



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
Matemaatika-Loodusteaduskond
Geoloogia instituut

Turba kaevandamisalade kuivendava mõju ulatuse vähendamise tehnoloogiate väljatöötamine

Bakalaureusetöö



Üliõpilane: Sander Kahk
Üliõpilaskood: 081973
Juhendaja: Mall Orru PhD

Tallinn
2017

AUTORIDEKLARATSIOON

Deklareerin, et käesolev bakalaureuse lõputöö, mis on minu iseseisva töö tulemus, on esitatud Tallinna Tehnikaülikooli Matemaatika-Loodusteaduskonna Geoloogia Instituudile tehnikateaduste bakalaureusekraadi taotlemiseks geotehnoloogia erialal. Selle töö alusel ei ole varem kutse- ega teaduskraadi taotletud.

29.05.2017

.....
(lõputöö kaitsja allkiri)

SISUKORD

AUTORIDEKLARATSIOON	2
SISUKORD	3
Joonised	3
Tabelid	3
TUDENGITÖÖ ÜLESSANNE.....	4
ABSTRACT	5
1. SISSEJUHATUS	6
2. METOODIKA	7
3. UURITAVATE TEHNOLOOGIATE KIRJELDUS.....	10
3.1 Elementtammid.....	10
3.2 Pinnastammid	10
3.3 Kompensatsioonimehhanismid.....	11
4. VEETASEMETE MÕÕTMINE	12
5. HÜDROTEHNILISED JA MAJANDUSLIKUD ARVUTUSED	13
6. UURIMISTÖÖ ANALÜÜS	17
7. KOKKUVÕTE	18
8. KASUTATUD KIRJANDUS	19
Lisa 1 Mõõtmis- ja arvutustabelid.....	20

Joonised

<i>Joonis 2.1 Peningi turbatootmisala veetasemete mõõtmispunktid.....</i>	<i>7</i>
<i>Joonis 2.2 Kuislemma turbatootmisala veetasemete mõõtmispunktid, autor Taavi Loogna</i>	<i>8</i>
<i>Joonis 2.3 Põhara turbatootmisala veetasemete mõõtmispunktid</i>	<i>9</i>
<i>Joonis 3.1 Elementtamm pinnases</i>	<i>10</i>
<i>Joonis 3.2 Pinnastammi rajamine.....</i>	<i>11</i>
<i>Joonis 3.3 Kompensatsioonikraav.....</i>	<i>11</i>
<i>Joonis 5.1 Mõõdetavate parameetrite kujutus</i>	<i>14</i>

Tabelid

<i>Tabel 5-1 Keskmise veetaseme kõrguste vahe</i>	<i>13</i>
<i>Tabel 5-2 Turba kihi omadustest ja tihendusastmest sõltuv vee juhtivus</i>	<i>14</i>
<i>Tabel 5-3 Majandusarvutuste tulemused</i>	<i>15</i>
<i>Tabel 5-4 Elementseina minimaalse paksuse arvutus.....</i>	<i>16</i>

TUDENGITÖÖ ÜLESSANNE

Tallinna Tehnikaülikool Geoloogia instituut Lõputöö ülesanne

Töö ID	1714B	Õppekava	AAGB 01/02
Üliõpilane	Sander Kahk	Matrikli nr.	081973
Töö liik	Bakalaureusetöö	Õppeaine kood	LG40LT
Juhendaja	Mall Orru	Ülesanne kehtib kuni	08.06.2017

Töö ülesanne	Turbaalade kuivendamise mõjuraadiuse vähendamise tehnoloogiate väljatöötamine
Topic of the Thesis	Development of technologies for minimizing the drainage range in preparation of peatlands

Töö sisu põhipunktid	Erinevate tehnoloogiate väljatöötamine turba kaevandamisalade kuivendamisraadiuse vähendamiseks (eri liiki veetõkked, vee kompensatsioonimehhanismid jmt). Töö sisuks on erinevate tehnoloogiate efektiivsuse võrdlemine looduslike ja majanduslike näitajate alusel.
----------------------	--

Seotud teadusteema ja/või sihtasutus	Keskkonnaministeerium, Tootsi turvas AS, Inseneribüroo Steiger, Jiffy Products Estonia, Kekkila OÜ
--------------------------------------	--

Tähtajad

Eelkaitsmine	Kuni 29. mai 2017	Kaitsmine	08.06.2017
--------------	-------------------	-----------	------------

Üliõpilane	Sander Kahk		08.03.2017
Juhendaja	Mall Orru		08.03.2017
Konsultant			
	nimi	allkiri	kuupäev

Ülesanne kinnitatud	08.märts 2017
Ülesanne täpsustatud	
Ülesanne pikendatud	

ABSTRACT

The topic of this bachelor's thesis is „Development of technologies for minimizing the drainage range in preparation of peatlands“. The goal is to develop and compare different potential technologies and suggest the best technology for minimizing the environmental impact of drainage to surrounding natural areas. This is achieved by designing a calculation model on the basis of relevant technical and economical aspects.

Water depression measurements were made at three existing peat mines: Kuislemma, Peningi and Põhara. Data on filtration test measurements were gained from planning documents. Three different technologies were compared: element dams (the material being plastic, concrete, wood or metal), compensation pumping, and soil dams. The cost of using different technologies was calculated. It was found out that the soil dam technology (increasing the density of the outer ditch wall with peat, while removing the top soil) is feasible and the most cost-efficient way to reduce the drainage impact of peat mining to surrounding areas.

1. SISSEJUHATUS

Antud bakalaureusetöö on koostatud vastavalt lähteülesandele teemal „Turbaalade kuivendamise mõjuraadiuse vähendamise tehnoloogiate väljatöötamine“. Bakalaureusetöö eesmärgiks on välja töötada optimaalne kuivendustehnoloogia keskkonnakaitseliste ja majandusnäitajate alusel.

