



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Loodusteaduskond  
Geoloogia instituut

# TURBA JA PÕLEVKIVI KOOSKAEVANDAMINE NARVA PÕLEVKIVIKARJÄÄRIS

OIL SHALE AND PEAT MINING  
IN NARVA OIL SHALE OPENCAST MINE

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Ain Anepaio

Üliõpilaskood: 143725AAGM

Juhendaja: Emeriidotsent Enn Lüütse

Tallinn, 2017. a.

## **AUTORIDEKLARATSIOON**

Deklareerin, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus ning kinnitan, et esitatud materjalide põhjal ei ole varem akadeemilist kraadi taotletud. Kinnitan, et antud töö koostamisel olen kõikide teiste autorite seisukohtadele, probleemipüstitustele, kogutud arvandmetele jmt viidanud.

“.....” ..... 201.....

Autor: .....  
/ allkiri /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

“.....” ..... 201.....

Juhendaja: .....  
/ allkiri /

Kaitsemisele lubatud

“.....” .....201... .

Kaitsemiskomisjoni esimees .....  
/ nimi ja allkiri /

## Lõputöö kokkuvõte

<i>Autor:</i> Ain Anepaio	<i>Lõputöö liik:</i> Magistritöö
<i>Töö pealkiri:</i> Turba ja põlevkivi kooskaevandamine Narva põlevkivikarjääris	
<i>Kuupäev:</i> 08.12.2016	44 lk
<i>Ülikool:</i> Tallinna Tehnikaülikool	
<i>Teaduskond:</i> Matemaatika-loodusteaduskond	
<i>Instituut:</i> Geoloogia Instituut	
<i>Töö juhendaja(d):</i> Enn Lüütse	
<i>Sisu kirjeldus:</i> <p>Käesoleva magistritöö käigus uuriti turba kaevandamise võimalusi Puhatu turbatootmisalal, mis kattub Narva põlevkivikarjääriga. Analüüsiti kolme freesimise ja kahte ekskaveerimise-laotamise meetodit kahe tootmismahu juures. 85 m laiune riba, mis on võrdne sammuva ekskavaatori aastase edasinihkega tranšees ning 200 000 t, mis on turba kaevandamisloas lubatud maksimaalne kaevandamise aastane kogus. Kõigi tootmistehnoloogiate juures lähtuti põlevkivi kaevandamise režiimist ja turba tootmise majanduslikust aspektist.</p> <p>Töö tulemusena jõuti järeldusele, et kõige sobilikum antud põlevkivi kaevandamise režiimi korral on kasutada ekskavaatorit. Ekskaveerimisega suudetakse vabastada turba tootmise hooaja jooksul põlevkivi aastaseks kaevandamiseks vajalik ala. Ekskavaatorit kasutatakse pätsikujulise tükkturba ja plokkiturba tootmise juures. Majandusliku eelhinnangu tulemusena on nii 85 m laiuse riba kui ka 200 000 t mahu kaevandamine kasulik. Tootmisomahinda arvestades on kasulik toota plokkurvast.</p> <p>Freesimine 85 m laiuse ala korral ei ole kasutatav kuna põhjustab põlevkivi kaevandamises 2...3 aastaseid pause. Samuti on väiksel pinnal tootmine majanduslikult otstarbetu ning ei suudeta tagada kaevandamisloas nõutud minimaalne aastane turba kogus. 200 000 t mahu tootmine freesimisega on majanduslikult kõige kasumlikum, kuid enne kui saadakse põlevkivi kaevandamisega alustada tuleb oodata 5 aastat. Ooteaeg 5 aastat on ainult juhul kui igal aastal on ideaalsed ilmastiku tingimused ja suudetakse toota maksimaalne kogus turvast.</p>	
<i>Märksõnad:</i> Turvas, freesturvas, plokkurvas, tükkturvas, põlevkivi, tootmine	

## Summary of the diploma work

<i>Author:</i> Ain Anepaio	<i>Kind of the work:</i> Master
<i>Title:</i> Peat and oil shale mining in Narva oil shale opencast mine	
<i>Kuupäev:</i> 08.12.2016	44 lk
<i>University:</i> Tallinn University of Technology	
<i>Faculty:</i> Faculty of Science	
<i>Department:</i> Institute of Geology	
<i>Tutor(s) of the work:</i> Enn Lüütre	
<i>Abstract:</i> <p>The aim of this master thesis is to examine the ways of peat mining at Puhatu peat production area, which coincides with the Narva oil shale open cast. Analyzed were three milling and two excavation-spreading methods at two production volume scenarios. 85 m wide area, which is equal to the dragline year forward movement in trenches and 200 000 t, which is a maximum annual permitted the extraction quantity of peat mining. All technologies were analyzed based on oil shale extraction mode and peat production economic standpoint.</p> <p>As a result, it was concluded that the most appropriate for a given shale extraction mode is to use excavators. With excavators it is possible during the production season to mine area which is needed for the age of the oil shale mining. Excavators are used for a loaf-shaped piece of peat and block peat manufacturing. Preliminary assessment of the economic result, both the 85 m wide strip and 200 000 t volume mining are profitable. Whereas the production cost it is useful to produce a block of peat.</p> <p>Milling the 85 m width area is not usable since it causes 2...3 year pauses in the oil shale mining. It also economically viable to have a small surface production and cannot guarantee required a minimum annual quantity of peat. Production capacity 200 000 t with milling operation is economically the most profitable, but before oil shale mining can start must wait for 5 years. 5 years standby time is only when every year there is ideal weather conditions and able to produce the maximum amount of peat.</p>	
<i>Key words:</i> Peat, milled peat, block peat, sod peat, oil shale, production	

