



Estonia kaevanduse päikeseelektrijaama rajamisega kaasnevad riskid kaevanduse allmaa ja pealmaa objektidele

Bakalaureusetöö

Üliõpilane: Brigitta Uibo

Juhendaja: Erik Väli, vanemlektor, PhD

Õppekava: Maateadused ja geotehnoloogia (YAEB)

Tallinn 2021

Autorideklaratsioon

Kinnitan, et olen koostanud antud lõputöö iseseisvalt ning seda ei ole kellegi teise poolt varem kaitsmisele esitatud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on töös viidatud.

Autor: Brigitta Uibo

[allkirjastatud digitaalselt]

Töö vastab bakalaureusetööle esitatavatele nõuetele.

Juhendaja: Erik Väli

[allkirjastatud digitaalselt]

Töö on lubatud kaitsmisele.

Kaitsmiskomisjoni esimees: [nimi]

[allkirjastatud digitaalselt]

Annotatsioon

Eesti Energia AS plaanib rajada Estonia kaevanduse II päikeseelektrijaama kaevanduse kamberplokkide 301, 302, 501 ja 502 kohale. Kõnealune projekt toetab Riigikogu Kliimapolitika põhialuseid, võimaldades toota taastuvenergiat, kasutades samal ajal ehituseks kaevandamisjääke, mida Eestis põlevkivi kaevandades iga-aastaselt suurtes kogustes väljatakse ning pea poole ulatuses rakendust leidmata ladustatakse.

Eesti vabariigi Riigikogu Jäätmeseaduse kohaselt tuleb jäätmetekke vältimise ja jäätmehooldusmeetme väljatöötamisel ning rakendamisel juhinduda prioriteetide järjestusest jäätmehierarhiast, kus on välja toodud ka ringlussevõtt [1], mis kohaldub antud kontekstis suurepäraselt põlevkivi aheraine kasutamisel elektrijaama alustarindi rajamiseks.

Planeeritav päikeseelektrijaam rajatakse Estonia kaevanduse territooriumil kvaasistabiilsele alale, mille tõttu on vaja hinnata territooriumi sobivust ehituseks. Päikeseelektrijaama ehitusse kuulub alustarind, millele elektrijaam püstitatakse. Kuna alustarindi ehituseks kasutatakse suurtes kogustes kaevandusjääke, koormab see niigi kvaasistabiilset maapinda. Analüüsi käigus tehakse kindlaks projektiga kaasnevad potentsiaalsed allmaa ja pealmaa riskid, hinnatakse nende mõju ning pakutakse välja reaalseid lahendusi, kuidas kahjusid minimeerida.

Töö käigus tugineti faktile, et tugitervikud purunevad ja põhilagi variseb, kui rõhk tervikutes ületab survetaluvuse. See juhtub siis, kui:

- a. tervikute tugevus aja jooksul väheneb,
- b. kui rõhk ja koormus tervikutele kasvab maapinnale rajatava ehitise tõttu.

Töö tulemustest ning analüüsist järeldub, et päikeseelektrijaama rajamine ei kujuta otsest ohtu ei pealmaa ega allmaa objektidele. Varing kaevanduses on maapinna koormamise tõttu vältimatu, kuid see ei too kaasa endaga suuri kahjusid ei allmaa ega pealmaa objektidele. Strateegiliselt tähtsad allmaa objektid ei asu kollapsi puhul tekkiva õhusurvelaine mõjupiirkonnas. Strateegiliselt tähtsad pealmaa objektid asuvad altkaevandatud alal, kus võimaliku kollapsi puhul maapinna vajumist ei teki. Piisab võimalike ohtude maandamise meetmetest õhu surveainete ümbersuunamisest tuulutustökete abil.

Kokkuvõtlikult võib väita, et Estonia kaevanduse päikeseelektrijaama ala on valitud hästi ning ettevaatusainõusid silmas pidades on võimalik projekt läbi viia võimalikult ohutult.

Abstract

Eesti Energia AS plans to build solar power plant above the chambers 301, 302, 501 and 502 in mine Estonia. This project supports the principles of the Riigikogu's Climate Policy, enabling the production of renewable energy, while at the same time using mining residues for construction, which are extracted in large quantities annually during oil shale mining and stored almost half without any application.

According to the Waste Act of the Riigikogu of the Republic of Estonia, the development and implementation of waste prevention and management measures must be guided by the waste hierarchy, which also sets out recycling [1], which in this context is suitable for the construction of power plant.

The planned solar power plant will be built in the area on the territory of the Estonia underground mine, due to which it is necessary to assess the suitability of the territory for construction. The construction of a solar power plant includes the substructure on which the power plant will be erected. As large amounts of mining waste are used for the construction of the substructure, it burdens the already undermined ground. The analysis identifies the potential underground and surface risks associated with the project, assesses their impact and proposes realistic solutions to minimize the damage.

The work was based on the fact that the support units break and the main ceiling collapses when the pressure in the whole exceeds the pressure resistance. This happens when:

- a. The strength of whole decreases over time
- b. When the pressure on the units increases due to the building being built on the ground. The results of the study show that the construction of a solar power plant does not pose a threat to either surface or underground objects.

The results of the work and the analysis show that the construction of a solar power plant does not pose a direct threat to either surface or underground objects. A collapse in a mine is inevitable due to ground loading, but it does not cause major damage to underground or surface objects. Strategically important underground objects are not located in the area affected by the air pressure wave in the event of a collapse. Strategically important surface objects are located in the undermined area, where in the event of a possible collapse, the ground will not sink. Measures to mitigate potential hazards by diverting air pressure waves through ventilation barriers are sufficient.

In summary, it can be said that the solar power plant area of the Estonia mine has been well chosen and, taking into account precautionary measures, it is possible to carry out the project as safely as possible.

Sisukord

ANNOTATSIOON	3
ABSTRACT	4
SISSEJUHATUS.....	6
MÕISTED JA SELETUSED.....	7
1. ESTONIA KAEVANDUSE PÄIKESEELEKTRIIAAMA TERRITOORIUMI KIRJELDUS.....	8
2. PLANEERITAVA PÄIKESEELEKTRIIAAMA KIRJELDUS	13
3. ELEKTRIIAAMA ALUSTARINDI ALL ASUVAD ALLMAA OBJEKTID	14
4. RISKID ALLMAA OBJEKTIDELE JA ELEKTRIIAAMA ALLA JÄÄVATE TERVIKUTE PÜSIVUS.....	16
4.1 TERVIKUTE PÜSIVUSE TÕENÄOSUS	16
4.2 ÕHU SURVELAINE TEKKE TÕENÄOSUS	18
4.3 VÕIMALIKU ÕHU SURVELAINE MÕJU ALLMAAOBJEKTIDELE, INIMESTELE JA SEADMETELE	19
4.4 RISKI MAANDAMISE MEETMED ALLMAAOBJEKTIDELE	21
5. RISKI MAANDAMISE MEETMED PEALMAA OBJEKTIDELE	22
5.1 VARINGU VÕI VAJUMI MÕJU PEALMAA OBJEKTIDELE	22
5.2 RISKI MAANDAMISE MEETMED MAAPINNAKIHTIDE OMAVAHELISE NIHKUMISE KORRAL.....	23
PINNASE STABILISEERIMINE LUBITSEMENDIGA	23
VAIADE KASUTAMINE MAALIHKE ENNETAMISEKS	24
5.3 MAA HOIDMISE METOODIKA ALTKAEVANDATUD ALAL	24
TERVIKUID KOORMAVA MASSI GEOMEETRIILISED PARAMEETRID	25
5.4 VÕIMALIKU VARINGU MÕJUALA SUURUSE ARVUTUS.....	26
6. ESTONIA KAEVANDUSE II PÄIKESEELEKTRIIAAMA ALA SWOT ANALÜÜS.....	29
TÖÖ KOKKUVÕTE, JÄRELDUSED JA SOOVITUSED	31
KASUTATUD KIRJANDUS	33
LISAD	35
LISA 1.....	35
LISA 2.....	36
LISA 3.....	37
LÕPUTÖÖ ÜLESANNE	38
LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ REPRODUTSEERIMISEKS JA LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS	39

Sissejuhatus

Käesoleva lõputöö teema on tänapäeval väga aktuaalne, sest suurem osa põlevkivi kaevandamisel tekkivast aherainest ladustatakse kaevanduse territooriumile ning see ei leia mõistlikku rakendust. Ümbritseva keskkonnahoiu mõttes ei ole aheraine ladustamine perspektiivikas ning sellepärast otsitakse tänapäeval aherainele uusi kasutusvõimalusi.

2018. aastal kaevandati Eestis kokku 15,95 miljon tonni põlevkivi [2]. Üldistatult tekib iga kaevandatud põlevkivi tonni kohta kuni 0,5 tonni kaevandusjäätmeid. BioPõlevkivi kaevandamisjäätmeid tekib märgatavalt rohkem kui taaskasutatakse. Perioodil 2008-2011 oli keskmine kaevandamisjäätmete taaskasutamise protsent vaid 47%, mis loob nõudluse leidmaks viise, kuidas jäätmeid kasulikult rakendada [3]. Päikeseelektrijaama alustarindi rajamine kaevandusjäätmetest aitab vähendada rakendust mitteleidva materjali hulka ning vähendab ka ettevõtte kulusid ladestusmaksude näol.

Eesti vabariigi Riigikogu Kliimapolitiika põhialused aastani 2050 otsuse kohaselt soodustatakse kodumaiste taastuvate energiaallikate järk-järgult laiemat kasutuselevõttu, pidades silmas riigi energiapuudulikkust ning varustuskindlust [4]. Eesti pikaajaline eesmärk on minna üle vähese süsinikuheitega majandusele [5] ning antud kontekstis päikeseelektrijaama rajamine toetab seda eesmärki.

Probleemiks võib saada kvaasistabiilsetel aladel tervikute purunemine olukorras, kui maapinda koormatakse lisaraskusega. Antud juhul miljonite tonnide koguses ladustatud aherainega.

Elektrijaama alustarindi alla jäävad tugitervikud purunevad ja põhilagi variseb, kui rõhk tervikutes ületab survetaluuse. See juhtub siis, kui:

- tervikute tugevus aja jooksul väheneb või
- kui rõhk tervikutele kasvab maapinnale rajatava ehitise tõttu.

Käesoleva töö eesmärgiks on selgitada välja altkaevandatud alale päikeseelektrijaama rajamisega tekkivad riskid, mille kutsub esile maapinna koormamine. Uurimustöös analüüsitakse tervikute purunemisel tekkivat õhu surveainet, õhu lööklainet ja kollapsi suurust ning ulatust. Määratakse riskide mõju nii allmaa,- kui pealmaa objektidele. Lõputöö autor koostas riskide hindamiseks kokkuvõtliku SWOT analüüsi.

Lõputöös leiab käsitlemist võimalike riskide maandamise teema ja antakse ülevaade meetmetest õhu surveaine mõju vähendamiseks allmaatingimustes ja tervikute purunemisest tekkiva võimaliku maalihke mõjust pealmaa objektidele. Pakutakse välja lahendused kaevanduse objektide kaitseks.

Mõisted ja seletused

Põlevkivi – varuna arvel olevate kihtide kivim, mis koosneb kukersiidist ja lubjakivi ning mitmete mineraalide suletistest.

Aheraine – Kasuliku aine vähese sisaldusega kivim, kasutatav rikastusjäägi sünonüümina.

Ladestamine – Puistematerjali kuhjamine lademesse, lademena paigaldamine.

Hoidetervik – Hoitava objekti kaitseks väljamata jäetud maavara.