Töö uurib turba kuivendamisel kaasneva veealanduse mõju vähendamise tehnoloogiaid turbatootmisaladega külgnevatele looduslikele aladele. Praeguse kaitsealade loomise käigus on tekkinud olukordi, kus kaitsealad piirnevad vahetult turbatootmisala mäeeraldisega. Seetõttu tuleb vastavatel kaevandamisaladel, vähendada kaevandatavat pindala (tuues kuivendusvõrgu mäeeraldise piirialalt mäeeraldise sisse) või leida tehnoloogia kuivenduse mõjuraadiuse vähendamiseks külgnevatele aladele. Veealanduse ulatust on uuritud turbatootmisalade näitel, millest Kuislemma ja Põhara piirnevad kaitsealadega;

- Kuislemma
- Peningi
- Põhara

Ülesande püstitus: " Erinevate tehnoloogiate väljatöötamine turba kaevandamisalade kuivendusraadiuse vähendamiseks (eri liiki veetõkked, erinevad vee kompensatsiooni mehhanismid). Töö sisuks on erinevate tehnoloogiate efektiivsuse võrdlemine looduslike ja majanduslike näitajate alusel."

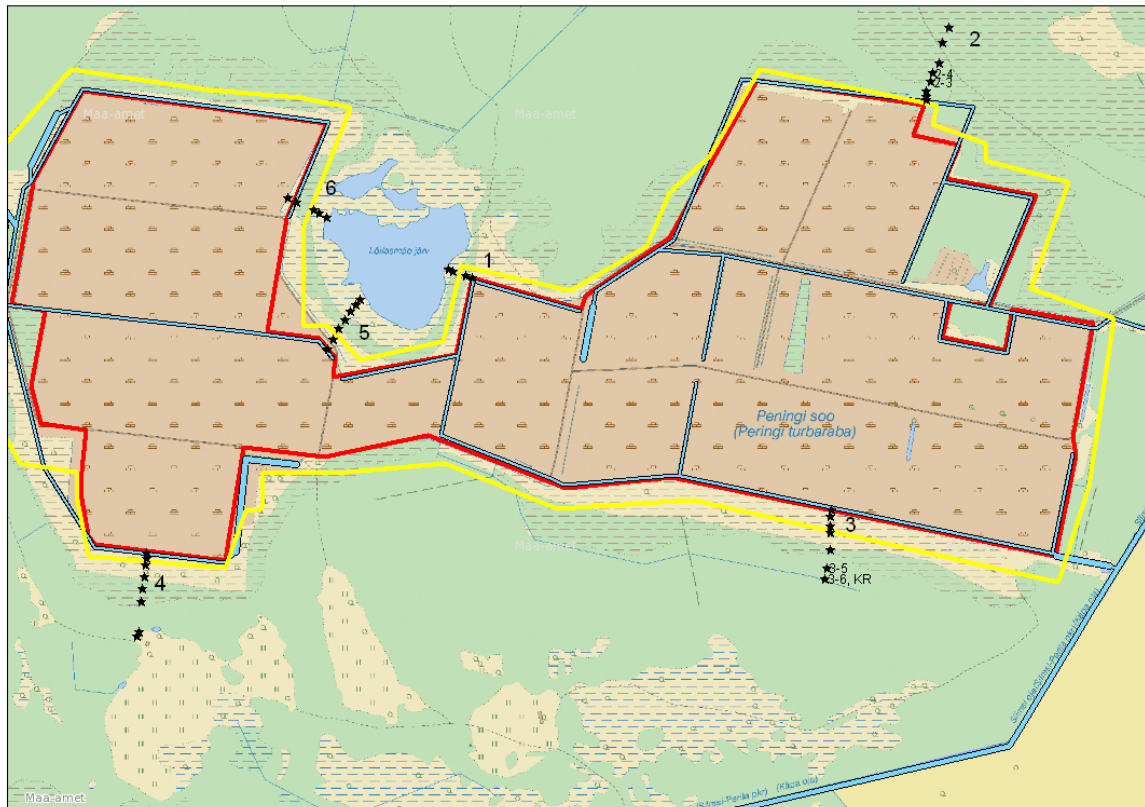
Täna oma juhendajat dotsent Mall Orrut igakülgse abi ja nõu eest. Heidi Soosalu ingliskeelse osa toimetamise eest. OÜ Inseneribürood Steiger ja tema töötajaid Meelis Peetrist, Erki Niitlaant, Martin Kaljustet, Taavi Loognat, Ranno Talvikut, Hedi Schvedet ja Aadu Niidast, kellega koos töötamine on olnud rõõm. Samuti aruannete, kaardi- ja mõõtmisandmete kasutamise eest, mis olid käesoleva lõputöö koostamisel suureks abiks.

