

Lähteülesanne

Sissejuhatus: üheks Eesti Geoloogiateenistuse tegevussuunaks on uurida Eesti maapõues leiduvaid kriitilisi toormeid. Fosforiiti peetakse kriitilise tähtsusega strateegiliseks ressursiks, mille suurimad varud Euroopa Liidus paiknevad just Eestis. Eesti fosforiit on seni huvi pakkunud eelkõige selles sisalduva fosfori tõttu, mille levinuim kasutusala on väetise toorainena. Fosforiidis leidub aga ka märkimisväärtes kogustes haruldasi muldmetalle (HMM), nagu näiteks tseerium, praseodüüm, neodüüm, düsproosium ja terbium, mistõttu on fosforiidil tulevikus perspektiivi olla ka haruldaste muldmetallide toormeks. Seetõttu tegeleb Eesti Geoloogiateenistus fosforiidi ja sellega kaasnevate ressursside geoloogiliste ja tehnoloogiliste uuringutega, mille eesmärk on hinnata nende ressursside kasutuselevõtu võimalusi. Fosfaattoorme väärindamiseks on maailmas kasutusel erinevaid tehnoloogiaid, ent praeguste parimate teadmiste põhjal ei ole võimalik hinnata, kas Eesti fosforiidivaru on neid tehnoloogiaid rakendades võimalik koos fosforiidis sisalduvate HMM-dega majanduslikult kasulikult ja keskkonnasäästlikult kasutusele võtta. Teadusuuringute põhjal on Eesti fosforiidi väärindamiseks kõrge potentsiaal soolhappega töötlemise protsessil. ResTA teadusprogrammi raames Tallinna Tehnikaülikoolis teostatud uuringute tulemused näitasid HMM eraldamise kõrgemat efektiivsust võrreldes teiste sarnaste protsessidega. Maailmas enim rakendatud väävelhappe tehnoloogia puhul tuleb teaduskirjandusele tuginedes uurida võimalusi HMM eraldamiseks enne nende fosfokipsi sattumist, sest viimasest ei ole teadaolevalt võimalik neid eraldada.

Tööstuslikul skaalal ei ole rakendatud tehnoloogiaid, mis võimaldaks juba happetötluse käigus HMM edukalt eraldada, samuti ei ole Eestis varem spetsiifiliselt HMM varusid ja nende kasutuspotentsiaali uuritud. Leidmaks parimat viisi fosforiidi väärindamiseks tuleb ette võtta suuremahuline uurimis- ja arendustegevus, mis hõlmaks valitud tehnoloogiatega rakendatavuse analüüsi (proof of concept) ning seejärel vastavate protsesside Eesti toormele sobivaks optimeerimist, sealjuures hinnates ka tehnoloogilist teostatavust ja mõju ümbritsevale keskkonnale. Katsed viiakse läbi esmalt laboriskaalal ning seejärel otsustatakse kas ja millise tehnoloogiaga tööstuskatsed läbi viia. Kuna suuremahuliste katsete läbiviimine on äärmiselt kulukas, on Pakkuja kohustatud andma vastava sisendi (nt. suuremad segamiskiirused, pikemad viibeajad jne).

Töö üldine eesmärk: testida Eesti fosforiidi väävelhappelist ning soolhappelist töötlust kõige kõrgema väärtusega produktide tootmiseks ning uurida vastavate protsesside käigus HMM eraldamisvõimalusi ning nende eraldamise efektiivsust. Pakkuja viib esmalt happetöötlust läbi laboriskaala katsetena (bench scale testing) ning annab selle põhjal esmase hinnangu CAPEX ja OPEX kuludest kahe stsenaariumi jaoks – töötlusprotsess koos HMM eraldamisega ning ilma HMM eraldamiseta. Saadud tulemuste põhjal otsustab Tellija millise tehnoloogiaga suuremal skaalal ehk tööstuskatsete (pilot scale testing) tasemel jätkata. Tööstuskatsete tulemuse põhjal koostab Pakkuja eelprojekti (Pre-Feed) raporti, mis kirjeldab protsessi ja saadud tulemusi nii koos HMM eraldamise etapiga kui ka ilma HMM eraldamiseta. Kivimi rikastamine loetakse tehnoloogilise protsessi üheks osaks – sealjuures on Pakkuja ülesanne teha kindlaks rikastamise või mistahes muu eeltötluse (jahvatamine jne) vajadus ning kirjeldada ja põhjendada vastavat vajadust (või selle puudumist) esitatavas raportis. Kuna HMM eraldamise kogemusega ettevõtteid on vähe, on selle protsessi uurimiseks lubatud kasutada alltöövõtjaid.