Tugitervik – Hoitava objekti põhilae hoidmiseks väljamata jäetud maavara.

Tõkketervik – Vee, tule või muu kahjuliku leviku tõkestamiseks väljamata jäetud osa maavarast.

Kaevis - Kaevandatav kihind, mille moodustavad lubjakivi ja kerogeen.

Õhu lööklaine – Tervikute purunemisel tekkiv õhuvoog kaevanduskäikudes, kus õhu liikumise kiirus ületab helikiirust.

Õhu surveaine – Tervikute purunemisel tekkiv õhuvoog kaevanduskäikudes.

Kollaps – Tervikute massiline purunemine. Tekib, kui mäerõhk ületab tervikute survetaluvuse.

Varing – Tervikute purunemisel toimuv maapinna struktuuri muutus s.h. kaeveõõnte laekivimite purunemine.

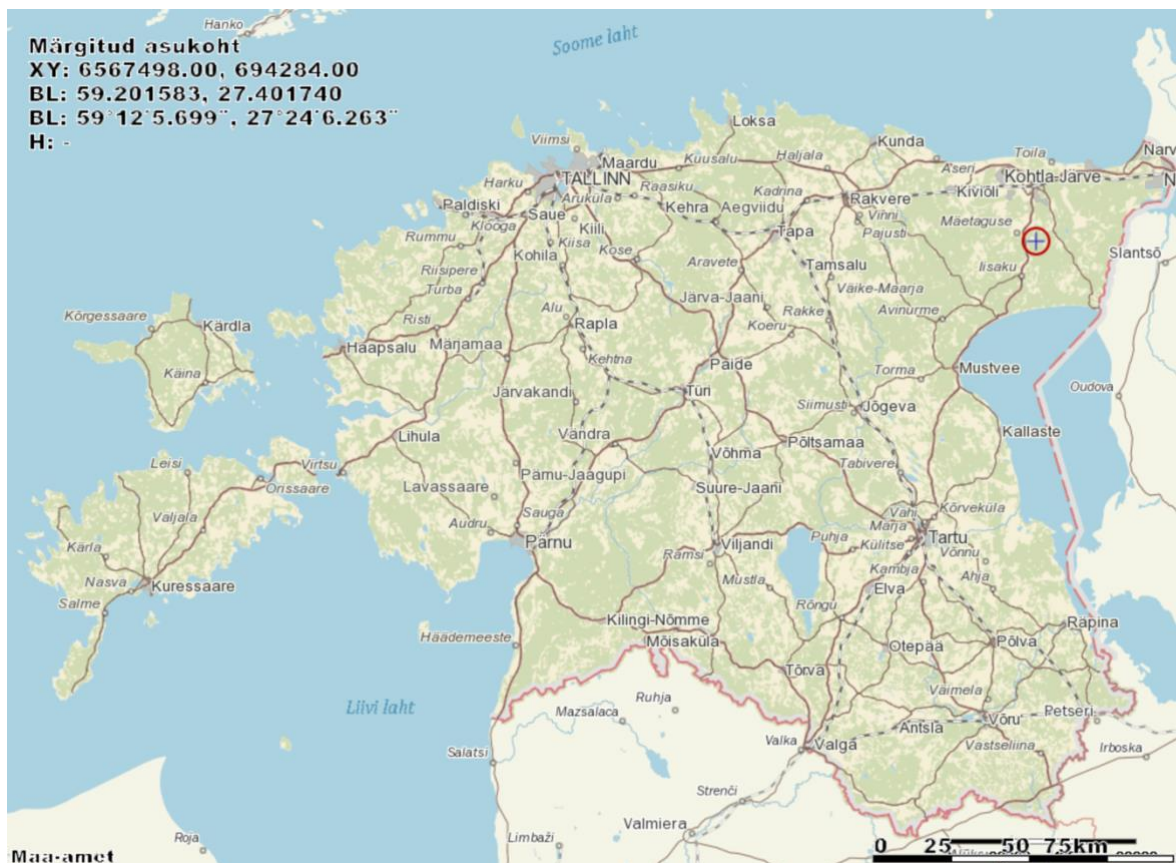
Vajum – Tervikute purunemisest tingitud lohk, lõhe või auk maapinnal.

Maapõuekihtide libisemine – Nõlvaprotsess, mille käigus muutub maapinnakihtide omavaheline paigutus.

1. Estonia kaevanduse päikeseelektrijaama territooriumi kirjeldus

Eesti Energia AS planeerib rajada Estonia kaevanduse territooriumile (Joonis 1, 2) päikeseelektrijaama tarbeks aherainest alustarindi. Alustarind rajatakse altkaevandatud alale. Elektrijaama elueaks on planeeritud vähemalt 25 aastat. Antud alal toimus kaevandamine aastatel 1973-1974 ja tervikute kandevõimet projekteeriti kahele aastale [6].

Aegade jooksul on Ida-Virumaal Ahtme, Viru ja Estonia kaevandustes registreeritud kokku üle saja kollapsi. Aastaks 2002 oli registreeritud 73 varingut [7]. Piirkonnas toimunud varingute asukohad on märgitud joonisel 3 [8]. Edasised uuringud ning statistika puuduvad.



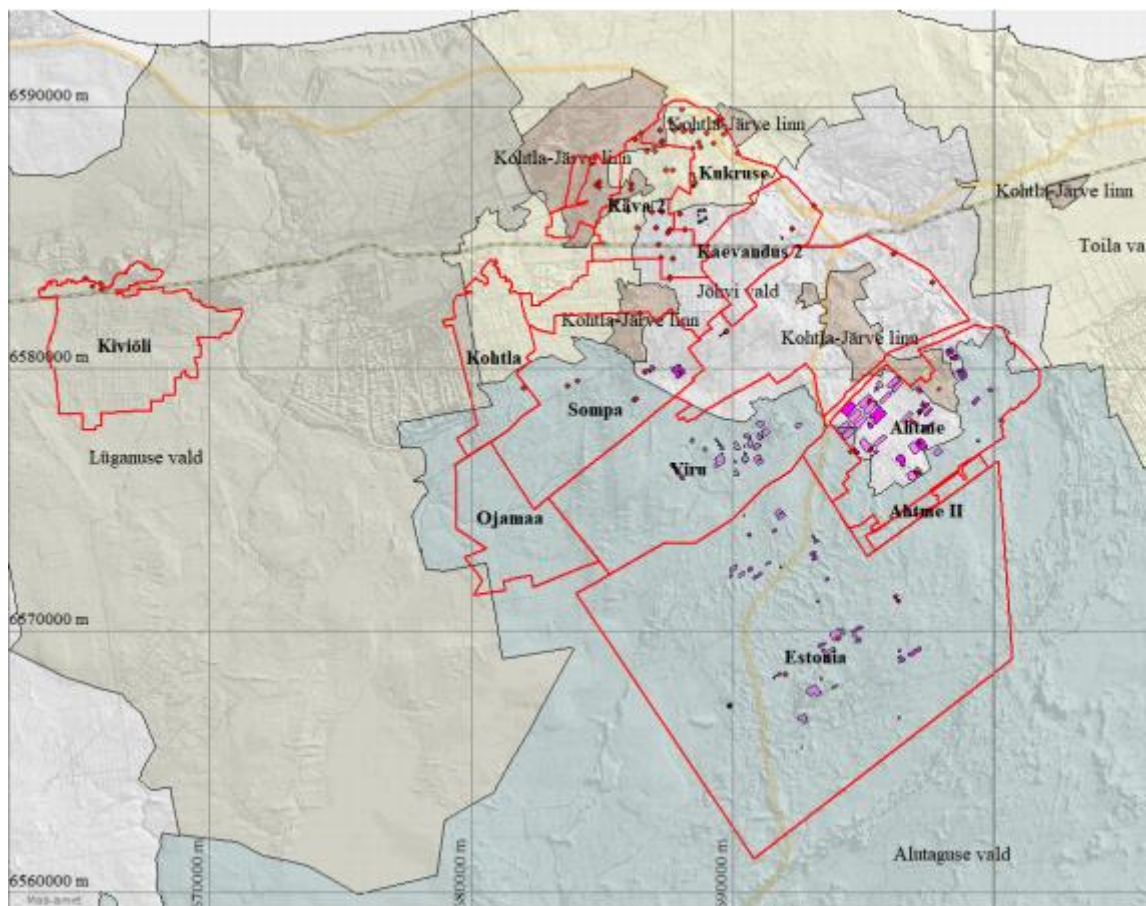
Joonis 1 Estonia kaevanduse asukoht (Maa-ameti Geoportaalist).



Joonis 2 Alustarindi maapealne ala objektid: 5- Alutaguse alajaam; 4- tuulutussurf; 3-raudtee; 2- Raudi kanal; 1- päikeseelektrijaam (aerofoto Maa-ameti Geoportaalist).

Alustarindi maapealne ala (Joonis 2) on piiratud raudtee, Raudi kanali, Estonia kaevanduse I päikeseelektrijaama ning Alutaguse alajaama elektriliinidega.

Tulevase alustarindi läheduses asub ka kolm tuulutussurfi, millest üks, tuulutussurf nr.3 on töös ja asub umbes 60 meetri kaugusel objekti alast. Šurfi hoone ees asuv autotee on 5 kraadise kallaku all ehitatava ala suunas (Joonis 4). Kaevanduses paikneb alustarind kamberplokkide nr 301, 302, 501 ja 502 kohal (Joonis7).



Joonis 3 Varingukohtade kaart. Varingukohad on punased punktid, lillad alad on vajumid. [8]



Joonis 4 Tuulutusšurfi hoone nr. 3 (N 59.204437, E 27.412794).

Autor: Tauri Põldema, 31.08.2020

Logistiliselt tähtis objekt on alustarindist põhja poole jääv raudtee (Joonis 5). Ida suunda jäävat Raudi kanalit kasutatakse kaevanduse vee äravooluks. Kanali valli kõrgus lõunapoolsel osal on umbes kaks korda madalam kui põhjapoolsel osal. Aste on umbes 0,8 meetrit kõrge ehk jätab uuritava ala kraavi perva alla poole. Alast lääne poole jääb Alutaguse alajaam, mille elektriliinid jooksevad mööda ala lõunapoolset külge.

