

SOCIĀLEKONOMISKĀS IETEKMES NOVĒRTĒJUMS FILTRS L TEHNOLOĢIJAI

ZIŅOJUMS

Autori: AREI, Dr.oec. Alberts Auziņš, Ieva Leimane, PhD Lauma Žihare

Projektu **Filtra L. pielietojuma izvērtējums fosfora atgūšanai no notekūdeņiem**. 1-08/ 92 / 2023 realizē AREI sadarbībā ar KEM Ūdens resursu nodaļu. Projektu finansiāli atbalsta Latvijas vides aizsardzības fonds.



Klimata un enerģētikas
ministrija



Valsts digitālās
attīstības aģentūra

SATURS

| | |
|--|----|
| Lietotie saīsinājumi | 3 |
| Ievads | 4 |
| 1. Novērtējuma metodoloģija un izmantotie dati | 6 |
| 1.1. Informācijas avoti un to lietojums novērtējumā | 6 |
| 1.1.1. Intervijas ar ekspertiem | 6 |
| 1.1.2. Publikācijas un vadlīnijas | 6 |
| 1.1.3. Statistikas dati | 7 |
| 1.2. Metodoloģiskā pieeja sociālekonomiskās ietekmes vērtēšanā | 7 |
| 1.3. Sociālekonomisko ieguvumu un izmaksu novērtēšana | 8 |
| 1.3.1. Sociālekonomisko ieguvumu novērtēšana | 8 |
| 1.3.2. Sociālekonomisko izmaksu novērtēšana | 10 |
| 1.3.3. Sociālekonomisko ieguvumu un izmaksu bilance | 12 |
| 2. Filtrs L tehnoloģijas izmantošanas sociālekonomisko ieguvumu un izmaksu novērtējums | 13 |
| 2.1. Fosfora ieguve, loma tautsaimniecībā un fosfors kā vides piesārņotājs | 13 |
| 2.2. Scenāriji sociālekonomiskās ietekmes novērtēšanai | 15 |
| 2.2.1. Bāzes scenārijs | 15 |
| 2.2.2. P aprites (pārmaiņu) scenārijs | 16 |
| 2.3. Sociālekonomisko ieguvumu un izmaksu novērtējums | 17 |
| Secinājumi un priekšlikumi | 20 |
| Informācijas avoti | 21 |

LIETOTIE SAĪSINĀJUMI

AREI – Agroresursu un ekonomikas institūts
B/C attiecība – ieguvumu un izmaksu attiecība (*benefit/cost ratio*)
CBA – izmaksu un ieguvumu analīze (*cost-benefit analysis*)
C – ogleklis
CE – cilvēku ekvivalents
CO₂ – ogļskābā gāze (oglekļa dioksīds)
CO₂ ekv. – CO₂ ekvivalents
CSP – Centrālā Statistikas pārvalde
DM – sausna (*dry matter*)
EAA – ekvivalentā ikgadējā anuitāte (*equivalent annual annuity*)
ECB – Eiropas Centrālā banka
EIB – Eiropas Investīciju banka
EK – Eiropas Komisija
ENPV – sociālekonomiskā (ekonomiskā) neto tagadnes (pašreizējā) vērtība (*economic net present value*)
ES – Eiropas Savienība
EUR – eiro (*euro*)
IIN – iedzīvotāju ienākuma nodoklis
IPCC – Starptautisko klimata pārmaiņu padome (*Intergovernmental Panel on Climate Change*)
K – kālijs
KN – kombinētā nomenklatūra
LR – Latvijas Republika
MAP – monoamonija fosfāts
MK – Ministru kabinets
N – slāpeklis
NAI – notekūdeņu attīrīšanas iekārtas
P – fosfors
P₂O₅ – fosfora(V) oksīds jeb difosfora pentoksīds
PV – tagadnes (diskontētā) vērtība (*present value*)
SEG – siltumnīcefekta gāzes
TSP – trīskāršais superfosfāts
USD – Amerikas Savienoto Valstu (ASV) dolārs
VSAOI – sociālās apdrošināšanas obligātās iemaksas
...

Fosfors ir nozīmīgs elements gan dabas procesos, gan dažādās saimnieciskās darbības nozarēs, jo īpaši lauksaimniecībā un apstrādes rūpniecībā. Tomēr tā ieguve un rezerves pasaulē ir ierobežotas, un tā pieejamība samazinās, turklāt pakļauta ģeopolitiskās stabilitātes risku ietekmei. Vienlaikus fosfors no intensīvas lietošanas lauksaimniecībā un dažādām rūpnieciskām apstrādes un sadzīves darbībām mājsaimniecībās nonāk notekūdeņos, radot būtisku vides piesārņojuma risku, kas veicina dabisko ūdens ekosistēmu degradāciju, piemēram, izraisa eitrofikāciju. Šāda situācija veidojusies ilgtermiņā visā pasaulē, un šobrīd novērotās sekas (cenu svārstības ierobežotas pieejamības ietekmē, kā arī vides piesārņojums un eitrofikācijas novēršanas izmaksas) jo īpaši aktualizē nepieciešamību meklēt inovācijas fosfora atkārtotai atgriešanai aprītē – izmantošanai lauksaimniecībā, piesaistot to no notekūdeņiem, lai vienlaikus gan samazinātu piesārņojuma risku, gan mazinātu nepieciešamību pēc minerālā fosfora ieguves.

Latvijā neiegūstam minerālo fosforu, un lauksaimniecībai un apstrādes rūpniecībai nepieciešamie fosfora savienojumi 100% apmērā tiek importēti, tādējādi inovatīvi risinājumi fosfora aprītīgai izmantošanai Latvijā iespējams ir pat vēl nozīmīgāki nekā citās valstīs, jo īpaši kur minerālais fosfors tiek iegūts, jo ar šiem risinājumiem papildus citām iespējams pozitīvām iezīmēm vēl pastāv iespēja uzlabot valsts ārējās tirdzniecības bilanci un sekmēt tautsaimniecības (nozaru, kurās fosfors nepieciešams kā materiāls) pašpietiekamību un noturību.

Šis ziņojums ir sagatavots projekta “Filtrs L pielietojuma izvērtējums fosfora atgūšanai no notekūdeņiem aprītes ekonomikas veicināšanai” ietvaros. Tajā atspoguļoti projektā attīstītās inovatīvās tehnoloģijas ieviešanas potenciālās sociālekonomiskās ietekmes novērtējuma rezultāti, apzinot un novērtējot iespējamās ekonomiskās, sabiedrības un vides ieguvumus, kā arī ekonomiskās un vides izmaksas saistībā ar šīs tehnoloģijas ieviešanu, uzturēšanu un darbības rezultātiem.

Inovācijas attīstītāji, pamatojot Filtrs L tehnoloģijā attīstāmās priekšrocības, argumentē, ka tirgū pieejamie risinājumi un alternatīvās tehnoloģijas fosfora attīrīšanai un atgūšanai rūpnieciskā mērogā ir ekonomiski izdevīgas tikai liela mēroga notekūdeņu attīrīšanas iekārtām (Latvijā tādas ir divas), savukārt Filtrs L tehnoloģija tiek izstrādāta, lai tā būtu piemērota, videi draudzīga un ekonomiski izdevīga fosfora atgūšanai no notekūdeņiem mazajām un vidējām notekūdeņu attīrīšanas iekārtām (NAI) ar kopējo jaudu vidēji 20 000 m³ notekūdens dienā un cilvēku ekvivalentu (CE) 10 000–100 000 (Latvijā šādu NAI ir vairāk nekā 1 000). Latvijā katru gadu tiek identificētas vairākas problemātiskas NAI, kas nespēj pietiekami efektīvi nodrošināt ūdens attīrīšanu no fosfora, veicinot piesārņojumu Baltijas jūrā.

Viena lieta ir notekūdeņu attīrīšana no fosfora, tomēr, lai runātu par fosfora aprītīgu izmantošanu, nepieciešams rast jēgpilnu pielietojumu tautsaimniecībā notekūdeņos piesaistītajam fosforam. Šobrīd tipiskā prakse saistībā ar notekūdeņu attīrīšanu paredz notekūdeņu dūņu noglabāšanu pagaidu glabātuvēs, izmantošanu bioreaktoros biogāzes ražošanai vai kompostēšanu, izmantošanai apzaļumošanā. Tomēr normatīvajā regulējumā notekūdeņu dūņas tiek definētas kā atkritumi, līdz ar to tajās esošo barības vielu atgriešana aprītē ir apgrūtināta un ierobežota piesardzības apsvērumu dēļ. Projektā attīstāmo tehnoloģiju paredzēts uzstādīt NAI pēc bioloģiskās attīrīšanas fāzes, tādējādi ar tehnoloģiju notekūdeņos uztvertais fosfors normatīvi netiek uzskatīts par atkritumiem un tā atgriešana aprītē ir potenciāli iespējama. Projektā praksē pārbaudītas iespējas Filtrs L tehnoloģijas piesaistīta fosfora izmantošanai lauksaimniecībā, aizstājot minerālo fosfora mēslojumu. Agronomisko izmēģinājumu rezultāti ir bijuši veiksmīgi, tādējādi radot pamatu sociālekonomiskās ietekmes novērtēšanā iekļaut šādus ieguvumu veidus: 1) Filtra L tehnoloģijas izmantošanas rezultātā piesaistītā fosfora ekonomiskā vērtība (ekonomiskais ieguvums), 2) novērstās siltumnīcefekta gāzu emisijas (SEG) no fosfora mēslojuma ražošanas (vides ieguvums), 3) novērstā fosfora piesārņojuma ietekme uz vidi (vides ieguvums).

No otras puses, kā sociālekonomiskās izmaksas saistībā ar jaunās tehnoloģijas ieviešanu un izmantošanu novērtējumā vērtētas: 1) ieguldījumi NAI moduļa izbūvei (ekonomiskās izmaksas), Filtrs L materiālās izmaksas (ekonomiskās izmaksas), Filtrs L elementu nomaiņas izmaksas (ekonomiskās izmaksas) un SEG emisijas Filtrs L materiāla saražošanai (vides izmaksas).

Sociālekonomiskās ietekmes novērtēšanai izmantota sociālekonomisko ieguvumu un izmaksu analīzes pieeja. Tā ļauj novērtēt divu vai vairāku alternatīvu stiprās un vājās puses, analizē paredzamo ieguvumu un izmaksu bilanci, tostarp izvērtējot gan tirgus, gan ne-tirgus (nemateriālās) vērtības un tiek veikta, lai novērtētu, kā plānotās pārmaiņas ietekmē kopējo sabiedrības labklājību. Sociālekonomiskās izmaksu – ieguvumu analīzes metodoloģisko pamatu veido Eiropas Komisijas (EK) vadlīnijas izmaksu un ieguvumu analīzei, ko veic investīciju projektiem Kohēzijas politikas ietvarā, un kas tiek uzskatīts par autoritatīvu avotu gan pētnieku, gan izmaksu- ieguvumu analīzes praktiķu vidū. Kā papildus metodoloģiskais pamats ir izmantotas EK ekonomiskā novērtējuma vadlīnijas “Economic Appraisal Vademecum 2021-2027”, kuras papildina 2014.g. EK vadlīnijas.