2. METOODIKA

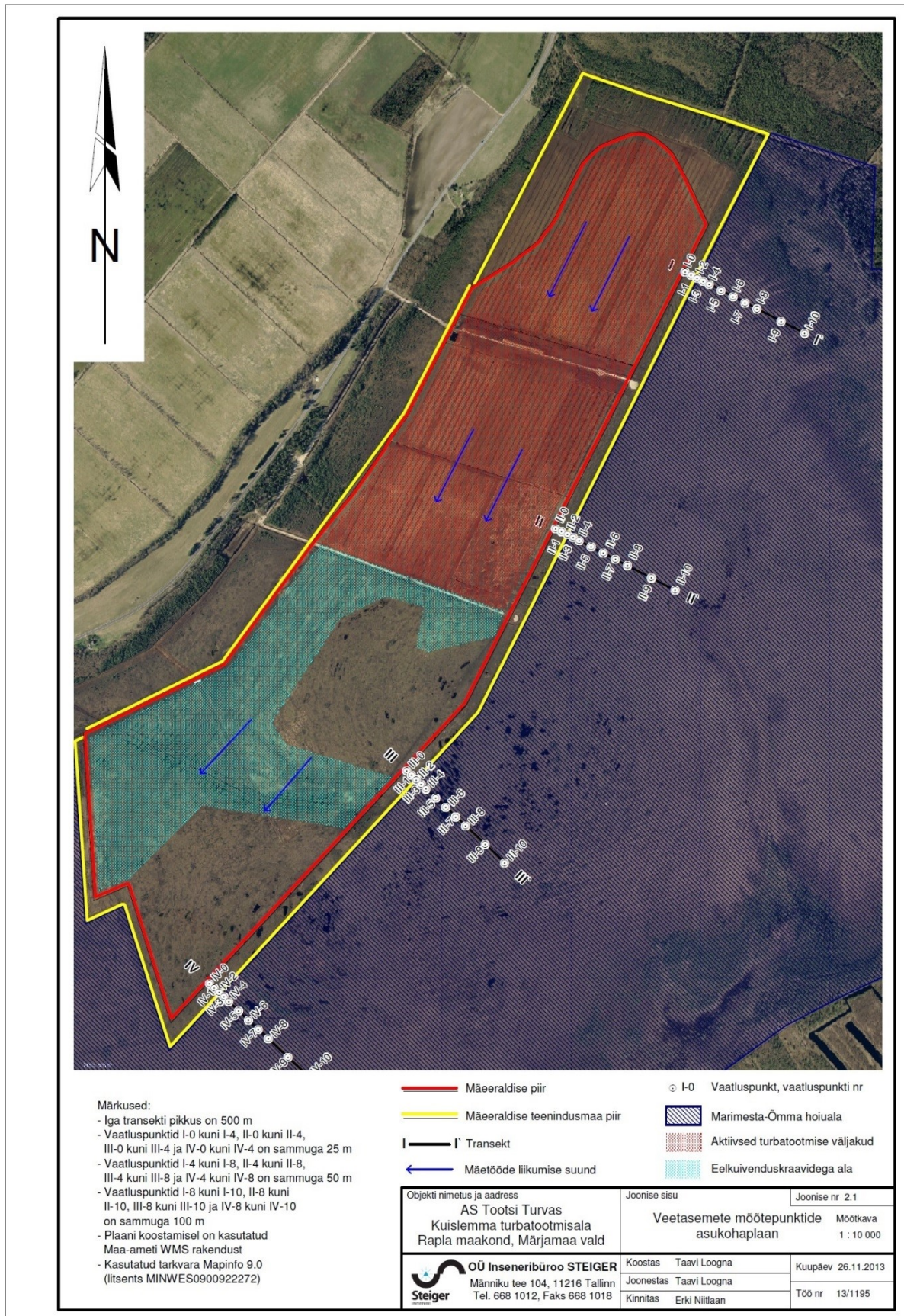
Töötasin välja meetoodika probleemi uurimiseks, alustades sobivate tehnoloogiate välja toomisega. Uuritavad tehnoloogiad on kirjeldatud ja välja toodud peatükis 3. Seejärel uurisin veetasemeid turbatootmisaladel. Andmeid veetasemete kohta koguti kolmest turbamaardlast: Kuislemma (Joonis 2.2), Peningi (Joonis 2.1) ja Põhara (Joonis 2.3). Mõõtevõrke ja mõõtmist on kirjeldatud peatükis 4. Filtratsioonimooduli katseandmeid on saadud Eesti Geoloogiafondist [6].

Arvutused ja mõõtetulemused on tehtud Exceli tabelarvutusprogrammiga ja asuvad **Lisa 1 Mõõtmis- ja arvutustabelid**). Neid on kirjeldatud peatükis 5 ning analüüsitud peatükis 6.