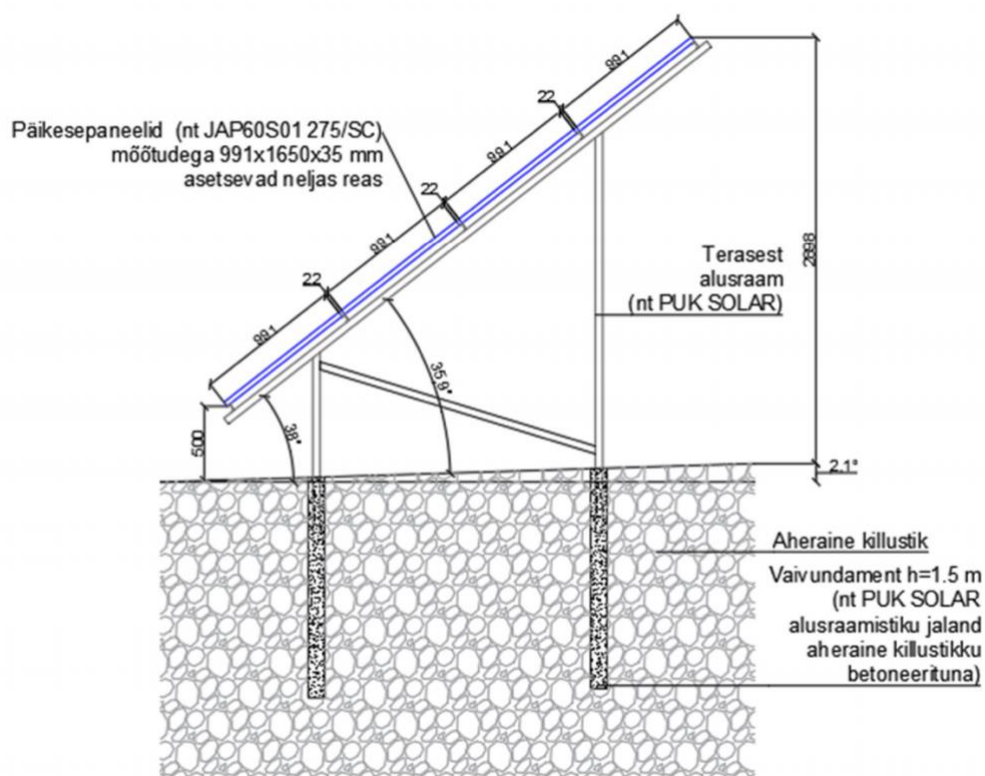


Joonis 5 Alaga piirnev raudtee osa (N 59.205832 E 27.403474)

Autor: Tauri Põldema, 31.08.2020

2. Planeeritava päikeseelektrijaama kirjeldus

Päikeseelektrijaama hulka kuuluvad päikesepaneelid ning 50 võrguinverterit, mis paigaldatakse päikesepaneelide kinnituskonstruktsioonide külge. Paneelid paigaldatakse 38-kraadise nurga all horisontaalse maapinna suhtes (Joonis 6). Alustarind ise on projekteeritud 2,1-kraadise kallakuga, seega alustarindi suhtes paiknevad päikesepaneelid 35,9-kraadise kaldenurga all.



Joonis 6 Päikesepaneelide kaldenurk horisontaalse maapinna (38 kraadi) ja kallakusega alustarindi (35,9 kraadi) suhtes. Eesti Energia materjal [6].

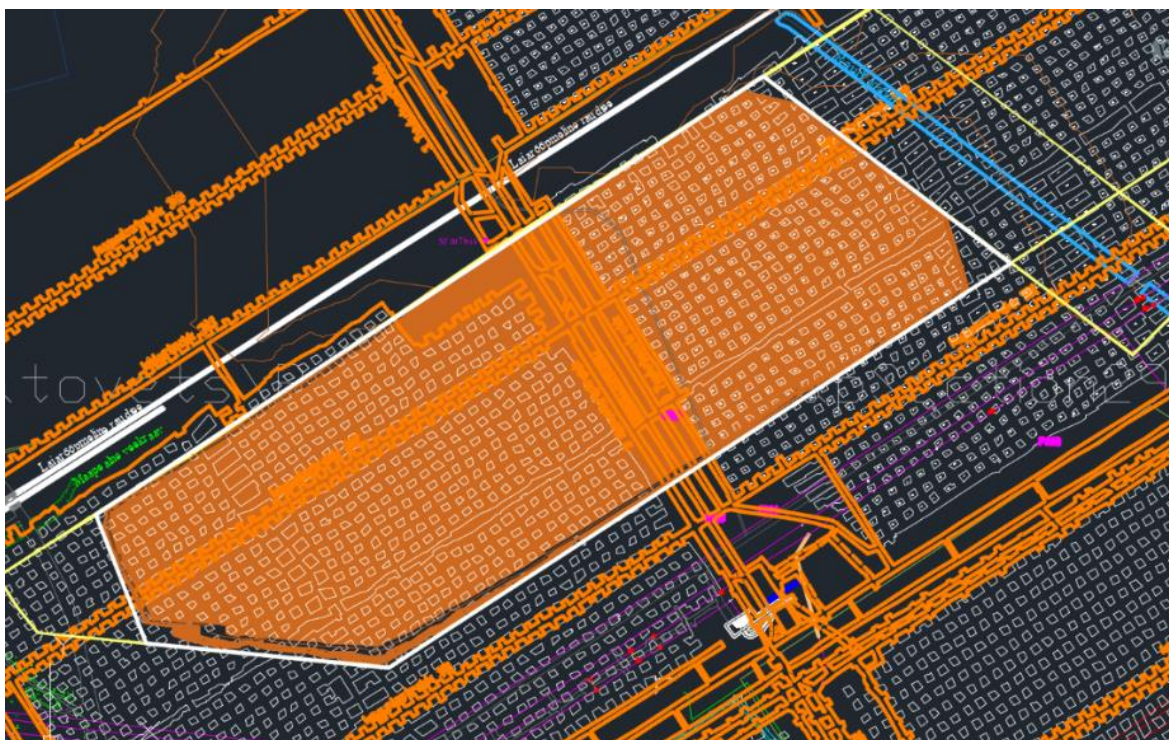
Päikeseelektrijaama põhinäitajad:

- Päikesepaneelide arv 11000 tk
- Päikesepaneelide nimivõimsus 275 W
- Päikeseelektrijaama nimivõimsus 2500 kW
- Päikesepaneelide kaldenurk 38°
- Prognoositud elektritoodang aastas 2799 MWh

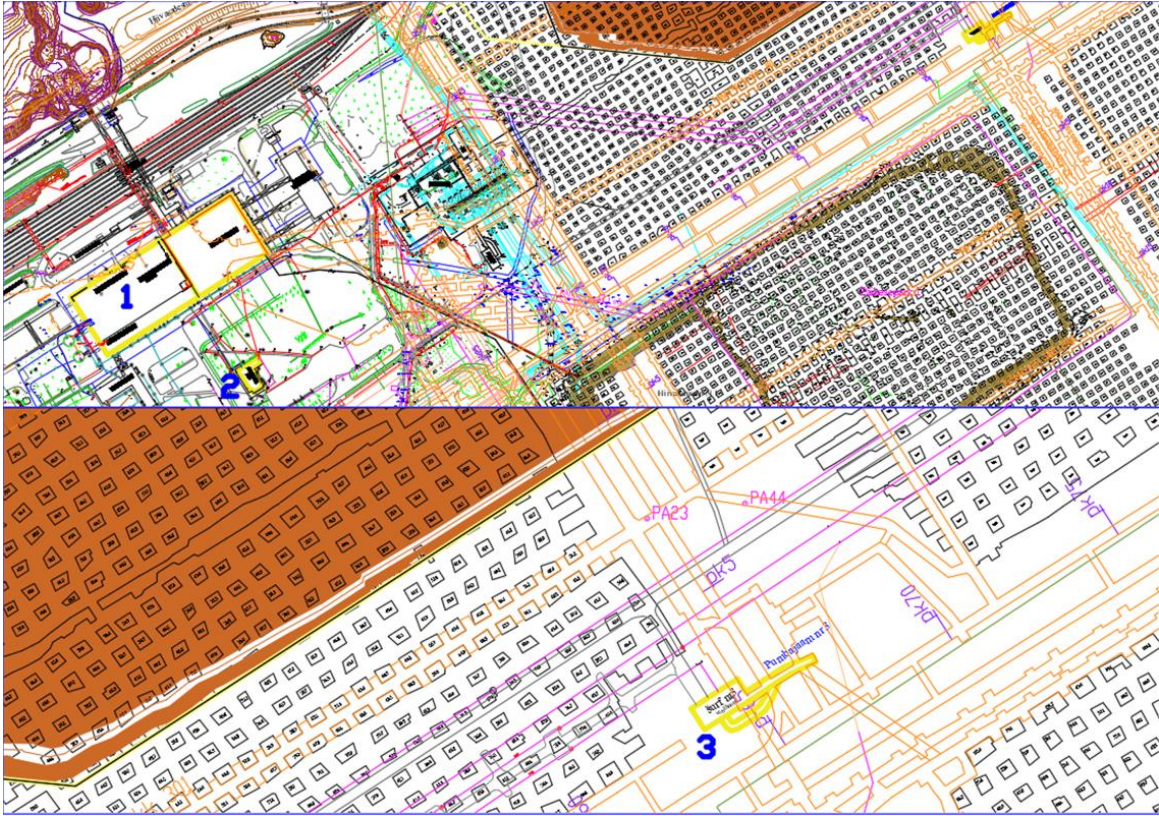
3. Elektriijaama alustarindi all asuvad allmaa objektid

Päikeseelektriijaama alustarind planeeritakse rajada kirde-loode suunaliselt (Joonis 2). Elektriijaama alustarindi alla jääva altkaevandatud alale jäävad loode-kagu suunaga konveierstrekk nr 3, rööbasstrekk nr 3 ning tuulutusstrekk nr 3. Kirde-loode suunaga läbivad ala kogumisstrekk nr 302, ning kogumisstrekk nr 502.

Ala piirneb loodest kirde-loode suunaliselt külgstrekkiga nr 303, külgstrekkiga nr 503. Kagust piirneb ala kirde-loode suunaliselt kogumisstrekkiga nr 501, kogumisstrekkiga nr 301. Edelast piirneb ala rööbas-, tuulutus-, ning konveierstrekkiga (Joonis 7).



Joonis 7 Päikeseelektriijaama alla jääva ala kirjeldus. Pruuni värviga tähistatud ala on alustarindi alla jääv altkaevandatud ala ja kapitaalštrekid, musta värviga – uuritava ala ümbritsev altkaevandatud ala; sinise värviga tähistatud Raudi kanal (Eesti Energia materjal)



Joonis 8 Allmaa objektide paiknemine tulevase päikeseelektrijaama suhtes. Objektid: 1- allmaatranspordi parkla; 2- mäepäaste polügoon; 3- tuulutusšurfi hoone). Eesti Energia materjal. Suurem joonis asub töö lisades (v.t lisa 1, lisa 2).

4. Riskid allmaa objektidele ja elektriijaama alla jäävate tervikute püsivus

4.1 Tervikute püsivuse tõenäosus

Tervikute püsivus on otseses sõltuvuses elektriijaama alustarindi koormusest maapinnale (Tabel 1). Alljärgnev tabel ja graafik näitavad tervikute püsivuse otsest sõltuvust elektriijaama alustarindi koormusest maapinnale.

Konkreetne arvutusmudel (Tabel 1) ning valemid on välja töötatud emeritprofessor Enno Reinsalu poolt uuringu [9] tarbeks, mille abil leitakse tõenäosus, millistel tingimustel rõhk tervikutes ületab tugevuspiiri ja kamberplokis tekib varing. Üksikasjalik arvutuskäik on leitav viidatud allikas ning käesolevas töös sellel pikemalt ei peatuta, analüüsitakse vaid arvutustulemusi.

Arvutusmudelil arvutati:

1. kui suur on tõenäosus, et mingis tervikute kogumis on keskmisest väiksemaid tervikuid ja mis on seega suurema rõhu all.
2. kui suur on tõenäosus, et nende tervikute tugevus on keskmisest väiksem.

Selliste tingimuste kokkulangemise korral on kamberplokis varingu tõenäosus kõrge [9].