1. Fosforiidi proov

- 1.1 Tellija korraldab proovivõtu ja proovi homogeniseerimise enne selle Pakkujale toimetamist;
 - 1.2 Vajaminev proovikogus lepitakse Tellija ja Pakkuja vahel kokku enne lepingu allkirjastamist;
 - 1.3 Proovi saatmise kulud kannab Tellija;
 - 1.4 Pakkuja viib läbi vajalikud analüüsid ning seejärel kinnitab proovi piisava homogeensuse, või vastasel juhul teavitab Tellijat ebapiisavast homogeensusest, misjärel lepitakse kokku edasised tegevused;
 - 1.5 Pakkuja viib läbi esmased analüüsid proovi üldiste omaduste iseloomustamiseks:
 - 1.5.1 Vajalike analüüside kulu sisaldub sõlmitavas lepingus;
 - 1.5.2 Pakkuja saadab analüüside tulemused Tellijale, misjärel kuuluvad nende kasutamise ja avaldamise õigused Tellijale.
2. Laboriskaalal testimine (*bench scale testing*)
- 2.1 Laboriskaalal testimise tulemused hõlmavad, aga ei ole piiratud, järgnevate osadega:
 - 2.1.1 Tõestus, et antud meetod sobib Eesti fosforiidi väärindamiseks (*proof of concept*);
 - 2.1.2 Sisend tööstuskatsete läbiviimiseks;
 - 2.1.3 Kivimi eeltötluse (peenestamine, rikastamine) vajaduse väljaselgitamine, ning vastav sisend tööstuskatsete läbiviimiseks;
 - 2.1.4 HMM eraldamise meetodika ning selle efektiivsuse hinnang.
 - 2.2 Laborikatsete tööplaan lepitakse kokku lepingu allkirjastamisele eelnevate läbirääkimiste käigus. Pärast punktis 1.5 välja toodud analüüside sooritamist võib Pakkuja teha põhjendatud ettepaneku katseplaani muutmiseks tulemustest lähtuvalt.
 - 2.3 Tellija esindaja võib osaleda Pakkuja läbiviidavates katsetustes ning neid jälgida.
 - 2.4 Pärast katsete läbiviimist esitab Pakkuja katseid kirjeldava ja katsetulemusi kokku võtva raporti. Vastava raporti eesmärgiks on anda Tellijale infot protsessi parameetrite, majandusliku teostatavuse ja keskkonnamõjude kohta ning pakkuda vajalik sisend ja soovitusel tööstuskatsete läbiviimiseks. Raporti tulemused hõlmavad, aga ei ole piiratud järgnevate osadega:
 - 2.4.1 Katsete läbiviimise detailne kirjeldus;
 - 2.4.2 Massibilansid, protsessi ja selle osade efektiivsused, kadude hinnang, emissioonide kaardistamine (ja kogused) ning jäätmete teke (nii nende koostis kui hinnang tekkivatele kogustele);
 - 2.4.3 Protsessi põhiosade CAPEX ja OPEX kulud – rikastamine (vajadusel), happetötlus, HMM eraldamine. Pakkuja esitab CAPEX ja OPEX kulud nii protsessile mis hõlmab HMM eraldamist kui ka ilma HMM eraldamiseta protsessile.
 - 2.4.4 Kõikide tekkivate voogude (põhiprodukt, kõrvalproduktid, emissioonid, jäätmed, protsessi käigus kasutatav ning potentsiaalne heitvesi) koostise kirjeldus;
 - 2.4.5 Põhiproduktide – HMM ning fosfori-põhine toode – põhjalik kirjeldus, mis sisaldab maksimaalseid toodetavaid koguseid ja keemilist koostist (s.h. puhtus);
 - 2.4.6 Tehnoloogiliste riskide ning määramatuste kirjeldus, hinnang ning maandamise võimalused;
 - 2.4.7 Soovitused tööstuskatsete läbiviimiseks saavutamaks võimalikult madalat keskkonnamõju ning kõrget majanduslikku efektiivsust.
3. Tööstuskatsed (*pilot scale testing*)

