Eesti
Geoloogiateenistus

Graptoliitargilliidi käitlemise juhend



RAKVERE 2020

Esikaane foto: Mare Isakar, käsipala nr TUG 1593-4, geokogud.info/specimen/240783

Soovitatud viitamise stiil: Graptoliitargilliidi käitlemise juhend, 2020, 22 p, Eesti Geoloogiateenistus, Rakvere.

Sisukord

Eessõna 6
1. Sissejuhatus — mis on graptoliitargilliit? 7
2. Graptoliitargilliidi esinemine Eestis 8
3. Kuidas graptoliitargilliiti ära tunda? 9
4. Graptoliitargilliidiga seonduvad tervise- ja keskkonnamõjud 10
4.1. Radoon 10
4.2. Isesüttimine 11
4.3. Leostumine 13
5. Maapõuest eemaldatud graptoliitargilliidi käitlemine 14
5.1. Leostumise vältimise põhimõtted 15
5.2. Isesüttimise vältimise põhimõtted 16
5.3. Kui suur kogus graptoliitargilliiti vajab spetsiaalset käitlemist? 16
5.4. Õigusaktidest tulenevad nõuded GA käitlemisele 17
5.4.1. Graptoliitargilliidi käitlemine tekkekinnistul 17
5.4.2. Graptoliitargilliidi käitlemine väljaspool tekkekinnistut ja üleandmine teisele isikule käitlemiseks 17
5.4.3. Graptoliitargilliidi ladestamine 17
5.5. Näited, kus graptoliitargilliidiga seonduv probleemistik on edukalt lahendatud 18
5.6. Graptoliitargilliidi käitlemisala hilisem kasutamine 20
5.7. Vajadus eriprojekti järele 21
Kokkuvõte 22

Joonised ja fotod

Joonis 1. Graptoliitargilliidi levikuala Eestis, kihi paksus ning lasumissügavus (meetrites). 8

Joonis 2. Pinnase radooniriski kaart graptoliitargilliidi levikualal Eestis. 11

Foto 1. Aluspõhja kivimite läbilõige KUMU muuseumi süvendis. 9

Foto 2. Graptoliitargilliit looduses. A – murenemata argilliit; B – kipsikristallid argilliiditükil; C – raud(III)hüdroksiidi kihi argilliiditükkide pinnal; D – jarosiidikiht argilliiditükkide pinnal; E – argilliidiveerised mererannal; F – põlemiskoldes moondunud argilliit. 10

Foto 3. Endine Kopli savikarjäär, kuhu ladustati ehitusjäätmetele lisaks ka graptoliitargilliiti. A — Korrastatud jäätmehoidla pildistatud 2017. aastal (Peeter Koll), ning B —Maa-ameti 2020. aasta ortofotol. 21

Jooniste ja fotode allikad:
Joonis 1: autor Johannes Vind, EGT
Joonis 2: autor Sigrid Hade, EGT
Foto 1: Gennadi Baranov, TTÜ Geoloogia instituut, geokogud.info/file/22677
Foto 2:
A, Tartu Ülikool
B, http://geokogud.info/elm/specimen_image/g1/g1-1472_1.jpg
C, Wikipedia, diktüoneemaargilliit
D, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pakri_cliff,_2011-02.jpg
E, Wikipedia, diktüoneemaargilliit
F, TTÜ mäeinstituut
Foto 3:
A, Peeter Koll, 26.04 2017
B, Maa-ameti ortofoto Geoportaalist, 2020

Eessõna

Ehitusobjektide rajamisel või pinnasetöödel Põhja-Eestis võib aeg-ajalt tekkida olukordi, kus maapõuest eemaldatavad kivimid sisaldavad graptoliitargilliidi kihti. Kuna graptoliitargilliidil on atmosfääritingimustes kalduvus teatud oludes iseeneslikult süttida või leostuda, mille tulemuseks on tervise- ja keskkonnaohud nii õhule, veele kui mullastikule, on ehitamisega tegelevatele ettevõtetele koostatud käesolev juhend, mis lahkab põhjalikult graptoliitargilliidi esinemist, tervise- ja keskkonnamõjusid, probleemide tekke tausta ning soovitusi nende vältimiseks.

Kaasatud eksperdid: Erik Puura (GeoKoht OÜ) kirjutas peatükid 1, 2, 3, 4, 5.1, 5.2, 5.3, 5.5, 5.6, 5.7 ning kokkuvõtte.

Seadusest tulenevate kohustuste peatüki (5.3 ja selle alapeatükid) koostasid Keskkonnaministeeriumi ja Keskkonnaameti spetsialistid.

Kasutatud on väljavõtteid inseneribüroo OÜ IPT Projektijuhtimine projektidest, millele on tekstis viidatud.

Juhendi koostamisel osalesid Johannes Vind (EGT) ja Tiit Kaasik (EGT).

1. Sissejuhatus — mis on graptoliitargilliit?

Graptoliitargilliit on ühekorraga savikivim ja põlevkivi. Lihtsustatult on tegemist üle 500 miljoni aasta tagasi settinud mudaga, mis on tihenenud ja kivistunud.

Eestis esineval graptoliitargilliidil on olnud mitmeid nimesid — must kilt, diktüoneemakilt, diktüoneemaargilliit. Kuna tegemist ei ole kildaga (kilt on moondekivim, argilliit settekivim) ja varasemalt kivimile nime andnud graptoliit *Dictyonema flabelliforme* on täpsustatult *Rhabdinopora flabelliformista*, siis kasutatakse mõistena just graptoliitargilliiti. Rahvapäraste nimetustena on olnud kasutusel mudakivi ja konnatahvel.

Graptoliitargilliidis sisalduvateks peamisteks mineraalideks on savimineraalid, kaaliumpäevakivi, kvarts ja püriit, lisaks põlevkividele iseloomulik orgaaniline aine — kerogeen.

Põlevkivina on Eesti graptoliitargilliidi kütteväärtus 4,2–6,7 MJ/kg. See on ligikaudu 2 korda väiksem kui Eesti energeetikas ja keemiatööstuses kasutatud kukersiidil ning seetõttu ei ole argilliidi kasutamine ainult energia ja/või õli saamiseks majanduslikult otstarbekas. Samuti vajaksid tekkivad jäägid erikäitlemist.

Lisaks sisaldab graptoliitargilliit keskmisest palju kõrgemas (10–600 korda) kontsentratsioonis mitmeid metallilisi elemente — reeniumi, molübdeeni, kaadmiumi, arseeni, uraani, pliid, antimoni, tsinki, vanaadiumi.