## Sisukord

Kasutatavad mõisted ja lühendid.....	10
Sissejuhatus .....	11
1. Narva põlevkivikarjääri ja Puhatu turbamaardla kirjeldus .....	12
1.1. Asukoht ja paiknemine .....	12
1.2. Puhatu turbaala geoloogiline kirjeldus .....	13
1.3. Põlevkivi kaevandamine Narva põlevkivikarjääris .....	14
1.4. Turba kaevandamine Puhatu turbaväljal .....	15
2. Turba kaevandamise meetodid .....	16
2.1. Turba kasutusala .....	16
2.2. Freesturba tootmine .....	17
2.2.1. Freesturba tootmine Haku meetodil .....	19
2.2.2. Freesturba tootmine mehaanilise kogujaga .....	20
2.2.3. Freesturba tootmine pneumaatilise kogujaga .....	20
2.3. Tükkturba tootmine .....	21
2.3.1. Silindrikujulise tükkturba tootmine.....	23
2.3.2. Lainja tükkturba tootmine .....	24
2.3.3. Pätsikujulise tükkturba tootmine ekskavaatoriga kaevandades ja laoturiga laotades .....	24
2.4. Plokkiturba tootmine .....	25
3. Turba kaevandamise mahud Puhatu turbatootmisalal .....	27
3.1. Freesturba aastane toodangu maht.....	27
3.1.1. Freesturba kogumine Haku meetodiga.....	27
3.1.2. Freesturba kogumine mehaanilise kogujaga .....	30
3.2. Tükkturba aastane toodangu maht.....	32
3.2.1. Silindrikujulise tükkturba kaevandamine.....	32
3.2.2. Tükkturba tootmine ekskavaatoriga kaevandades ja laoturiga laotades .....	35

3.3. Plokkturba aastane toodangu maht .....	39
4. Erinevate turba kaevandamise meetodite maksumus.....	42
4.1. Freesturba tootmine .....	42
4.1.1. Haku meetodiga freesturba tootmine .....	42
4.1.2. Mehaanilise kogujaga freesturba tootmine.....	43
4.2. Tükkturba tootmine .....	44
4.2.1. Silindrikujulise tükkturba tootmine.....	44
4.2.2. Laoturiga tükkturba tootmine.....	45
4.3. Plokkturba tootmine .....	45
5. Järeldused.....	47
6. Kokkuvõte.....	48
7. Kasutatud kirjandus .....	49
8. Lisad.....	51
Lisa 1. Kestused, ühikhinnad.....	51
Lisa 2. HAKU ja mehaanilise kogujaga freesturba tootmise mäetööde arengukava 200 000 t aastamäära korral .....	53
Lisa 3. Põlevkivi kaevandamise mäetööde arengukava HAKU ja mehaanilise kogujaga freesturba tootmise 200 000 t aastamäära korral .....	54
Lisa 4. Silindrikujulise tükkturba tootmise mäetööde arengukava 200 000 t aastamäära korral.....	55
Lisa 5. Põlevkivi kaevandamise mäetööde arengukava silindrikujulise tükkturba tootmise 200 000 t aastamäära korral.....	56
Lisa 6. Pätsikujulise tükkturba ja plokkturba tootmise mäetööde arengukava 200 000 t aastamäära korral .....	57
Lisa 7. Põlevkivi kaevandamise mäetööde arengukava pätsikujulise tükkturba ja plokkturba tootmise 200 000 t aastamäära korral .....	58
Lisa 8. Pätsikujulise tükkturba ja plokkturba tootmise mäetööde arengukava 85 m laiuse ala korral.....	59

Lisa 9. Põlevkivi kaevandamise mäetööde arengukava pätsikujulise tükkturba ja plokkturba tootmise 85 m laiuse ala korral.....	60
Lisa 10. Freesturba tootmine Haku meetodiga tehnoloogiline skeem.....	61
Lisa 11. Freesturba tootmine mehaanilise kogujaga tehnoloogiline skeem .....	62
Lisa 12. Silindrikujulise tükkturba tootmise tehnoloogiline skeem .....	63
Lisa 13. Ekskavaatori ja laoturiga tükkturba tootmise tehnoloogiline skeem .....	64
Lisa 14. Plokkturba tootmise tehnoloogiline skeem.....	65