Tabel 1 Tervikute püsivuse sõltuvus alustarindi koormusest [9]

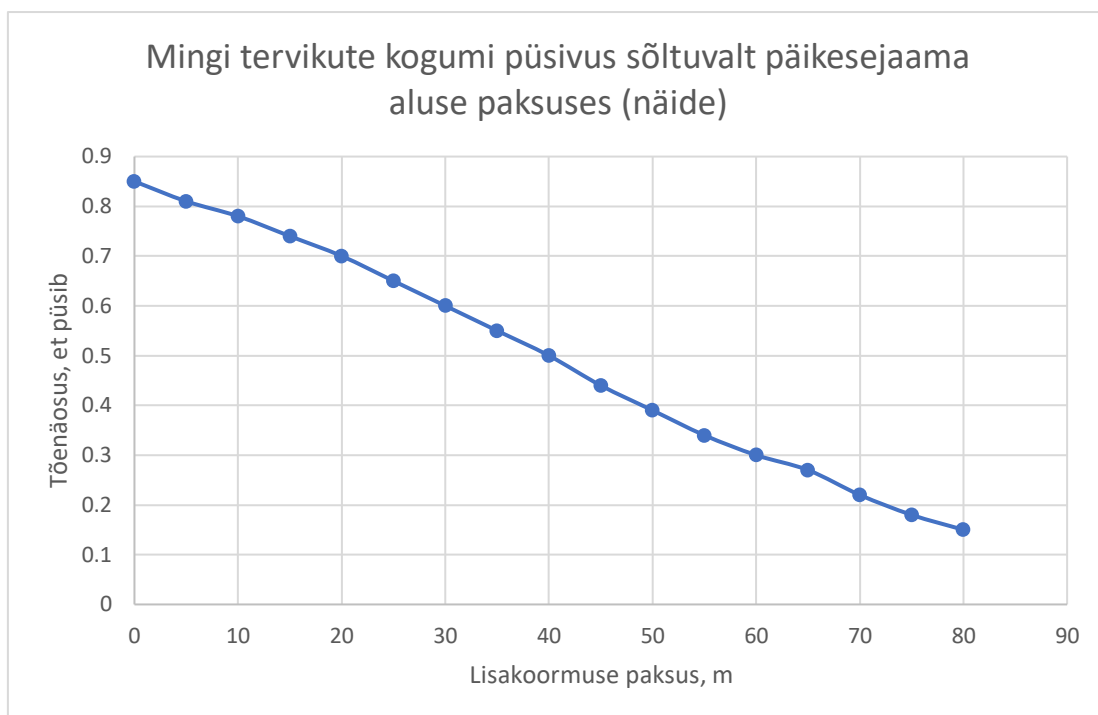
Arvutustulemid		
Samm-sammult arvatades	Tõenäosus, et püsib	
H2 (m)	$P(R_t - P) > 0$	%
0	0,85	85%
5	0,81	81%
10	0,78	78%
15	0,74	74%
20	0,7	70%
25	0,65	65%
30	0,6	60%
35	0,55	55%
40	0,5	50%
45	0,44	44%
50	0,39	39%
55	0,34	34%
60	0,3	30%
65	0,27	27%
70	0,22	22%
75	0,18	18%
80	0,15	15%

H2 – Varieeritav lisakoormuse paksus

P – Keskmise rõhk tervikus

R_t – Keskmise kestustugevus

$P(R_t - P > 0)$ – Tõenäosus, et tugevusvaru on > 0



Joonis 9 Tervikute püsivuse sõltuvus alustarindi koormusest [9]

Graafikust järeldub, et mida suurem on lisakoormuse paksus alustarindile ning sellest tulenev raskusjõud maapinnale ja ka tervikutele, seda väiksem on tervikute kogumi püsivuse tõenäosus - raskuse suurenemisel lähenevad tervikud oma survetaluvuse piirile (Joonis 9).

Tabel 2 Alustarindi alla jäävate poolplokkide püsivuse sõltuvus alustarindi koormusest. Andmed on võetud eelnevalt tehtud uuringu prognoosi tulemustest ning esitatud kokkuvõtlikult graafiku kujul [9].

Poolploki nr.	Poolploki kohale rajatava alustarindi eeldatav paksus [m]	Poolploki varingu tõenäosus enim koormatud punktis vastavalt rajatavale alustarindile [%]
301-2	10-20	20-46
302-1	25	9
302-2	10-20	6-15
501-2	10-20	86-94
502-1	30	83
502-2	10-35	21-60

Tabelist 2 järeldub, et tervikute püsivuse tõenäosus poolplokiti alustarindi all on vägagi erinev ning varieerub 9-94% vahel. Järeldub, et potentsiaalse varingu toimumisega tuleb arvestada ning ohtu ei tohi eirata.

4.2 Õhu surveaine tekke tõenäosus

Tehnikakandidaat Ülo Samlan on uurinud ning teinud kindlaks reaalsete katsete käigus õhurõhu ning õhu surveaine liikumiskiiruse sõltuvuse kaevanduses asetleidva varingu ulatuse suhtes. Katsetulemused kajastuvad tabelites nr 3, 4 ja 5 ning käesoleva lõputöö käigus loodi graafikud, mis ilmestavad varingu mahu ja õhu surveaine algkiiruse sõltuvust (Joonis 10) ning varingu mahu ja õhu surveaine liikumise kiirust vahemaa suurenemisel varingu epitsentrist (Joonis 11) [10].

Püüame selgitada, millistel tingimustel õhu surveained vaadeldavas piirkonnas võimalikud ja kas nad kujutavad endast ka ohtu.

Õhu lööklaine saab tekkida siis, kui õhule antakse langevate laekivimite poolt ülehelikiirusega algkiirus. Nisugune võimalus tervikute purunemisel piiratud alal on kaevanduses välistatud, kuna mõne meetri kõrguselt langevate kivimite kiirus on väga väike võrreldes helikiirusega õhus (umbes 330 m/s). Seega saame rääkida ainult õhu surveainest (akustiliselt suunatud õhulaine) [9], mitte õhu lööklainest.

Tervikute purunemisel tekkiva õhu surveaine algparameetrite (ülesurve ja õhukiirus laine fronti taga) väärtused on toodud tabelis 3.

Tabel 3 Ülerõhu ja õhu liikumise kiiruse sõltuvus [10]

n	Ülerõhk, ΔP		Õhu liikumise kiirus lainefrondil, U [m/s]
	atm	kN/m ²	
0,1	0,1566	15,36	34,51
0,2	0,3586	35,17	73,72
0,5	1,5382	150,85	238,83
0,9	15,0292	1473,86	959,83

n – milline osa täisosast (kui n=0,1, on tegu konkreetse kambriploki lae varinguga 10% ulatuses)

Kamberploki varingutel tekkiva õhu surveaine mõju uurimisega on varasemalt tegelenud mäeinsener Ülo Samlan (tehnikakandidaat) [10]. Tema poolt tehtud arvutuste tulemused on esitatud kokkuvõtlikult tabelites 4 ja 5.

Tabel 4 Õhurõhu suuruse sõltuvus kollapsi toimumise kaugusest Ü. Samlane andmetel. [10]

n	ΔP_0 , [kN/m ²]	Õhurõhk, ΔP_R , [kN/m ²]									
		Strekis					Väljatöötatud ala suunas				
		R=10m	20 m	30 m	50 m	100 m	10 m	20 m	30 m	50 m	100 m
0,1	15,3	11,26	8,26	7,99	7,90	7,70	11,26	8,26	6,05	4,42	1,27
0,2	35,17	25,78	18,92	18,29	18,08	17,62	25,78	18,92	13,86	10,13	2,92
0,5	150,85	110,57	81,16	65,32	64,56	62,90	110,57	81,16	59,43	43,44	12,52
0,9	1473,86	1080,03	792,94	479,00	473,11	461,32	1080,03	792,94	580,70	424,47	122,33

n	u_0 [m/s]	Õhukiirus, [m/s]									
		Strekis					Väljatöötatud ala suunas				
		R=10m	20 m	30 m	50 m	100 m	10 m	20 m	30 m	50 m	100 m
0,1	34,51	20,22	10,08	2,31	1,62	0,69	20,12	10,01	4,97	1,86	0,07
0,2	73,72	43,20	21,53	4,94	3,46	1,47	42,98	21,38	10,62	3,98	0,15
0,5	238,83	139,95	69,74	16,00	11,22	4,78	139,24	69,26	34,39	12,90	0,48
0,9	959,83	562,46	280,27	64,31	45,11	19,20	559,58	278,58	138,22	51,83	1,92

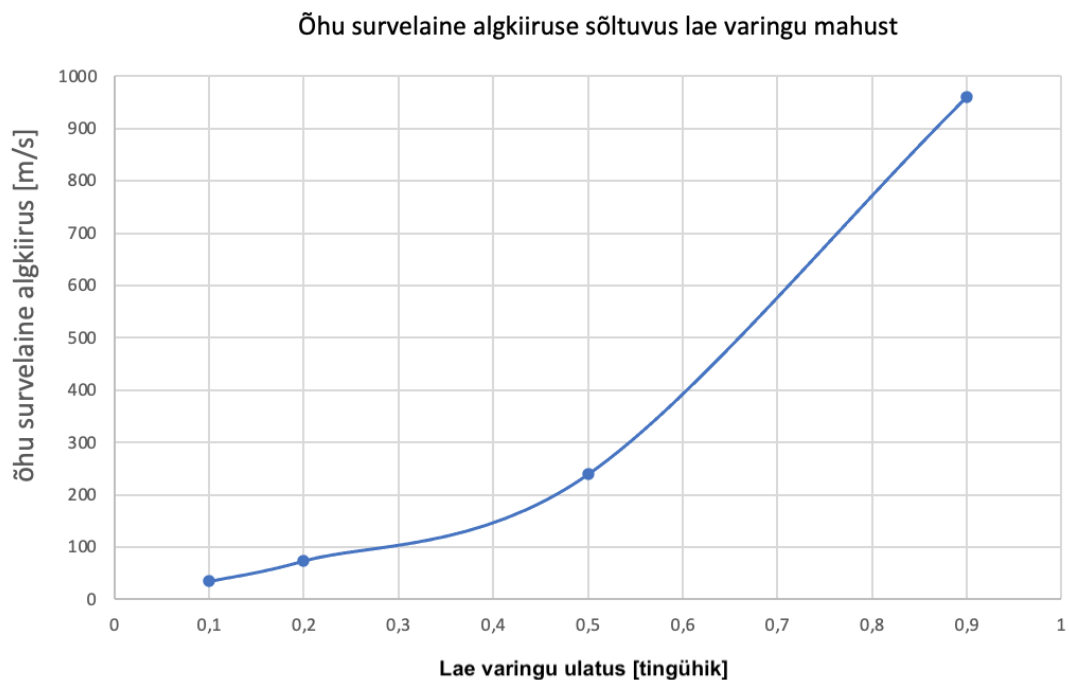
4.3 Võimaliku õhu surveaine mõju allmaaojektidele, inimestele ja seadmetele

Lae varingu puhul, kus üheaegselt vajub sisse 20% kamberploki alast on algrõhk on 35,2 kPa kohta ning õhu surveaine algkiirus 73,7 m/s. Seejärel õhu surveaine ning õhurõhk hakkavad vähenema. 10 meetri kaugusel kollapsi epitsentrist on rõhk 25,8 kPa ning kiirus 43,2 m/s, väljatöötatud alas vastavalt 25,8 kPa ning 43,0 m/s.

