzate), analiza cost-beneficiu cu cuantificarea monetară a externalităților de mediu (emisii în apă), precum și analiza rezilienței a principalelor două sisteme alternative de colectare a apei uzate (sistem clasic versus sistem eco-inovativ).*

Teza punctează, prin prisma conceptului de modernizare ecologică, asupra capacității tehnologiilor eco-inovative de a contribui la ecologizarea sistemului de colectare a apei uzate menajere. În acest sens, utilizarea analizei reformei economice și tehnologice în evaluarea a două sisteme alternative de colectare a apei uzate pune în evidență beneficiile economice și de mediu generate de introducerea unor inovații tehnologice radicale (sistem de canalizare sub vid) în proiectarea și operarea infrastructurii de colectare a apei uzate. Astfel, studiul de caz demonstrează că implementarea unor tehnologii avansate (radicale) poate fi privită ca o măsură de depășire a crizei ecologice, concomitent cu investițiile monetare ce conduc la internalizarea costurilor de mediu în costul noului produs. Supertehnologizarea și alocarea de fonduri pentru proiecte eco-inovative pot conduce la reducerea impactului apei uzate asupra mediului. Studiul concluzionează că sistemele eco-inovative de colectare a apei uzate (sistem de colectare a apei uzate în vid), au capacitatea de a depăși criza ecologică și că se încadrează în paradigma generală a conceptului de modernizare ecologică. Studiul nu are ca obiectiv punerea într-o lumină defavorabilă a tehnologiilor alternative de colectare a apei uzate care și-au demonstrat eficiența, dar accentuează, raportat la condițiile de teren, asupra beneficiilor aduse prin implementarea sistemului de colectare a apei în vid.

Reducerea graduală a combustibililor fosili și consecințele legate de schimbările climatice ar trebui să conducă la schimbarea atitudinii față de consumul de energie. În consecință, este necesar a se introduce criteriile de mediu în procesul de luare al deciziei. În prezent, deciziile referitoare la alternativele optime sunt luate în baza unor criterii tehnice, economice sau politice.

Proiectele inovative de infrastructură, care răspund proprietăților rezilienței, au capacitatea de a face față atât provocărilor funcționării constante a sistemelor, dar și schimbărilor climatice și unor evenimentelor extreme (dezastre naturale și antropice).

Considerând potențialele riscuri naturale și antropice la care este supusă infrastructura de apă uzată, studiul a *explorat performanța și gradul de modernizare ecologică a sistemelor de colectare a apei uzate și din perspectiva rezilienței, concluzionând că sistemul de colectare a apei sub vid prezintă un grad mai ridicat de reziliență decât sistemul convențional de colectare a apei uzate.*

Teza propune încorporarea conceptului de reziliență în conceptul de modernizare ecologică. Reziliența, reprezintă o oportunitate pentru lărgirea sensului conceptului de modernizare ecologică și poate reprezenta un pilon suplimentar al acestuia în vederea adaptării la gama vastă de dezastre naturale și antropice ce pot afecta infrastructura.

Rezultatele cercetării servesc ca o bază pentru procesul de luare a deciziei în prioritizarea ariilor de intervenție și a introducerii eco-inovației în domeniul sistemelor de colectare ape uzate. În acest context, achizițiile verzi pot servi ca practici de management pentru furnizorii de servicii în domeniul colectării apei uzate care doresc să asigure servicii competitive prin adoptarea inovației de mediu.

În același timp, utilizând ca instrumente de analiză *măsurători ale emisiilor* de gaze de canalizare și *analiza cost-beneficiu*, teza testează ipoteza conform căreia, tehnologiile eco-inovative au capacitatea de a depăși criza ecologică în care se situează în prezent sistemele de

colectare a apei uzate și impactul social, economic și de mediu al acestora. Prin urmare, teza a studiat modul în *analiza cost-beneficiu* (Rashid și Hayes, 2011) *poate fi utilizată ca instrument de măsurare a gradului de modernizare ecologică* a sistemelor de colectare ape uzate.

Studiul concluzionează că *ingineria poate juca un rol determinant în aplicarea conceptului de modernizarea ecologică*, acest domeniu putând fi considerat *motorul ecologizării sistemelor de colectare a apei uzate*. *Expertiza tehnică* a proiectanților și societăților de furnizare a tehnologiilor de colectare a apei uzate pot contribui la informarea decidenților politici asupra oportunităților de planificare a infrastructurii.