### Jooniste loetelu

Joonis 1.1 AS Tootsi Turvas Puhatu turbaala paiknemine Narva põlevkivikarjääris .....	12
Joonis 1.2 Narva karjääri geoloogiline tulp (keskmised paksused) .....	13
Joonis 1.3 Draglainiga vaalkaevandamise põhimõtteline skeem [9] .....	14
Joonis 2.1 Veesisaldus turbalasundis ja toodangus [22, tõlgitud].....	16
Joonis 2.2 Freesturba tootmise meetodid [15, tõlgitud] .....	17
Joonis 2.3 Freesturba tootmine HAKU meetodiga. Freesimine (1), pööramine (2) [12], vallitamine (3) [12], kogumine (4) .....	19
Joonis 2.4 Freesturba tootmine mehaanilise kogujaga. Freesimine (1), pööramine (2) [12], vallitamine (3) [12], kogumine (4) .....	20
Joonis 2.5 Pneumaatilise turbakoguja JIK-40 [28] .....	21
Joonis 2.6 Tükkturba tootmismeetod [15, tõlgitud] .....	22
Joonis 2.7 Silindrikujulise tükkturba tootmine. Freesimine (1), pööramine (2), vallitamine (3), kogumine (4) .....	23
Joonis 2.8 Ekskavaatori ja laoturiga tükkturba tootmine. Kaevandamine (1), laotamine (2), pööramine (3), vallitamine (4), kogumine (5) .....	25
Joonis 2.9 Plokkturba kaevandamine (1), vedamine (2), pööramine (3) .....	26
Joonis 5.1 Turba tootmisomahind .....	47

### Tabelite loetelu

Tabel 2.1 Kaubastatava turba kvaliteeditingimused [17].....	17
Tabel 3.1 Freesimiseks kuluv aeg .....	27
Tabel 3.2 Tehnika tehnilised näitajad. HAKU meetod [20].....	27

Tabel 3.3 Masinate tootlikkused. HAKU meetod .....	28
Tabel 3.4 Masinate vajadus 85 m laiuse ala vabastamisel. HAKU meetod.....	29
Tabel 3.5 Masinate vajadus 200 000 t tootmisel aastas. HAKU meetod .....	30
Tabel 3.6 Tehnika tehnilised näitajad. Tootmine mehaanilise kogujaga [20].....	30
Tabel 3.7 Masinate tootlikkused. Tootmine mehaanilise kogujaga .....	31
Tabel 3.8 Masinate vajadus 85 m laiuse riba vabastamisel. Tootmine mehaanilise kogujaga	31
Tabel 3.9 Masinate vajadus 200 000 t tootmisel aastas. Tootmine mehaanilise kogujaga .....	32
Tabel 3.10 Silindrikujulise tükkturba freesimiseks kuluv aeg .....	32
Tabel 3.11 Tehnika tehnilised näitajad. Silindrikujuline tükkturvas [20].....	32
Tabel 3.12 Masinate tootlikkused. Silindrikujuline tükkturvas .....	34
Tabel 3.13 Masinate vajadus 85 m laiuse riba freesimisel. Silindrikujuline tükkturvas.....	34
Tabel 3.14 Masinate vajadus 200 000 t tootmisel aastas. Silindrikujuline tükkturvas .....	35
Tabel 3.15 Masinate tootlikkused. Pätsikujuline tükkturvas.....	38
Tabel 3.16 Masinate vajadus 85 m laiuse ala kaevandamisel. Ekskavaator ja laotur .....	38
Tabel 3.17 Masinate vajadus 200000 t tootmisel aastas. Ekskavaator ja laotur .....	39
Tabel 3.18 Masinate vajadus 85 m laiuse riba vabastamisel. Plokkurvas .....	40
Tabel 3.19 Masinate vajadus 200 000 t tootmisel aastas. Plokkurvas .....	40
Tabel 4.1 Majandusnäitajad 85 m laiuse riba ja 200 000 t aastamäära kaevandamisel. HAKU meetod .....	42
Tabel 4.2 Rahavood 85 m laiuse riba ja 200 000 t aastamäära kaevandamisel. HAKU meetod .....	43
Tabel 4.3 Majandusnäitajad 85 m laiuse riba ja 200 000 t aastamäära kaevandamisel. Mehaaniline koguja .....	43
Tabel 4.4 Rahavood 85 m laiuse riba ja 200 000 t aastamäära kaevandamisel. Mehaaniline koguja .....	44
Tabel 4.5 Majandusnäitajad 85 m laiuse riba ja 200 000 t aastamäära kaevandamisel. Silindrikujuline tükkturvas .....	44
Tabel 4.6 Rahavood 85 m laiuse riba ja 200 000 t aastamäära kaevandamisel. Silindrikujuline tükkturvas .....	44
Tabel 4.7 Majandusnäitajad 85 m laiuse riba ja 200 000 t aastamäära kaevandamisel. Laoturiga tükkturvas .....	45
Tabel 4.8 Rahavood 85 m laiuse riba ja 200 000 t aastamäära kaevandamisel. Laoturiga tükkturvas .....	45



## Turba ja põlevkivi kooskaevandamine Narva põlevkivikarjääris

Tabel 4.9 Majandusnäitajad 85 m laiuse riba ja 200 000 t aastamäära kaevandamisel.