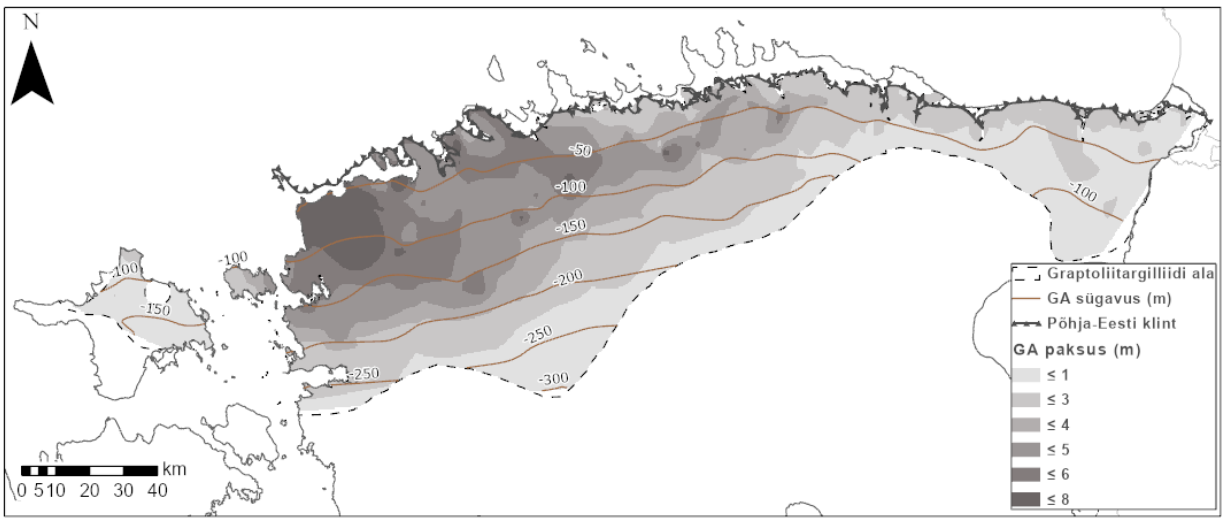
Hetkel puuduvad tehnilised lahendused, mis võimaldaksid argilliidis sisalduvaid elemente majanduslikult otstarbekalt kontsentreerida ja eraldada. Samas, eriti seoses taastuvenergeetika arenguga, vajadus mitmete argilliidis sisalduvate elementide järele on maailmas kõrge ning tõusuteel. Seetõttu nimetatakse graptoliitargilliiti ka tulevikumaavaraks ning sobilike tööstuslike komplekstehnoloogiate väljatöötamise ja vastavate teadusuuringute maht tõenäoliselt samuti kasvab. Seejuures tuleb juba ennetavalt tähelepanu pöörata võimalike tootmisjääkide keskkonnaprobleemidele.

Atmosfääritingimustesse paigutatuna on graptoliitargilliit ebastabiilne — püriidi oksüdeerumine tekitab väävelhapet ja võib viia raskmetallide kandumiseni ümbritsevasse keskkonda, kuhjadesse paigutatuna aga võib rõhk ning hapniku ligipääs orgaanilisele ainele koos püriidi oksüdeerumisel eralduva soojusenergiaga käivitada isesüttimise. Seetõttu on vajalik kanda erilist hoolt võimalike tervise- ja keskkonnamõjude ärahoidmiseks, kui argilliit atmosfääritingimustele avatakse.

2. Graptoliitargilliidi esinemine Eestis

Graptoliitargilliidi levikuala ja kihi paksus Eestis on kujutatud Joonisel 1. Loode-Eestis on kihindi paksus kõige suurem ning väheneb sujuvalt lääne, lõuna ning ida suunas. Juhime tähelepanu, et pruunika värvusega on skeemil tähistatud graptoliitargilliidi esinemise sügavuse samajooned. Miinus-märgiga tähistus näitab graptoliitargilliidi ülemise pinna sügavust maapinna suhtes.

Eesti aluspõhja settekivimite geoloogiline ehitus on üldises mõttes suhteliselt lihtne — kihid on väikese lõunasuunalise kaldega, ligikaudu 3 meetrit 1 kilomeetri kohta. Graptoliitargilliidi levikuala põhjapoolne piir langeb suures osas kokku Põhja-Eesti klindiga ehk astanguga (joonisel must sakiline joon), mis kohati avaneb järskude paekallastena.



Joonis 1. Graptoliitargilliidi levikuala Eestis, kihi paksus ning lasumissügavus (meetrites).

Seega asuvad piirkonnad, kus ehitustegevus või maavarade kaevandamine võib avada graptoliitargilliidi atmosfääritingimustele, just klindist vahetult lõuna pool. Nii on juhtunudki näiteks Maardu lähedal fosforiiti kaevandades, kus ebapädeva ladestustehnoloogia tõttu argilliit puistangutes 1980ndate lõpus süttis, ning mitmete hoonete ehitusel, millest tuntuimaks on näiteks KUMU, mille süvendist eemaldatud argilliit maeti teadaolevalt Kopli ammendatud savikarjääri Paljassaare poolsaarel. Graptoliitargilliidi esinemine või selle avamine kaevetööde käigus on siiski võimalik ka klindiesisel ehk merepoolsel alal.

Kuna ka tulevikus tekivad just Tallinna piirkonnas, aga ka mujal Põhja-Eestis plaanid uute ehitiste rajamiseks kohtades, kus graptoliitargilliidi kiht kuulub eemaldamisele ehitussüviste rajamise käigus, siis peavad ehitusettevõtjad tervise- ja keskkonnaprobleemide ärahoidmiseks argilliidi käitlemise erisuste ja kuludega arvestama.

Settekivimite kihtide vertikaalse järjestuse tundmaõppimiseks ongi kõige lihtsam vaadelda läbilõikeid seal, kus Põhja-Eesti klint avaldub sisuliselt vertikaalse ilma varikaldeta pankrannikuna.

Fotol 1 on kujutatud paekalda läbilõige KUMU kunstimuuseumi süvendis. Nagu jooniselt 1 näha, on graptoliitargilliidi kihi paksus paekalda läbilõikes Lääne-Eestis ja Tallinna ümbruses suurem (4–6 meetrit) kui Ida-Eestis (1–2 meetrit). Graptoliitargilliidi kihi all paiknev liivakivi sisaldab oma ülemises osas kohati

fosfaatseid käsijalgsete kodasid, see ongi karpliivakivi ehk fosforiit. Lõuna suunas argilliidikihi sügavus suureneb ja kihi paksus väheneb.

Graptoliitargilliidi tükke esineb pankranniku varikaldenõlvas ja mererannikul, samuti liustikusetetes.

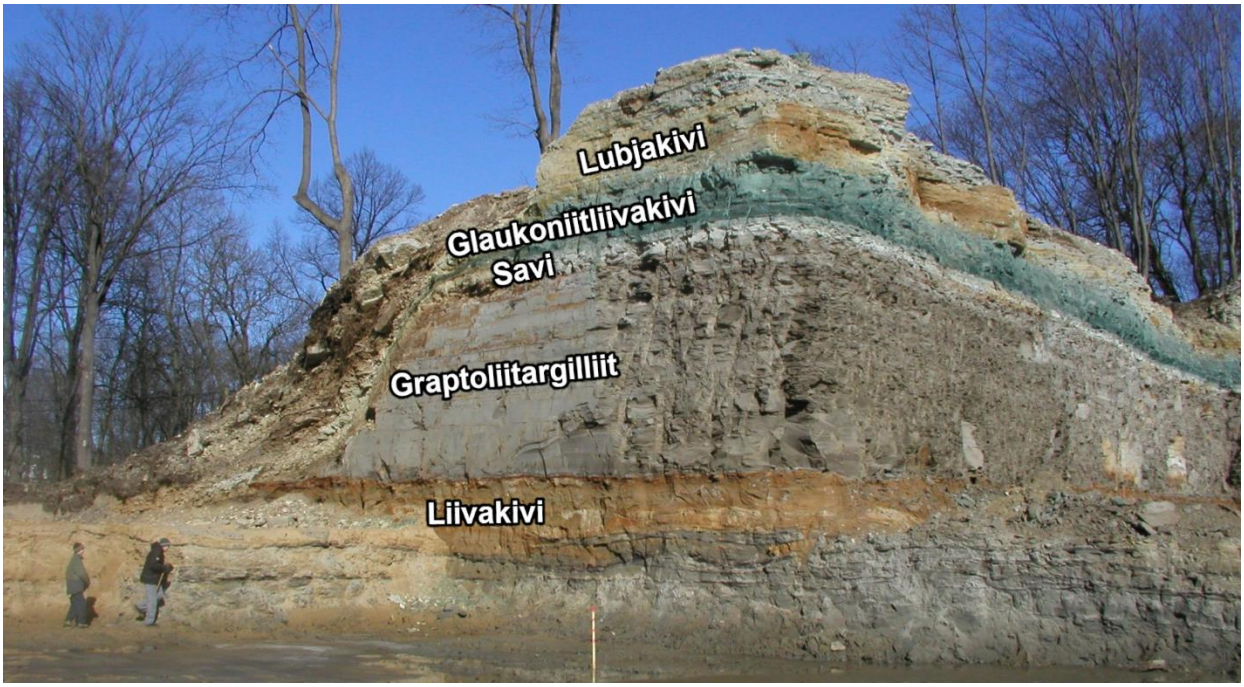


Foto 1. Aluspõhja kivimite läbilõige KUMU muuseumi süvendis.