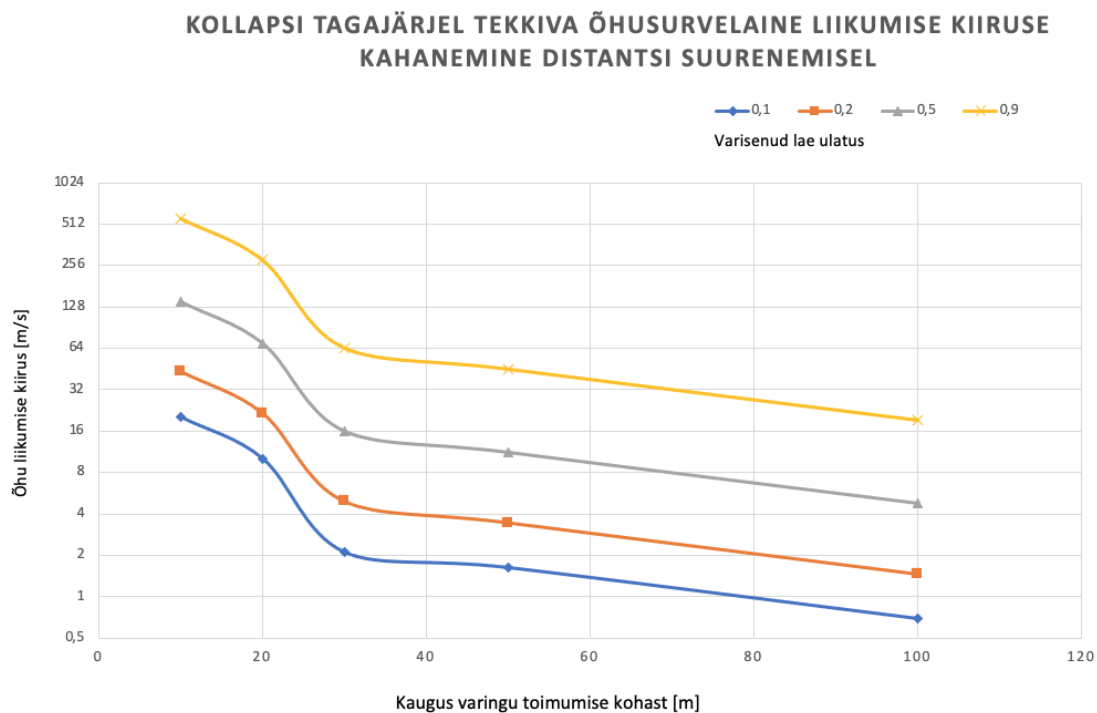
20 meetri kaugusel jätkub rõhu ja kiiruse vähenemine. Strekis on õhurõhk 19,0 kPa ning kiirus 21,5 m/s, väljatöötatud alas vastavalt 19,0 kPa ja 21,4 m/s. Võrdluseks võib tuua on tormituule, mille kiiruseks loetakse 21 m/s.

Üle 20 meetri kaugusel epitsentrist hajub õhu surveaine kiiresti ning juba 30 meetri kaugusel algpunktist ei kujuta see mingit ohtu. Õhurõhk kaevanduskäigus väheneb 100 m pärast kuni 17,6 kPa ning vähenemine toimub edasi. Väljatöötatud alas väheneb õhurõhu suurus minimaalseks 100 m kaugusel.

Võimalik tekkiv õhu surveaine ja õhurõhk ei kujuta ohtu seadmetele masinatele ega inimestele. Kuna mäepääste polügoon on ligikaudselt sama kaugel päikeseelektrijaama piirialast, ei ole ka see objekt ohtlikus tsoonis [9].



Joonis 10 Õhu surveaine algkiiruse sõltuvus lae varingu mahust.



Joonis 11 Kollapsi tagajärjel tekkiva õhusurveaine liikumise kiiruse kahanemise vahemaasuurenemisel strekis.

Graafikult on näha, et lööklaine, mille suurus võrdub u. 300 m/s, tekib 20 meetri raadiuses kollapsi epitsentrist ehk suurimate survetugevuste koldest. Epitsentrist kaugenedes aga õhu surveaine kiirus kahaneb märkimisväärselt. Säärane lööklaine leiab aset vaid varingu puhul, kus ligi 90% laest variseb kambriplokis. Sellise jõu mõjul võivad saada kahjustusi suletud kamberplokkide tuulutused ja tõkked. See võib juhtuda takistuselt tagasipeegeldava laine frondi mõjul.

Juba 20 meetri kaugusel on õhurõhk (20 kN/m² s.o. 0,197 atmosfääri). Inimesele ohutu ülerõhk on alla 24 kN/m² [11].

4.4 Riski maandamise meetmed allmaaojektidele

Tervikute tugevuse vähenemise prognoosimiseks (kuni 50 aastat) kasutati uuringus nn. erinevate meetodite kombinatsiooni. Kriitilise ala ehk kollapsi tõenäosuse arvutamiseks eraldati nõrgemad tervikud hetkelise koormusjaotuse alusel. Varingu tõenäosus viidi vastavusse päikeseelektrijaama alustarindi kõrgusega [6].

Tulemuseks saadi, et suuremahulised varingud kambriplokkide piiratud tingimustes on vähetõenäolised. Nende suurused ei ole märkimisväärsed ja nende purustav jõud allmaaojektidele on vähetõenäoline.

Sellest hoolimata peab rakendama riskide maandamise meetmetena alljärgnevat:

1. Hinnata kriitiliselt üle allmaa strateegiliselt olulistest kohtades paiknevate tuulutuste ja tõkkeseinte seisukord. Strateegiliselt olulised kohad on alustarindi all ja sellega piirnevate alade veo- ja inimkäigud (Lisa 2).

5. Riski maandamise meetmed pealmaa objektidele

5.1 Varingu või vajumi mõju pealmaa objektidele

Varingu kutsub esile tervikute kokkuvarisemine, mis tekib siis, kui mäerõhk ületab tervikute survetaluvuse. Varing kaevanduses võib tekitada ka vajumid maapinnal, mis võivad esineda lohkude ning lõhedena maapinnas (Joonis 12).



Joonis 12 Rebenemispind avaldub maapinnal lõhena.

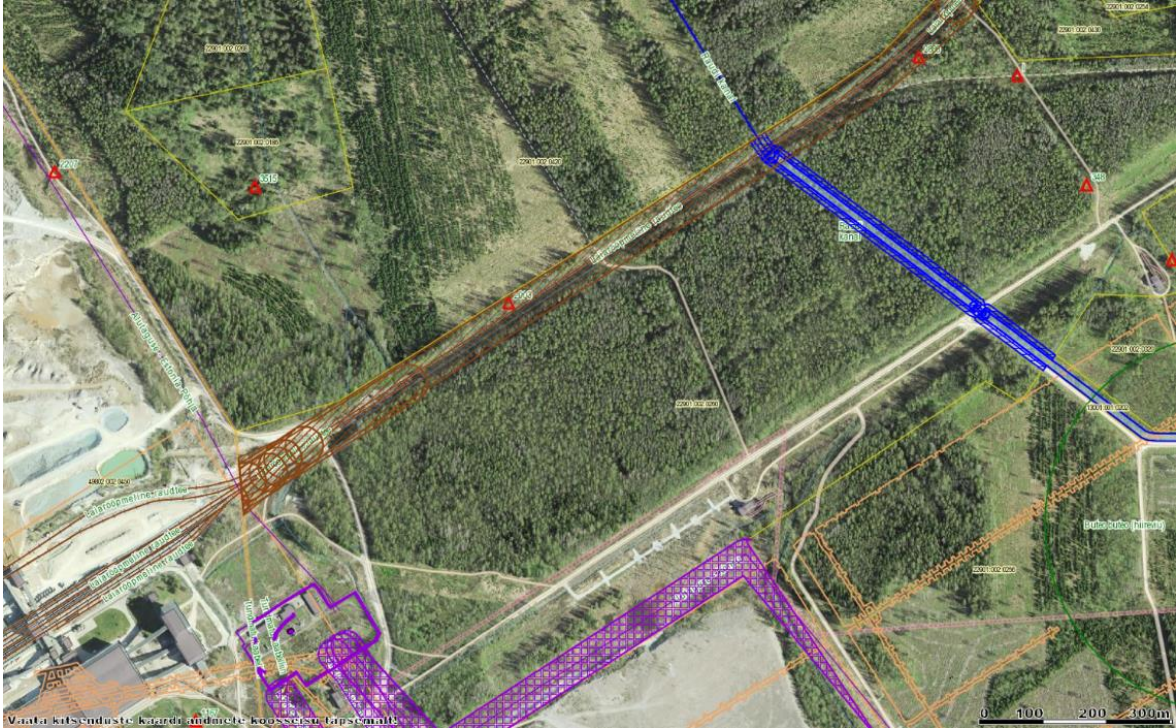
Võimalik varing maapinnal võib kutsuda esile ka maapinna vajumise kas päikeseelektrijaama all või selle läheduses. Seega võib valminud elektrijaama all toimuv varing põhjustada rikkeid elektrijaama eksploatatsioonil tulevikus.

Elektrijaama lähedal kulgeb ka Raudi- Ahtme raudtee. Selle ala maapinna struktuuri muutused seavad ohtu ka elektrijaama. Maapinna vajumine võib oluliselt häirida ka kaevanduse veekõrvalduseks rajatud Raudi kanali tööd (Joonis 13).

Varing kaevanduses võib maapinnal esile kutsuda maapinnakihtide omavahelise nihkumise ehk maalihke. Maalihe toimub kõrgemalt alalt madalama suunas. Näiteks seab varing ohtu raudtee, mis

asub ümbritsevast maapinnast kõrgemal. Kuna raudtee on loogiliselt väga oluline punkt selles piirkonnas, tuleb tagada selle ohutus.

5.2 Riski maandamise meetmed maapinnakihtide omavahelise nihkumise korral

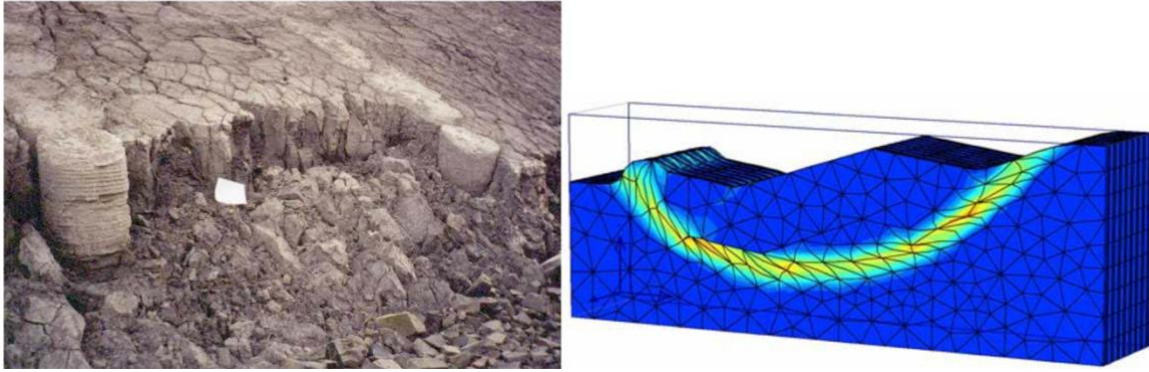


Joonis 13 Maapealsed kaitstavad objektid. Pruuniga tähistatud raudtee; sinisega – tähistatud Raudi kanal, lillaga tähistatud Alutaguse elektrijaam ja kõrgepingeliinid [9]

Pinnase kihtide omavahelise nihkumise ennetusmeetmed tuleb valida vastavalt konkreetse asukoha pinnakattest ning geoloogilistest omadustest. Järgmistes alapunktides on välja toodud mõned maailmas laiemalt levinud praktikad, mille kasutamist võiks kaaluda vastavalt pinnase iseloomule [12].

Pinnase stabiliseerimine lubitsemendiga

Üheks pinnasekihtide omavahelise nihkumise ennetusmeetmeks on mullakihi stabiliseerimine segatuna lubitsemendiga. Mullakihti rajatakse lubitsemendist sambad, mis hoiavad pinnamassiivi koos ning väheneb kihtidevahelise libisemise tõenäosus (Joonis 14) [12].