Plokkurvas..... 46

Tabel 4.10 Rahavood 85 m laiuse riba ja 200 000 t aastamäära kaevandamisel. Plokkurvas 46

Tabel 8.1 Masinate töötunnid turba tootmisel [20] ..... 51

Tabel 8.2 Hooaja pikkus [20] ..... 51

Tabel 8.3 Tsükli pikkus ..... 51

Tabel 8.4 Tehnika ühikhinnad..... 51

Tabel 8.5 Toote müügihind turul..... 52

## **Kasutatavad mõisted ja lühendid**

**Kaart** – 20 m või 40 m laiune ja 440 m pikkune ala, kus toimub turba kaevandamine. Kaartide vahel kuivenduskraavid

**Turbaväli** – Turbatootmisala, mis on jagatud kuivenduskraavidega väiksemateks aladeks ehk kaartideks

**Haku meetod** – Soomes väljatöötatud turba kaevandamise meetod, kus korraga kogutakse mitme töötajaga freesitud turvas. Minimaalne turbatootmisala suurus on üle 100 ha [15].

**Hästilagunenud turvas** – põhjaveest toitunud hästilagunenud madalsooturvas [10].

**Sugekiht** – turba lasundi ülemine lagunemata taimejäänustega kiht. Sugekihi paksus rabas on 0,25 m, siirdesoo 0,2 m ja madalsoos 0,1 m [10].

**Von Posti skaala** – Lennart von Posti poolt 1922. aastal välja töötatud turba lagunemistasme hindamise skaala, kus H1 on lagunemata turvas ning H10 tähistab täielikult lagunenud turvast [27].

**Tootmistsükkel** – turba tootmise periood, mille kestel toimub turba ammutamine (freesimine, ekskavaatoriga kaevandamine), pressimine (tükkurvas), pööramine, vallitamine, kogumine ja aunatamine. Kestus 2 päevast (freesturvas) kuni 50 päevani (tükkurvas).

**Tootmishooaeg** – periood, mille kestel toimub turba toodangu tootmine. Eesti aladel maist kuni oktoobrini [20].

**WACC** – Kapitali kaalutud keskmine hind. Tulunorm, mille ettevõtte peab teenima, et rahuldada omanike riske [35].

**IRR** – Sisemine tasuvusläävi (IRR). Näitab kui suurt tulu saab projekti investeeritud rahalt [35].

**NPV** – Rahavoogude nüüdisväärtus (NPV) [35].

## Sissejuhatus

Narva põlevkivikarjääri edelaosa on kaetud Puhatu turbamaardlaga, millel asub mäeeraldis turba kaevandamiseks. Turba kaevandamisluba KMIN-023 on väljastatud AS Tootsi Turbale. Maksimaalne lubatud turba kaevandamise aastamäär on 200 000 t ja minimaalne 30 000 t [1]. See teeb vastavalt 1,06 mln m<sup>3</sup> ja 0,16 mln m<sup>3</sup> turvast lasundis. Turba kaevandamine toimub hiliskevadest kuni varasügiseni, olles seega sesoonne. Seisuga 30.09.2016 on mäeeraldisel turvast umbes 5 miljonit tonni [7]. Antud kaevandamismahtude juures jätkub mäeeraldisel kasutamist paariks aastakümneks.

Enefit Kaevandused AS-l on huvi kaevandada põlevkivi draglainidega turbamaardlaga kattuv alal. Kaevandamise vajadus on tingitud teistes tranšeedes katendi paksuse suurenemisega, mis toob kaasa kaevandamiskulude kasvu. Tööe keskmine aastane edasi liikumine põlevkivi kaevandamisel tranšees on 85 m/a [8]. Põlevkivi kaevandamine, erinevalt turbast, on pidev ning toimub aasta läbi.