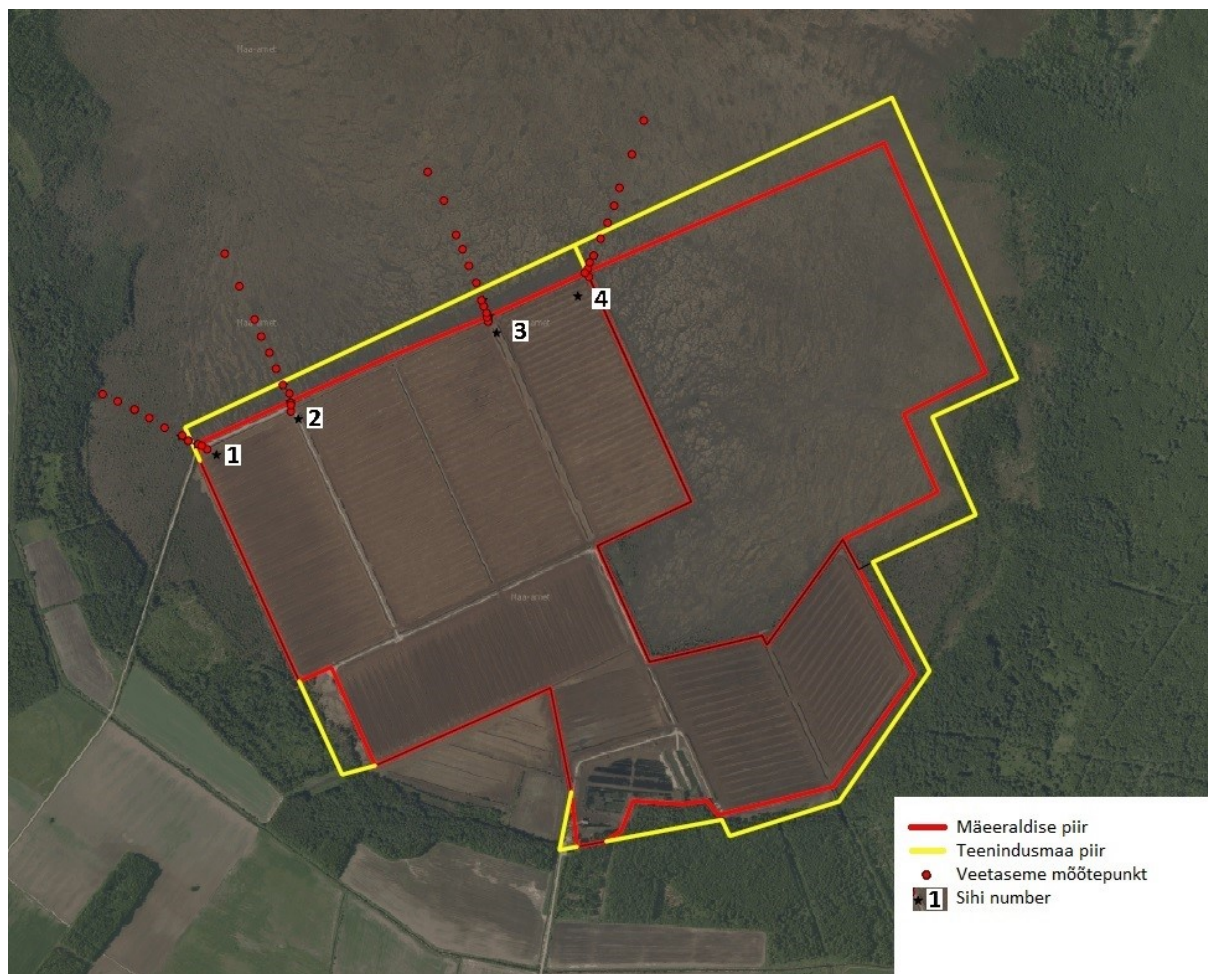
Turbaalade kuivendamise mõjuraadiuse vähendamise tehnoloogiate väljatöötamine



Joonis 2.1 Peningi turbatootmisala veetasemete mõõtmispunktid



Joonis 2.2 Kuislema turbatootmisala veetasemete mõõtmispunktid. Väljavõte [3], autor Taavi Loogna



Joonis 2.3 Põhara turbatootmisala veetasemete mõõtmispunktid

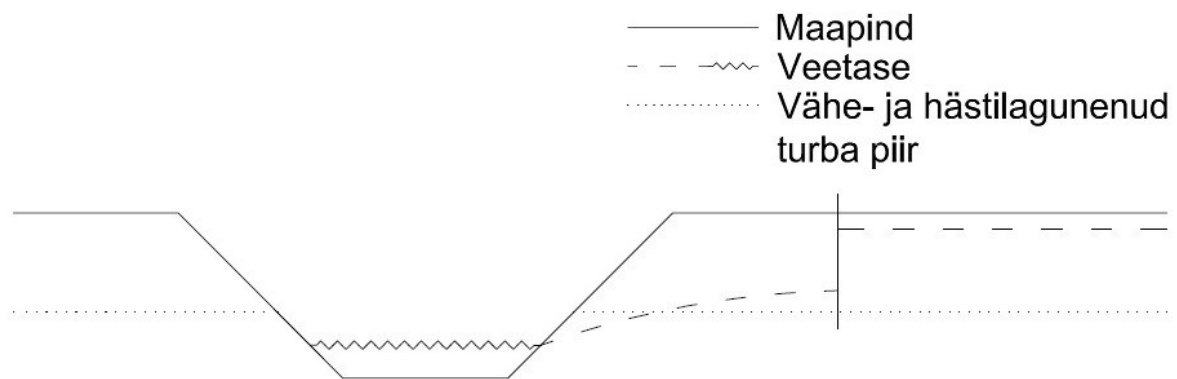
3. UURITAVATE TEHNOLOOGIATE KIRJELDUS

Turba kaevandamisega kaasneva kuivenduse mõjuraadiust vähendavad tehnoloogiad jagunevad oma toime alusel kaheks: veetõketeks ja kompensatsioonimehhanismideks.

(Joonis 3.3) Veetõkkeid saab rajada vee liikumist takistades ehk tammidega. Veetõkked jagasin omakorda kaheks jaganud, elementtammideks (**Joonis 3.1** Elementtamm pinnases ja pinnastammideks. (**Joonis 3.2**)

3.1 Elementtammid

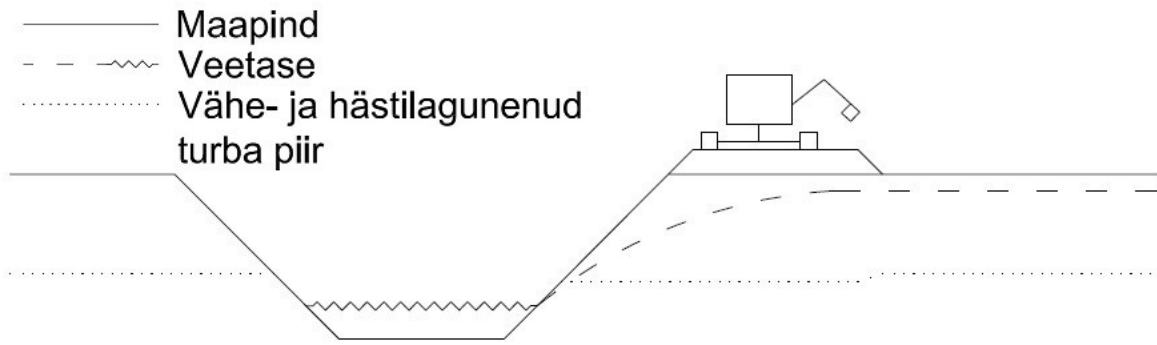
Elementtammid on veetõkked, kus veetõkke rajamiseks tuuakse selle keskkonnast erinevat kiiresti paigaldataval ja valmis kujul lisamaterjali, et vee liikuvust vähendada. Erinevad materjalid on laudisseinad, plastelemendid, betoonelemendid, metallelemendid. Tööstuslike lahenduste puhul on elementtammid sageli kiiresti paigaldatavad, kuid turbatootmisaladel kasutamiseks liialt kallid.