Joonis 14 Pinnase stabiliseerimine lubitsemendiga (vasakul). Kolmemõõtmeline lõplike elementide meetodil põhinev mudel, mis kirjeldab pinnase ning lubitsemendist sammaste vastastikmõju [12]

Vaiade kasutamine maalihke ennetamiseks

Terasest vaiade kasutamine on efektiivne ennetamaks pinnasekihtide omavahelist nihkumist. Vaiad ühendavad omavahel ebastabiilset ning stabiilset pinnase osa, takistades nende omavahelise nihkumist.

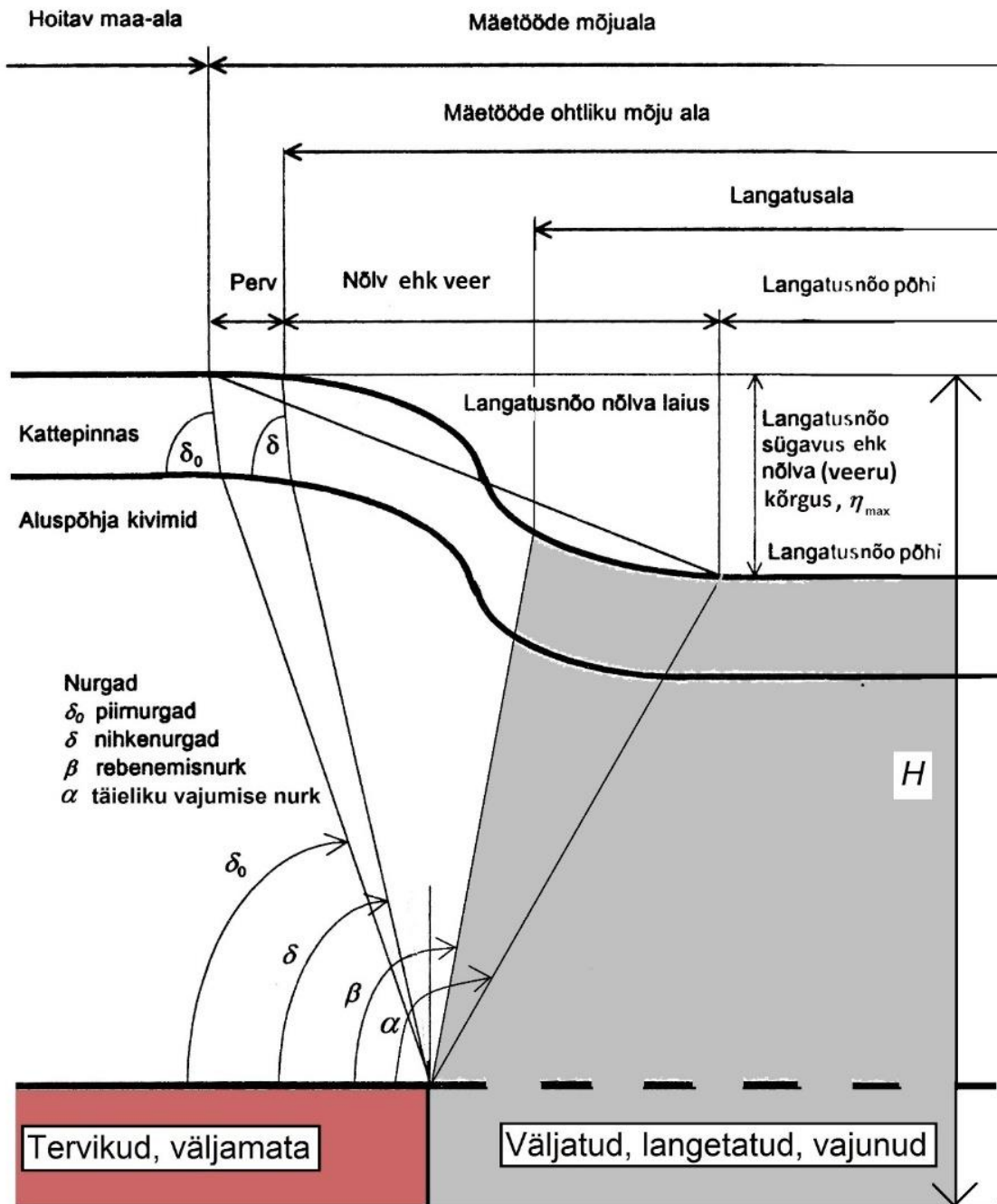
5.3 Maa hoidmise meetodika altkaevandatud alal

Järgnev altkaevandatud maa hoidemeetmete projekteerimise skeem (Joonis 15) on välja töötatud mäeinseneri Viktor Undusk poolt, tehes seda enda poolt mõõdetud tulemuste ning arvutuste põhjal. Skeemi on aja jooksul parandatud ning täiendatud uuema teabega [13]. Skeemi toetav hoidetsooni arvutusskeem on leitav käesoleva töö lisades (Lisa 3).

Kõnealuseid projekteerimise skeeme tuleks silmas pidada altkaevandatud alale mistahes rajatise ehitamisel, et vältida rajatiste aluse maapinna vajumist, tagades sellega hoonete ning inimeste ohutuse.

Tervikuid koormava massi geomeetrised parameetrid

Allmaa kaevandamise mõju maapinnale



Joonis 15 Tervikuid koormava massi viiride parameetrid [13].

Joonise 15 selgituseks on välja toodud põhiliste mõistete definitsioonid:

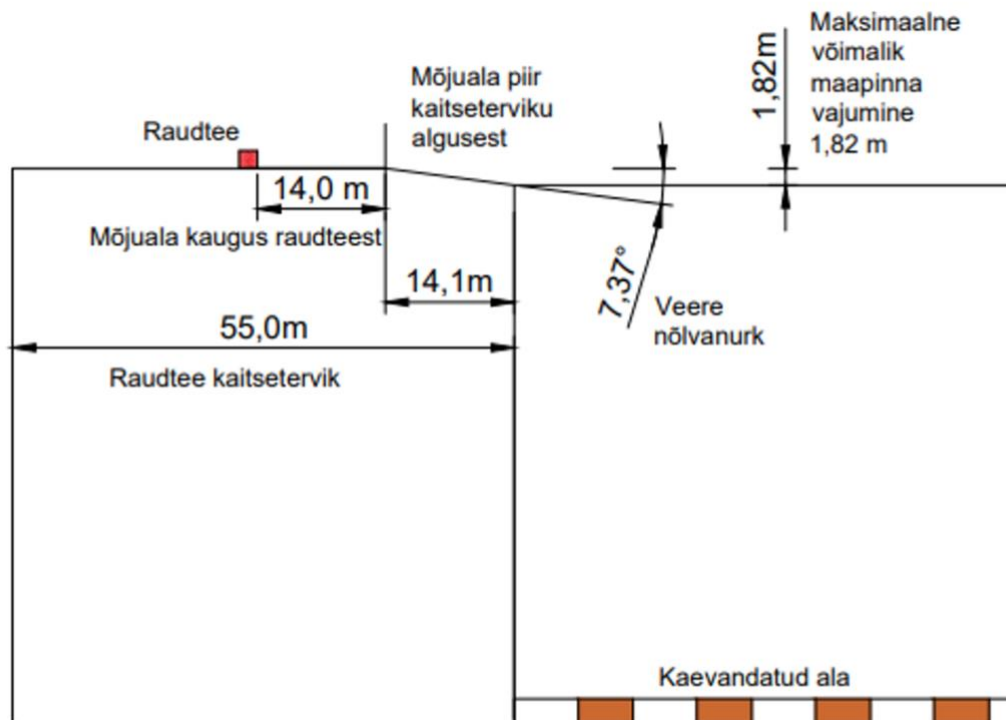
- **Mäetööde mõjuala** – mäetööde kohal asuv ala, mille piiriks on joon, mis on määratud piirnurgaga (δ_0).

- **Mäetööde ohtliku mõju ala** – mäetööde kohal asuv ala, mille piiriks on joon, mis on määratud nihkenurgaga (δ).
- **Langatusala** – mäetööde tulemusel maapinnale tekkinud nähtav nõgu (vajum, lohk), mille välispiiri määrab kivimite rebenemisnurk (β).
- **Hoidetsoon** – maa-alune ala, kus väljatakse maavara või tehakse muid mäetöid ja mille piires:
 - jäetakse hoitava objekti kahjustuste vältimiseks tavaliselt suuremad tervikud või
 - Jäetakse langatusala levikut piiravad tõkketervikud, või
 - täidetakse kaeveõõned keskkonda mittekahjustava materjaliga.
- **Perv** – mäetööde mõju eest kaitstava objekti piirjoonega külgnev maariba.
- **Piirnurk δ_0** – nurk, mis määrab allmaamäetööde mõju leviku maapinnani. Piirnurga suuruseks põlevkivimaardlas on:
 - aluspõhjakivimites 60° ja
 - kattepinnales 50° .
- **Nihkenurk δ** – nurk, mis määrab allmaamäetööde ohtliku mõjuala leviku kattekihtides maapinnani. Nihkenurga suuruseks põlevkivimaardlas on:
 - aluspõhjakivimites 70° ja
 - kattepinnales 50° .
- **Rebenemisnurk β** – nurk, mis määrab kattekihtide lahti rebenenud koguse, massi. Rebenemisnurk põlevkivimaardla aluspõhjakivimites ja kattepinnales on $100^\circ \dots 105^\circ$.
- **Täieliku vajumise nurk α** – nurk, mis määrab langatusala (-lohu, vajumi, häilu) suuruse.

Elektrijaama alustarind on kavandatud ehitada alale, mille all paiknevad kaitse, hoide ja tugitervikud. Kahjuks puudub info, milline on tervikute seisukord praegu või alustarindi ehitamise algusetkaks.

5.4 Võimaliku varingu mõjuala suuruse arvutus

Eelpool kirjeldatud joonisele tuginedes ning kasutades valemeid [14], arvutas töö autor potentsiaalse varingu mõjuala suuruse alustarindi läheduses asuva raudtee piirkonnas. Saadud arvutuste tulemused kajastuvad ka autori poolt loodud joonisel (Joonis 16).



Joonis 16 Mõjuala leidmise põhimõtteline skeem [9].

Maksimaalne võimalik maapinna vajumine on arvatud valemiga:

$$\eta_{\max} = a * m \quad [14]$$

, kus η_{\max} on vajumi maksimaalne sügavus,
 a on vajumistegur, mis kamberväljamisel on 0,65
 m on kihindi väljatud osa paksus

$$\eta_{\max} = 0,65 * 2,80 = 1,82 \text{ m}$$

Vajunud ala veere nõlvanurk on arvatav valemiga:

$$i = \arcsin (a * m / (0,15 * H + 5)) \quad [14]$$

, kus H on kaevandamissügavus, m.

$$i = \arcsin (0,65 * 2,80 / (0,15 * 61,5 + 5)) = 7,37^\circ$$

Raudtee kaitsetervik on võetud minimaalse laiusena 55 meetrit, tegelik laius on raudtee kaitsetervikul 60 meetrit. Tihti rakendatakse lisaks ka varutegurit. Nõlvanurga kaudu on leitud alustarindi mõjuala kaugus eeldusel, et maksimaalne maapinna vajumine toimub kaitseterviku vahetus läheduses. Mõjuala on ligikaudu 14 meetrit. Mõjuala piirist raudteeni on samuti 14 meetrit ning saab väita, et see on piisav vahemaa kinnitamaks, et raudtee on ohutsoonist täielikult väljas.