Ievērojot, ka projektā attīstītā inovācija pagaidām ir ar zemu tehnoloģijas gatavības līmeni, potenciālās sociālekonomiskās ietekmes novērtēšanā esam balstījušies uz pieņēmumiem, kas visi atspoguļoti novērtējuma metodoloģijas aprakstā, tomēr rada pētījuma ierobežojumus, kas ir jāņem vērā, iepazīstoties ar novērtējuma rezultātiem, tādējādi izvairoties no pārpratumiem un nepareizas rezultātu interpretācijas. Turpmāk pieminēti galvenie ierobežojumi:

- 1) Konfidencialitātes ierobežojumu dēļ novērtējuma autoriem nebija zināms precīzs Filtra L materiāla fizikālo un ķīmisko īpašību sastāvs, izcelsme un ražošana. Novērtējumā kā aizstājējprodukts (*proxy*) ir izmantots kalcinētais dolomīts, kuram, saskaņā ar tehnoloģijas attīstītāju pausto, ir līdzīgas īpašības. Kalcinētais dolomīts ir izmantots, lai novērtētu ar ietekmi uz vidi saistītās sociālekonomiskās izmaksas. Balstoties uz autoru rīcībā esošo informāciju, kalcinētā dolomīta ražošanas ietekme uz vidi (t.sk. dzīves cikla SEG emisijas) ir līdzīga vai pat augstākas nekā Filtra L materiālam. Tomēr tas ir autoru pieņēmums, kas balstīts uz nepilnīgu informāciju.
- 2) Novērtējumā nav vērtēta potenciālas fosfora izmantošanas efektivitātes atšķirības starp ar Filtru L piesaistīto fosforu un minerālo fosforu. Pieņemts, ka fosfora noteces un izskalošanās no laukiem ir līdzīgas.
- 3) Pētījumos ir atrodami dažādi, vērtības izteiksmē būtiski atšķirīgi novērtējumi par fosfora radītā piesārņojuma sociālekonomiskajām izmaksām, atkarībā no tvēruma, kādu katra pētījuma autori mēģinājuši definēt kā atbilstošu (sākot no izmaksām radītā fosfora piesārņojuma novēršanai, beidzot ar izmaksām, kurās ietverts ne tikai videi nodarītais kaitējuma novērtējums, bet arī ietekme uz sabiedrības veselību. Novērtējumā esam ievērojuši piesardzības principu un izmantojusi fosfora piesārņojuma novēršanas vienības vērtību.
- 4) Filtrs L tehnoloģija vēl nav mērogota, tādējādi pastāv zināma nenoteiktība attiecībā uz tehnoloģijas īpašībām, ražošanas izmaksām un citiem parametriem, kas varētu atklāties un mainīties, palielinoties mērogam.

1. NOVĒRTĒJUMA METODOĻĪJA UN IZMANTOTIE DATI

1.1. INFORMĀCIJAS AVOTI UN TO LIETOJUMS NOVĒRTĒJUMĀ

Novērtējumā izmantoti dažādi informācijas avoti, no kuriem nozīmīgākie ir intervijas ar projektā iesaistītajiem augkopības izmēģinājumu un Filtrs L tehnoloģisko testu veicējiem, recenzētas zinātniskas publikācijas, oficiālie Latvijas Republikas (LR) Centrālās statistikas dati (CSP), Eiropas Komisijas (EK) vadlīnijas izmaksu un ieguvumu analīzei un Klimata pārmaiņu starpvaldību padomes (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC) vadlīnijas siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisiju novērtēšanai.

1.1.1. INTERVIJAS AR EKSPERTIEM

Lai praksē pārlicinātos par Filtrs L tehnoloģijas potenciālu un izdarītu pirmos secinājumus par tehnoloģijas efektivitātes rādītājiem ražošanas apstākļos, projekta ietvaros tika veikti tehnoloģiskie testi divās NAI stacijās: Ādažos un Beverīnā. Lai praksē pārlicinātos par Filtrs L no notekūdeņiem piesaistītā P iespējamu izmantošanu lauksaimniecībā kultūraugu mēslošanā, projekta ietvaros īstenoti agronomiskie izmēģinājumi kontrolētos agroklimatiskajos apstākļos (siltumnīcās) AREI Stendes pētniecības centrā, piemērojot Filtrs L materiālu, kas absorbējis P kā mēslošanas līdzekli kultūraugu audzēšanā.

Ievērojot Filtrs L tehnoloģijas inovatīvo raksturu un projekta partneru vēlmi saglabāt kā konfidenciālu informāciju par tehnoloģijā pielietotajiem materiāliem, to ieguvu, ķīmisko sastāvu un citiem parametriem, Filtrs L tehnoloģijas ieviešanas sociālekonomiskās ietekmes novērtēšanā esam balstījušies uz tehnoloģijas testos un lauksaimniecības izmēģinājumos iesaistīto projekta ekspertu interviju rezultātiem. Strukturētās intervijās ar ekspertiem iegūti šādi dati:

- 1) informācija par Filtrs L tehnoloģijai piemērotu, Latvijā tipisku NAI lielumu – attīrāmo notekūdeņu apjomu diennaktī un gadā;
- 2) informācija par P koncentrāciju NAI notekūdeņos, pirms Filtrs L lietošanas;
- 3) pieņēmums par Filtrs L materiāla pieejamību un ieguves izmaksām;
- 4) pieņēmums par Filtrs L materiāla *references materiālu*, kas ļauj spriest par materiāla iespējamām fizikāli ķīmiskajām īpašībām;
- 5) pieņēmums par Filtrs L potenciālo efektivitāti P koncentrācijas samazināšanai notekūdeņos;
- 6) pieņēmums par Filtrs L fosfora piesaistes kapacitāti un nomaiņas biežumu;
- 7) pieņēmums par Filtrs L tehnoloģijas ekspluatācijas un apkalpošanas izmaksām;
- 8) pieņēmums par investīciju pozīcijām un izmaksām saistībā ar Filtrs L tehnoloģijas uzstādīšanu NAI;
- 9) informācija par agronomisko izmēģinājumu rezultātiem un to iespējamo interpretāciju.

1.1.2. PUBLIKĀCIJAS UN VADLĪNIJAS

Pētījumu rezultāti, publikācijas un vadlīnijas sniedz svarīgu zinātnisku pamatu, novērtējumā tās izmantotas galvenokārt metodoloģijas izstrādes gaitā, risināmās problēmas un tās mēroga noskaidrošanā, kā arī bāzes un pārmaiņu scenāriju definēšanā. Sociālekonomiskās izmaksu – ieguvumu analīzes metodoloģisko pamatu veido Eiropas Komisijas vadlīnijas izmaksu un ieguvumu analīzei¹, ko veic investīciju projektiem Kohēzijas politikas ietvarā, kas tiek uzskatīts par autoritatīvu avotu gan pētnieku, gan izmaksu- ieguvumu analīzes praktiķu vidū. Papildus jāatzīmē, ka kā papildu metodoloģiskais avots ir izmantotas EK ekonomiskā

¹ Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects. Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020 https://ec.europa.eu/regional_policy/en/information/publications/guides/2014/guide-to-cost-benefit-analysis-of-investment-projects-for-cohesion-policy-2014-2020

novērtējuma vadlīnijas "Economic Appraisal Vademecum 2021-2027"², kuras papildina 2014.g. EK vadlīnijas¹. Klimata pārmaiņu starpvaldību padomes (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC) vadlīnijas³ izmantota SEG emisiju novērtēšanai gan sociālekonomisko ieguvumu, gan izmaksu sadaļās.

1.1.3. STATISTIKAS DATI

Sociālekonomisko ieguvumu aprēķināšanā, kā arī aprakstot bāzes un pārmaiņu scenārijus, izmantoti LR Centrālās statistikas ārējās tirdzniecības dati par P saturošo minerālmēsļu importu un fosfora (P) izmantošanas bilanci lauksaimniecībā (2019.-2023.g.)

1.2. METODOLOĢISKĀ PIEEJA SOCIĀLEKONOMISKĀS IETEKMES VĒRTĒŠANĀ

Ar sociālekonomisko ietekmi novērtējumā tiek saprastas sekas, kuras skar sabiedrību un tautsaimniecību (ekonomiku) un kuras izraisa kāds notikums – šajā gadījumā Filtrs L tehnoloģijas lietošana notekūdeņu attīrīšanai no P piesārņojuma un piesaistītā P apritīga izmantošana. Tehnoloģijas ieviešanas sociālekonomiskās ietekmes novērtējums ir veikts kā sociālekonomisko ieguvumu un izmaksu analīze, balstoties uz Eiropas Komisijas (EK) izmaksu un ieguvumu analīzes (*cost-benefit analysis*, CBA) vadlīnijām^{1,2}.

Izmaksu un ieguvumu analīzes ietvaros tiek vērtētas divas alternatīvas (skat. zemāk), analizējot paredzamo ieguvumu un izmaksu bilanci, t.sk. izvērtējot gan tirgus, gan ne-tirgus (nemateriālās) vērtības. Sociālekonomiskie ieguvumi un izmaksas novērtētas naudas izteiksmē, izmantojot šādus CBA pamatprincipus:

1. Alternatīvās izmaksas – ieguvumi un izmaksas, t.sk. ar vidi saistītās, no tehnoloģijas ir novērtētas kā sociālekonomiskās alternatīvās izmaksas (skat. zemāk par salīdzinošo pieeju). Gadījumos, kad pastāv būtiski tirgus traucējumi (*market distortions*), ir izmantotas t.s. ēnu cenas (*shadow prices*), lai atspoguļotu preču un pakalpojumu sociālās alternatīvās izmaksas (*social opportunity cost*). Ja attiecīgajām precēm/pakalpojumiem nepastāv funkcionējošs cenu veidošanās mehānisms, ir lietoti netiešie dati jeb aizstājējvērtības (*proxies*). Ja tālāk novērtējumā nav norādīts pretēji, tad tirgus cenām ir lietots standarta konversijas faktors 1.
2. Ilgtermiņa perspektīva – novērtējumā ir lietota ilgtermiņa perspektīva (laika horizonts), ieguvumus un izmaksas identificējot un novērtējot visam NAI moduļa, kurā tiks ievietots Filtra L elements, dzīves ciklam (kalpošanas laikam) – 25 gadi (skat. 1.3.2.nodaļu). Šāda pieeja atbilst jaunāko EK vadlīniju² rekomendācijām, ka novērtējuma pārskata periodam (*reference period*) jābūt vienādam ar ieguldījumu ekonomisko dzīves ciklu (lietderīgo kalpošanas laiku).
3. Mikroekonomiska pieeja – tehnoloģijas sociālekonomiskās ietekmes novērtējums veikts, ņemot vērā tiešās sekas (piemēram, tiešā ietekme uz vidi, tiešās tehnoloģijas lietošanas izmaksas). Netiešā un plašāka ietekme ir izslēgta no veiktās izmaksu un ieguvumu analīzes darbības tvēruma, jo šādas plašākas ietekmes izvērtēšana parasti netiek veikta CBA ietvaros dubultās ieskaitīšanas (*double-counting*) riska un atbilstošu metožu trūkuma dēļ⁴.
4. Salīdzinošā pieeja (*incremental approach*) – izmaksas un ieguvumi ir identificēti un novērtēti, savstarpēji salīdzinot divus scenārijus – bāzes scenāriju (skat 2.2.1.nodaļu) un P aprites scenāriju jeb pārmaiņu scenāriju (skat. 2.2.2.nodaļu).