Joonis 3.1 Elementtamm pinnases

3.2 Pinnastammid

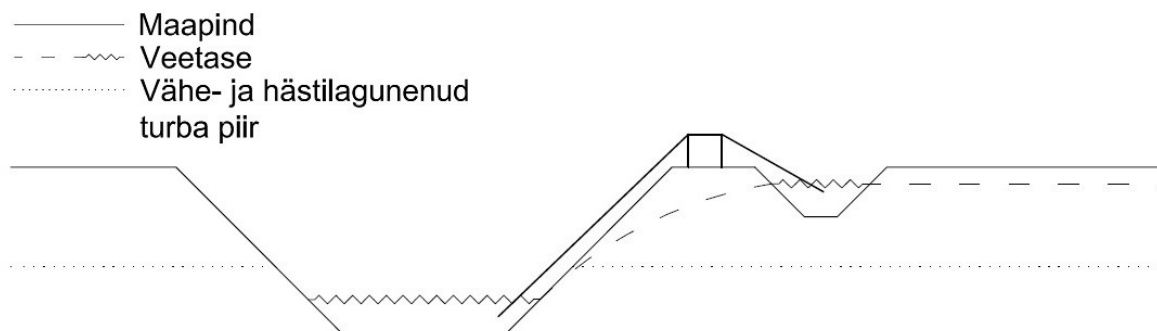
Pinnastammid on veetõkked, kus tammikeha rajamiseks kasutatakse pinnast. Need saab rajada keskkonnast endast pärit materjalist (turbast), selle omadusi muutes vastavalt tihendades tsükliliselt (laia roomikuga masinaga peal sõites) ja kuivendades pidevalt (rajamist alustada eesvoolu poolt), et vähendada turbapinnase poorimahtu. See tegevus viib turbatootmisala välispiirdes veejuhtivuse vähenemiseni ja seeläbi veealanduse mõju vähenemiseni külgnevale alale.



Joonis 3.2 Pinnastammi rajamine

3.3 Kompensatsioonimehhanismid

Kompensatsioonimehhanismid on lahendused, kus läbi takistuse liikunud vesi suunatakse tehiskult pumpamisega tagasi ülesvoolu. Selleks tuleb koostada täpne projekt. Vastasel juhul tekib valesti rajamisel suur erosioonioht voolusängide tekke näol. Selle lahenduste juures tekib lisaks perioodiline tööjõukulu pumpamise läbiviimiseks ja pumpamissüsteemide hoolduseks.



Joonis 3.3 Kompensatsioonikraav

4. VEETASEMETE MÕÕTMINE

Veetasemeid mõõdeti kolmelt turbatootmisalalt: Peningi [5], Kuislemma [3] ja Põhara [4] Peningi turbatootmisalal on pinnastamm raba keskel asuva järve ümber ning raba servad on ümbritsetud piirdekraaviga, mille vallid ontihendamata. Kuislemma ja Põhara turbatootmisaladel on kogu tootmisala ümbritsetud tihendamata vallidega piirdekraavidega.

Veetasemed mõõdeti mõõtetoru suudmest, tavalise mõõdulindiga, ühe sentimeetri täpsusega. Mõõtmisterida algab september 2010. september ja kestab kuni 2013. juuni. Töö koostaja poolt mõõdetud periood oli 2011. aprill kuni 2011. juuni ning 2012. juuni kuni 2013. juuni. Tööd teostas OÜ Inseneribüroo Steiger, kus töötas sel ajal töö autor. Mõõtmistulemused on toodud tabelitena välja **Lisa 1** Mõõtmis- ja arvutustabelid. Veetaseme andmeid on Kuislemmas 44, Peningis 39, Põharas 43 mõõtekohast ja kokku on töös kasutusel 1046 mõõtmise tulemust.

Töö koostaja poolt on rajatud mõõtevõrk Peningi turbatootmisalal, Kuislemma ja Põhara turbatootmisalal mõõtevõrgu rajaja oli Martin Kaljuste. Peningi turbatootmisalal kaevandab AS Tootsi Turvas, Kuislemma turbatootmisalal OÜ Kekkilä Eesti (varem kuulus AS Tootsi Turbale), Põhara turbatootmisalal AS Jiffy Products Estonia.

Mõõtepunkti rajamisel kasutati 2cm PVC toru, mille seintesse on puuritud augud ja alumine ots on topistatud, et pinnas torru ei satuks. Toru maasseasetamisel löödi kangiga auk maapinda ette ja suruti toru maapinda. Seejärel mõõdistati toru suudme koordinaadid reaallaja GPS-ga. (**Foto 4-1**)



Foto 4-1 Mõõtetoru mõõdistamine Reaalaja GPS-ga

5. HÜDROTEHNILISED JA MAJANDUSLIKUD ARVUTUSED

Mõõtmistulemuste põhjal arvasin Peningi ja Põhara turbatootmisala keskmise staatilise ja dünaamilise veetaseme vahe (**Tabel 5-1**). Kuislemma turbatootmisala puhul puudub info dünaamilise veesurve kohta ehk mõõtevõrgus ei ole kraavi veetaseme infot. Peningi ja Põhara turbatootmisala veetaseme mõõtmistes on kraavi veetaseme info olemas.