3. Kuidas graptoliitargilliiti ära tunda?

Ka algaja geoloogi jaoks on graptoliitargilliit Eesti kivimite hulgas väga kergesti ära tuntav, peamiselt värvuse ja lõhenevuse põhjal. Samas võib segadusse ajada keemiliselt murenenud ja isesüttmiskolletes põlenud argilliidi määramine, kus värvus on muutunud ja kivim võib esineda nii pruuni, punase kui ka kollase värvusega.

Sõltuvalt orgaanilise aine ja eriti hajusteralise püriidi sisaldusest on keemiliselt muutumata graptoliitargilliit pruun, tumepruun või must ning tükkide pinnal võib harva esineda graptoliitide fossiile (Foto 2, A). Paljandites on argilliit kergesti lõhenev, tükid võivad olla karpja murdega (Foto 2, A) või liistakukujulised (Foto 2, B ja C).

Kui püriidi lagunemisel niisketes atmosfääritingimustes argilliit sisaldab karbonaatseid mineraale (kaltsiit või dolomiit, mis ei ole kõige tavapärasem) või argilliiditükid on kokkupuutes karbonaatsete kivimite tükkidega, võivad argilliidi pinnale tekkida kipsikristallid (Foto 2, B). Samuti võib nii argilliidi kui lubjakivi ja dolomiidi tükkide pinnale sel juhul tekkida raud(III) hüdroksiidi tumepruun kiht (Foto 2, C). See viitab, et poorivee pH on suurem kui 3.

Kui argilliidi pinnale on tekkinud helekollane kiht, on tegemist kaaliumjarosiidiga, mis tekib poorivee pH vahemikus 1.5–3 ning viitab tugevalt happelise vee tekkele ning sellega tõenäoliselt kaasnevale raskmetallide väljaleostumisele.

Mererannal Põhja-Eesti pankrannikute piirkonnas võib graptoliitargilliit esineda mere poolt uhutud õhukeste veeristena (Foto 2, E). Põlemiskolletes aga on argilliit muutunud roosaks, tumekollaseks ja punakaspruuniks tugevaks massiks, tegu on kaltsiumi, magneesiumi ja kaaliumi erinevate alumosilikaatidega (Foto 2, F; kollast mineraali on ekslikult peetud ehedaks väävliks).

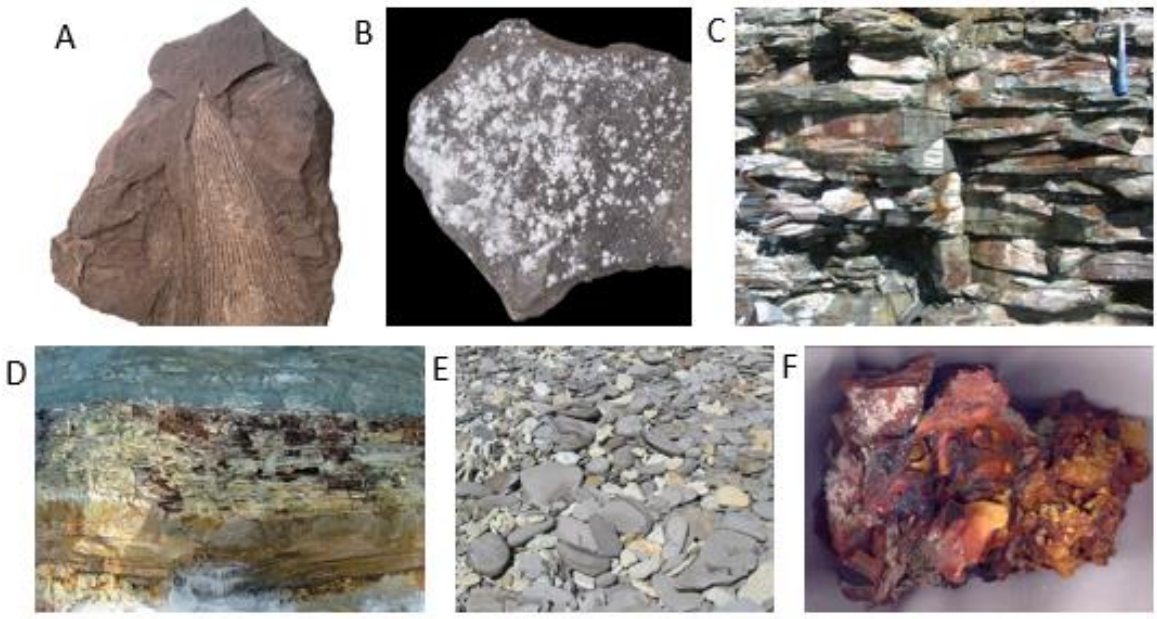


Foto 2. Graptoliitargilliit looduses. A – murenemata argilliit; B – kipsikristallid argilliiditükil; C – raud(III)hüdroksiidi kihi argilliiditükkide pinnal; D – jarosiidikiht argilliiditükkide pinnal; E – argilliidiveerised mererannal; F – põlemiskoldes moondunud argilliit.

4. Graptoliitargilliidiga seonduvad tervise- ja keskkonnamõjud

4.1. Radoon

Kuna graptoliitargilliiti iseloomustab keskmisest kõrgem uraanisisaldus, tekib uraani lagunemisel graptoliitargilliidi pooridesse värvitu ja lõhnata inertgaas — radoon, olles võimeline liikuma ümbritseva setendi või kivimi pooridesse ja pragudesse ning sealt edasi ümbritsevasse õhku. Nii on graptoliitargilliit üks Eesti peamisi, kuigi mitte ainukene radooniohu allikas.

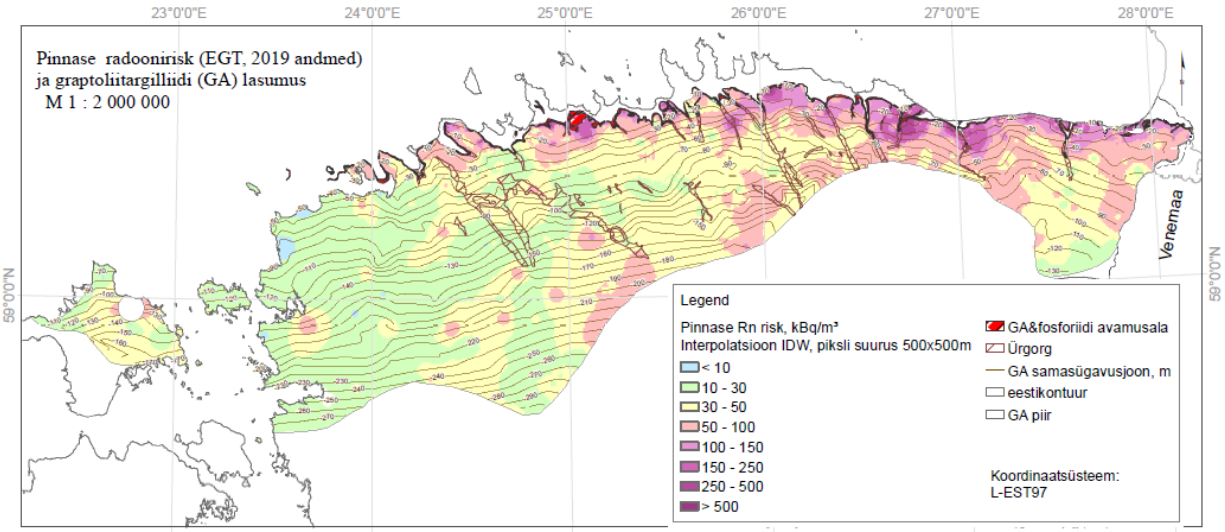
Maapinnast õhku pääsenud radoon hajub atmosfääris — tema sisaldus välisõhus on tavaliselt kõigest 2–20 Bq/m³, mis on liiga madal, et radooni võimalik mõju inimesele oleks avastatav.