² https://ec.europa.eu/regional_policy/en/newsroom/news/2021/09/20-09-2021-project-selection-the-economic-appraisal-vademecum

³ 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

⁴ šādas plašākas ietekmes izvērtēšanu CBA ietvaros neparedz EK vadlīnijas

5. Ieguvumu un izmaksu diskontēšana – lai būtu iespējams veikt ieguvumu un izmaksu, kas rodas dažādos laika periodos, salīdzināšanu, ir veikta to diskontēšana, iegūstot ieguvumu un izmaksu tagadnes vērtības (*present value*, PV). Atbilstoši EK vadlīnijām un Latvijas praksei⁵ sociālekonomiskās analīzes vajadzībām lietota reālā sociālā diskonta likme 5% gadā.
6. Salīdzināmo (reālo) cenu (*constant (real) prices*) lietošana – saskaņā ar tipisko CBA praksi novērtējumā ieguvumu un izmaksu novērtēšanai ir izmantota reālo cenu pieeja, t.i., cenas šodienas pirktspējā (bez nākotnes inflācijas korekcijas). Šāda pieeja novērš nepieciešamību prognozēt nākotnes nominālās (faktiskās) cenas, ko ilgtermiņā periodā, ir praktiski neiespējami veikt. Novērtējumā kā reālās cenas izmantotas 2024.g. sākuma cenas (ja tālāk novērtējumā nav norādīts citādi).
7. Fiskālā korekcija (*fiscal correction*) – atbilstoši EK vadlīnijām ir piemērotas fiskālās korekcijas attiecībā uz ieguvumiem un izmaksām, kā arī aizstājējvērtībām: ieguvumi un izmaksas ir novērtētas, neiekļaujot pievienotās vērtības nodokli, muitas nodokli utt. Attiecībā uz personāla izmaksām vai izmaksām, kas ietver personāla izmaksas (piem., pakalpojumu izmaksām) nav veikta ar algu nodokļiem (sociālās apdrošināšanas obligātās iemaksas (VSAOI), iedzīvotāju ienākuma nodoklis (IIN)) saistīta fiskālā korekcija. Saskaņā ar EK vadlīnijām, VSAOI tiek uzskatītas nevis par nodokli, bet par atlikto atalgojumu (*delayed salary*). Savukārt IIN nav izslēgts no atalgojuma sociālekonomiskajām izmaksām tā vietējās (Latvijas) specifikas dēļ – Latvijā ir komplicēta IIN aprēķināšanas kārtība (IIN lielums ir būtiski atkarīgs no nodarbinātā individuālā diferencētā neapliekamā minimuma, citiem ienākumiem (ietekmē IIN likmi), attaisnotajiem izdevumiem u.c. faktoriem).

Sociālekonomisko ieguvumu un izmaksu bilances novērtēšanai ir lietoti divi rādītāji – sociālekonomiskā (ekonomiskā) neto tagadnes (pašreizējā) vērtība (*economic net present value*, ENPV) un ieguvumu un izmaksu attiecība (*benefit/cost ratio*, B/C attiecība). ENPV ir aprēķināta, diskontējot ieguvumu un izmaksu starpības (tīro ieguvumus) visam laika periodam. B/C attiecība ir aprēķināta kā kopējo diskontēto ieguvumu un kopējo diskontēto izmaksu attiecība.

Kā papildu informatīvs rādītājs, kas papildina tagadnes vērtību (PV), novērtējumā ir lietota arī ekvivalentā ikgadējā anuitāte (*equivalent annual annuity*, EAA). EAA ir aprēķināta ieguvumiem un izmaksām, lietojot standarta terminētas finanšu rentes formulu.

Tehnoloģijas sociālekonomiskās ietekmes novērtēšanas vajadzībām pieņemts šāds tipiskais NAI lielums – attīrāmo notekūdeņu apjoms 1 200 m³/diennaktī jeb 438 000 m³/gadā. P koncentrācija (saturs) izejošajos notekūdeņos (pirms Filtra L lietošanas) pieņemts 10 mg/l (g/m³). Šādi bāzes pieņēmumi piemēroti abiem scenārijiem.

1.3. SOCIĀLEKONOMISKO IEGUVUMU UN IZMAKSU NOVĒRTĒŠANA

1.3.1. SOCIĀLEKONOMISKO IEGUVUMU NOVĒRTĒŠANA

Sociālekonomiskos ieguvumus veido šādi ekonomiskie un vides ieguvumi:

- piesaistītā P ekonomiskā vērtība (ekonomiskais ieguvums);
- novērstās SEG emisijas no P mēslojuma ražošanas (vides ieguvums);
- novērstā P piesārņojuma negatīvā ietekme uz vidi (vides ieguvums).

Piesaistītā P ekonomiskā vērtība aprēķināta, reizinot piesaistīto P apjomu ar P, kā mēslojuma, vērtību (tirgus cenu). Piesaistītā P apjoms ir novērtēts, balsoties uz bāzes pieņēmumiem par attīrāmo notekūdeņu apjomu

⁵ FM. Makroekonomisko pieņēmumu un prognožu skaitliskās vērtības. 01.07.2024.
<https://www.fm.gov.lv/lv/makroekonomiskie-pienemumi-un-prognozes>

un P koncentrāciju notekūdeņos pirms attīrīšanas ar Filtru L (skat. 1.2.nodaļu) un pieņemot, ka Filtra L efektivitāte būs vidēji 95%. Tādējādi aplēstais piesaistītā P apjoms ir 4.16 t/gadā.

Novērtējumā pieņemts, ka ar tehnoloģiju piesaistīto P tirgus vērtē līdzīgi kā P no minerālmēsliem. Tādējādi nav piemērots diskonts vai prēmija attiecībā pret P vērtību, kas iegūta no minerālmēsliu tirgus vērtības. Tā kā Latvija 100% importē P saturošu minerālmēslus⁶, tad P tirgus vērtība ir novērtēta balstoties uz vidējām minerālmēsliu importa cenām. Saskaņā ar CSP apkopotajiem ārējās tirdzniecības datiem Latvijā tikai P saturoši minerālmēsli (superfosfāti u.tml.) tiek importēti ļoti mazos apjomos un pārsvarā lauksaimniecības vajadzībām tiek importēti kombinētie minerālmēsli – gan slāpekli (N) un P saturoši (NP), gan N, P un kāliju (K) saturoši (NPK)⁷. Novērtējuma vajadzībām P ekonomiskās (tirgus) vērtības noteikšanai par references produktu ir lietots monoamonija fosfāts (MAP)⁸, kas satur 12% N un 52% difosfora pentoksīda (P₂O₅). Pieņemts, ka kombinētās nomenklatūras (KN) grupu 31054000 (cits amonija dihidrogēnortofosfāts (monoamonija fosfāts) un tā maisījumi ar diamonija hidrogēnortofosfātu, diamonija fosfātu) pamatā veido MAP imports. Vidējā svērtā importa cena šai preču grupai periodā no 2024.g. jūlija līdz 2023.g. augustam⁹ ir reģistrēta 299 EUR/t.

Tā kā MAP satur gan P, gan N, papildus ir lietots amonija nitrāts kā references produkts N vērtības noteikšanai. Amonija nitrāts ir viens no galvenajiem N mēslojuma veidiem, ko lieto Latvijā un kurš tiek 100% importēts⁷. N saturs amonija nitrātā pieņemts 34%. Amonija nitrāta tirgus vērtības noteikšanai ir izmantota KN grupas 31023090 (cits amonija nitrāts) vidējā svērtā importa cena periodā no 2024.g. jūlija līdz 2023.g. augustam⁹ – 529 EUR/t. Balstoties uz minētajiem pieņēmumiem, aplēstā N tirgus vērtība ir 879 EUR/t un P₂O₅ – 814 EUR/t. Pārejai no P₂O₅ uz P ir lietots koeficients 2.291, tādējādi P tirgus vērtība novērtēta 1 866 EUR/t. Papildus jāatzīmē, ka Latvijā salīdzinoši nelielos apjomos tiek importēti arī tikai P saturoši minerālmēsli, piem., KN grupa 31031100 (citi superfosfāti ar difosfora pentoksīda (P₂O₅) saturu vairāk nekā 35 % no masas). Šī preču grupa satur gan dubulto superfosfātu, gan TSP, un tajā P₂O₅ saturs var variēt no 35% līdz 45%. Ja P tirgus vērtība tiktu aplēsta saskaņā arī šīs preču grupas vidējo svērto importa cenu, tā būtu robežās 2 225-2 900 EUR/t, kas attiecīgi būtu augstāka par aplēsi, balstoties uz MAP. Tādējādi aplēstā P tirgus vērtība 1 866 EUR/t uzskatāma par piesardzīgu aplēsi.

Novērstās SEG emisijas no P mēslojuma ražošanas veido SEG emisiju samazinājums, kas rodas no tā, ka tehnoloģijas piesaistītais P aizstāj P minerālmēslus. Lietojot lauksaimniecībā no notekūdeņiem piesaistīto P, ir nepieciešams mazāks minerālā P apjoms. Tādējādi ir nepieciešams ražot mazāk TSP, kas ir pamata izejviela, P un kombinēto minerālmēsliu ražošanai, mazāk iegūt fosfātu iežus utt., kas attiecīgi nozīmē mazākas SEG (pamatā CO₂) emisijas. Dažādu autoru aplēses par SEG emisijām minerālā P iegūšanai un saražošanai atšķiras. Novērtējuma vajadzībām emisiju faktors TSP (un attiecīgi minerālajam P) pieņemts 3.2 kg CO₂ ekv./kg P. Šis pieņēmums balstās uz K.Linderholma (*Linderholm*), A.M.Tillmanas (*Tillman*) un J.E.Matsona (*Mattsson*) veikto pētījumu¹⁰, kura ietvaros izvērtēti dažādu citu autoru veiktie dzīves cikla novērtējumi P.