12.3. Contribuții originale în domeniul cercetării modernizării ecologice a sistemului de colectare a apei uzate

Cea mai importantă contribuție este de *natură metodologică*, prin aceea că teza propune *combinarea unei serii de metode și tehnici atrase din diverse discipline pentru a dezvolta un set uniform de instrumente de măsurare a gradului de modernizare ecologică* a managementului apei uzate din perspectiva tehnologiilor de colectare a apei uzate. Metodele propuse se bazează pe un set de tehnici de analiză a atributelor modernizării ecologice ce pot fi replicate și pentru alte studii de caz.

Teza abordează aspecte care nu au fost anterior tratate în literatura de specialitate:

- poziționarea României în ierarhia statelor Europei în ceea ce privește adoptarea eco-inovației în domeniul colectării apei uzate (sistem de colectare a apei uzate în vid);
- abordarea rețelelor de canalizare alternativă prin prisma externalităților negative, și anume hidrogenul sulfurat și gazele cu efect de seră. Propunerea unei metodologii de analiză a emisiilor de gaze de canalizare la nivelul sistemului de canalizare clasic și a celui sub vid și calcularea unor factori de emisie pentru principalele gaze de canalizare;
- analiza cost-beneficiu a unor proiecte alternative de colectare a apelor uzate cu accent pe evaluarea financiară a externalităților generate de funcționarea sistemelor de canalizare clasic și sub vid (exfiltrații de apă uzată în rețea);
- analiza comparativă din punctul de vedere al atributelor rezilienței a două sisteme de colectare a apei uzate menajere (clasic versus eco-inovativ) și propunerea de încorporare a conceptului de reziliență a infrastructurii în paradigma modernizării ecologice.

Direcții viitoare de cercetare

Față de scopul studiului de a analiza două tehnologii diferite de colectare a apei uzate din perspectiva nivelului emisiilor de gaze de canalizare, studiul accentuează pe *necesitatea evaluării gazelor de canalizare în cadrul unei monitorizări continue a emisiilor*.

O alta perspectivă poate fi reprezentată de *evaluarea ciclului de viață* a celor două sisteme alternative de colectare a apei uzate, în vederea furnizării unor informații holistice asupra impactului general al celor două tehnologii de-a lungul întregului ciclu de viață al sistemelor ("from the cradle to the grave").

O altă posibilă linie de analiză, constă în *analiza reformei instituționale*.

Articole publicate în reviste cotate și proceedings-uri indexate ISI

1. **Terryn I.C.C.**, Lazar I., Nedeff V., Lazar G., (2014), Conventional vs. vacuum sewerage system in rural areas - an economic and environmental approach, *Environmental Engineering and Management Journal*, **13**, 1847-1859
2. **Terryn I.C.**, Lazăr G., (2016), Driving forces affecting the adoption of eco-innovation: a survey on vacuum system, *Environmental Engineering and Management Journal*, **15** (3), 589-598
3. **Ciobotici Terryn I.C.**, Cocarcea Rusei A., Stamate M., Lazăr I., (2016), Eco-innovative technologies for mitigating gaseous emissions from wastewater collection systems, *Environmental engineering and management journal*, **15**(3), 613-625

Articole transmise spre publicare în reviste cotate ISI

1. **Ciobotici Terryn I.C.**, Cocarcea Rusei A., Lazăr G., (2016), Mitigation of hazardous air pollutant emissions: vacuum vs. conventional sewer system

Articole publicate în reviste indexate ISI proceedings (Conferință Internațională)

1. Bănică, Al., Breabăn I.G., **Terryn I. C.**, Munteanu A., (2016), Vulnerability and resilience of the urban drinking water system in the City of Bacău, Romania, 3rd International Multidisciplinary Scientific Conference on Social Science & Art – SGEM 2016, 24030 August 2016, Albena, Bulgaria, Conference proceedings, book 1, Psychology & Psychiatry, Sociology & Healthcare, Education, volume II, 1209-1217, ISBN 978-619-7105-71-1, ISSN 2367-5659, DOI 10.5593/sgemsocial2016B1

Capitole de cărți:

1. **Terryn I.C.C.**, (2015), Performanța sistemului de canalizare în vacuum din perspectiva unei infrastructuri reziliente, în Bănică A. și Muntele I, (2015), Reziliență și teritoriu, Operaționalizarea conceptuală și perspective metodologice, Editura Terra Nostra, Iași, 2015, ISBN 978-606-623-056-8, pag. 137-151.