Raudtee alustarindit maapinna vajumine ei mõjuta, sest Raudi - Ahtme raudtee (**Error! Reference source not found.** 4) asub hoideterviku kohal, mille kandevõime on suur. Võimaliku kollapsi piir kamberplokkides lõpeb hoideterviku piiril. Seega raudtee all olev hoidetervik ei purune, mistõttu raudtee ei ole ohus.

Geoloogilise rikke ilmnemisel on maalihke ennetamise tõhusaimaks viisiks paigutada maapinda monoliitsed betoon või lubitsemendist postid. Vaiad raskendavad oluliselt maapinna kihtide omavahelist nihkumist.

Hoidetervikud asuvad ka Raudi kanali all. Need on ligikaudu 2-3 korda suuremad, kui tavalised tugitervikud. Neid tervikuid ei koorma alustarind ja kollaps ei haara endaga neid kaasa.

Kuna alustarindi edelapoolset osa koormatakse võrreldes muu osaga vähem, siis varingu tõenäosus seal on väike ja kamberplokkides toimuv kollaps alustarindi edela suunda jäävas osas alajaamani ei ulatu.

Kokkuvõtteks võib öelda, et päikeseelektrijaama rajamine kujuta märkimisväärset ohtu allmaa objektidele, sest võimaliku kollapsi ja õhu surveainete mõju on väike.

6. Estonia kaevanduse II päikeseelektrijaama ala SWOT analüüs

Riski maandamine on õigete meetmete valikuline rakendamine, et vähendada riskide tekke võimalikkust, selle tagajärgi või mõlemat. Juhul kui olemasoleva süsteemi kalkuleeritud risk on liiga kõrge, tasub riski maandamiseks pakkuda alternatiive. Need alternatiivid on kaasatud riskimudelisse (Tabel 6) ning ümberhindamine viiakse läbi, et teada saada alternatiivide mõju [15].

S – objekti tugevused, mis võimaldavad seda ellu viia.

W – objekti nõrkused või „augud“, kuhu objekt võib ebasoodsates oludes kukkuda.

O – võimalused ja väljavaated, mille panus tõenäoliselt mängib objekti ehituse tulemuslikkuses rolli.

T – ohud ja riskid, mis võivad objekti ehitust kõige negatiivsemalt mõjutada.

Tabel 6 SWOT analüüs päikeseelektrijaama rajamisega kaasnevate riskide hindamiseks

TUGEVUSED(S)	Tekke võimalikkus	NÕRKUSED(W)	Riskitase
<ul style="list-style-type: none"> Võimalik varing ei too suure tõenäosusega endaga kaasa õhulööki s.t. ei häiri kaevanduse tööd Maapinnal asuv infrastruktuur jääb välja riskimõjuala piirkonnast sest elektrijaama asukoht on hästi valitud. Rikastamisjääk, aheraine saab kasuliku rakenduse. Roheenergia tootmine seab ettevõtte heasse valgusesse. 	<ul style="list-style-type: none"> Keskmine Kõrge Kõrge Kõrge 	<ul style="list-style-type: none"> Võimaliku varing tekke ajahetke on võimatu ette ennustada. Varingu ulatust on raske ette ennustada. Võimalik varing seab projekti/ettevõtte sotsiaalses mõttes halba valgusesse. 	<ul style="list-style-type: none"> Madal Keskmine Madal

VÕIMALUSED(O)	Tekke võimalikkus	OHUD(T)	Riskitase
<ul style="list-style-type: none"> • Varing leiab aset minimaalses ulatuses ning märkamalt, mõjutamata kaevanduse tööd ning kahjustamata maapinda. • Varingut ei toimugi. • Et kaitsta strateegilisi objekte maa all tuleb rajada õhulainet suunavaid rajatisi. • Päikeseelektrijaama ehitus on majanduslikult kasumlik. 	<ul style="list-style-type: none"> • Kõrge • Keskmine • Kõrge • Kõrge 	<ul style="list-style-type: none"> • Ennenägematu geoloogiliste tingimuste ilmnemisel võimaliku varingu teke ning maapinna vajumine. • Võimalik tuulutustõkete ja uste kahjustus varingu poolt tekitatud õhu surveainest. 	<ul style="list-style-type: none"> • Keskmine • Keskmine

Töö kokkuvõte, järeldused ja soovitused

Käesolevas töös käsitletud päikeseelektrijaama ala on kvaasistabiilne, sest kambrite lae ja maapinna püsivuse tagamiseks jäetud tugitervikud ei purunenud kaevandamise ajal, ent see võib toimuda hiljem. Purunemise hetk ja koht on määramatud.

Tervikud purunevad ja põhilagi variseb, kui rõhk tervikutes ületab survetaluvuse. See juhtub, kui:

- a. tervikute tugevus aja jooksul väheneb, või
- b. kui rõhk tervikutele kasvab maapinnale rajatava ehitise tõttu.

Tervikute massilise varisemise (kamberploki kollapsi) puhul on allmaakaevetööntes õhu surveaine teke paratamatu, kuid õhulöökk on võimalik vaid äärmiselt suuremahuliste varingute korral ja see on Eesti kaevanduste kamberplokkide piiratud tingimustes vähetõenäoline. Pealegi hajub võimalik õhulöökk juba 20 meetri kaugusel epitsentrist. Mõlemal juhul ei ole nende suurused märkimisväärsed ja nende purustav jõud allmaaobjektidele vähetõenäoline.

Sellest hoolimata soovitaks riskide maandamise meetmetena alljärgmist:

- Hinnata kriitiliselt üle allmaa strateegiliselt olulistest kohtades paiknevate tuulutustusete ja tõkkeseinte seisukorda. Strateegiliselt olulised kohad on alustarindi all ja sellega piirnevate alade veo- ja inimkäigud.
- Rajada allmaa strateegiliste objektide lähedusse õhu surveainet ümbersuunavaid tuulutustõkkeid.
- Pealmaa hoonete puhul võib vajadusel pragude vms ilmingute tekkimisel hoonete seintesse kasutada vundamentide tugevdamist, tugivaiade paigaldamist või mullakihi lubitsemendiga stabiliseerimist.

Toetudes töö tulemustele ja eelpoolöeldule võib väita, et Estonia II päikeseelektrijaama alustarindi asukoht on valitud sobiv ja kvaasistabiilse alaga kaasnevad ilmingud seda objekti ei mõjuta.

Tänuavaldused

Soovin avaldada tänu käesoleva lõputöö juhendajale Erik Välile, kes oli suurimaks abiks oma soovitude ja teadmistega töö valmimise protsessis. Tänan ka emeritprofessor Enno Reinsalu ning emeriitdotsent Enn Lüütret konstruktiivse kriitika, tagasiside ning tähelepanekute eest, mis olid suureks abiks töö valmimisel.