SEG piesārņojuma vienības vērtība ir novērtēta balstoties uz jaunākajās EK vadlīnijās rekomendēto oglekļa sociālekonomisko vērtību jeb ēnu cenu 2024.g.² – 148 EUR/t CO₂ ekv. Tādējādi ieguvumi no novērtajām SEG emisijām ir aprēķināti kā novērsto SEG emisiju apjoma un piesārņojuma vienības vērtības reizinājums. Jāatzīmē, ka iepriekšējās EK vadlīnijās bija rekomendētas būtiski zemākas CO₂ vienības vērtības, piem., 2024.g. – 39 EUR/ t CO₂ ekv. (saskaņā centrālo novērtējumu (*central estimate*))¹. Taču tās bija noteiktas periodā, kad vēl nebija noslēgts Parīzes nolīgums, ar kuru tika atzīts, ka SEG emisijas rada nopietnus un neatliekamus klimata pārmaiņu draudus un kura ietvaros pasaules valstis vienojās par virzību uz klimata neitralitāti, un pirms ES bija noteikusi stratēģiskos klimata mērķus, t.sk. klimata neitralitātes sasniegšanu līdz

⁶ Latvijā nav vietējā P minerālo resursu, un vietējā minerālmēsliu ražošana ietver tikai importētu minerālmēsliu jaukšanu (*blending*).

⁷ Oficiālais statistikas datu portāls. Preču ārējā tirdzniecība (imports, eksports). CSP

⁸ nereti tiek saukts "Amofoss"

⁹ jaunākais 12 mēnešu periods, kam novērtējuma veikšanas brīdī bija pieejami importa dati

¹⁰ Linderholm, K., Tillman, A. M., & Mattsson, J. E. Life cycle assessment of phosphorus alternatives for Swedish agriculture. Resources, Conservation and Recycling, 2012, doi: 10.1016/j.resconrec.2012.04.006

2050.g. Tādēļ novērtējumā par atbilstošākām atzītas jaunākajās EK vadlīnijās² rekomendētās SEG piesārņojuma vienības vērtības.

Novērstā P piesārņojuma negatīvo ietekme uz vidi veido novērtais kaitējums videi (primāti bioloģiskajai daudzveidībai un ekosistēmām), ko rada ar notekūdeņiem dabā (ūdeņos) nonākušais P. Šis vides ieguvums aprēķināts, reizinot piesaistīto P apjomu ar P piesārņojuma vienības vērtību. Pastāv ļoti atšķirīgi P piesārņojuma radītā kaitējuma novērtējumi naudas izteiksmē. Piemēram, 24.04.2007. Ministru kabineta (MK) noteikumos Nr.281 ir noteikta P piesārņojuma vienības vērtībā, ja tiek piesārņots ūdens¹¹ – 426.86 EUR/t. Lai arī EK vadlīnijas pieļauj nodokļus par piesārņojošu darbību, normatīvi noteiktas kompensācijas par piesārņošanu utt. izmantot par netiešu avotu, lai novērtētu sociālekonomiskos ieguvumus no piesārņojuma novēšanas vai mazināšanas, primāri tiek rekomendēts izmantot atbilstošākus piesārņojuma radīto sociālekonomisko izmaksu novērtējumus. Jāatzīmē, ka šī normatīvajā regulējumā noteiktā piesārņojuma vienības vērtība nav koriģēta kopš šo MK noteikumu pieņemšanas 2007.g., lai arī 17 gadu laikā ir būtiski mainījušies cenu līmeņi un notikušas citas pārmaiņas tautsaimniecībā.

Zinātniskajās publikācijās tiek ziņots par augtākām P piesārņojuma radītajām sociālekonomiskajām izmaksām. Piemēram, V.Dž.Braunlija (*Brownlie*), M.A.Sutona (*Sutton*), K.V.Hīla (*Heal*) *et al* pētījumā¹² ir ziņots par P piesārņojuma vienības vērtību 43 USD/kg jeb 43 000 USD/t. Piemērojot vidējo aritmētisko 2022.g. Eiropas Centrālās bankas (ECB) EUR/EUR atsaucis kursu (*foreign exchange reference rate*)¹³, P piesārņojuma vienības vērtība attiecīgi ir aplēsta 40 830 EUR/t. Jāatzīmē, ka citā pētījumā¹⁴ P piesārņojuma sociālekonomiskās izmaksas (ēnu cena) novērtētas vēl augstāk – 82.5EUR/kg jeb 82 500 EUR/t. Taču šajā pētījuma P piesārņojuma sociālekonomiskās izmaksās iekļauta ne tikai ietekme uz vidi, bet arī ietekme uz sabiedrības veselību, zaudētajām cilvēku dzīvībām u.c. Tādēļ novērtējuma vajadzībām P piesārņojuma vienības vērtība pieņemta 40 830 EUR/t.

Agromisko izmēģinājumi rezultāti AREI Stendes pētniecības centrā norāda, ka Filtra L materiālam varētu būt augsnes pH līmeni palielinošs (augšnes skābumu mazinošs) efekts. Tādējādi šī materiāla lietošana radītu papildu ekonomisko ieguvumu – uzturošās kalpošanas līdzekļu patēriņa samazināšana (aizstāšana). Tomēr, ņemot vērā nepietiekošo informāciju un lai nodrošinātu piesardzīgas ieguvumu aplēses, šis potenciālais ieguvums nav iekļauts tehnoloģijas radīto ieguvumu novērtējumā.

1.3.2. SOCIĀLEKONOMISKO IZMAKSU NOVĒRTĒŠANA

Sociālekonomiskās izmaksas veido šādas pozīcijas:

- Ieguldījumi NAI moduļa izbūvei;
- Filtrs L materiālās izmaksas;
- Filtrs L elementu nomaiņas izmaksas;
- SEG emisijas Filtrs L materiāla saražošanai.

Ieguldījumus NAI moduļa izbūvei viedo būvniecības izmaksas, kas nepieciešamas, lai NAI izbūvētu papildu moduli, kurā ievietot un vēlāk mainīt Filtra L elementus, kas veiks izejošo notekūdeņu attīrīšanu no P un P piesaisti. Balstoties uz intervijām ar ekspertiem, šīs izmaksas pieņemtas 8 500 EUR apmērā. Vienlaikus pieņemts, ka šāda moduļa dzīves cikls jeb lietderīgais kalpošanas laiks būs 25 gadi.

¹¹ 24.04.2007. MK noteikumu Nr.281 1.pielikuma 1.tabula – ūdeņu piesārņošana

¹² Brownlie, W. J., Sutton, M. A., Heal, K. V., Reay, D. S., Spears, B. Our phosphorus future: towards global phosphorus sustainability, 2022, doi: 10.13140/RG.2.2.17834.08645

¹³ ECB. Euro foreign exchange reference rates. Piemērots 2022.g. vidējais aritmētiskais kurss (1.0531)

¹⁴ Četković, J.; Knežević, M.; Lakić, S.; Žarković, M.; Vujadinović, R.; Živković, A.; Cvijović, J. Financial and Economic Investment Evaluation of Wastewater Treatment Plant. Water 2022, doi: 10.3390/w14010122

Filtra L materiālās izmaksas viedo materiālās izmaksas, kas saistītas ar šī materiāla izgatavošanu (izejvielu izmaksas, apstrādes izmaksas utt.). Tā kā vēl nav notikusi Filtra L ražošanas mērogošana (*upscaling*), tad šobrīd var tikai tuvināti novērtēt šīs izmaksas. Balstoties uz intervijām ar ekspertiem, šīs izmaksas ir piesardzīgi aplēstas 1 100 EUR/t (pie sausnas satura (DM) 99%). Mērogojot Filtra L ražošanu, materiālās izmaksas varētu būt arī zemākas par šo aplēsi.

Balstoties uz ekspertu intervijām, Filtra L elementa lielums, kas tiks ievietots NAI modulī, pieņemts 2.91 t. Attiecībā uz maksimālo P piesaistes līmeni pieņemts, ka Filtra L elements varēs piesaistīt P līdz līmenim 120 g P/kg DM Filtra L. Tādējādi, veicot tehniskus aprēķinus, aplēsts, ka Filtra L elements tiks vidēji nomainīts 12 reizes gadā un gadā būs nepieciešamas 34.92 t Filtra L materiāla.

Filtra L elementu nomaiņas izmaksas veido personāla un mehānismu izmaksas, kas saistītas elementu nomaiņu NAI modulī. Šīs izmaksas pieņemtas 200 EUR par nomaiņas reizi un attiecīgi 2 400 EUR/gadā.

SEG emisijas Filtra L materiāla saražošanai veido SEG emisijas, kas saistītas ar Filtra L ražošanai nepieciešamo minerālo resursu ieguvu un apstrādi (gan tehnoloģiskās emisijas no minerālo resursu apstrādes, gan emisijas no patērētā kurināmā). Konfidencialitātes ierobežojumu dēļ attiecībā uz Filtra L materiāla izcelsmi, ķīmisko sastāvu un ražošanu, SEG emisiju aplēšu vajadzībām ir lietots aizstājējprodukts (*proxy*) – kalcinētais dolomīts. Šīs SEG emisijas veido 3 komponentes:

- SEG emisijas no nepieciešamo minerālo resursu ieguves;
- tiešās SEG emisijas no materiāla apstrādes/pārstrādes;
- SEG emisijas no kurināmā patēriņa materiāla apstrādē/pārstrādē.