Prezentări în cadrul conferințelor Naționale și Internaționale

1. **Terryn Iulia Carmen**, Lazar Iulia, Nedeff Valentin, Lazar Gabriel, Conventional vs. vacuum sewerage system in rural areas - an economic and environmental approach, The 7th International Conference - Environmental Engineering and Management – Integration Challenges for Sustainability, 18-21 September 2013, Vienna, Austria.
2. **Terryn Iulia Carmen (Ciobotici)**, Cocarcea Rusei Andreea, Stamate Marius, Lazăr Iulia, Eco-innovative technologies for mitigating gaseous emissions from wastewater collection systems, Second International Conference on Natural And Anthropic Risks, 4-7 June 2014, Bacau, Romania
3. Andreea Cocarcea (Rusei), Gabriel Buftia, **Iulia Terryn**, Marius Stamate, *Design of labbiogas installations from recycled materials*, The XIth International Conference OPROTEH, 4-6 June, 2015, Bacau, Romania;
4. **Terryn Iulia Carmen (Ciobotici)**, Cocarcea Rusei A., Lazăr G., Mitigation of hazardous air pollutant emissions: vacuum vs. conventional sewer system, The 8th International Conference - Environmental Engineering and Management, 8-12 September 2015, Iași, România.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

1. Airvac Inc., (2013), Airvac Presentation, on line at: <http://www.airvac.com/>
2. Anderson L.G, Settle R.F., (1977), Benefit- Cost Analysis: A practical guide. D.C Health and Company Lexington, Massachusetts, in Economic Analysis 2. Cost benefit analysis Reader. Erasmus University, 2001.
3. Andersson Chan A., Hanæus J., (2006), Odorous wastewater emissions, *Vatten*, 3, Online at: <http://epubl.ltu.se/1402-1544/2006/20/LTU-DT-0620-SE.pdf> (last accessed 15.05.2014).
4. Beise M., (2001), Lead markets: country-specific success factors of the global diffusion of innovations, Physica Verlag, Heidelberg.
5. Beise M., Rennings K., (2004), Lead markets and regulation: a framework for analyzing the international diffusion of environmental innovations, *Ecological Economics*, 52, 5-17.
6. Bredwell M.D., Srivastava P., Worden R.M., (1999), Reactor design issues for synthesis gas fermentations. *Biotechnology Progress*, (15), 834-844
7. Brunnermeier, S.B., Cohen, M.A., (2003), Determinants of Environmental Innovation in US Manufacturing Industries, *Journal of Environmental Economics and Management*, 45, 278-293.
8. Christoff P., (1996) Ecological modernisation. *Ecological modernities*, *Environmental Politics*, 3, 476-500.
9. Cohen M. J., (1997a), Risk Society and Ecological Modernization: Alternative Visions for Post-Industrial Nations, *Futures*, 29,105-119.
10. Cohen M. J., (1997b), Sustainable Development and Ecological Modernization: National Capacity for Rigorous Environmental Reform, Oxford Centre for the Environment, Ethics and Society, Oxford.
11. Cohen J., (1988), *Statistical power analysis for the behavioral sciences*, Second edition, Lawrence Erlbaum Associates Publishers, Hove and London.
12. Cohen J., (1990), Things I have learned so far. *American Psychological Association*, 45 (12), 1304-1312.
13. Czepiel P.M., Crill P.M., Harriss R.C., (1993), Methane emissions from municipal wastewater treatment processes, *Environmental Science and Technology*, 27(12), 2472-2477.
14. Daelman M.R., van Voorthuizen E.M., van Dongen U.G., Volcke E.I., van Loosdrecht M.C., (2012), Methane emissions during municipal wastewater treatment, *Water research*, 46, 3657-3670.
15. Daelman M. R. J., van Voorthuizen E. M., van Dongen L. G. J. M., Volcke E. I. P., van Loosdrecht M.C.M., (2013), Methane and nitrous oxide emissions from municipal wastewater treatment – results from a long-term study, *Water Science and technology*, 67 (10), 2350-2355.
16. Denman K.L., Brasseur G., Chidthaisong A., Ciais P., Cox P.M., Dickinson R.E., Hauglustaine D., Heinze C., Holland E., Jacob D., Lohmann U., Ramachandran S., da Silva Dias P.L., Wofsy S.C., Zhang X.,(2007), Couplings Between Changes in the Climate System and Biogeochemistry, In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
17. DIN, (1996), DIN EN 1091 - 1996: Vacuum Sewerage outside buildings, Deutsches Institut für Normung, Berlin, Germany.