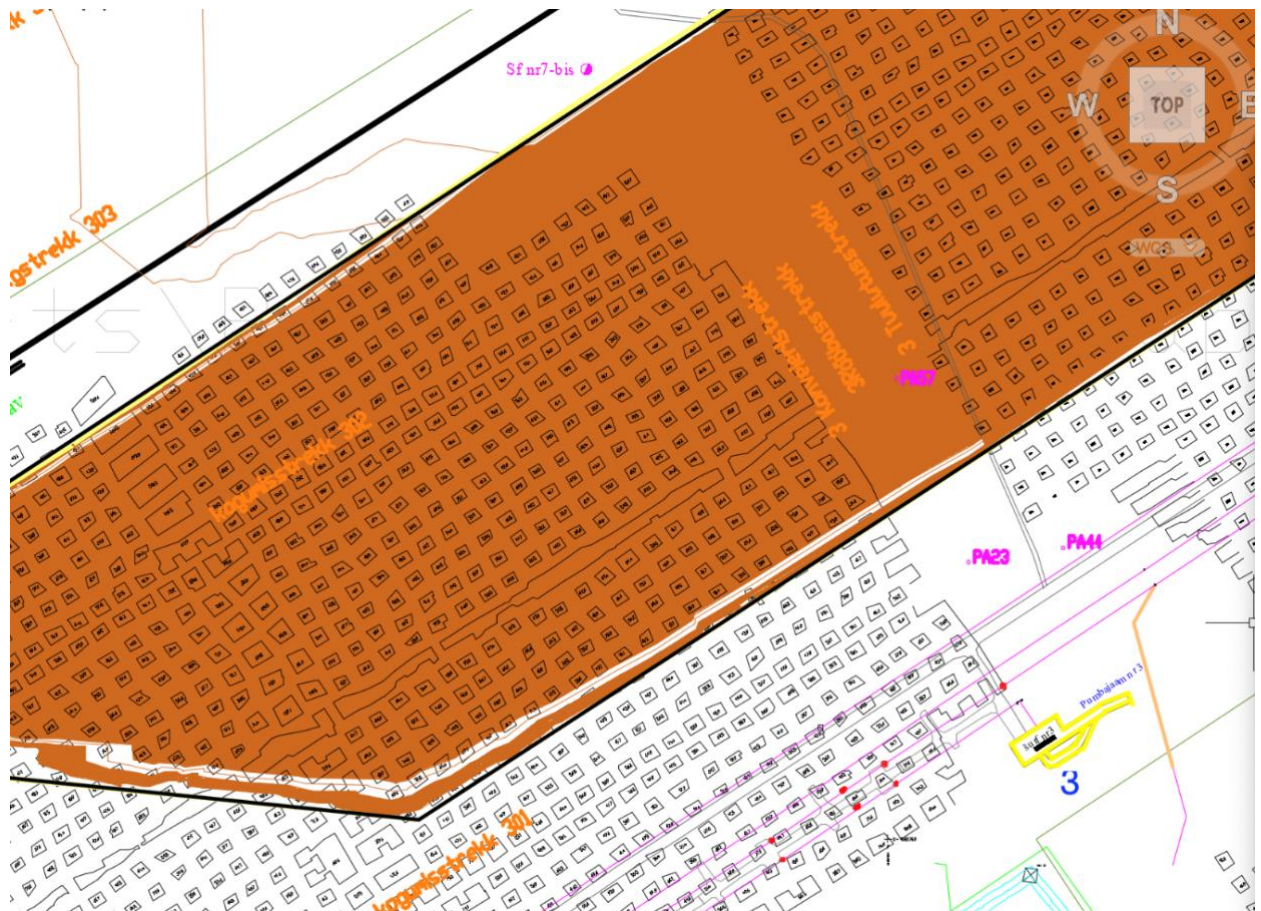
Kasutatud kirjandus

- [1] Jäätmeseadus (10.12.2020), § 221, Riigi Teataja. Kasutatud 11.01.2021.
<https://www.riigiteataja.ee/akt/12894710?leiaKehtiv#>
- [2] *Eesti põlevkivitööstuse aastaraamat* 2018. 8
- [3] Niitlaan, E., Gaškov, A., Siirde, A., Toomik, A., Tamm, I., Kaljuste, M., Pikk, P., Kuhi-Thalfeldt, R., Talumaa, R., Kattai, V., Lahtvee, V. (2012) „Põlevkivi kasutamise riikliku arengukava 2016-2030“ koostamiseks vajalike andmete analüüs, Tallinn; 46-50
- [4] Kliimapoliitika põhialused aastani 2050 (05.04.2017) Keskkonnaministeeriumi koduleht. Kasutatud 11.01.2021, 3. https://www.envir.ee/sites/default/files/362xiii_rk_o_04.2017-1.pdf
- [5] Seletuskiri kliimapoliitika põhialustele aastani 2050 (i.a). Keskkonnaministeeriumi koduleht. Kasutatud 11.01.2021. 5
https://www.envir.ee/sites/default/files/kliimapoliitika_pohialused_aastani_2050_seletuskiri.pdf
- [6] *Eesti Energia Tehniline kirjeldus*, 2020. 1
- [7] Reinsalu, E., Toomik, A., Valgma, I., (2002) *Kaevandatud maa*, Digiteavik. Tallinn. 109
- [8] Vassiljev, J., Aarniste, M., Rebane, K., Urtson, K. Põlevkivi altkaevandatud alade uuring. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool, 2018. ptk 4.
- [9] Karu, Veiko. Lüütse, Enn. Reinsalu, Enno. Põldema, Tauri. Kauril, Ragnar. Väli, Erik. (2020) *Estonia Kaevanduse II päikeseelektrijaama ala stabiilsuse uuring*. Tallinn; Tallinna Tehnikaülikool.
- [10] Dusman, L., Samlan, J., Toomik, A., (1978) *Разработка технологии и создание средств комплексной механизации и автоматизации добычи горючих сланцев*. Kohtla-Järve; A.A Skotšinski nimelise Mäeinstituudi Eesti filiaal. 57-59
- [11] Vabariigi valitsuse määrus nr 28. (17.02.2011), *Riigi Teataja*. „Nõuded ohtliku ja suurõnnetuse ohuga ettevõtte kohustuslikult dokumentatsioonile ja selle koostamisele ning avalikkusele edastavale teabele ja õnnetustest teavitamisele“ lisa. Kasutatud 12.01.2021.
https://www.riigiteataja.ee/akt/1010/3201/1004/VV28_lisa.pdf
- [12] Popescu, M. E., Sasahara, K., (2009) *Engineering Measures for Landslide Disaster Mitigation*. Illinois Institute of Technology, USA; Kochi Univeristy, Japan. Ptk 8.4 - 8.7
- [13] Reinsalu, E., (2018) *Eesti mäendus III*. Tallinn. 212-215
- [14] Toomik, A., Stembach, V., (1984) *Maapinnakahjustuste hindamine lae langetamise kasutamisel põlevkivikaevandustes*, Gorjucie slancy; 1/3; Tallinn. 234-249

[15] Pastarus, J.R., Sabanov, S., (2005) *Concept of risk assesment for Estonian oil shales mines*, Tallinn; Tallinn Tallinna Tehnikaülikooli Mäeinstituut.

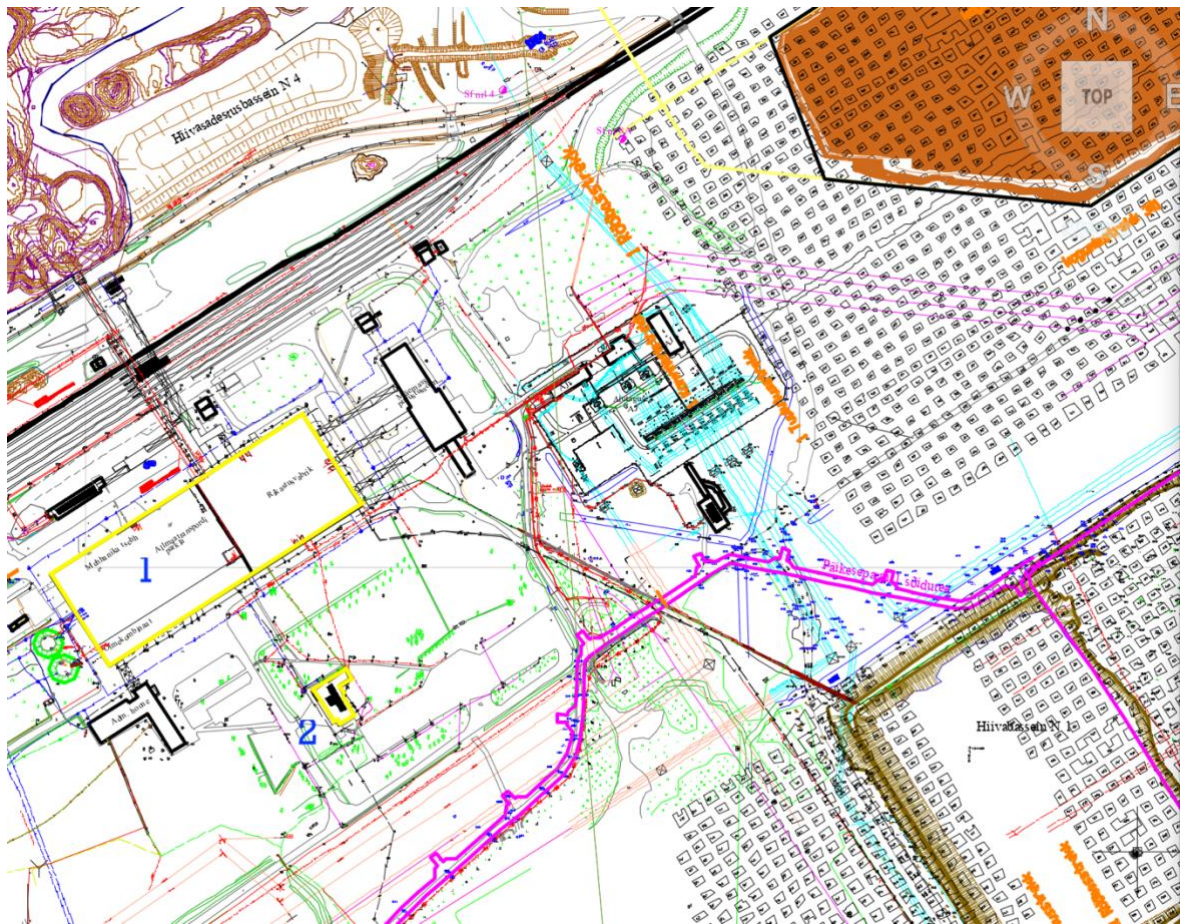
LISAD

Lisa 1



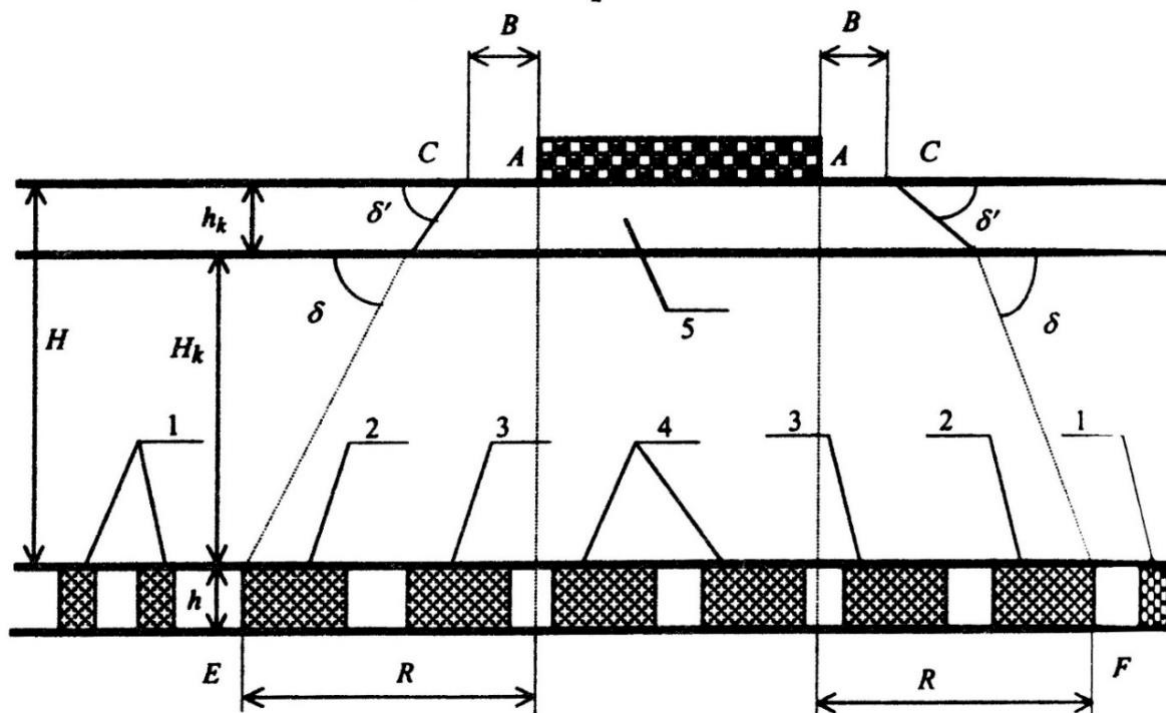
Joonis 17 Allmaa objektide paiknemine tulevase päikeseelektrijaama suhtes. (Objekt: 3- tuulutusšurf) strateegiliselt tähtsate allmaaobjektide paiknemise skeem. Eesti Energia materjal.

Lisa 2



Joonis 18 Strateegiliselt tähtsate allmaaobjektide paiknemise skeem. (Objektid: 1- allmaatranspordi parkla; 2- mäepäaste polügoon) Eesti Energia materjal.

Hoidetsooni piiride määramine



Joonis 19 Hoidetsooni piiride määramise skeem. [13]

AA – hoitav objekt; B – terve laius, m; CC – hoitav maa-ala; EF – hoidetsoon; h_k – kattepinnase paksus, m; δ' – kattepinnase nihkenurk, °; H_k – karbonaatsete kivimite paksus, m; h – põlevkivikihi väljatav paksus, m; δ – aluspõhjakivimite nihkenurk, °; R – minimaalne lubatud vahemaa objekti piirist kuni hoidetsooni piirini; H – kattekihtide paksus, m.

1 – kambritevahelised tervikud, mis asuvad väljaspool hoidetsooni; 2 ja 3 – tõkketervikud (2 – välimised, 3 – sisemised read); 4 – hoidetsooni piirides olevad kambritevahelised tervikud; 5 – kattepinnas [13].

Lõputöö ülesanne

Töö ID	2149B	Õppekava kood	YAEB14
Üliõpilane	Brigitta Uibo	Matrikli nr	164574
Töö liik	Bakalaureusetöö	Õppeaine kood	
Juhendaja	Erik Väli	Ülesanne kehtib kuni	
Töö pealkiri	ESTONIA KAEVANDUSE PÄIKESEELEKTRIAAMA RAJAMISEGA KAASNEVAD RISKID KAEVANDUSE ALLMAA JA PEALMAA OBJEKTIDELE		
Pealkiri ingl k	RISKS ASSOCIATED WITH THE CONSTRUCTION OF SOLAR POWER PLANT: CASE STUDY OF MINE "ESTONIA"		
Töö sisu põhipunktid	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estonia kaevanduse päikeseelektrijaama territooriumi kirjeldus 2. Elektrijaama alustarindi ehitusega seonduvad riskid 3. Õhu surveaine tekke tõenäosus 4. Varingu või vajumisega seotud riskid kaevanduse allmaa objektidele 5. Varingu või vajumisega seotud riskid pealmaa objektidele 6. Riski maandamise meetmed allmaa ja pealmaa objektidele 7. Reaalsed lahendused ja soovitused ohutuse tagamiseks ning riskide ennetamiseks 		
Seotud teadusprojekt ja/või asutus	ESTONIA KAEVANDUSE II PÄIKESEELEKTRIAAMA ALA STABIILSUSE UURING Tallinna Tehnikaülikooli Geoloogia instituut		
Üliõpilane	Brigitta Uibo		
Juhendaja	Erik Väli		

Allkirjastatud /digitaalselt/

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Brigitta Uibo

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Estonia kaevanduse päikeseelektrijaama rajamisega kaasnevad riskid kaevanduse allmaa ja pealmaa objektidele“ mille juhendaja on Erik Väli,

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

13.01.2021

¹ Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingulise tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtjaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.