SEG emisijas no nepieciešamo minerālo resursu ieguves novērtētas, balstoties uz T.O.Vesta (*West*) un G.A.Marlanda (*Marland*) pētījumu¹⁵. Saskaņā ar šo pētījumu iežu (minerālo resursu) ieguves SEG emisijas ir 35.73 kg C/t, kas attiecīgi ir 131 kg CO₂/t (piemērojot koeficientu 3.67). Pārreķinot uz kalcinēto dolomītu (galaproduktu), šīs emisijas aplēstas 251 kg CO₂/t jeb 0.251 t CO₂/t. Tiešās SEG emisijas no apstrādes/pārstrādes (kalcinēšanas) veido CO₂, kas izdalās no karbonātu karsēšanas. Šīs emisijas saskaņā ar IPCC vadlīnijām³ pieņemtas 0.47732 t CO₂/t dolomīta, kuras, pārreķinot uz kalcinēto dolomītu, aplēstas 0.915 t CO₂/t. SEG emisijas no kurināmā patēriņa materiāla apstrādē/pārstrādē aplēstas, balstoties uz R.V.Filkoska (*Filkoski*), I.J.Petrovska (*Petrovski*) un Z.Gjurčinovksa (*Gjurčinovski*) pētījumu par dolomīta kalcinēšanu¹⁶. Saskaņā ar šo pētījumu vidējais energoresursu (šķidrie naftas produkti) patēriņš ir 4 700.2 MJ uz 1 t kalcinētā dolomīta jeb 1.3056 MWh/t galaprodukta. Piemērojot 23.01.2018. MK noteikumos Nr.42 noteikto CO₂ emisijas faktoru dīzeļdegvielai (0.276 t CO₂/MWh), SEG emisijas aplēstas 0.349 t CO₂/t kalcinētā dolomīta (galaprodukta).

Tādējādi kopējās SEG emisijas saistībā ar Filtra L saražošanu (izejmateriālu ieguve, apstrāde utt.) aplēstas 1.515 t CO₂/t materiāla. Sociālekonomisko izmaksu aprēķināšanai lietota tā pati SEG piesārņojuma vienības vērtība, kas vides ieguvumiem no SEG emisiju novēršanas – 148 EUR/t CO₂ ekv. (skat. 1.3.1.nodaļu).

Jāatzīmē, ka novērtējuma ietvaros pieņemts, ka sociālekonomiskās izmaksas saistībā ar piesaistīto P saturošā Filtra L materiāla transportēšanu no NAI (pēc Filtra L elementa nomaiņas) līdz lietošanas vietām būs līdzīgas kā minerālajam mēslojumam. Tāpat pieņemts, ka līdzīgas būs mēslojuma iestrādes izmaksas abu scenāriju gadījumā. Tomēr jāatzīst, ka pastāv zināma iespēja, ka P aprites scenārijā iespējamas papildu sociālekonomiskās izmaksas saistībā ar transportēšanu un iestrādi.

¹⁵ West, T. O., Marland, G.A. synthesis of carbon sequestration, carbon emissions, and net carbon flux in agriculture: comparing tillage practices in the United States. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2002, 91.1-3: 217-232.

¹⁶ Filkoski, R. V., Petrovski, I. J., Gjurchinovski, Z. Energy optimisation of vertical shaft kiln operation in the process of dolomite calcination. *Thermal Science*, 2018, 22.5: 2123-2135.

1.3.3. SOCIĀLEKONOMISKO IEGUVUMU UN IZMAKSU BILANCE

Sociālekonomisko ieguvumu un izmaksu bilances (starpības) novērtēšanas shēma Filtrs L tehnoloģijas ieviešanai NAI ir atspoguļota 1.1 attēlā.



1.1. attēls. Sociālekonomisko ieguvumu un izmaksu bilances novērtēšanas shēma Filtrs L tehnoloģijas ieviešanai NAI

2. FILTRS L TEHNOLOĢIJAS IZMANTOŠANAS SOCIĀLEKONOMISKO IEGUVUMU UN IZMAKSU NOVĒRTĒJUMS

2.1. FOSFORA IEGUVE, LOMA TAUTSAIMNIECĪBĀ UN FOSFORS KĀ VIDES PIESĀRŅOTĀJS

Fosfors ir būtisks neatjaunojams resurss, kas nevar tikt aizstāts ne ar vienu citu ķīmisko elementu¹⁷ un tiek plaši izmantots dažādās ekonomikas nozarēs, īpaši lauksaimniecībā un apstrādes rūpniecībā. Lai gan pieprasījums pēc minerālā fosfora ikgadus pieaug, tā resursi izsīkst. Saskaņā ar ASV ģeoloģijas dienesta (United States Geological Survey, ESGS) aplēsēm, pasaules fosfātu rezerves 2020.gadā novērtētas 71 miljrd. tonnu apmērā, savukārt fosfātu ikgadēja ieguve novērtēta ap 220 milj.tonnu apmērā¹⁸. Lai gan fosfāti tiek iegūti vairāk nekā 40 valstīs pasaulē, vadošās šajā jomā ir Ķīna, Maroka, ASV un Krievija, veidojot ap 79% no kopējās pasaules ražošanas¹⁸. Ievērojot, ka ES, tostarp Latvija, lielā mērā līdz šim paļāvusies uz fosfātu importu no Krievijas, ģeopolitiskā situācija ir papildus faktors, kas būtiski ietekmējusi minerālā P pieejamību un cenu. Tāpat fosfātu ieguve saistīta ar negatīvu ietekmi uz vidi, tostarp biotopu iznīcināšanu, ūdens piesārņojumu un toksisku elementu, piemēram, kadmija un urāna, izdalīšanos, kas bieži sastopami līdzās fosfātu nogulsniem¹⁸.

Minerālā P izmantošana apstrādes rūpniecībā ir plaši izplatīta. Tomēr gan ražošanas procesā, gan mājsaimniecībās, patērējot P saturošas sadzīves preces un arī pārtiku, notekūdeņos nonāk ievērojams apjoms ūdenī izšķīdušu P savienojumu. Ir novērtēts, ka aptuveni 3,7 milj.t fosfora no cilvēku aktivitātēm katru gadu nonāk notekūdeņos¹⁹. P saturošu sadzīves un rūpniecisko notekūdeņu nonākšana vidē (ūdeņos) rada ievērojamus draudus ūdens ekosistēmām. Šī vidē nonākušā P uzkrāšanās ezeros, upēs, jūrās un okeānos izraisa eitrofikāciju, kurai raksturīga pārmērīga aļģu augšana. Šis process ir bīstams gan tāpēc, ka atsevišķu sugu aļģu izdalītie toksīni var piesārņot dzeramā ūdens krājumus, radot nopietnus draudus cilvēku veselībai, savukārt mirušo aļģu sadalīšanās samazina skābekļa līmeni ūdenī, radot "mirušās zonas", kurās izdzīvot ir grūti ūdens organismiem, gan florai, gan faunai. P pārpalikums izjauc barības vielu līdzsvaru ūdens ekosistēmās, bieži izraisot bioloģiskās daudzveidības samazināšanos. Lai risinātu šīs problēmas, ļoti svarīga ir fosfora atgūšana no notekūdeņiem, vienlaikus paredzot tā atkārtotu izmantošanu, piemēram, lauksaimniecībā^{20,21,22}. Apritīgi izmantojot P, ir iespējams mazināt P ietekmi uz vidi, vienlaikus veicinot vietējā līmenī pašpietiekamāku (no importētiem minerālmēsliem mazāk atkarīgu) lauksaimniecības praksi.

Lauksaimniecībā P nodrošina kultūraugiem nepieciešamās barības vielas, veicinot to augšanu un ražas veidošanos. Tas ir viens no trim galvenajiem makroelementiem, kopā ar slāpekli un kāliju, kas nepieciešami augu dzīvotspējai²³ un līdz ar to tiek pievienots augsnei kā mēslojums labākas produktivitātes nodrošināšanai. Lauksaimniecības vajadzībām ES dalībvalstīs ik gadus importē gan fosforu saturošus iezus, gan fostātus minerālmēsli ražošanai, gan gatavotus minerālmēsli maisījumus. Mēslošanas līdzeklis ar augstu P īpatsvaru sastāvā, ko plaši izmanto kā izejvielu kombinēto minerālmēsli (NP un NPK) ražošanā, ir trīskāršais superfosfāts (TSP). Tas tiek ražots, fosfātu iezus apstrādājot ar fosforskābi, iegūstot mēslojumu, kas parasti

¹⁷ Cornel, P., & Schaum, C. (2009). Phosphorus recovery from wastewater: Needs, technologies and costs. *Water Science and Technology*, 59(6), 1069-1076.

¹⁸ Amar H., Benzaazoua M., Elghali A., Hakkou R., Taha Y. (2022). Waste rock reprocessing to enhance the sustainability of phosphate reserves: A critical review

¹⁹ Deng, S., Liu, J., Yang, X., Sun, D., Wang, A., van Loosdrecht, M. C. M., & Cheng, X. (2024). Release of phosphorus through pretreatment of waste activated sludge differs essentially from that of carbon and nitrogen resources: Comparative analysis across four wastewater treatment facilities. *Bioresource Technology*, 396, Article 130423.

²⁰ Khan, M., Mohammad, F. (2014). *Eutrophication: Challenges and Solutions*. In: Ansari, A., Gill, S. (eds) *Eutrophication: Causes, Consequences and Control*. Springer, Dordrecht.

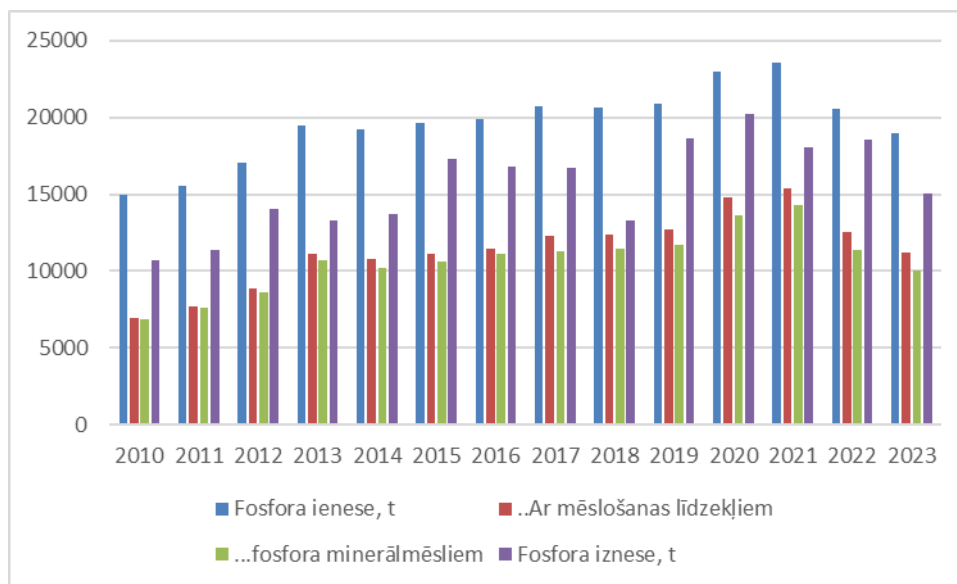
²¹ Xia, Y., Zhang, M., Tsang, D.C.W. et al. Recent advances in control technologies for non-point source pollution with nitrogen and phosphorous from agricultural runoff: current practices and future prospects. *Appl Biol Chem* 63, 8 (2020).