18. Duncan R. B., (1996), The ambidextrous organization: designing dual structures for innovation, *in* Kilmann R. H., Pondy L. R., Slevin D. P. editors, The management of organization design: Strategies and implementation. North-Holland, New York.
19. Duncan M., Nigel H., (2003), The handbook of water and wastewater microbiology, School of Civil Engineering, University of Leeds, Uk, Academic Press, an Imprint of Elsevier.
20. Ellis J.B., Revitt D.M., Lister P., Willgress C., Buckley A., (2003), Experimental studies of sewer exfiltration, *Water Science & Technology*, **47 (4)**, 61–67.
21. Enflo K., Kander A., Schon L., (2008), Identifying development blocks- a new methodology implemented on Swedish industry 1900-1974, *Journal of Evolutionary economics* 18, 57-76.
22. EU, (2014), The Annual European Union greenhouse gas inventory 1990-2012 and inventory report 1014, On line at: <http://www.eea.europa.eu/publications/european-union-greenhouse-gas-inventory-2014>
23. Ezcurra R., Pascual P. and Rapun, M., (2007), The Dynamics of Regional Disparities in Central and Eastern Europe during Transition. *European Planning Studies*, **15(10)**: 1397-1421.
24. Fan X., (2001), Statistical significance and effect size in education research: Two sides of a coin. *The Journal of Educational Research* (Washington, D.C.), **94(5)**, 275-282.
25. Ferrón-Vílchez V., de la Torre-Ruiz J.M., de Mandojana N.O., (2013), How much would environmental issues cost? The internalisation of environmental costs in the european transport industry, *Environmental Engineering and Management Journal*, available at: http://omicron.ch.tuiasi.ro/EEMJ/pdfs/accepted/126_71_Vilchez_11.pdf.
26. Field A., (2005), *Discovering Statistics using SPSS*, Sage Publications, London.
27. Foley J, Yuan Z., Lant P., (2009), Dissolved methane in rising main sewer systems: field measurements and simple model development for estimating greenhouse gas emissions, *Water Science and Technology*, **60 (11)**, 2963-2971.
28. Foley J., de Haas D., Yuan Z., Lant P., (2010), Nitrous oxide generation in full-scale biological nutrient removal wastewater treatment plants, *Water Research*, **44(3)**, 831-844.
29. Foxon T., Pearson P., (2008), Overcoming barriers to innovation and diffusion of cleaner technologies: some features of a sustainable innovation policy regime, *Journal of Cleaner Production*, **16**, 148-161.
30. Frey B.S., Luechinger S., Stutzer A., (2004), *Valuing Public Goods: The Life Satisfaction Approach*, Institute for Empirical Research in Economics University of Zurich Working Paper Series, 184.
31. Global Water Research Coalition (GWRC), (2011), *Global water research Coalition report, N₂O and CH₄ emission from wastewater collection and treatment systems: State of the art report.*
32. González-Moreno Á., Sáez-Martínez F.J., Díaz-García C., (2013), Drivers of eco-innovation in chemical industry, *Environmental Engineering and Management Journal*, **12**, 2001-2008.
33. Gonzalez-Moreno A., Jose Saez-Martinez F., Diaz-Garcia C., (2014), Attitudes towards eco-innovation in the chemical industry: performance implications, *Environmental Engineering and Management Journal*, **13**, 2431-2436.
34. Gouldson A., Murphy J., (2002), Environmental policy and industrial innovation: integrating environment and economy through ecological modernisation, *Geoforum* **31 (1)**, 33-34.
35. Guisasola A., de Haas D, Keller J., Yuan.Z., (2008), Methane formation in sewer systems, *Water Research*, **42, (6-7)**, 1421-1430.