- 3.1 Pilootkatsete tulemused peavad vastama AACE kuluhinnangu klassifitseerimise süsteemi¹ tasemele 3 (-15 kuni +30%), ehk Tellijale esitatakse eelteostatavusuuringu (*Pre-Feasibility study*) raport. Potentsiaalse tehase insenertehniline lahendus peab olema valmis minimaalselt 15% ulatuses.
- 3.2 Tellija tutvub laboriskaala testide tulemuste raportiga ning seejärel lepivad Tellija ja Pakkuja kokku täpses tegevuskavas tööstuskatsete läbiviimise jaoks – Pakkuja esitleb selleks esmalt oma katseplaani, kirjeldades sealjuures oodatavaid tulemusi ning potentsiaalseid riskikohti. Tellijal on õigus pärast laborikatsete tulemuste hindamist tööstuskatsed edasi lükata või neist loobuda juhul kui see ei osutu majanduslikult mõistlikuks.
- 3.3 Tellija esindaja võib osaleda Pakkuja läbiviidavates katsetustes ning neid jälgida.
- 3.4 Tööstuskatsed tuleb planeerida selliselt, et need oleksid hiljem skaleeritavad täismahus tootmise arendamiseks, pöörates sealjuures erilist tähelepanu sellele, et kõik tekitatavad jäätmel ja emissioonid vastaks Eestis kehtivatele nõuetele. Vastasel juhul pakutakse välja ja tõestatakse eksperimentaalselt lisanduvate töötlemismeetodite (nt. gaaside puhastamine) kasutamine normidele vastavate väärtuste saavutamiseks.
- 3.5 Pakkuja peab vastutama, et kõikidest toodetavatest voogudest (põhiproduktid, kõrvalproduktid, jäätmel, heitmed, jne) oleksid võetud esinduslikud proovid, need oleksid korrektselt hoiustatud ja analüüsitud. Katse lõppemise järel saadetakse osa igast proovist Tellijale. Proovivõtmise protseduur ning sagedus lepatakse Tellija ja Pakkuja vahel kokku enne tööstuskatsete läbiviimist.
- 3.6 Pärast tööstuskatsete läbiviimist esitab Pakkuja Tellijale katseid kirjeldava ning nende tulemusi analüüsiva raporti, mille eesmärgiks on anda Tellijale informatsiooni protsessi majandusliku teostatavuse ja keskkonnamõjude kohta ning pakkuda vajalik sisend ja soovitusel tulevikuks ja edasisteks tegevusteks. Raporti tulemused hõlmavad, aga ei ole piiratud järgnevate osadega:
 - 3.6.1 Katsete läbiviimise detailne kirjeldus;
 - 3.6.2 Töötlemistehase kontseptsioon, mis kirjeldab põhikomponente (mahutid, reaktorid, transportöörid, torustik, jne) ja nende tehnilisi detaile (võimalikud materjalitüübid ning nende piirangud, vastavate ühikute arv, minimaalsed mõõdud jne). Samuti tuleb välja tuua:
 - 3.6.2.1 Kasutatava fosforiidivaru suurus, mille põhjal tehase kontseptsioon loodi;
 - 3.6.2.2 Kasutatavate reagentide kirjeldus (CAS-numbrid, minimaalne puhtus, kogused või suhted, kontsentratsioonid, lahendamise vajadus, jne);
 - 3.6.2.3 Protsessi/süsteemi kirjeldus (aparatuuri detailid, mõõdud, materjalid), plokk skeem, reaalses läbiviidavate analüüsides vajadus ja aparatuuri kirjeldus (millised parameetreid pidevalt jälgitakse);
 - 3.6.2.4 Protsessi parameetrid – osakeste minimaalne viibeaeg, tahke/vedeliku suhe, reaktsioonitemperatuur, pH. Kõikide parameetrite puhul kirjeldada lubatud maksimaalne hälve;
 - 3.6.2.5 Piirangud toormele – osakeste suurus, protsessi sisenemise kulu ajaühikus, lubatud hälbed toorme kvaliteedis jne.
 - 3.6.3 Massibilanss, protsessi (ja selle osade) efektiivsus, kaod (ning nende vähendamise võimalused), emissioonid ning tekkivad jäätmel;

¹ https://www.costengineering.eu/Downloads/articles/AACE_CLASSIFICATION_SYSTEM.pdf

- 3.6.4 Protsessi põhiosade (eeltöötlus, rikastamine, happetöötlus, HMM eraldamine) CAPEX ja OPEX kulude hinnang. Samuti kogu protsessi CAPEX ja OPEX kulude hinnang kahe stsenaariumi jaoks: koos HMM eraldamisega ning ilma HMM eraldamiseta.
- 3.6.5 Põhiproductide (fosfori-põhine toode ning HMM) keemilise ja mineraloogilise koostise kirjeldus;
- 3.6.6 Tehnoloogiliste riskide ning määramatuste kirjeldus, hinnang ning maandamise võimalused;
- 3.6.7 Soovitused protsessi edasiseks arendamiseks;
- 3.6.8 Lubatud piirangud toormaterjali kvaliteedile (koostis ning ebapuhtuste maksimaalsed sisaldused).