²² Bailey, A., Meyer, L., Pettingell, N., Macie, M., Korstad, J. (2020). Agricultural Practices Contributing to Aquatic Dead Zones. In: Baudh, K., Kumar, S., Singh, R., Korstad, J. (eds) *Ecological and Practical Applications for Sustainable Agriculture*. Springer, Singapore.

²³ FAO, Use of phosphate rocks for sustainable agriculture

satur aptuveni 46% P₂O₅. Taču TSP ražošana (ieskaitot fosfātu iežu ieguvē) rada negatīvu ietekmi uz vidi. TSP ražošanas process ir energoietilpīgs, un tas rada SEG, jo īpaši CO₂, emisijas, kuras rada fosilais kurināmais, ko izmanto fosfāta ieža ieguvē un apstrādē. TSP ražošana var veicināt arī augsnes paskābināšanos, jo ražošanas procesā rodas sēra dioksīda (SO₂) un slāpekļa oksīdu (NO_x) emisijas. Fosfātu iežu ieguve TSP ražošanai rada bažas par resursu izsīkšanu, jo fosfātu ieži ir ierobežots resurss (skat. iepriekš). P mēslošanas līdzekļu patēriņš lauksaimniecībā ES dalībvalstīs gadā veido ap 1 milj.t gadā, 2022. gadā novērtēts 0.9 milj.t. apmērā²⁴.

Saskaņā ar CSP datiem arī Latvijā lielākā daļa P augsnē tiek ienesta tieši ar mēslošanas līdzekļiem, kas lielākajā mērā sastāv no P saturošiem minerālmēsliem. Līdz 2020.gadam Latvijas lauksaimniecībā redzams fosfora izmantošanas pieaugums, taču pēc 2021.g. novērojams samazinājums (2.1.attēls).



2.1.attēls. Kopējā fosfora ienese, īpaši izceļot mēslošanas līdzekļus un fosfora minerālmēsli un fosfora iznese, t²⁵

2023.g. P ienese no minerālmēsliem veidoja 10 013 t²⁵. Lai šo apjomu aizstātu ar P, kas atgūts no notekūdeņiem, būtu nepieciešamas 2 404 Latvijā tipiskās NAI²⁶ ar kopējo notekūdeņu apjomu 1.05 milj. m³ notekūdeņu gadā. Tādējādi ar Filtrs L vai līdzīgām tehnoloģijām piesaistītajam P ir augsts potenciāls tā apritīgai izmantošanai lauksaimniecībā.

Saskaņā ar Eiropas Investīciju bankas (EIB) ziņojumu par notekūdeņiem kā resursu²⁷ P atgūšana no notekūdeņiem, lai arī ir dārgs, kļūst par arvien dzīvotspējīgāku risinājumu. Šajā ziņojumā minēts, ka potenciāli 22% no globālās P vajadzības varētu nosegt, reciklējot sadzīves notekūdeņus. Vienlaikus šajā ziņojumā brīdināts, ka prognozētie minerālie P resursi varētu kļūt par deficītu vai pat izsmelti nākamo 50-100 gadu laikā.

²⁴ EUROSTAT, 2024. Use of fertilisers in EU agriculture down 10% in 2022

²⁵ CSP dati par fosfora bilanci lauksaimniecībā

https://data.stat.gov.lv/pxweb/lv/OSP_PUB/START__ENV__AV__AVB/LAV050/table/tableViewLayout1/

²⁶ pieņēmumi par tipiskas NAI parametriem sniegti 1.2.nodaļā

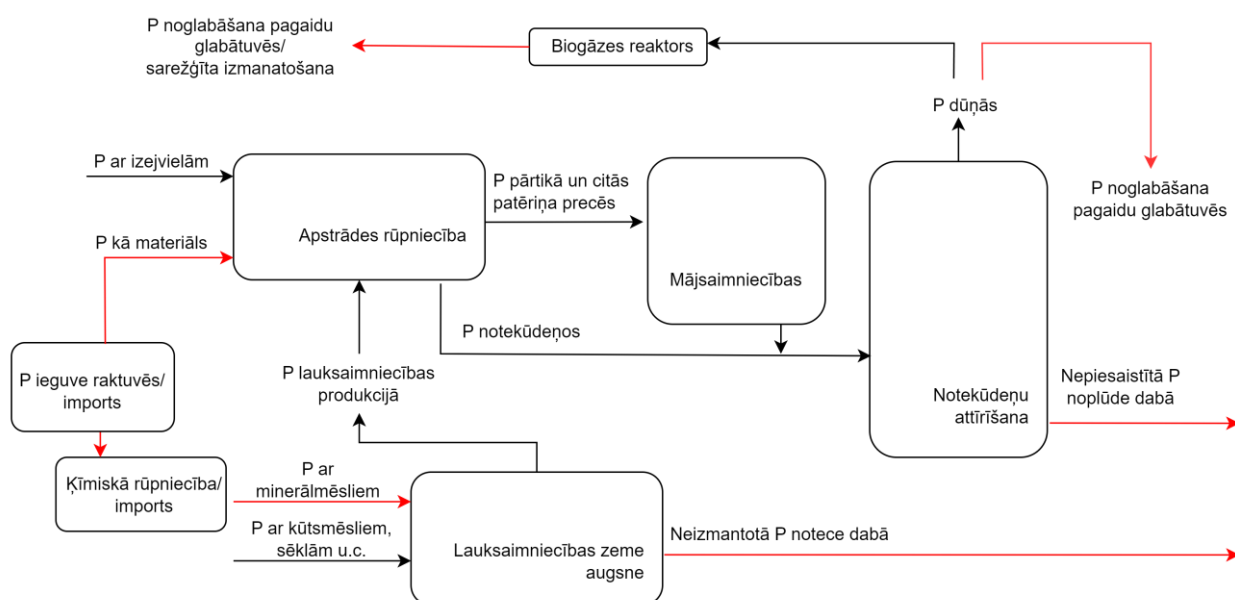
²⁷ EIB. Wastewater as a resource. 2022.

2.2. SCENĀRIJI SOCIĀLEKONOMISKĀS IETEKMES NOVĒRTĒŠANAI

Filtrs L tehnoloģijas ieviešanas NAI potenciālo sociālekonomisko ieguvumu un izmaksu novērtēšanai noteikti divi scenāriji:

1. Bāzes scenārijs, kurā modelēta situācijas attīstība atbilstīgi esošajai tipiskajai praksei – bez izmaiņām gan attiecībā uz notekūdeņu attīrīšanā piemērotajām tehnoloģijām NAI, gan P ieguvei un izmantošanai lauksaimniecības vajadzībām.
2. Pārmaiņu scenārijs jeb P aprites scenārijs, kurā modelēta situācijas attīstība, ka Filtrs L tehnoloģija tiek ieviesta NAI un notekūdeņos piesaistītais P kopā ar Filtrā L izmantoto minerālo materiālu tiek atgriezts aprītē un izmantots lauksaimniecībā, aizstājot vajadzību pēc minerālā P.

2.2.1. BĀZES SCENĀRIJS



2.1. attēls. Fosfora avoti, plūsma un utilizācija bāzes scenārijā

2.1. attēlā shematiski atspoguļota P izcelsme, plūsma un utilizācija bāzes scenārija gadījumā. P ir būtiska izejviela dažādās apstrādes rūpniecības nozarēs (piemēram, pārtikas un dzērienu ražošana, farmācija, ķīmiskā rūpniecība, metālapstrāde, elektropreču ražošana u.c.), un to plaši izmanto dažādu patēriņa produktu ražošanā. Rūpnieciskām vajadzībām P tiek iegūts no minerālajiem savienojumiem dabā. Latvijā nav šādu atradņu, tādējādi fosfors vai tā savienojumi, kas nepieciešami kā materiāls apstrādes rūpniecībā, tiek importēti, un kā jau iepriekš uzsvērts P pieskaitāms neatjaunojamo resursu kopai.

Papildus tam, apstrādes rūpniecībā, jo īpaši pārtikas ražošanā P nonāk ar izejvielām – lauksaimniecības izcelsmes augu un dzīvnieku produktiem, arī zvejas un akvakultūras produktiem. Ne viss P un tā savienojumi tiek efektīvi izmantoti apstrādes produktu ražošanā. Daļa no tiem nonāk rūpnieciskajos notekūdeņos un, lai gan normatīvajā regulējumā ir definētas stingras prasības P novēršanai rūpnieciskajos notekūdeņos, tie joprojām ir P un tā savienojumu nesējs un potenciāla piesārņojuma avots dabā. P ar pārtikas un citām patēriņa precēm, nonākot mājsaimniecībās, tiek izmantots paredzēto funkciju nodrošināšanai, tomēr daļa no tā nenodrošina pilnībā vai netiek pilnībā patērēts lietošanas procesā un nonāk sadzīves notekūdeņos.

Spēkā esošā notekūdeņu apsaimniekošana un pieejamās tehnoloģijas nodrošina nepilnīgu P atdalīšanu no notekūdeņiem. Dūņas ar P savienojumiem, ja iespējams, tiek novirzītas biogāzes ražošanai²⁸, tomēr šajā procesā P netiek efektīvi izmantots, paliek nogulsnēs (digestātā), kas, lai gan satur virkni barības vielu, normatīvi tiek uzskatītas par atkritumiem, un tādējādi to tālāka izmantošana vai atgriešana barības vielu apritē ir ierobežota drošības apsvērumu dēļ. Vēl notekūdeņu dūņu apsaimniekošanā nelielos apjomos tiek izmantota kompostēšana un kompostētā materiāla izmantošana dekoratīvo augu mēslošanā, lai gan šāda prakse Latvijā ir iespējama, tomēr drošības apsvērumu dēļ, nav plaši izplatīta. Atlikušie P savienojumi, kas netiek uztverti NAI, no notekūdeņiem nonāk ūdenstilpēs, kur, dabiskai ekosistēmai nepiemērotas - paaugstinātas koncentrācijas dēļ, darbojas kā vides piesārņotājs un var veicināt eitrofikāciju.

Otrs nozīmīgs minerālā P un tā savienojumu izmantošanas virziens ir lauksaimniecība. P ir būtisks augu augšanas elements, tādējādi, lai veicinātu graudaugu, dārzeņu un augļu ražas pieaugumu, Latvijas lauksaimniecībā plaši tiek izmantoti importēti mēslošanas līdzekļi ar P to sastāvā. P savienojumi tiek izmantoti arī lopkopībā, kā piedevas lopbarībai, lai veicinātu dzīvnieku veselību un augšanu. Latvijā pēdējo piecu gadu laikā vidēji 21.4 tūkst. tonnas P tiek izmantotas (ienesē) lauksaimniecības vajadzībām (18.9 tūkst.t. P 2023.gadā, CSP 2024²⁹), nozīmīgākais P avots (vidēji 57.1%) ir minerālie mēslošanas līdzekļi. P iznese ar ražu pēdējo piecu gadu laikā vidēji bijusi 18.1 tūkst. tonnas, tādējādi P izmantošanas bilance lauksaimniecībā norāda uz ikgadēju P pārpalikumu vidēji 15% no ieneses jeb 3.3 tūkst. tonnas vidēji gadā periodā no 2019.-2023.gadam, kas ir avots P noplūdēm dabā, kur atkal, pārsniedzot dabiskajām ekosistēmām raksturīgo P līmeni, tas kļūst par apdraudējumu bioloģiskai daudzveidībai un veicina eitrofikāciju³⁰.