36. Guisasola A., Sharma K.R., Keller J., Yuan Z., (2009), Development of a model for assessing methane formation in rising main sewers, *Water Research*, **43**, 2784-2884.
37. Guvernul României, (2005), Hotarare nr. 352 din 21 aprilie 2005 privind modificarea și completarea Hotararii Guvernului nr. 188/2002 pentru aprobarea unor norme privind condițiile de descarcare în mediul acvatic a apelor uzate, Standard NTPA 001-2005 și Standard NTPA 002-2005, Publicat în Monitorul Oficial, 391/11.05.2005.
38. Guvernul României, (2010), Hotararea de Guvern 328 din 31 martie 2010 privind reactualizarea cuantumului contribuțiilor specifice de gospodărire a resurselor de apă, a tarifelor și a penalităților cu indicele de inflație, Publicat în Monitorul Oficial nr. 279 din 29 aprilie 2010.
39. Hajer M. A., (1995), *The Politics of Environmental Discourse: Ecological Modernization and the Policy Process*. Ecological Modernization and the Policy Process, Oxford University Press.
40. Hajer M. A., Wagenaar H., (1995), *The Politics of Environmental Discourse, Ecological Modernization and the Policy Process*, Clarendon Press, Oxford.
41. Hajer M. A., (1996), Ecological modernisation as cultural politics, 246-249 in Lash S., Szerszynski B., Wynne B., editors, *Risk, Environment & Modernity, Towards a new ecology*, Sage Publications Ltd., London.
42. Hautsch N., Klotz S., (2003), Estimating the neighborhood influence on decision makers: theory and an application on the analysis of innovation decisions, *Journal of Economic Behavior & Organization*, **52**, 97-113.
43. Holling C. S., (1973), Resilience and Stability of Ecological Systems: Reviewed work, *Annual Review of Ecology and Systematics*, **4**, 1-23. Online at: <http://www.jstor.org/stable/2096802>.
44. Holling C. S., (1976), Engineering resilience versus ecological resilience. Engineering within ecological constraints. The National Academy of Science.
45. Horbach J., (2008), Determinants of environmental innovation— New evidence from German panel data sources, *Research Policy*, **37**, 163-173.
46. Horbach J., Rammer C., Rennings K., (2012). Determinants of eco-innovations by type of environmental impact — The role of regulatory push/pull, technology push and market pull, *Ecological Economics*, **78**, 112-122.
47. Howitt D., Cramer D., (2010), *Introducere în SPSS pentru psihologie. Versiunea 16 și versiunile anterioare*. Editura Colegium. Colectia Collegium. Psihologie.
48. Huber J., (2008a), Pioneer countries and the global diffusion of environmental innovations: Theses from the viewpoint of ecological modernisation theory, *Global Environmental Change*, **18**, 360-367.
49. Huber J., (2008b), Technological environmental innovations (TEIs) in a chain-analytical and life-cycle-analytical perspective, *Journal of Cleaner Production*, **16**, 1980-1986.
50. Hutton G., Haller L., (2004), Evaluation of the Costs and Benefits of Water and Sanitation Improvements at the Global Level Water, Sanitation and Health Protection of the Human Environment, World Health Organization, Geneva.
51. International Panel on Climate Change (IPCC), (2003), Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste Water and Waste Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector. European Commission. Online at http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/cww_bref_0203.pdf
52. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), (2006), IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, edited by Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. IGES, Japan.
53. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), (2007a), Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate

- Change, Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M. and Miller, H.L. (eds), IPCC, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
54. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), (2007b), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Parry M.L., Canziani O.F., Palutikof J.P., van der Linden P.J. and Hanson C.E., Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK.
 55. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), (2013), *IPCC emissions factors database, Greenhouse gas protocol, Calculation Guidance Category 3: Fuel- and Energy-Related Activities*, available at:
<http://www.ghgprotocol.org/feature/scope-3-calculation-guidance>
 56. Ishizaka A., Nemery P., (2013), *Multi-Criteria Decision Analysis, Methods and Software*, John Wiley & Sons, Ltd.
 57. Jänicke M., (2000), *Ecological Modernization: Innovation and Diffusion of Policy and Technology*, FFU-report 00-08, Forschungsstelle für Umweltpolitik, Free University of Berlin.
 58. Jänicke M., Jacob K., (2004), *Lead Markets for Environmental Innovations: A New Role for the Nation State*, *Global Environmental Politics*, **4** (1), 29-46.
 59. Jänicke M., (2006), *Ecological Modernisation: New Perspectives*; in: Jänicke M., Klaus J.(ed.): *Environmental Governance in Global Perspective, New Approaches to Ecological Modernisation*, FFU Report 01-2006, Freie Universität Berlin.
 60. Jänicke M., (2010), *The origins and theoretical foundations of ecological modernisation theory* in Mol A. P. J. and Jänicke M., editors. *The Ecological Modernisation Reader: Environmental reform in Theory and Practice*. Routledge, London.
 61. Johnstone N., (2005), *The innovation effects of environmental policy instruments*, 21-41 in J. Horbach, editor. *Indicator Systems for Sustainable Innovation*, Physica Verlag, Heidelberg, New York.
 62. Karakaya E., Hidalgo A., Nuur C., (2014), *Diffusion of eco-innovations: A review*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **33**, 392-399.
 63. Lahav O., Sagiv A., Friedler E, (2006), *A different approach for predicting H₂S emission rates in gravity sewers*, *Water Research*, **40**, 259-266.
 64. Lane J., Lant P, (2012), *Application of Life cycle assesment to wastewater systems planning*, Urban Water Security Research Alliance, Technical Report no. 97.
 65. Longhi S., Nijkamp P., Traistaru I., (2004), *Economic Integration and Regional Structural Change in a Wider Europe: Evidence from New EU and Accession Countries*, *Journal for Institutional Innovation, Development, and Transition*, **8**, 48-55.
 66. Layard R., Glaister S. (eds), (2012), *Cost-benefit analysis*, Cambridge, UK, Cambridge University Press.
 67. Leichenko R., (2011), *Climate change and urban resilience*, *Current opinion on Environmental Sustainability*, **3**, 164-168.
 68. Liu Y., Sharma K.R., Murthy S., Johnson I., Evans T., Yuan Z., (2014), *On-line monitoring of methane in sewer air*, *Scientific Reports*, **4**, 6637.
 69. Liu Y., Ni B.J., Sharma K.R., Yuan Z., (2015), *Methane emission from sewers*, *Science of the Total Environment*, **524–525**, 40–51.
 70. Mol A., Spaargaren G., (1993), *Environment, modernity and the risk-society: the apocalyptic horizon of environmental reform*, *International Sociology*, **8**, 431-459.
 71. Mol A. P. J., (1995), *The Refinement of Production: Ecological Modernization Theory and the Chemical Industry*, Jan van Arkel/International Books, Utrecht.