Piiratud õhuvahetusega siseruumides võib aga radoonisisaldus kerkida sedavõrd, et sellist õhku hinganud inimeste hulgas on täheldatud kopsuvähki haigestumise riski suurenemist.

Seega on ehitustöödel vajalik teada, kuivõrd suur on radoonioht ehitusalusest pinnasest. Teine võimalus on, et radoon jõuab ehitisse seda anomaalselt kõrges kontsentratsioonis sisaldava põhjavee tarbimise kaudu, vabanedes tarbitavast veest nt duširuumides.

Nii siseruumide õhu kui põhjavee radoonisisaldust on probleemaladel vajalik ehituslike ja tehniliste võtetega vähendada, uued hooned tuleb projekteerida radoonikindlana, muudel juhtudel (vanemad ehitised) tuleb ruume ventileerida, tuulutada.

Radooniriski levilate kaardil eristub ilmekalt kõrge riskiga ribataoline ala, kus graptoliitargilliit paikneb maapõues maapinnale väga lähedal (Joonis 2).



Joonis 2. Pinnase radooniriski kaart graptoliitargilliidi levikualal Eestis.

Kui graptoliitargilliit on käesolevas juhendis toodu kohaselt maapõue paigutatud, isesüttimine välistatud ja leostumisoht minimiseeritud, tuleb ikkagi arvestada sellega, et maetud argilliit on radooni eraldumise allikaks piirkonnas, kus varem argilliit puudus. Järelikult tuleb ehitiste projekteerimisel nendes piirkondades sellega edaspidi arvestada.

Radooniga seonduv probleemistik on käsitletud ka Keskkonnaameti veebilehel https://www.keskkonnaamet.ee/et/eesmargid-tegevused/kiirgus/radoon .

4.2. Isesüttimine

Orgaaniliste ainete isesüttimine on kogu maailmas suureks probleemiks. Soojenemise põhjuseks on nii reageerimine hapnikuga (tavaliselt niisketes tingimustes) kui bakteriaalne fermentatsioon. Kui reaktsioonid jätkuvad temperatuuri tõustes, soojuse ärakanne on aeglane ja hapniku juurdepääs kiire, võib tekkida iseeneslik põleng, ilma süütamata. Süttida võivad näiteks hein, kompost, sõnnik, linaseemneõli, süsi, põlevkivi. Samas võib süttimisohtliku materjali puhul süttimise põhjustada ka loomulikult inimtegevus või muu looduslik põhjus (nt äike).

Püriit ja teised sulfiidsed mineraalid ise ei sütti, kuna kiireks reaktsiooniks hapnikuga on vajalik bakterite ja vee olemasolu — reaktsioon lülitab end temperatuuril alla 100°C välja. Küll aga on püriidi oksüdeerumine päästikuks, mis viib põlevkivide, eriti graptoliitargilliidi orgaanilise aine isesüttimiseni.

Just graptoliitargilliidi isesüttimise näited Maardu puistangutes olid need, mis toetasid 1980ndate lõpu fosforiidisõda ning viisid fosforiidi kaevandamise lõpetamiseni Maardus 1991. aastal.

Graptoliitargilliidi isesüttimise kolded võivad tekkida ka looduslikul teel — näiteks Põhja-Eesti klindi murenemisel ja lagunemisel tekkivas varikaldes. Sellised musta põlevkivi põlengud olid sagedased muuhulgas Lõuna-Inglismaa pankrannikul Kimmeridge'is.

Põlevkivide, sh graptoliitargilliidi põlengute peamiseks keskkonnamõjuks on õhureostus. Õhku paiskub palju väävligaase ja süsinikdioksiidi, kuid kõrgtemperatuurilise põlemiskolde kõrval on alati ka madalamatemperatuurilise ja mittetäieliku põlemise tsoonid. Seetõttu eraldub ka väga erinevaid gaasilisi ühendeid, mis võivad olla kahjulikud ja mürgised juba väga madalate kontsentratsioonide korral.

Põlengukolde lähedal viibides või läheduses elades võib gaaside sissehingamine põhjustada otseseid ja kaudseid tervisemõjusid, mis on vajalik välja selgitada igal juhul eraldi arvestades gaaside spetsiifilist koostist, kontsentratsioone ja toimeaega.

Lisaks iseloomustab põlenguid nende väga pikk kestus ning väga keeruline on leida viise, kuidas põlenguid kustutada. Näiteks on Kukruse aherainemägi, mis moodustus kukersiitpõlevkivi käsitsi rikastamisel, on seest kuum veel 50 aasta möödudes aktiivsest põlengust.

Teine suurem keskkonnaprobleem ongi veereostus, kuna mittetäieliku põlemise tõttu tekivad vastavates tsoonides vedelas olekus orgaanilised ühendid. Nende leostumine põhjavette võib kesta aastakümneid ja isegi aastasadu. Reostuskolde likvideerimine on praktiliselt ainuke lahendus, ning kui seda teha aastakümneid hiljem, on põhjavesi järk-järgult laienevas tsoonis reostunud ning reostuse levik võib kesta ka peale põlemis- ja utmiskollete likvideerimist veel aastakümneid ja aastasadu.

Kui põlemiskolletest tingitud veereostus jõuab veetarbimiskaevudesse, siis on sisuliselt ainsaks lahenduseks korraldada veevarustus mingil teisel moel ning püüda piirata reostuse edasist levikut.

Kolmandaks on põlengute tõttu häiritud maakasutus. Põlenguala on võimalik isoleerida takistamaks edasist levikut, kuid kui põleng ja utmisprotsessid jätkuvad, siis tuleb planeeringutes käsitleda vastavat ala kui ohuala.

Eksisteerib ka otsene oht saada põletushaavu ja kukkuda põlengukoldesse, eriti kui minna neid uudistama või uurima, samuti kollete kustutus- ja likvideerimistöödel. Seetõttu on näiteks keelatud ronimine varem hea vaatega turismiobjektiks kujunenud Kukruse aherainemäele ning uurimis-, kustutus- ja likvideerimistööd on vajalik organiseerida viisidel, kus ohud oleksid kindlaks tehtud ja välditud.

Põlengualade likvideerimiseks tuleb välja töötada igal juhul eraldi spetsiifilised lahendused. Turbaväljade põlemisel on peamiseks töötvaks lahenduseks olnud veetaseme tõstmine. Aherainemägede korral aga ei ole uputamine võimalik. Kohtla-Järve poolkoksimäe põleng

õnnestus 2013. aastal summutada katmise abil. Samas Kukruse aherainemäe jahtumisfaasi utmisprotsesside lõpetamiseks ei ole katmine efektiivne lahendus, mõeldav on materjal järk-järgult teisaldada, selle kulud aga ulatuvad miljonitesse eurodesse.

Kokkuvõtvalt tuleb isesüttimist igal juhul vältida ning ilmingute korral nii kiiresti kui võimalik põlengukolded likvideerida, leides igal juhul eraldi sobiva tehnilise lahenduse.

4.3. Leostumine

Kui argilliit paikneb looduslikus lasumis sügaval maapinnas, siis selles sisalduv püriit praktiliselt ei oksüdeeru — argilliidini jõudev põhjavesi on vaba hapniku juba kaotanud ning reaktsiooniks puudub hapnik. Samuti ei oksüdeeru argilliidis sisalduv püriit näiteks kuiva õhuga muuseumivitriinis, kus on küll hapnikku, kuid puudub reaktsiooniks vajalik vesi.