Tootmisala	ΔH avg, m
Kuislemma	Pole andmeid
Peningi	2,12
Põhara	1,31

Tabel 5-1 Keskmise veetaseme kõrguste vahe

Mõõdetud veetasemete kõrgusvahed ΔH annavad aimu, millises suurusjärgus dünaamilised surved mõjutavad filtratsiooni. Arvutusmudelil **Lisa 1** Mõõtmis- ja arvutustabelid on ΔH suurus muudetav ja näidisarvutuses on kasutatud suurus $2^{0,5}$ m arvutuste lihtsaks ja näitlikuks tegemiseks. Lisaks langeb $2^{0,5}$ m kahe tootmisala keskmiste surve differentsiaalide vahele. Selle leidmisel kasutati ainult kraavi ja kraavi kõrval oleva mõõtmispunkti andmeid, mille vahekaugused olid 15-25m. Reaalsus näitab, et suurema kaugusega kraavist on veetasemele palju olulisem roll lokaalreljeefil, kui kraavi kuivendaval mõjul ja seetõttu pole tehnilistel arvutustel kaugemaid mõõtmispunkte otstarbekas kasutada.

Elementtammide puhul, eeldades, et elemendid on vett mitte läbi laskvad, saavutatakse vajalik tehniline tulemus, kui elementtamm ulatub hästilagunenud turba kihti. Kuna massiivis on nimetatud kihis juba valdavalt piisavalt väike veejuhtivus, et saavutada mõjuraadius alla 10 meetri. Massiivist väljatud hästilagunenud turba proovikeha veejuhtivus on suurem, kuna talle ei rakendu maapinna tihendav jõud. [1]

Kompensatsioonimeetodil ei ulatu mõju kaugemale kompensatsioonikraavist, kuna seal viiakse vee staatiline rõhk, kas samale või kõrgemale tasemele loodusliku alaga. Ehk veetase kompensatsioonikraavis on piisavalt kõrge, et loodusliku ala ja kompensatsioonikraavi vahel vee liikumine puuduks või oleks vastassuunaline.

Pinnastammi puhul arvasin erivooluhulga ehk filtratsiooni kraavi pikkusühiku kohta ($\frac{l}{s*m}$) rõhtveehaarde juurdevoolu Võrrand 1, kus [2, lk 241], kust saan erinevate tihendusastmete juures välja tuua veealanduse mõjuraadiuse ulatuse. (**Tabel 5-2**) Valemis kasutusel olevad suurused on illustreeritud **Joonis 5.1**.

Filtratsioonimooduli mõõtmised eri turbakihtides on teostatud ainult Peningi turbamaardla detailuuringus [6], seetõttu teen tehnilised arvutused Peningi turbatootmisala näitel piketil 1. Seal on ka tihendatud kraav, mis on uuritavale ülessandele kõige sarnasem.

$$q = \frac{k*(H^2 - h^2)}{2L}$$

Võrrand 1, kus

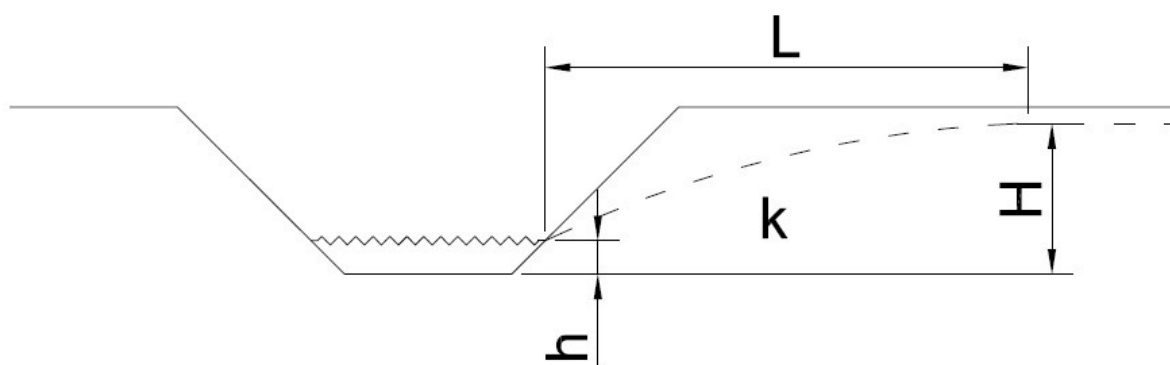
q – erivooluhulk, $\frac{l}{s*m}$

k – filtratsioonimoodul, m/s

H – staatiline veesurve, m

h – dünaamiline veesurve, m

L – mõju ulatus e langjoone ulatus staatilise veetasemega ühinemiseni, m



Joonis 5.1 Mõõdetavate parameetrite kujutus

Peningi näitel ülemise esimese meetri mõjuraadius						L, m
Vähelagunenud turvas	k=	1387,15	m/ööp	$1,6*10^{-2}$	m/s	$1,5*10^5$
Hästilagunenud turvas	k=	4,472	m/ööp	$5,2*10^{-5}$	m/s	$4,7*10^1$
Kergelt tihendatud turvas	k=	0,864	m/ööp	$1,0*10^{-5}$	m/s	$9,1*10^0$
Mõõdukalt tihendatud turvas	k=	0,0864	m/ööp	$1,0*10^{-6}$	m/s	$9,1*10^{-1}$

Tabel 5-2 Turba kihi omadustest ja tihendusastmest sõltuv vee juhtivus

Veealanduse arvutustulemustest selgub, et vähelagunenud turvas on väga hästi vett juhtiv, lausa turbulentses spektris ehk vabalt voolavas, mitte laminaarses filtratsioonivoolus nagu kõik ülejäänud variandid. See võib olla tingitud filtratsioonimooduli katsekehast, mis on võetud 0-1,0 meetri sügavuselt ja sisaldab sugekihti. Sugekiht võis tekitada katsekehase tühimikud, mis võimaldab vee vaba voolamist. Lisaks võib see tingitud olla asjaolust, et arvutustes kasutatakse tihendatud turba erivooluhulka, mis vähelagunenud turba suuremale erivooluhulga määrale vastates viiks ka mõjuraadiuse väiksemaks. Ühesõnaga tegu on konservatiivse stsenaariumiga, millest reaalsed veealanduse mõjud on suure tõenäosusega väiksemad.