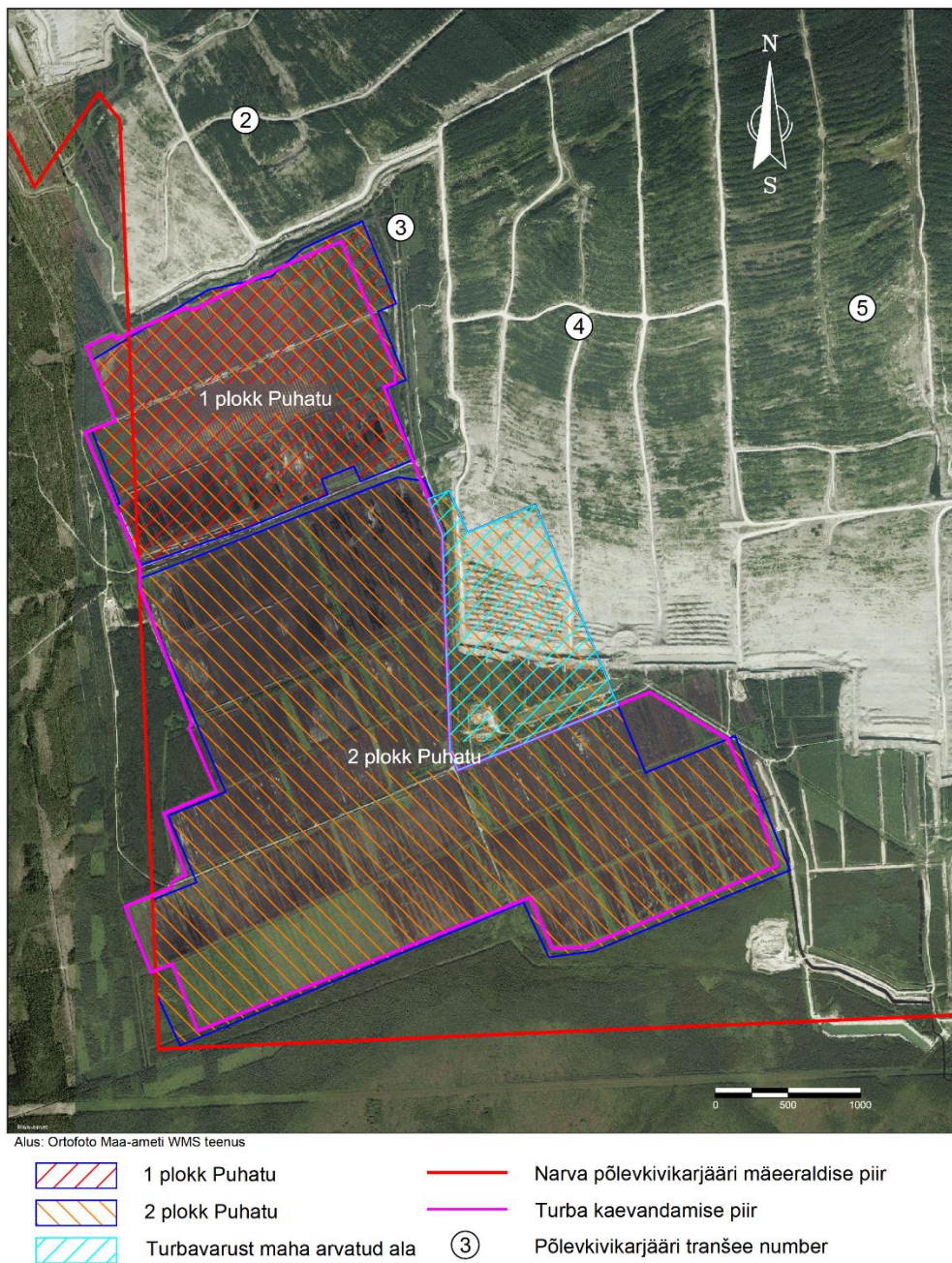
Antud töö eesmärk on leida parim võimalik rakendatav tehnoloogia (PVRT) turba kaevandamiseks Puhatu turbamaardlas Narva põlevkivikarjääri alal, muutmata põlevkivi kaevandamise tehnoloogiat ja režiimi. Seoses sellega on töö ülesanded järgmised:

1. Kirjeldada Narva põlevkivikarjääri, selle geoloogiat ja kaevandamiseks kasutatavad tehnoloogiat.
2. Anda ülevaade turba kaevandamise tehnoloogiatest.
3. Arvutada välja turba tootmise minimaalsed ja maksimaalsed tootmise parameetrid, et tagada draglaini tööks vajalik vabapind.
4. Teostada turba kaevandamise tehnilis-majanduslik eelhindang.

# 1. Narva põlevkivikarjääri ja Puhatu turbamaardla kirjeldus

## 1.1. Asukoht ja paiknemine

Puhatu turbamaardla paikneb Ida-Viru maakonnas, Illuka, Vaivara, Toila ja Jõhvi valdade territooriumil. Umbes 2000 ha ulatuses kattub Puhatu turbamaardla Narva karjääriga, kus Enefit Kaevandused AS omab kaevandamisõigust vastavalt kaevandamislubadele KMIN-046, KMIN-073, KMIN-074 ja KMIN-087 [2, 3, 4, 5]. Enamusele kattuvast turbavarust (umbes 1200 ha) omab kaevandamisõigust AS Tootsi Turvas ning see kattub põlevkivi mäeeraldisega KMIN-074 (Joonis 1.1).





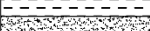






Joonis 1.1 AS Tootsi Turvas Puhatu turbaala paiknemine Narva põlevkivikarjääris

## 1.2. Puhatu turbaala geoloogiline kirjeldus

2013. aastal läbiviidud geoloogiliste varude hindamise uuringu põhjal on Puhatu tootmisala ümbritsev looduslik turbalasuundi keskmine paksus 2,2 m (maksimaalne 6,8 m). Kaevandatud (freesitud) alal jääb lasundi paksus 1,0...2,6 m vahele. Üldine turbakihi vähenemine toimub idasuunas [6].

Puhatu tootmisalast loodesse jäävad vanad kaevandatud turba alad, mille tõttu on turbakiht õhem, keskmiselt 0,6 m (maksimaalselt 1,9 m). Puhatu tootmisala kirde osas on keskmine turbakiht 1,4 m (maksimaalselt 2,8 m) [6].