Graptoliitargilliidi leostumine on protsess, mille käivitab püriidi reageerimine hapniku ja veega ehk oksüdeerumine veekeskkonnas või niiskes õhus. Selle tulemuseks on sulfaadirikka happelise vee teke, mille tagajärjel omakorda vabanevad argilliidis sisalduvad raskmetallid, happeline vesi kandub põhja- ja pinnavette või reostab pinnast, ning tulemuseks on põhja- ja pinnavee, pinnaveekogude põhjasetete ning pinnase reostumine raskmetallidega, avaldades negatiivset mõju nii taimestikule, loomastikule kui inimesele. Erinevate raskmetallide üledoosidega seostuvad väga erinevad haigused, potentsiaalsete ohtudena graptoliitargilliidi puhul näiteks Cd, Pb, As, Zn, V, Mo mürgituste poolt põhjustatud haigused. Kas ja millise ulatusega see mõju näiteks Maardu puistangute puhul konkreetselt on olnud, on detailselt veel välja selgitamata, kuid viited püriidi jätkuvale, ent aeglustuvale oksüdeerumisele ning jääkreostuse sattumisele keskkonda on tuvastatud[1].

Happeline kaevandusvesi on globaalne probleem, mis on seotud väga paljude kaevanduspiirkondadega, eriti näiteks sulfiidsete metallimaakide, söe- ja uraanikaevandustega. Ainuüksi Euroopas on happelise kaevandusvee poolt reostatud tuhandeid kilomeetreid jõgesid, hulgaliselt järvesid ning laialdaselt on ka saastunud pinnasega alasid. Eesti põlevkividest kukersiidi puhul on happelise kaevandusvee teke välistatud, sest kukersiit sisaldab väga palju karbonaatseid mineraale (kaltsiit, dolomiit) ning tulemuseks on kõrgenenud kaltsiumi-, magneesiumi- ja sufaadisisaldusega vesi. Graptoliitargilliidi puhul on happelise vee teket takistanud asjaolu, et puistangutesse on argilliit paigutatud koos ümbriskivimiga, millest suur osa on jällegi karbonaatseid mineraale sisaldav lubjakivi või dolomiit. Lokaalset reostust siiski esineb ning näiteks Maardu järve kandunud kaevandusvee sulfaatidesisaldus muutis 30 aastat tagasi järvevee sulfaatseks (sulfaatidesisaldus kuni 1000 mg/L), mis ületas keskkonnanorme neljakordselt. Samuti leiti järve põhjasetetest anomaalselt kõrgeid raskmetallide sisaldusi.

Kui graptoliitargilliit maapõuest eemaldatakse ning paigutatakse õhuhapniku ligipääsu takistamisele tähelepanu pööramata atmosfääritingimuste meelevalda, käivitubki leostumisprotsess. See ei ole momentaalne, näiteks nädala jooksul ei ole protsessid jõudnud veel

[1] J. Pärn, J. Ivask, H. Tõnisson, E. Kaup, K. Urtson, A. Heinsalu, Maardu fosforiidilevila tehnogeense põhjavee kvaliteedi uuring, Tallinna Tehnikaülikooli Geoloogia Instituut, KIK 10963, 2017.

olulisel määral areneda, kuid mõne kuu möödudes võib mõju olla juba oluline, ning sealt edasi järjest suurem ja olulisem.

Seega, argilliidi leostumise võtmeks on püriidi oksüdeerumine, mida iseloomustab keemiline reaktsioon

$$FeS_2 + 7/2O_2 + H_2O \rightarrow Fe^{2+} + 2SO_4^{2-} + 2H^+$$

Argilliidi kiirele (soovitust kiiremale) leostumisele viitab uustekkeliste mineraalide, nn indikaatormineraalide olemasolu, näiteks

a) amorfse raud(III)hüdroksiidi teke (Foto 2, C; viitab poorivee pH-le >3)

$$FeS_2 + 3.75O_2 + 3.5H_2O \rightarrow Fe(OH)_3 + 4H^+ + 2SO_4^{2-}$$

b) jarosiidi teke kaaliumi vabanemisel savimineraalidest (Foto 2, D; viitab poorivee pH-le 1.5-3)

$$1/3K^+ + Fe^{3+} + 2/3SO_4^{2-} + 2H_2O \rightarrow 1/3KFe_3(SO_4)_2(OH)_6 + 2H^+$$

c) kipsi teke (Foto 2, B)

$$Ca^{2+} + SO_4^{2-} + 2H_2O = CaSO_4 * 2H_2O$$

Kui maapinnal või pinnasematerjalis on argilliidi- või lubjakivitükkide pinnal täheldatav uustekkeliste mineraalide olemasolu, siis tuleb arvestada, et raskmetallide leostumisprobleem on tekkinud või tekkimas ning sellise materjali paigutamisel kokkupuutele pinna- või põhjaveega hakkavad uustekkelised mineraalid ka ise lagunema.

Sama moodi toimub leostumine paljandites, kus argilliit avaneb, kaasa arvatud ehitiste vundamendiaukude seintes. Samas ei ole sealt leostuva vee kogus suur ning paljandeid õhu ligipääsu eest kaitsta ei ole otstarbekas. Pigem on siin olulised geotehnilised aspektid, sest argilliidi keemiline murenemine muudab kihi füüsikalisi omadusi. Küll võib arvestada, et näiteks taimestik Põhja-Eesti klindi jalamil on mõjutatud argilliidi leostumisprotsesside poolt, tagades korraga nii toitaineid taimede kasvuks (näiteks kaaliumi) kui tõenäoliselt olles mõjutatud raskmetallide kõrgendatud sisaldustest.

5. Maapõuest eemaldatud graptoliitargilliidi käitlemine

Kui mingi tegevuse, näiteks ehitamise käigus eemaldatakse maapõuest graptoliitargilliiti, siis on selle edasiseks käitlemiseks mitu erinevat formaalset võimalust, millest sõltuvad rakenduvad õiguslikud nõuded. Üldistatuna on nendest peamised:

- graptoliitargilliidi käitlemine tekkekinnistul;
- graptoliitargilliidi käitlemine tekkekinnistust erinevas asukohas;
- graptoliitargilliidi üleandmine käitlemiseks teisele isikule;
- graptoliitargilliidi ladestamine jäätmetena.

Erinevate nimetatud lahendustega seotud õiguslikke küsimusi on käsitletud käeoleva juhendi alapunktis 5.3, kuid sõltumata valitud formaalsest lahendusest, kehtivad alati samad sisulised graptoliitargilliidi käitlemise põhimõtted.

Sobilik lahendus väljatud argilliidi kiireks eemaldamiseks atmosfääritingimustest peab tagama, et

- argilliidis sisalduvate raskmetallide leostumine oleks minimaalne (elementide sisaldused ei ületaks lubatud piirväärtusi) ning happelise vee tekkel oleks see koheselt puhverdatud karbonaatsete mineraalide poolt, lisaks eeldatavalt ka kõrge sulfaadisisaldusega vee teke oleks välistatud
- argilliidi isesüttimine oleks välistatud
- võimalusega, et maetud argilliidist eraldub radooni, oleks arvestatud

Mida suurema varuga eelpool toodud tingimuste suhtes on valitud lahendus, seda väiksem on vajadus isesüttimise ohtusid ja raskmetallide võimalikku leostumist hiljem seirata.

5.1. Leostumise vältimise põhimõtted

Püriidi madalatemperatuurilise oksüdeerumise reaktsiooniks on vaja nii hapnikku kui vett, ning kuna atmosfääritingimustes on vesi sisuliselt alati olemas, siis reaktsiooni takistamiseks on vaja ära hoida või piisavalt takistada hapniku jõudmist püriidini. Argilliidis sisalduva püriidi kristallid on väga väikesed (suurus paari mikromeetri ringis) ning seetõttu on reaktsioon hapniku ja vee üheaegsel juurdepääsul kiire.