Tihendades osaliselt lagunenuid turvast, täituvad turbas asuvad poorid, materjal „tsementeerub“ üli vähesel määral ja vee vool toimub filtratsiooniliselt. Hästilagunenud turba katses on katse ilmselt tehtud vabarõhulisena ehk seal ei ole tavalist kattekihti peal, mis talle lisasurvet tekitab, seeläbi oluliselt veejuhtivust vähendab. Tihendatud turvaste veejuhtivuse juures 1 m kuni 10 m [1] piisab täiesti teenindusmaa alast, et veealanduse mõju staatilise survega nulli viia. Soovitav on tihendada rohkem, sest siis saab välispiirdetammi ka teena kasutada. Lisaks aitavad selgitada tihendatud turba filtratsiooniomadused, miks Peningi raba keskel on alles Lõilasmäe järv, kus hinnanguliselt 5 m laiune tihendatud pinnastamm hoiab endas 3,5 m dünaamilist vee survet ning välispiirde poolne kraavisein on kuiv.

Kõikide tehnoloogiate puhul arvatati ühe kilomeetri kraavi rajamisel täiendav kulu. (**Tabel 5-3**) Elementtammi puhul tehti materjali paksuse/koguse leidmisel plast-, betoon ja metallelemendi tugevusarvutus (**Lisa 1** Mõõtmis- ja arvutustabelid), et leida piisav elementseina paksus. Mille puhul elemendid kannatavad maasse surumist 16 tonnise ekskavaatori poolt vähemalt viiekordse varuteguriga, et element maasesurumisel ka paindepingetele vastu peaks. (**Tabel 5-4**) Puitelemendi paksus sai valitud 50 mm, et oleks võimalik tappides kasutada 15 mm kesksoont ja tegu on levinud saematerjali paksusega. Betoonelemendi puhul ei ole võimalik tehnoloogiliselt kitsamat, kui 25 mm elementi valmistada, kuna siis ei hakka 12 mm fiiber korrektselt tööle. Elementtammi elementide arvutustes kasutatud hinnad on ajas muutuvad ja tugevused sõltuvad täpsest partiist. On võimalik leida märgatavalt odavamaid hindu, kuid uuritavas mastaabis ja suurusjärgudes tulemuses hinnaerinevus midagi ei muuda

1 km tammi rajamise kulu	Laudiselement	Plastelement	Metallelement	Betoonelement	Pumpamine	Pinnastamm
Materjal, seadmed, euro	34000,00	30320,04	37664,64	60360,00	3000,00	0
Rajamiskulu, euro	5833,33	2916,67	2916,67	2916,67	486,11	583,33
Transpordikulu, euro	833,33	925,52	1046,24	2012,00	0	0
Lisakulu, euro	0	0	0	0	1280 ¹	6000 ²
Kohene kulu, euro	40666,67	34162,22	41627,55	65288,67	3486,11	583,33

Tabel 5-3 Majandusarvutuste tulemused

¹-Igaaastane hooldus ja tööjõukulu kompensatsioonipumpamist kasutades

²-Tuleviku saamata jäänud tulu tihendamisele kasutatud materjali tõttu, mida teenindusmaalt võetud materjali puhul võib arvestada 0-ks

Tabel 5-3 selgub, et elementtamme rajamine on suurusjärgude võrra kallim, kui alternatiivsed variandid. Kõige väiksem kohene kulu on Pinnastammide puhul. Kompensatsioonimeetod ehk pumpamine on ainus variant, mis nõuab pidevat jälgimist ja

tööaega ka pärast rajamist, kuid jääb samuti Pinnastammist kallimaks.

Element	Survetugevus, Mpa	Paksus, m	1 m seinä survetugevus, tonni
Plastelement, PET plastmass	55 [7]	0,02	112
Metallelement, madalsüsinikteras	250 [8]	0,004	102
Betoelement, fiibertugevdatud betoon	75 [9]	0,025	191

Tabel 5-4 Elementseina minimaalse paksuse arvutus

6. UURIMISTÖÖ ANALÜÜS

Tehniliselt on teostatavad kõik variandid. Elementtammide rajamine on tülilikaim ning rajamise käigus võib tulla kõige rohkem ootamatusi (elementi purunemine, kännuhorisoni olemasolu, hilisem elementide veepidavuse kaotus, hilisema liikumise tõttu maapinnas). Kompensatsioonimeetod ja pinnastammi rajamine on keerukuses sarnane. Pinnastammi rajamisel on kaevetöid veidi rohkem. Samas kompensatsioonimeetodil tuleb kaskaadid ja ülevoolud projekteerida, et vesi püsiks kompensatsioonikraavis ja erosioonioht väheneks. Kompensatsioonimeetod toob hilisema tööjõukulu kasvu, perioodilise pumpade kasutamise näol.

Majandusarvutustest lähtub, et parim lahendus on pinnastamm. Selle rajamise kohene kulu on suurusjärgu võrra väiksem elementtammidest ja kompensatsioonimeetodist. Pinnastammi lisakulu on võimalik kõrvaldada. Tootmisala laiendades on võimalik tihendatud kaldaosa tegemiseks kaotatud „toodang“ samuti väljata või rajada ta üldse teenindusmaa materjalist, millisel puhul maavara kadu mäeeraldisel osas ei teki.