Turbakihi all asuvad Kvaternaarisetted on maksimaalselt 20 m, keskmine paksus on 5,5 m. Setete koosseisu kuuluvad soosetted, liustike setted ning jää taandumisel veekogudes tekkinud setted. Aluspõhja kivimitest on esindatud aleuoliit, savi, dolokivi ja domeriit. Devoni Narva lademe (D2nr) paksus jääb vahemikku 0...27,7 m, keskmine paksus 9,4 m (vt Joonis 1.2). [6]

	Kasvukiht	
	Turvas	
	Liiv, saviliiv	$\frac{0,6...18,0}{5,5}$
	Liivsavi, savi	
	Moreen	
	Mergel	$\frac{0,0...19,4}{6,6}$
	Lubjakivi	$\frac{0,0...8,3}{2,8}$
	Põlevkivi F <sub>1</sub> -J	$\frac{1,31...2,38}{1,55}$
	Põlevkivi A-F <sub>1</sub>	$\frac{1,65...2,82}{2,51}$
Geoloogiline läbilõige	Kihi nimetus	paksuse vahemik keskmine paksus

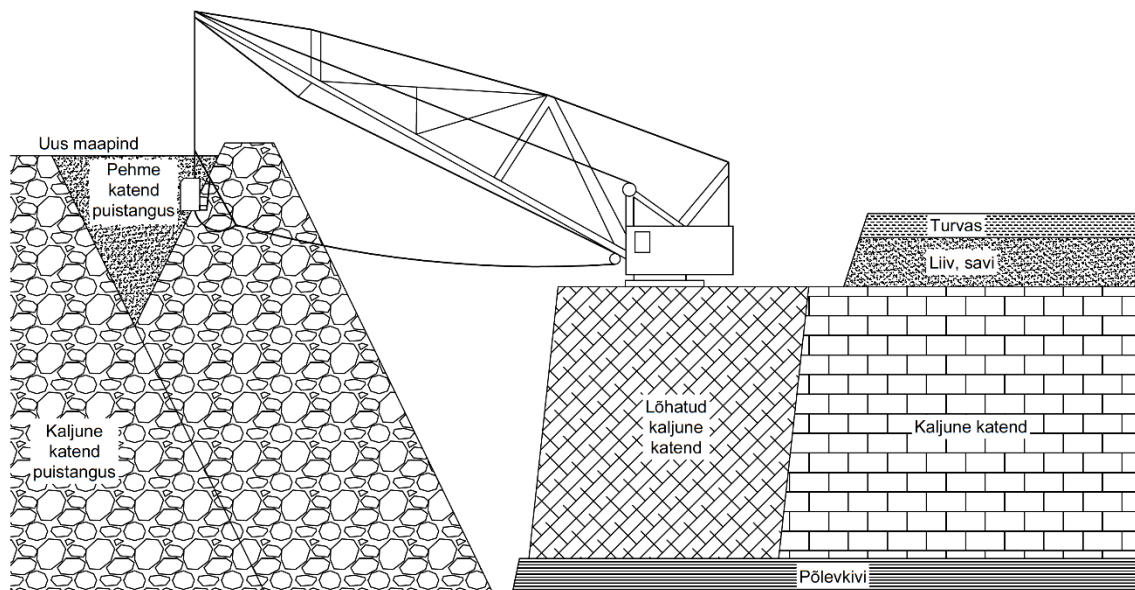
Joonis 1.2 Narva karjääri geoloogiline tulp (keskmised paksused)

## Turba ja põlevkivi kooskaevandamine Narva põlevkivikarjääris

Maavarade registri registrikaardi nr 198 andmetel on 1 plokk Puhatu keskmine paksus 1,1 m ja 2 plokk Puhatu 2,4 m. Plokk 1 ala kattub plokk 2-ga, mis teeb turbakihi keskmiseks paksuseks 3,5 m. Turba lagunemisaste Puhatu turbaalal vastavalt von Posti skaalale on H2 (1 plokk) ja H3 (2 plokk). Turba kogus lasundis on 4,9 mln t (40% niiskuse sisaldusega) [7]. Registris olevast alast tuleb maha arvata 150 ha suurune ala, kus toimub põlevkivi kaevandamine (Joonis 1.1). Pärast välja arvamist jääb kaevandatavaks koguseks 4,4 mln t.

### 1.3. Põlevkivi kaevandamine Narva põlevkivikarjääris

Põlevkivi kaevandamine toimub Narva karjääris vaalkaevandamisviisiga (vt Joonis 1.3) [9]. Pehme katendi (edela nurgas ka turvas) ja selle all olev kaljune katend teisaldatakse sammuva ekskavaatoriga ehk draglainidega sisepuistangusse. Enne teisaldamist kaljune katend lõhatakse. Katendist vabastatud põlevkivi riperdetakse selektiivselt. Raimatud põlevkivi tõstetakse kasutades mehaanilist pärikooppekskavaatorit EKG (4,5...5 m<sup>3</sup> kopamahuga) või rataslaadurit karjäärikalluritele, mis toimetavad kaevisse rikastusvabrikusse.



Joonis 1.3 Draglainiga vaalkaevandamise põhimõtteline skeem [9]

Narva põlevkivikarjääris on draglainide tööee keskmine edasinihe tranšees 85 m/a [8]. Kaevandamine toimub aastaringelt, mis seab tehnoloogilised nõudmised turba kaevandamisele. Kui turba kaevandamise tehnoloogia ei suuda aastas tagada põlevkivi kaevandamiseks vajaliku ala, tekib põlevkivi kaevandamisel seisak. 85 m/a edasinihke tingimus on antud töös tootmise arvutamise parameetrik.