Üks võimalus selle saavutamiseks on graptoliitargilliit paigutada allapoole põhjaveetaset. Kui porsumata argilliit paikneb allpool pidevat põhjaveetaset, siis saab argilliidini jõuda vaid vees lahustunud hapnik. Kui kogu lahustunud hapnik, mis maapinnalähedases põhjavees saab olla (ligikaudu 10 mg/L), kuluks püriidi oksüdeerimiseks, siis vastavalt reaktsioonivõrrandile ei tõuseks sulfaatide sisaldus põhjavees üle 20 mg/L, samuti ei teki probleemi raskmetallide leostumisega.

Kui argilliit paigutada ülespoole pidevat põhjaveetaset, siis on kõige olulisemaks parameetriks, kui palju hapnikku läbi veega küllastumata pooriruumi argilliidini jõuab. Et seda viia võimalikult madalaks, on maailmas kasutatud erinevaid tehnoloogilisi lahendusi — savikihte, kunstlikust materjalist barjääre, kapillaarbarjääre (nt vahelduvad peene, jämeda ja uuesti peene liiva kihid, kapillaarjõud hoiavad vett peene liiva kihi poorides kinni) jne. Kuna aga selline tehnoloogiline lahendus on kulukas ning mõningatel juhtudel vajab ka hilisemat seiret, on alternatiivseks lahenduseks argilliidi paigutamine pinnasekihi alla piisavalt sügavale ning tagada puhverdusvõime karbonaatsete mineraalide abil (nt lubjakivikillustiku või -sõelmetega, ehitusjäätmetega jne).

Sellisel juhul tuleb arvestada, et karbonaatseid mineraale peab olema argilliidiga segatult või kihina argilliidikihi all piisavalt, mille tulemusena rakendub lubjakividele tavapärase magneesiumkaltsiidi korral keemiline reaktsioon

$$Ca_{0.86}Mg_{0.14}CO_3 + H^+ \rightarrow 0.86Ca^{2+} + 0.14Mg^{2+} + HCO_3^-$$

Oluline on, et kui ka toimub argilliidis sisalduva püriidi mõõdukas oksüdeerumine, siis karbonaatsete mineraalide olemasolu happelisuse puhverdusreaktsiooniks oleks piisav ning sulfaadi sisaldus argilliidiga kokku puutuvas vees oleks hea veekvaliteedi ja joogivee piirnormide

piires (<250 mg/L). Indikaatormineraal kipsi väljasettimisel näiteks on sulfaadisisaldus kindlalt üle 500 mg/L.

5.2. Isesüttimise vältimise põhimõtted

Argilliidis sisalduva püriidi oksüdeerumine on eksotermiline reaktsioon — see tähendab, et reaktsiooni käigus eraldub soojus. Kui madalatemperatuuriliseks reaktsiooniks on piisavalt nii vett kui hapnikku ning soojuse ärakanne on aeglane, hakkab argilliiti sisaldava materjali temperatuur püriidi oksüdeerudes tõusma. Kui argilliit on maetud horisontaalse kihina ning kaetud teiste materjalidega (liiv, kruus, savi, ehitusjäätmed, lubjakivikillustik jne), siis temperatuur võib mõnevõrra tõusta, aga isesüttimiseni see ei vii.

Isesüttimise põhjuseks on argilliidi paigutamine kuhjadesse, millel on järsud nõlvad. Selle tulemusena hakkab toimima nn korstna- või ahjulõõriefekt: mida kõrgemaks kasvab temperatuur kuhja sees, seda tugevamaks muutub õhuvool kuhja küljelt sisse ning ülevalt välja. Oma osa võib seejuures mängida ka tugevam tuul. Temperatuur võib püriidi oksüdeerumise tulemusena tõusta kuni 90 kraadini ning kui argilliit sisaldaks vaid püriiti, siis reaktsioon peatuks, sest vesi aurustuks. Kuna aga argilliit kuulub põlevkivide hulka ja sisaldab orgaanilist ainet (kerogeeni), on püriidi oksüdeerumine päästikuks, mis vallandab orgaanilise aine põlengu. Temperatuur seejuures võib tõusta üle 1000 kraadi.

Kuumenemise ja isesüttimise protsessidel on teatud viibeaeg. Ei ole teada, et põlengud tekiksid argilliiti sisaldavate kuhjade puhul kiiremini kui pool aastat, kuid ohutuse tagamiseks (mis sisaldab ka võimalust, et kuhjasid püütakse teadlikult või kogemata süüdata) on soovitus objekti omanikele võtta argilliiti sisaldavad kuhjad pideva jälgimise alla ning likvideerida need hiljemalt kahe nädala jooksul. Kõige lihtsam on kuhjade teket, kus argilliit paikneb nõlvade sees, lihtsalt vältida.

5.3. Kui suur kogus graptoliitargilliiti vajab spetsiaalset käitlemist?

Päris üksühest piiri paika panna on keeruline. Leostumise ohte silmas pidades tuleb arvestada, et juba 50 grammi püriiti omab oksüdeerumisel potentsiaali muuta happeliseks (pH 3) 2000 liitrit vett. Seega 1 kilogramm argilliiti on lokaalse hapestumise seisukohalt juba oluline kogus. See muidugi ei tähenda, et paljandites, kus esineb argilliit, oleks vajalik oksüdeerumist takistada – küll aga arvestada, et varikaldes ja otseselt paljandi all paiknev mullastik ja taimestik võivad olla leostumisest mõjutatud.

Kui käsitleme isesüttimist, siis võib soodsate tingimuste korral süttida ka poole meetri kõrgune kuhi, mis sisaldab paarkümmend protsenti argilliiti — seega kui argilliidi kogus ulatub 100 kilogrammini, võib ebapädeva käitlemise korral isesüttimisoht juba tekkida.

Nii saab jõuda järelduseni, et ligikaudu 1 m^3 võiks olla see piir, millest väiksema koguse korral piisab argilliidi segamisest kaltsium- ja magneesiumkarbonaatseid ja -hüdroksiidseid mineraale sisaldavate materjalidega (lubjakivi- ja dolomiiditükid ja neid sisaldavad setendid, jne) ning seda segu võib õigusaktide nõudeid järgides ladestada või kasutada täitepinnasena. Koguste korral 1 m^3–10 m^3 on soovitatav eksperthinnang, kuhu ja kuidas saab argilliidi paigutada, sh arvestades

radooniriski. Üle 10 m^3 suuruste koguste korral on rangelt soovituslik omada eksperdi poolt koostatud eriprojekti koos koha leidmisega, kus leostumist minimiseerivat ja isesüttimist välistavat meetodit saab rakendada ning radoonitekke võimalusega arvestada.

5.4. Õigusaktidest tulenevad nõuded GA käitlemisele

5.4.1. Graptoliitargilliidi käitlemine tekkekinnistul

Kui graptoliitargilliiti taaskasutatakse käesoleva juhendi soovitusi järgides pinnasetäitena tekkekinnistul, siis selline tegevus reeglina täiendavaid kooskõlastusi ja keskkonnakaitselube ei eelda. Täiendavad nõuded võivad sõltuvalt juhtumist rakenduda näiteks juhul, kui käitlemislahenduses on ette nähtud jäätmete kasutamine vms. Sellisel juhul saab nõu küsimiseks pöörduda Keskkonnaameti poole.

5.4.2. Graptoliitargilliidi käitlemine väljaspool tekkekinnistut ja üleandmine teisele isikule käitlemiseks

Kaevis on looduslikust olekust eemaldatud kivimi või setendi tahke osis nagu liiv, kruus, lubjakivi, aga ka graptoliitargilliit jne. Maapõueseaduse kohaselt on ehitamisel maapõues tehtavate tööde, nagu kraavi, vundamendi ja allmaaehitise rajamine, ning maaparandushoiutööde ja maaparandussüsteemi ehitamise ning põllumajandustööde käigus üle jääva kaevise võõrandamine või selle väljaspool kinnisasja tarbimine lubatud ainult Keskkonnaameti loal. Kaevise võõrandamiseks või väljaspool kinnisasja kasutamiseks tuleb esitada taotlus kaks nädalat enne kavandatavat tegevust (maapõueseadus § 97). Väljastatava loa kehtivusaeg on kuni aasta. Analoogsed nõuded kehtivad ka kaevandamise käigus graptoliitargilliidi eemaldamisel katendist (maapõueseadus § 99).