Vaadeldud tegutsevatel turbatootmisaladel on võimalik vähendada veealanduse mõju kaitsealadele. Olemasolevate turbatootmisalade välise veealanduse tsoonis on väga unikaalne kuivenduskooslus ja looduskeskkond. Seal on sageli hakanud kasvama mitmed looduskaitseväärtusega taimed. Antud taimed hävinevad taastades praeguses kuivenduse mõjualas esialgse liigniiskema olukorra. Küll aga on soovitatav välispiirdetammi tihendamist teha uutes veel rajatavates tootmisaladel ja aladel, kus taimestik pole veel jõudnud vahetuda (sõltuvalt tingimustest, tavaliselt vähem kui kümme aastat tegutsenud turbatootmisaladel). Seal annab pinnastammide rajamine märgatava mõju ärajuhitavate veekoguste vähenemisse ja keskkonna muutumist on veel võimalik peatada.

Tootmisalale välispiirdetammi tihendamist rajama hakates tuleks teha seal asuvale turbale filtratsioonikatse (Darcy katseseadmega), kusjuures oluline on, et katsed tehtaks ka tihendatud olekus turbaga. See võimaldab arvutada veealanduse ulatuse meetrites ja näidata, et veealanduse mõju on võimalik viia ainult teenindusmaale.

7. KOKKUVÕTE

Käesolevas bakalaureusetöös uuriti kolme tehnoloogiat vähendamaks veealanduse mõju turba kuivendamisel külgnevale alale:

- elementtammid
- pinnastamm
- kompensatsioonimeetod

On vaadeldud kolme turbatootmisala veealanduse andmestikku, kus uuritav probleem on aktuaalne: Kuislemma, Peningi, Põhara turbatootmisalad. Veealanduse ja katseandmestiku põhjal on leitud näitlikud projekteerimise sisendid, millega saab arvutada välja tehnoloogiate näitlikud parameetrid. Sealhulgas tammielementide mõõtmed, rajamiskiirused ja pinnastammi puhul vähenenud veealanduse mõjuraadiuse.

Töös on välja arvatud uuritavate tehnoloogiate erikulu 1 km kohta. Pinnastammi rajamine maksab 600 eur/km, mis on suurusjärgu võrra odavam ja ka lihtsam rajada, kui elementtamme rajamiskuluga 34 000- 65 000 eur/km ja ka kompensatsioonimeetodi rajamiskuluga 3 500 eur/km pluss käituskulu 1 280 eur/km aastas.

Autori soovitus on uuritava probleemi lahendamisel kasutada piirdekraavi rajamisel tihendamise teel rajatud välist pinnastammi eemaldades eelnevalt sugekihi. Tootmisalale välispiirdetammi tihendamist rajama hakates tuleks teha seal asuvale turbale filtratsioonikatse (Darcy katseseadmega), kusjuures oluline on, et katsed tehtaks ka tihendatud turba proovikehaga. See võimaldab arvutada veealanduse ulatuse ja näidata, et seda on võimalik viia mõne meetrini (tihendatud turba juures 0,9 meetrit) ja mõju viia ainult teenindusmaale. Töös välja töötatud arvutuskäike saab edaspidi projekteerimisel kasutada.

8. KASUTATUD KIRJANDUS

1. U.Tomberg, Eesti NSV Riiklik Agrotööstuskomitee, Eesti Maaviljeluse ja Maaparanduse Teadusliku Uurimise Instituut, „Turba omaduste muutumine soode kuivendamisel“, Tallinn 1989
2. A. Maastik, H.Haldre, T.Koppel, L.Paal, „Hüdraulika ja pumbad“, Tartu 1995
3. H.Schvede, T.Loogna, E.Niitlaan, OÜ Inseneribüroo Steiger, Töö nr 13/1195 „Kuislemma turbatootmisala kuivenduse mõju seire veetasemele Marimetsa-Õmmu hoiualal ja Soosalu külas“, Tallinn 2014
4. J.Johanson, A.Toomik, U.Timm, M.Kaljuste, E.Niitlaan, OÜ Inseneribüroo Steiger, Töö nr 11/0636, „AS Torfex Lavassaare turbamaardla Põhara turbatootmisala töötamise ja Põhara II turbatootmisala rajamise ja töötamisega kaasneva keskkonnamõju hindamise aruanne“, Tallinn 2011
5. A.Niidas, A.Toomik, E.Niitlaan, OÜ Inseneribüroo Steiger, „Peningi turbatootmisala kuivendamise ja kuivendusvete ärajuhtimisega kaasneva keskkonnamõju hindamise aruanne“, Tallinn 2012
6. V.Klimenko, A.Võsa, R.Ramst, A.Lepp, M.Shirokova, EGF nr 5255, „Harju rajooni Peningi turbamaardla (Seli, Seli II, Peningi) keskosa detailuuringu aruanne 1988.-89.a“, vene k, 1989 Keila
7. PET survetugevus, [https://en.wikipedia.org/wiki/Polyethylene_tere-phthalate](https://en.wikipedia.org/wiki/Polyethylene_terephthalate), 01.03.2017 seisuga
8. Madalsüsinikterase survetugevus, <https://www.quora.com/What-is-the-Compressive-strength-of-mild-steel>, 01.03.2017 seisuga
9. Fiiberbetooni survetugevus ja hind, <http://betoonimeister.ee/>, 01.03.2017 seisuga
10. PET hind, <http://www.wrap.org.uk/content/plastic>, 01.03.2017 seisuga
11. Madalsüsinikterase hind, <https://www.quandl.com/collections/markets/industrial-metals>, 01.03.2017 seisuga
12. Puitmaterjali hind, 50x200mm pruss, <http://www.banneks.ee/tooted/saematerjal/>, 01.03.2017 seisuga

Lisa 1 Mõõtmis- ja arvutustabelid