2.2.2. P APRITES (PĀRMAIŅU) SCENĀRIJS

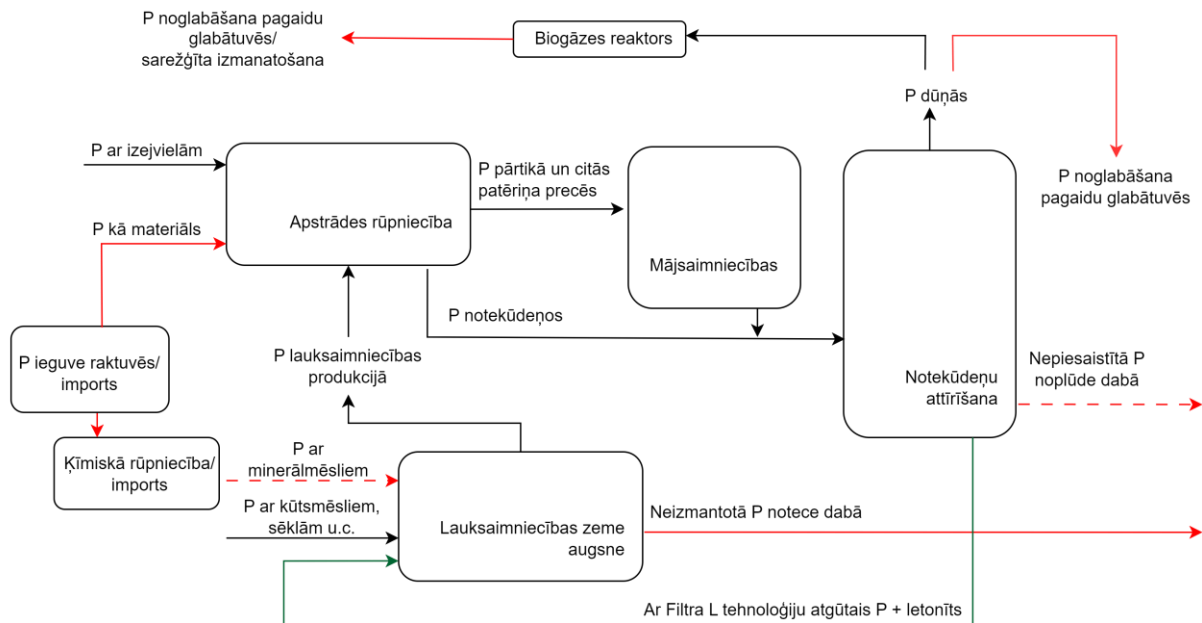
P aprites (pārmaiņu) scenārijs paredz Filtra L tehnoloģijas izmantošanu NAI P absorbēšanai notekūdeņos, tādējādi samazinot vides piesārņojuma risku, un atgūtā P izmantošanu lauksaimniecībā kopā ar Filtra L materiālu, mazinot vajadzību pēc minerālā P augkopībā un, iespējams, nodrošinot augsnē kaļķošanas materiāla iestrādi, uzturošās kaļķošanas līmenī (2.2.attēls).

²⁸ ja nav iespējams, tās tiek apsaimniekotas kā atkritumi, noglabājot pagaidu glabātuvēs, kur gaida nākotnes inovācijas dūņās esošo barības vielu atgriešanai apritē

²⁹ CSP dati par fosfora bilanci lauksaimniecībā

https://data.stat.gov.lv/pxweb/lv/OSP_PUB/START__ENV__AV__AVB/LAV050/table/tableViewLayout1/

³⁰ Auteri, N.; Saiano, F.; Scalenghe, R. Recycling Phosphorus from Agricultural Streams: Grey and Green Solutions. *Agronomy* 2022, 12, 2938. <https://doi.org/10.3390/agronomy12122938>



2.2. attēls. Fosfora avoti, plūsma un utilizācija pārmaiņu (P aprites) scenārijā

2.2.attēlā shematiski atspoguļota P izcelsme, plūsma un utilizācija P aprites (pārmaiņu) scenārija gadījumā. Atšķirībā no bāzes scenārija, pārmaiņu scenārija īstenošana nodrošina no notekūdeņiem atgūtā P atgriešanu aprītē, izmantošanai lauksaimniecībā un mazinot vajadzību pēc P minerālmēslos (bulta zaļā krāsā; bulta ar sarkanu, raustītu līniju). Papildus tam, P atgūšana no notekūdeņiem samazina P apjomu, kas pēc attīrīšanas ar tipiskajām šobrīd plaši piemērotajām NAI tehnoloģijām, joprojām saglabājas notekūdeņos un tādējādi nonāk vidē un darbojas kā vides piesārņotājs.

Atšķirības starp bāzes un pārmaiņu scenārijiem noteic Filtra L tehnoloģijas izmantošanu radīto un novērtējumā iekļauto sociālekonomisko ieguvumu un izmaksu pozīcijas (skat. 1.3.nodaļu). Papildus jāatzīmē, ka pārmaiņu scenārijā ir pieņemti tādi paši vides riski saistībā ar P notecēm lauksaimniecībā kā bāzes scenārijā.

2.3. SOCIĀLEKONOMISKO IEGUVUMU UN IZMAKSU NOVĒRTĒJUMS

Balstoties uz 1.2. un 1.3.nodaļā izklāstīto metodoloģiju, pieņēmumiem un aplēsēm, ir veikts sociālekonomisko ieguvumu un izmaksu aprēķins Filtra L tehnoloģijas ieviešanai NAI. Sociālekonomisko ieguvumu un izmaksu aprēķins, t.sk. ENPV un B/C attiecības ir atspoguļots 2-1.tabulā.

2-1. tabula.

Ieguvumu-izmaksu aprēķins, EUR

| Rādītāji | Gadi | | | | | | Kopā |
|--|------|----------------|----------------|-----|----------------|----------------|----------|
| | 0 | 1 | 2 | ... | 24 | 25 | |
| Ieguvumi: | | | | ... | | | |
| Piesaistītā P ekonomiskā vērtība | - | 7 764 | 7 764 | ... | 7 764 | 7 764 | x |
| Novērstās SEG emisijas no P mēslojuma ražošanas | - | 1 971 | 1 971 | ... | 1 971 | 1 971 | x |
| Novērstā P piesārņojuma negatīvā ietekme uz vidi | - | 169 894 | 169 894 | ... | 169 894 | 169 894 | x |
| Kopā ieguvumi | - | 179 629 | 179 629 | ... | 179 629 | 179 629 | x |

| Rādītāji | Gadi | | | | | | Kopā |
|---|------------------|----------------|----------------|-----|----------------|----------------|------------------|
| | 0 | 1 | 2 | ... | 24 | 25 | |
| Izmaksas | | | | ... | | | |
| Ieguldījumi NAI moduļa izbūvei | 8 200 | - | - | ... | - | - | x |
| Filtra L materiālās izmaksas | - | 38 412 | 38 412 | ... | 38 412 | 38 412 | x |
| Filtra L elementu nomaiņas izmaksas | - | 2 400 | 2 400 | ... | 2 400 | 2 400 | x |
| SEG emisijas Filtra L materiāla saražošanai | - | 7 830 | 7 830 | ... | 7 830 | 7 830 | x |
| Kopējās izmaksas | 8 200 | 48 642 | 48 642 | ... | 48 642 | 48 642 | x |
| Tīrie ieguvumi | -8 200 | 130 987 | 130 987 | ... | 130 987 | 130 987 | x |
| Sociālā diskonta likme | 5% | 5% | 5% | ... | 5% | 5% | x |
| <i>Diskontētie ieguvumi</i> | - | 171 075 | 162 929 | ... | 55 697 | 53 045 | 2 531 677 |
| <i>Diskontētās izmaksas</i> | 8 200 | 46 325 | 44 120 | ... | 15 082 | 14 364 | 693 754 |
| <i>Diskontētā tīro ieguvumu plūsma</i> | -8 200 | 124 749 | 118 809 | ... | 40 615 | 38 681 | 1 837 923 |
| ENPV | 1 837 923 | | | | | | |
| B/C attiecība | 3.65 | | | | | | |

Tehnoloģijas sociālekonomisko ieguvumu un izmaksu aprēķina rezultāti liecina, ka tehnoloģijai ir pozitīva sociālekonomiskā atdeva (ENPV>0, B/C>1). Tādējādi tehnoloģijas radītie ieguvumi sabiedrībai pārsniedz tehnoloģijas radītās izmaksas sabiedrībai un tehnoloģija ir uzskatāma par sabiedrībai izdevīgu.

Plašāka ieguvumu-izmaksu novērtējuma rezultātu analīze ir sniegta 2-2.tabulā.

2-2. tabula.

ieguvumu-izmaksu novērtējuma rezultāti, EUR

| Rādītāji | PV | EAA* |
|---|--------------------|----------------|
| Ekonomiskie ieguvumi: | | |
| Piesaistītā P ekonomiskā vērtība | 109 431 | 7 764 |
| Kopā ekonomiskie ieguvumi | 109 431 | 7 764 |
| Ekonomiskās izmaksas | | |
| Filtra L materiālās izmaksas | 541 377 | 38 412 |
| Filtra L elementu nomaiņas izmaksas | 33 825 | 2 400 |
| Kopā ekonomiskās izmaksas | 575 202 | 40 812 |
| Ekonomisko ieguvumu-izmaksu bilance, neietverot ieguldījumus | -465 771 | -33 048 |
| Ieguldījumi | 8 200 | 582 |
| Ekonomisko ieguvumu-izmaksu bilance | -473 971 | -33 629 |
| Vides ieguvumi: | | |
| Novērstās SEG emisijas no P mēslojuma ražošanas | 27 774 | 1 971 |
| Novērstā P piesārņojuma negatīvā ietekme uz vidi | 2 394 471 | 169 894 |
| Kopā vides ieguvumi | 2 422 246 | 171 864 |
| Vides izmaksas: | | |
| SEG emisijas Filtra L materiāla saražošanai | 110 352 | 7 830 |
| Kopā vides izmaksas | 110 352 | 7 830 |
| Vides ieguvumu-izmaksu bilance | 2 311 893 | 164 035 |
| Kopējā ieguvumu-izmaksu bilance | 1 837 923** | 130 405 |

* EUR/gadā

** ENPV

Jāatzīmē, ka tehnoloģijas ekonomisko ieguvumu un izmaksu bilance ir negatīva (PV<0, EEA<0). Tādējādi esošā P tirgus vērtība (kā mēslojumam) nav pietiekoša, lai kompensētu ekonomiskās izmaksas – Filtra L materiālās

izmaksas, Filtra L nomaiņa un ieguldījumi moduļa izbūvei NAI. Vienlaikus jāatzīmē, ka tehnoloģijas vides ieguvumu bilance ir izteikti pozitīva ($PV > 0$, $EAA > 0$), kas saistīts ar būtiskiem ļoti būtiskiem ieguvumiem no novērstā P piesārņojuma negatīvās ietekmes uz vidi. Pozitīvā vides ieguvumu-izmaksu bilances rada attiecīgi pozitīvu tehnoloģijas kopējo sociālekonomisko ieguvumu-izmaksu bilanci.