Keskkonnatasude seaduse alusel tuleb kaevise võõrandamise või väljaspool kinnisasja tarbimise eest tasuda kaevisega võrdväärseks määratud maavara kaevandamisõiguse tasu. Tasukohustuse ja tasumäära otsustab Keskkonnaamet.

Luba pole vaja taotleda maaparandushoiutöödel, maanteekraavide puhastamisel, tehnovõrkude ja rajatiste rajamisel vastava projektiga määratud mahus või projekti puudumisel vastava töö tegemiseks põhjendatud mahus tekkivale kaevisele ja tee ehitamisel saadud kaevisele, kui seda kasutatakse sama objekti tarbeks (MaaPS § 97 lg 9).

Täpsem info kaevise ja katendi kasutamisega seonduva kohta on leitav ka Keskkonnaameti veebilehel: https://www.keskkonnaamet.ee/et/eesmargid-tegevused/maapou/kaevise-voi-katendi-kasutamine ja maapõueseaduse §-s 96–99.

5.4.3. Graptoliitargilliidi ladestamine

Juhul, kui graptoliitargilliidile ei ole võimalik leida kasutust pinnasetäitena või muul viisil, võib graptoliitargilliit olla õiguslikult käsitletav jäätmetena. Sellisel juhul rakenduvad graptoliitargilliidi

käitlemisele ka jäätmeseaduse nõuded ja muuhulgas võib seda ladestada vaid selleks luba omavasse käitisesse. Sellise olukorra tekkimisel saab edasisi käitumisjuhiseid küsida Keskkonnaametist.

5.5. Näited, kus graptoliitargilliidiga seonduv probleemistik on edukalt lahendatud

Jõelähtme prügila rajamine (2001).

1990ndate lõpus tekkinud idee rajada Tallinna jäätmekäitlusettevõtte prügi ladestuskoht Maardu endise fosforiidikarjääri puistangualale, kus pinnases on väga suures koguses graptoliitargilliiti, oli seotud reaalsete ohtudega argilliidi süttimiseks ja uute põlengukollete tekkeks. 2001. aastal koostas inseneribüroo OÜ IPT Projektijuhtimine spetsiaalse hinnangu ja juhendi (autor Erik Puura, projektijuht Peeter Talviste), mille nõuete rakendamine välistas argilliidi isesüttimise ja vähendas argilliidi madalatemperatuurilist leostumist.

Välja töötatud lahenduse põhipunktideks olid:

(1) Ehitusjärgus tuleb vältida isegi ajutist aheraine ladestamist järskude nõlvadega kuhilatesse. Nõlva kalle ei tohi ületada 6° (1:10).

(2) Olemasolevate puistangute materjal, kui seda tasandatakse, tuleb järk-järgult eemaldada, alustades puistanute tipust, mitte põhjast.

(3) Tuleb tagada olemasolevate nõlvade (kraavide nõlvade) stabiilsus. Vastasel korral tuleb kraavid täita või vähendada nõlvade kallet.

(4) Uute nõlvade rajamine ei ole soovitav. Ladestamiskohta ümbritsev nõlv peab olema lauge, maksimaalselt 6° (1:10). Alternatiiviks on vähendada hapniku transporti nõlva sisse, ehitades barjääri (savikiht, kapillaarne barjäär) 2 nädala jooksul alates nõlva moodustumisest.

(5) Isesüttimise riskide tõttu ei ole soovitav kasutada aherainematerjali jäätmete katmiseks. Vastasel korral on vajalik spetsiaalne uurimus isesüttimisriskide kohta, mis analüüsiks süttimist soodustavaid tingimusi, või tuleks argilliit aherainest eraldada, kasutades katmiseks ainult lubjakivi ja liivakivi.

(6) Juba eksisteerivate nõlvade ja uute ehituse käigus tekkivate nõlvade puhul on isesüttimist soodustavaks täiendavaks riskifaktoriks temperatuuri tõus nõlvade sisemuses, mis tekib linna tahkete jäätmete anaeroobsel lagunemisel prügila toimimise ajal. Seda riskifaktorit tuleb hiljem hinnata detailse uurimuse teel. Temperatuuriseire programmi tuleb jätkata ning kui täheldatakse temperatuuri tõusu kriitilisse vahemikku (25–30°C), tuleb vähendada nõlvade läbilaskvust barjääride ehitamise teel (nt. savi- või kapillaarbarjäär). Alternatiiviks on olemasolevate kraavide täitmine.

Prügiladestu põhja ehitatav savibarjäär ning prügikihid ise lõid tingimused, et hapnik prügila alla jääva argilliidini enam ei pääsenud. Seega vähenes ka argilliidi madalatemperatuurilise leostumise intensiivsus.

Möödunud 20 aasta jooksul ei ole prügilapiirkonnas argilliidi isesüttimisjuhtumeid olnud.

Ehitusobjektilt Lubja 4 (Tallinn) pärineva graptoliitargilliidi paigaldamine Tondi-Väo karjääri (2016)

IPT Projektijuhtimine OÜ poolt koostatud juhend (autor Peeter Talviste) tugines Jõelähtme prügila rajamiseks koostatud tööle ning Tondi-Väo karjääri korrastamise kavale.

Isesüttimist välistava lahenduse leidmisel arvestati kahe põhipunktiga:

(1) Vältida isegi ajutist argilliidi ladestamist järskude nõlvadega kuhilatesse. Nõlva kalle ei tohi ületada 6° (1:10). Soovitatav on argilliit koheselt ehitusobjektilt ära transportida ja ladestamise või kasutamise kohas koheselt tasandada.

(2) Paigutada graptoliitargilliit võimalikult hajusalt. Uute nõlvade rajamine ei ole soovitav. Ladestamiskohta ümbritsev nõlv peab olema lauge, maksimaalselt 6° (1:10). Alternatiiviks on vähendada hapniku transporti nõlva sisse, ehitades barjääri (savikiht, kapillaarne barjäär) 2 nädala jooksul alates nõlva moodustamisest.

Tondi-Väo karjääris võeti kavasse argilliidi kasutamine kahe mäeeraldise vahel trapetsi kujulise puistangu moodustamisel (14 m kõrge, harjal 15 m lai, jalamil 75 m lai, nõlvus 1:2). Ülalkirjeldatud lahenduste kohaselt soovitati argilliiti kasutada puistangu alumistes kihtides, hajusalt ja 2 nädala jooksul vajaliku kapillaarset barjääri moodustades.

Võimalikku happelisust neutraliseerivaks materjaliks valiti Paekivitoodete Tehase OÜ tootmisjääk — paesõelmetest välja pestud pae-savi segu (paešlamm).

Kompleksne lahendus koosnes isesüttimise välistamisest ning raskmetallide leostumist pidurdavatest meetmetest ning koosnes viiest põhipunktist:

1. Graptoliitargilliit paigaldada õhukese 0,1...0,2 m paksuse kihina.

2. Graptoliitargilliit paigaldada rajatava valli alumisse kolmandikku, mitte kõrgemale kui 5 m karjääri põhjast.

3. Graptoliitargilliit paigaldada rajatava valli tuuma, mitte lähemale kui 4 m valli välimisest kontuurist.

4. Graptoliitargilliit katta koheselt, kuid mitte hiljem kui 2 nädala jooksul paesõelmete või paešlammi 0,5...1 m paksuse kihiga. See kiht takistab õhu juurdepääsu ja tekitab vajaliku happelisuse puhverdamistsooni, juhul kui püriidi oksüdeerumine siiski vallis aset leiab.