72. Mol A. P. J., (1996), Ecological modernisation and institutional reflexivity: Environmental reform in the late modern age, *Environmental Politics* **5**(2), 302-323.
73. Mol A. P. J., Spaargaren G., (2000), Ecological Modernisation theory in debate: A review, *Environmental Politics*, **9**, 17-49.
74. Mol A. and Sonnenfeld D. A., (2000), Ecological modernisation around the world: an introduction, *Environmental Politics*, **9**, 3-17.
75. Monastiriotis V., (2011), *Regional Growth Dynamics in Central and Eastern Europe*, LSE 'Europe in Question' Discussion Paper Series, The London School of Economics and Political Science.
76. Morsdorf G., Frunzke K., Gadkari D., Meyer O., (1992), Microbial growth on carbon monoxide, *Biodegradation*, **3**, 61-82.
77. Murphy J., (2001), *Ecological Modernisation. The environment and the transformation of society*, OCEES, Research Paper, 20.
78. Murphy J., (2000), Editorial: Ecological Modernization. *Geoforum*, **31**, 1-8.
79. Murphy J., Gouldson A., (2000), Environmental policy and industrial innovation: integrating environment and economy through ecological modernization, *Geoforum*, **31**, 33- 44.
80. Panfil C., Mirel I., Szigyarto I., Isacu M., (2013), Technical, economical, social and ecological characteristics of vacuum sewage system, *Environmental Engineering and Management Journal*, "Gheorghe Asachi" Technical University of Iasi, Romania.
81. Rashid Md. M., Hayes D.F., (2011), Needs- based sewerage prioritization: Alternative conventional cost benefit analysis, *Journal of Environmental Management*, **92**, 2427-2440.
82. Resilience Alliance, (2007), *A research prospectus for urban resilience: a Resilience Alliance initiative for transitioning urban systems towards sustainable futures*, 1-24.
83. Roediger, (2013), Vacuum sewer systems. http://www.roevac.com/page/en/page_ID/42?PHPSESSID=bc787a142fc280fd831fb0263db6c084
84. Rogers E. M. (2005), *Diffusion of innovations*, Fifth edition, Free Press, New York.
85. Rogers P., de Silva R., Bhatia R., (2002), Water is an economic good: How to use prices to promote equity, efficiency, and sustainability, *Water Policy*, **4**,1-17.
86. Rosenthal R., (1984), *Meta-Analytic Procedures for Social Research*. Newbury Park: Sage.
87. Rosnow R. L., Rosenthal R., Rubin D. B., (2000), Contrasts and correlations in effect-size estimation, *Psychological Science*, **11**(6): 446-453.
88. Saaty T.L., (1994), How to make a decision: the analytic hierarchy process, *Interfaces*, **24** (6), 19–43.
89. Saaty T.L., (1996a), *The Analytic Network Process: Decision Making with Dependence and Feedback*, RWS Publications.
90. Saaty T.L., (1996b), *Fundamentals of Analytic Network Process*. ISAHP. Kobe. Japan.
91. Saaty T. L., (2004a), Fundamentals of the analytic network process—multiple networks with benefits, costs, opportunities and risks, *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, **13** (3), 348-379.
92. Saaty T. L., (2004b), Fundamentals of the analytic network process—Dependence and feedback in decision-making with a single network, *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, **13** (2), 129-157.
93. Saaty T.L. (2005), *Theory and Applications of the Analytic Network Process*, Pittsburgh, PA: RWS Publications.
94. Saaty T. L., Vargas L. G., (2013b), *Decision Making with the Analytic Network Process: Economic, Political, Social and Technological Applications with Benefits, Opportunities, Costs and Risks*, Springer, New York.

95. Saez C.A., Requena J.C., (2007), Reconciling sustainability and discounting in Cost-Benefit Analysis- A methodological proposal, *Ecological Economics*, **60**, 712-725.
96. Samuelson P.A, Nordhaus W.D., (2001), *Economics*, McGraw Hill series economics/Irwin, New York.
97. Schumpeter J., (1934), *The Theory of Economic Development, An Inquiry Into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle*, Harvard University Press.
98. Sen A.K., (2000), The discipline of cost- benefit analysis, *The journal of Legal studies* **29** (2), 931-952.
99. Spaargaren G., (1997), *The ecological modernization of production and consumption: Essays in environmental sociology*, Wageningen, the Netherlands: Wageningen University.
100. Spaargaren, G., van Vliet B., (2000), Lifestyles, consumption and the environment: The ecological modernisation of domestic consumption, In *Ecological modernisation around the world: Perspectives and critical debates*, eds. A. P. J. Mol and Sonnenfeld D. A., 50–76. Essex: Frank Cass.
101. Super Decisions Software, available at: www.superdecisions.com
102. Terryn I.C.C., Lazar I., Nedeff V., Lazar G., (2014), Conventional vs. vacuum sewerage system in rural areas - an economic and environmental approach, *Environmental Engineering and Management Journal*, **13**, 1847-1859.
103. Terryn I.C.C, (2015), Peformața sistemului de canalizare în vacuum din perspectiva unei infrastructuri reziliente, în Bănică A. și Muntele I. (eds), (2015), *Reziliență și teritoriu, Operaționalizarea conceptuală și perspective metodologice*, Editura Terra Nostra
104. Terryn I.C, Lazăr G., (2016), Driving forces affecting the adoption of eco-innovation: a survey on vacuum system, *Environmental Engineering and Management Journal*, **15** (3), 589-598
105. Thompson B., (1999), Statistical significance tests, effect size reporting, and the vain pursuit of pseudo-objectivity, *Theory & Psychology*, **9**(2), 191-196.
106. Thompson B., (2002), What future quantitative social science research could look like: Confidence intervals for effect sizes, *Educational Researcher*, **31**(3), 25-32.
107. Uniunea Europeană, (2010), *Convenția Primarilor, Cum să pregătești un Plan de Acțiune privind Energia Durabilă (PAED)*, Ghid, Traducere OER prin proiectul european NET-COM, Biroul de Presă al Uniunii Europene, Belgia.
108. US EPA (United States Environmental Protection Agency), (2000), *Exfiltration in Sewer Systems*, National Risk Management Research Laboratory Office of Research and Development, EPA/600/R-01/034, Available at nepis.epa.gov/Exec/ZyPURL.cgi?Dockey=2000E6PB.TXT
109. US EPA (United States Environmental Protection Agency), (2016), *Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks:1990-2014*, available at: <https://www.epa.gov/ghgemissions/inventory-us-greenhouse-gas-emissions-and-sinks-1990-2014>.
110. Zhu Q., Sarkis, J, Lai, K., (2012), Green supply chain management innovation diffusion and its relationship to organisational improvement: An ecological modernisation perspective. *Journal of engineering and technology management*, **29**, 168-185
111. Walker B., Holling C. S., Carpenter S. R., Kinzig A., (2004), Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems, *Ecology and Society*, **9**(2).
112. Walker B., Salt D., (2006), *Resilience Thinking: Sustaining Ecosystems and People in a Changing World*. Washington (DC): Island Press.
113. WCED (World Commission for Environment and Development), (1987), *Our Common Future*, Oxford, Oxford University Press.
114. Weale A., (1992), *The new Politics of Pollution*, Manchester University Press.