#### **1.4. Turba kaevandamine Puhatu turbaväljal**

Puhatu turbaväljal toodetakse freesturvast vähesel määral tükkturvast. Freesimine toimub tervel tootmisalal. Toodetakse nii kütte kui ka kasvuturvast. Kasutusel on 20 m ja 40 m laiused kaardid. Keskmise kaartide pikkus on 440 m. Turbavälja küljepikkus põlevkivi tranšee ees on 2000 m [8]. Küljepikkus on antud töös suurus, mida kasutan arvutustes lisaks edasinihkele ja turbakihi paksusele.

Antud turbaväli on väljatöötatud, mis tähendab puudub vajadus ettevalmistustöödeks. Seega antud töös neid töid ei käsitleta.

## 2. Turba kaevandamise tehnoloogiad

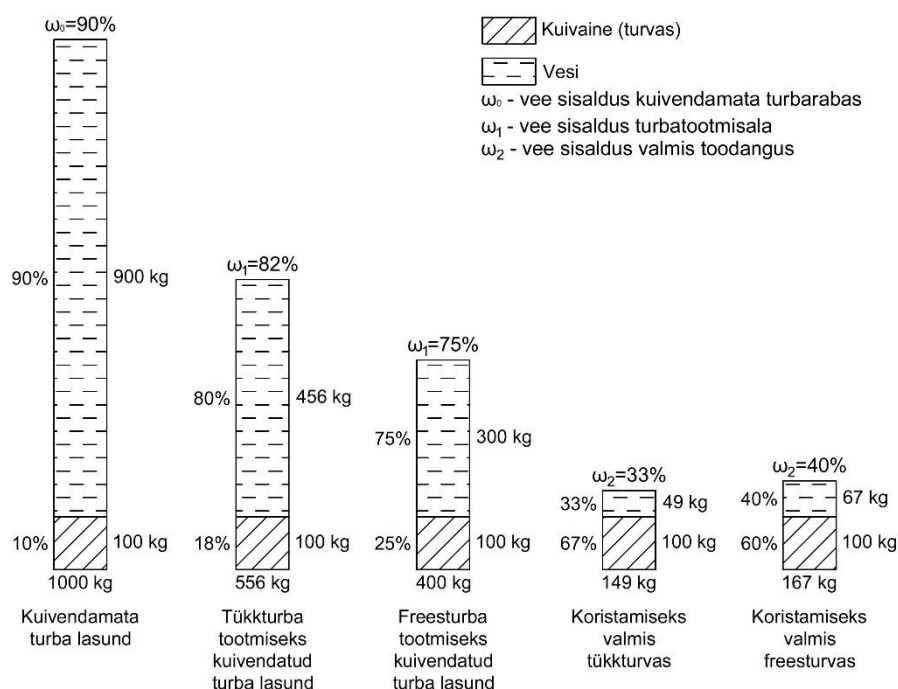
### 2.1. Turvas, turbaväli ja kasutamine

Turbaks nimetatakse soosetet, mis tekib liigniisketel aladel hapnikuvaestes oludes olevast taimestikust (puud, rohttaimed) [10].

Turba koostis sõltub, kas tegemist on madal-, siirde- või kõrgsooga. Kasutusala sõltub turba lagunemisastmest. Hästilagunenud turvast kasutatakse kütteturbana ja vähelagunenud aianduses ja põllumajanduses. Turba lagunemisaste suureneb lasundi alumistest kihtides. [10]

Eesti asub atlantilise atmosfäärihoovuse mõju all, mis loob soodsa niiske ja sooja kliima turba kasvamiseks. Madalsooturvast kasvab Eestis juurde 0,3...0,9 mm ja kõrgsooturvast 0,9...1,7 mm aastas [11].

Enne turbavälja rajamist on turba looduslik niiskus 85...95 % [14]. Kui on rajatud kuivenduskraavide süsteem väheneb turbas niiskuse sisaldus 5% [15]. Tootmise ajal jääb turbavälja niiskus 75...82 % ja toodangu niiskus tükkturba puhul 33 % ning freesturba korral 40 % juurde (vt Joonis 2.1) [22].



Joonis 2.1 Veesisaldus turbalasundis ja toodangus [22, tõlgitud]

Eestis toodetakse peamiselt kütteturvast või kasvuturvast. Toote määrab turba lagunemisaste. Suurimad turbatootmisalad on Puhatu, Lavassaare, Elbu ja Riisipere. Nendel aladel toimub



freesturba tootmine. Tükkturvast toodetakse Präämas ja Lavassaares, plokkturnvast Lavassaares ning Valdekus [13].

Saadava toodangu kvaliteedinäitajad (kütteväärtus, tuhasisaldus, niiskussisaldus) sõltuvad suuresti tootmistehnoloogiast (vt Tabel 2.1).