5. Paešlammile paigaldada tehnoloogiliselt vajalik (näiteks autotranspordi liikumise võimaldamiseks vallil) mineraalpinnasekiht.

Ehitusobjektilt Tõnismägi 11a (Tallinn) pärineva graptoliitargilliidi paigaldamine Tondi-Väo karjääri (2017)

Vajadus graptoliitargilliiti käidelda tekkis seoses maa-aluse parkimismaja süvendi kaevamisega, hinnatud kogus 1500…2000 m^3. IPT Projektijuhtimine OÜ poolt koostatud juhend (autor Peeter

Talviste) tugines taas Jõelähtme prügila rajamiseks koostatud tööle ning Tondi-Väo karjääri korrastamise kavale ning soovitused olid sisuliselt analoogsed 2016. aasta tööga.

5.6. Graptoliitargilliidi käitlemisala hilisem kasutamine

Üheselt järgitavat juhist ala hilisema kasutamise puhuks anda ei saa, sest võimalike tegevuskavade hulk on lai ja sõltub paljudest teguritest. Seni ellu viidud graptoliitargilliidi käitlemise eriprojektid on ette näinud ehitamise käigus eemaldatud graptoliitargilliidi paigutamise Tondi-Väo karjääri (peatükk 5.4, näited aastatest 2016 ja 2017). Nende näidete puhul tuleb ehitusobjekti hilisemal rajamisel graptoliitargilliiti sisaldavale pinnasele arvestada järgmiste põhimõtetega:

a) Argilliidi isesüttimise vältimiseks tuleb vältida argilliidi ladestamist järskude nõlvadega kuhilatesse. Ehitusobjekti rajamisel ei tohi argilliiti sisaldavat materjali ümber paigutada nii, et tekiksid argilliiti sisaldavad kuhilad ja järsud nõlvad.

b) Kui õhuhapniku juurdepääs argilliidini on takistatud savikihi või kapillaarse barjääriga, siis on vajalik tagada, et nende funktsionaalsus ei väheneks, või on konstrueeritud piisavalt funktsionaalne uus barjäär.

c) Kui happelisuse tekke puhverdamiseks on kasutatud paesõelmeid või paešlammi, siis on vajalik tagada, et vastavate kihtide neutraliseeriv potentsiaal säiliks või konstrueerida piisavalt funktsionaalne uus puhverdav kiht.

d) Kui on vajalik rajada sügav kaeveõõs, mis läbib argilliidi kihti, siis tuleb argilliiti sisaldav pinnas täielikult eemaldada ning käidelda uue eriprojekti alusel.

e) Vajalik on ehitusobjektide konstruktsioonis arvestada, et karjääri paigutatuna on argilliit jätkuvalt radooni allikaks. Seega peavad ehitised olema projekteeritud ja ehitatud vastavat ohtu arvestades.

Need põhimõtted on otstarbekas kirja panna käitlemise eriprojekti juhistesse, selle puudumisel tuleb koostada eraldiseisev juhiste kogum.

Ligikaudu 12 ha suurusesse Kopli savikarjääri on ladustatud ehitusjäätmeid, aga ka vähesaastunud pinnast (Foto 3). Muu hulgas veeti sinna KUMU kunstimuuseumi süvendist väljatud graptoliitargilliiti. Tänaseks on savikarjäär korrastatud ning ala on planeeritud kasutusele võtta äri- ja tööstusmaa ning virgestusalana[2].

Üldistatult saab öelda, et kui järgitakse argilliidi käitlemise ohutust tagavaid põhimõtteid, siis ei ole välistatud ladestusala hilisem kasutamine, kuid olukordi tuleb hinnata juhtumipõhiselt.

[2] OÜ Adepte Ekspert, 2011, Paljassaare põik 16 ja lähiala detailplaneeringu keskkonnamõju strateegiline hindamine, https://www.tallinn.ee/est/g3566s57286 (link avatud 30.11.2020).



Foto 3. Endine Kopli savikarjäär, kuhu ladustati ehitusjäätmetele lisaks ka graptoliitargilliiti. A — Korrastatud jäätmehoidla pildistatud 2017. aastal (Peeter Koll), ning B —Maa-ameti 2020. aasta ortofotol.

5.7. Vajadus eriprojekti järele

Vastavalt käesolevale juhendile on ehitusettevõttel iseseisvalt olukorda hinnates ja läbi mõeldes võimalik leida lahendus graptoliitargilliidi käitlemiseks. Samas on graptoliitargilliidi käitlemisel igakordselt vajalik spetsiifiline lahendus, arvestades ajafaktorit ja kuluefektiivsust, mis sõltub mitmest komponendist:

- Ehitusobjekti asukohast
- Graptoliitargilliidi looduslikust lasumist eemaldamise mahtudest ja ajaraamistikust
- Sobiva käitluskoha olemasolust ja selle kaugusest ehitusobjektist, kus graptoliitargilliiti saab näiteks täitepinnase hulgas kasutada
- Spetsiifilistest töödest sobivas kohas, kus graptoliitargilliiti saaks piiratud koguses kasutada (nt tee aluse rajamine, valli ehitamine jmt)
- Kaltsium- ja magneesiumkarbonaate ja/või -hüdroksiide sisaldava materjali omadusest, kättesaadavusest ja maksumusest, mis tagab happelise vee puhverdamise (nende puudumisel hapnikku väga piiratud koguses läbi laskva ja pikas ajaraamistikus vastupidava kihi konstrueerimine)

Eeltoodu alusel on soovitus graptoliitargilliidi suurte koguste korral (ka üle 1 m^3, aga tavapäraselt sadade ja tuhandete kuupmeetrite korral) tellida spetsiaalne eriprojekt, mis leiab parima sobiliku lahenduse nii isesüttimise välistamist ja leostumise minimiseerimist kui kuluefektiivsust silmas pidades.

Kokkuvõte

Peale fosforiidisõda 1980ndate lõpus ja sellega seotud laialt levinud teabega graptoliitargilliidi kalduvustest süttida ja leostuda on mitmed ehitusettevõtjad viimase 20 aasta jooksul teadlikult lähenenud võimalikele tervise- ja keskkonnaohtudele ning tellinud sobiliku eriprojekti, mis isesüttimisohud välistab ja leostumisohud minimiseerib.

Käesolev juhend võtab kokku senise parima praktika ning avab tausta, kus graptoliitargilliit esineb, kuidas seda ära tunda, missugused ja millest tingitud on tervise- ja keskkonnaohud ning kuidas tuleks argilliiti käidelda.

Esitatud teabe põhjal on igal ehitusettevõtjal ka iseseisvalt võimalik luua lahendused, mis ohud välistavad. Üldise kuldreeglina tuleks maapõuest eemaldatud ja atmosfääritingimustele avatud argilliit kahe nädala jooksul toimetada käitlemiskohta ning kasutada täitepinnase komponendina kindlaid ohutusmeetmeid järgides (vältides paigaldamist järskude nõlvade sisse, segades happelisust puhverdavate materjalidega või paigutades sellise materjalikihi peale, kattes inertse materjali kihiga, või siis eelpool toodud lahenduste puudumisel kasutada hapnikku mitte läbi laskvaid barjääre).

Kuna aga jälgitavaid parameetreid on palju, iga lahendus on mõnevõrra spetsiifiline, käitlemistehnoloogia tõhusust pole vajalik ka tugevalt üle dimensioneerida ning käitlemise peamiseks maksumuseks saab olema argilliidi transport ja kasutamine täitepinnasena, siis tuleb pidada otstarbekaks soovitada tellida ekspertidelt vastav eriprojekt, kusjuures lähteülesande hulka kuulub ajaraamistikku sobiva ja transporditee kauguse mõttes kõige lähedasema paigaldusvõimaluse leidmine.