Novērtējuma ietvaros ir veikts papildu sociālekonomisko ieguvumu-izmaksu aprēķins, kura ietvaros P piesārņojuma negatīvā ietekmi uz vidi novērtēta, piemērojot 24.04.2007. MK noteikumos Nr.281 noteikto piesārņojuma vienības vērtību – 426.86 EUR/t (skat. 1.3.1.nodaļu). Šajā gadījumā ieguvumi no novērstā P piesārņojuma negatīvās ietekmes uz vidi ir 95.7 reizes zemāki – PV 25 033 EUR, EAA 1 776 EUR/gadā. Šī iemesla dēļ vides ieguvumu-izmaksu bilance ir negatīva (PV -57 545 EUR, EAA -4 083 EUR/gadā), kas rada negatīvu kopējo ieguvumu-izmaksu bilanci (PV -531 516 EUR, EAA -37 712 EUR/gadā, B/C attiecība 0.23). Ņemot vērā, ka šī normatīvi noteiktā P piesārņojuma vienības vērtība nav pārskatīta kopš 2007.g., visdrīzāk, ka šī P piesārņojuma vienības vērtība korekti neatspoguļo P piesārņojuma sociālās alternatīvās izmaksas.

SECINĀJUMI UN PRIEKŠLIKUMI

1. Vērtējot tikai fosfora (P) atgūšanas no notekūdeņiem un apritīgas izmantošanas lauksaimniecībā ekonomiskos ieguvumus (P kā mēslojuma ekonomiskā vērtība) un izmaksas (atbilstoša moduļa izbūve notekūdeņu attīrīšanas iekārtā (NAI), Filtra L materiāla saražošanas izmaksas, Filtra L nomaiņas izmaksas), ieguvumu un izmaksu bilance ir negatīva. P, kā mēslojuma, tirgus cena nav pietiekoši augsta, lai kompensētu ar P atgūšanu saistītās ekonomiskās izmaksas.
2. Ja novērsto P piesārņojuma ietekmi uz vidi vērtē, piemērojot esošajā normatīvajā regulējumā (24.04.2007. MK noteikumi Nr.281) noteikto P piesārņojuma vienības vērtību, novērtētais vides ieguvums ir nepietiekošs, lai kompensētu negatīvo ekonomisko ieguvumu un izmaksu bilanci. Šis apstāklis lielā mērā izskaidro, kādēļ šobrīd NAI operatoriem ir maza interese īstenot pasākumus pilnvērtīgai P piesārņojuma mazināšanai notekūdeņos.
3. Pilns vides ieguvumu novērtējums, iekļaujot tajā ieguvumus no novērstajām SEG emisijām no P mēslojuma ražošanas, ieguvumus no novērstā P piesārņojuma, kas vērtēti saskaņā ar zinātnieku novērtētām P piesārņojuma sociālekonomiskajām izmaksām, un izmaksas no SEG emisijām saistībā Filtra L materiāla ražošanu, liecina, ka vides ieguvumu un izmaksu bilance ir pārlicinoši pozitīva. Turklāt tā būtiski pārsniedz negatīvo ekonomisko ieguvumu un izmaksu bilanci. Tādējādi kopējā sociālekonomisko ieguvumu un izmaksu bilance ir pozitīva.
4. No iepriekšminētā secinājuma izriet, ka Filtra L tehnoloģijai vai līdzvērtīgām tehnoloģijām potenciāli ir pozitīva sociālekonomiskā ietekme. Tām ir potenciāli pozitīva ietekme uz sabiedrības labklājību.
5. Pozitīvā sociālekonomisko ieguvumu un izmaksu bilance liecina, ka būtu pamatota publiska intervence (atbalsta instrumenti, vides nodokļi, sodi par piesārņošanu utt.) Filtra L un līdzvērtīgu tehnoloģiju ieviešanas veicināšanai.

Novērtējuma rezultāti dod pamatu izvirzīt dažus priekšlikumus:

1. Lai sekmētu P piesārņojuma no sadzīves un rūpnieciskajiem notekūdeņiem mazināšanu, ieteicams pārskatīt normatīvajā regulējumā noteiktās P piesārņojuma vienības vērtības, kā arī atļautos piesārņojuma sliekšņus, limitus utt.
2. Īstenot publiskās intervences pasākumus, kas ietvertu pozitīvos stimulus (piem., atbalstu P piesaistes un apritīgas izmantošanas tehnoloģijām) un/vai negatīvos stimulus (piem., vides nodoklis vai soda sankcijas par P piesārņojuma nonākšanu dabā).

INFORMĀCIJAS AVOTI

1. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
2. 23.01.2018. MK noteikumi Nr.42 "Siltumnīcefekta gāzu emisiju aprēķina metodika".
3. 24.04.2007. MK noteikumi Nr.281 "Noteikumi par preventīvajiem un sanācijas pasākumiem un kārtību, kādā novērtējams kaitējums videi un aprēķināmas preventīvo, neatliekamo un sanācijas pasākumu izmaksas".
4. Amar H., Benzaazoua M., Elghali A., Hakkou R., Taha Y., Waste rock reprocessing to enhance the sustainability of phosphate reserves: A critical review, *Journal of Cleaner Production*, Volume 381, Part 1, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135151>
5. Auteri, N.; Saiano, F.; Scalenghe, R. Recycling Phosphorus from Agricultural Streams: Grey and Green Solutions. *Agronomy* 2022, 12, 2938. <https://doi.org/10.3390/agronomy12122938>
6. Bailey, A., Meyer, L., Pettingell, N., Macie, M., Korstad, J. (2020). Agricultural Practices Contributing to Aquatic Dead Zones. In: Bauddh, K., Kumar, S., Singh, R., Korstad, J. (eds) *Ecological and Practical Applications for Sustainable Agriculture*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-3372-3_17
7. Brownlie, W. J., Sutton, M. A., Heal, K. V., Reay, D. S., Spears, B. Our phosphorus future: towards global phosphorus sustainability, 2022, doi: 10.13140/RG.2.2.17834.08645.
8. Četković, J.; Knežević, M.; Lakić, S.; Žarković, M.; Vujadinović, R.; Živković, A.; Cvijović, J. Financial and Economic Investment Evaluation of Wastewater Treatment Plant. *Water* 2022, doi: 10.3390/w14010122
9. Cornel, P., & Schaum, C. (2009). Phosphorus recovery from wastewater: Needs, technologies and costs. *Water Science and Technology*, 59(6), 1069-1076. DOI: 10.2166/wst.2009.045
10. CSP dati par fosfora bilanci lauksaimniecībā
https://data.stat.gov.lv/pxweb/lv/OSP_PUB/START__ENV__AV__AVB/LAV050/table/tableViewLayout1/
11. Deng, S., Liu, J., Yang, X., Sun, D., Wang, A., van Loosdrecht, M. C. M., & Cheng, X. (2024). Release of phosphorus through pretreatment of waste activated sludge differs essentially from that of carbon and nitrogen resources: Comparative analysis across four wastewater treatment facilities. *Bioresource Technology*, 396, Article 130423.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2024.130423>
12. ECB. Euro foreign exchange reference rates.
https://www.ecb.europa.eu/stats/policy_and_exchange_rates/euro_reference_exchange_rates/html/index.lv.html
13. EIB. Wastewater as a resource. 2022.
https://www.eib.org/attachments/publications/wastewater_as_a_resource_en.pdf
14. EUROSTAT, 2024. Use of fertilisers in EU agriculture down 10% in 2022.
<https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20240628-1>
15. FAO, Use of phosphate rocks for sustainable agriculture
16. Filkoski, R. V., Petrovski, I. J., Gjurchinovski, Z. Energy optimisation of vertical shaft kiln operation in the process of dolomite calcination. *Thermal Science*, 2018, 22.5: 2123-2135.
17. FM. Makroekonomisko pieņēmumu un prognožu skaitliskās vērtības. 01.07.2024.
<https://www.fm.gov.lv/lv/makroekonomiskie-pienemumi-un-prognozes>
18. Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects. Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020 https://ec.europa.eu/regional_policy/en/information/publications/guides/2014/guide-to-cost-benefit-analysis-of-investment-projects-for-cohesion-policy-2014-2020
19. Khan, M., Mohammad, F. (2014). Eutrophication: Challenges and Solutions. In: Ansari, A., Gill, S. (eds) *Eutrophication: Causes, Consequences and Control*. Springer, Dordrecht.
https://doi.org/10.1007/978-94-007-7814-6_1

20. Linderholm, K., Tillman, A. M., Mattsson, J. E. Life cycle assessment of phosphorus alternatives for Swedish agriculture. *Resources, Conservation and Recycling*, 2012, doi: 10.1016/j.resconrec.2012.04.006.
21. Omo-Okoro, P.N.; Curtis, C.J.; Pillay, K. Importance of Phosphorus Raw Materials in Green Deal Strategies. *Sustainable and Circular Management of Resources and Waste Towards a Green Deal 2023*, 213–223, doi:10.1016/B978-0-323-95278-1.00030-9.
22. Phosphorus recovery and reuse from wastewater (2018). <https://iwa-network.org/phosphorus-recovery-and-reuse-from-wastewater/>
23. West, T. O., Marland, G. A synthesis of carbon sequestration, carbon emissions, and net carbon flux in agriculture: comparing tillage practices in the United States. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2002, 91.1-3: 217-232.
24. Xia, Y., Zhang, M., Tsang, D.C.W. et al. Recent advances in control technologies for non-point source pollution with nitrogen and phosphorous from agricultural runoff: current practices and future prospects. *Appl Biol Chem* 63, 8 (2020). <https://doi.org/10.1186/s13765-020-0493-6>