115. WFEO (World Federation of Engineering Organisations), (2002), Engineers and Sustainable Development, Report by the Committee on Technology. Available online at <http://www.iies.es/FMOIWFEO/desarrolloSostenible> (accessed 2016)
116. WHO (World Health Organisation), (2009), Cataloguing-in-Publication: Data Summary and policy implications Vision 2030: The resilience of water supply and sanitation in the face of climate change.
117. Williams T. Q., Miller F. C., (1992), Odour Control Using Biofilters, *BioCycle*, 33, 72-77.
118. Wilo, (2013), Sewage lifting unit with solids separation system, available at: <http://www.wilo.com/products-competences/drainage-and-sewage/>
119. Wolfslehner B., Vacik H., Lexer M. J., (2005), Application of the analytic network process in multi-criteria analysis of sustainable forest management, *Forest Ecology and Management* **207** (1), 157-170.
120. Wu J, Wu T., (2013), Ecological resilience as a foundation for urban design and sustainability, In: Pickett S.T.A, Cadenasso M.L, McGrath B.P (eds), *Resilience in urban ecology and design: linking theory and practice for sustainable cities*. Springer, New York, 211–230.
- Standarde, STAS-uri și normative:
121. STAS 1343-1-2006- Alimentari cu apă, Determinarea cantitatilor de apă potabilă pentru localitățile urbane și rurale
122. STAS 3051-91, Sisteme de canalizare, Canale ale rețelelor exterioare de canalizare, Prescripții fundamentale de proiectare.
123. STAS 1846-1:2006., Canalizări exterioare. Prescripții de proiectare. Partea 1: Determinarea debitelor de ape uzate de canalizare.
124. STAS 8591:1997, Rețele edilitare subterane. Condiții de amplasare.
125. SR EN 1091:2002, Rețele de canalizare sub vid în exteriorul clădirilor
126. SR EN 1899-1:2003, Calitatea apei, Determinarea consumului biochimic de oxigen după 5 zile (CBOn), Partea 1: Metoda prin diluare și însămânțare cu aport de alitiouree
127. SR ISO 6060-96, Calitatea apei, Determinarea consumului chimic de oxigen.
128. NP 133 – 2011, Normativ privind proiectarea, execuția și exploatarea sistemelor de alimentare cu apă și canalizare a localităților, *Partea a II-a: Sisteme de canalizare a localităților, Indicativ NP 133/2 – 2011*