Tabel 2.1 Kaubastatava turba kvaliteeditingimused [17]

Näitaja	Ühik	Freesturvas	Tükkturvas	Turbabrikett	Turbapelletid	Elektriiaam**
Arvutuslik niiskus	%	45	35	12	15	-
Tarbimisaine alumine kütteväärtus	MJ/kg kW h/kg kW h/m <sup>3</sup> *	9,1...10,5 2,5...2,9 0,9...1,0	11,1...12,8 3,1...3,6 1,1...1,3	16,0...16,8 4,4...5,1 3,3...3,8	15,2...17,6 4,2...4,9 2,7...3,2	9...13
Kuivaine tuhasisaldus	%	2...11	2...11	2...11	2...11	<15
Tarbimisaine niiskus	%	35...50	25...40	10...14	10...20	40...60
Tarbimiskütuse tihedus	kg/m <sup>3</sup>	300...400	300...400	~750	550...750	300...400
Kuivaine keskmine väävlisisaldus	%	0,35	0,35	0,35	0,35	<1

\*tihedus 350 kg/m<sup>3</sup>

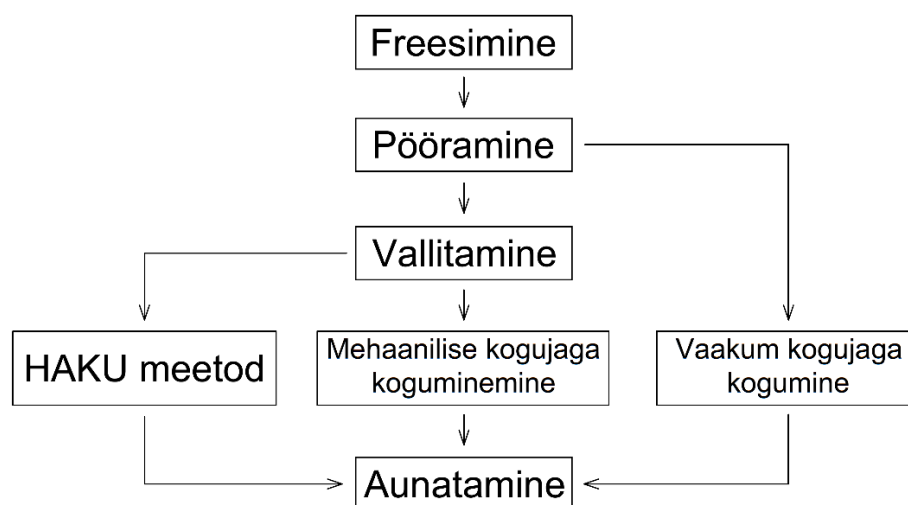
\*\*eelduslikud kvaliteedi näitajad

## 2.2. Freesturba tootmine

Freesturba tootmise peamised tööetapid on freesimine, pööramine, vallitamine ja kogumine

Freesturba tootmismeetodid erinevad peamiselt kogumismeetoditest (vt Joonis 2.2) [15].

Soovituslik freesturba tootmise aeg Eestis on 106 kalenderpäeva [20].



Joonis 2.2 Freesturba tootmise meetodid [15, tõlgitud]

**Freesturba** tootmise esimene tööetapp on freesimine, mille käigus eraldatakse lasundist õhuke turbakiht. Freesitud kiht kuivab lasundi pealmisest kihist kiiremini suurema poorsuse ja väikese omavahelise kokkupuutepinna tõttu. Need tingimused loovad kiirema vee aurustumise. Kasutusel on peamiselt kahte tüüpi freese: aktiivne ja passiivne. Aktiivfrees koosneb pöörlevast lõikehammastega silindrist aga passiivfrees kõrvuti asetsevatest lõiketeradest. Freesimispaigus sõltub ilmastiku ja platsi tingimustest jäädes 5...50 mm vahele. Mõlemal freesil on madalad hoolduskulud, mis teeb mõlema freesi kasutamise majanduslikult mõislikus. Passiivfreesi ei ole soovitatav kasutada kännulisel turbaväljal, kuna juurikad võivad vigastada lõiketerasid. Vastavalt uuringutele on optimaalne freesturba tüki suurus 10...20 mm. Lisaks on uuringud näidanud, et suurendades freesturba osakese suurust 5 mm-lt 15 mm-le, muutub kuivamise periood 20...30% lühemaks. Tüki suurus sõltub freesimise sügavusest, freesi liikumise kiirusest, turba niiskusest, platsile mahajäänud freesitud turbast. Praktikas saadakse ühelt ruutmeetritl 2...3 kg kuiva turvast. Õhemat kui 20 mm kihti ei freesita kuna masinad on projekteeritud 2 päevase tsükli jaoks. [15]

Teine tööetapp on turba pööramine, mis aitab kiirendada turba kuivamist. Pööramisega pööratakse pealmine kuiv kiht alumiseks ja alumine niiske kiht pealmiseks. Iga tsükli kestel toimub 1 kuni 5 pööramist sõltuvalt turbast ja ilmastikust. Kui on kehvad ilmastikutingimused siis pööramisega suudetakse kuivamisega lühendada 20...30%. Esimene pööramine tehakse kui freesturvas on kaotanud poole oma niiskusest. Turba kvaliteedi säilitamiseks toimub esimene pööramine aeglasel kiirusel 6...15 km/h. Heade ilmade korral piisab kahest pööramisest. Kasutuses olevate pöörajate laius on 19 m, et katta korraga terve ala. [15]

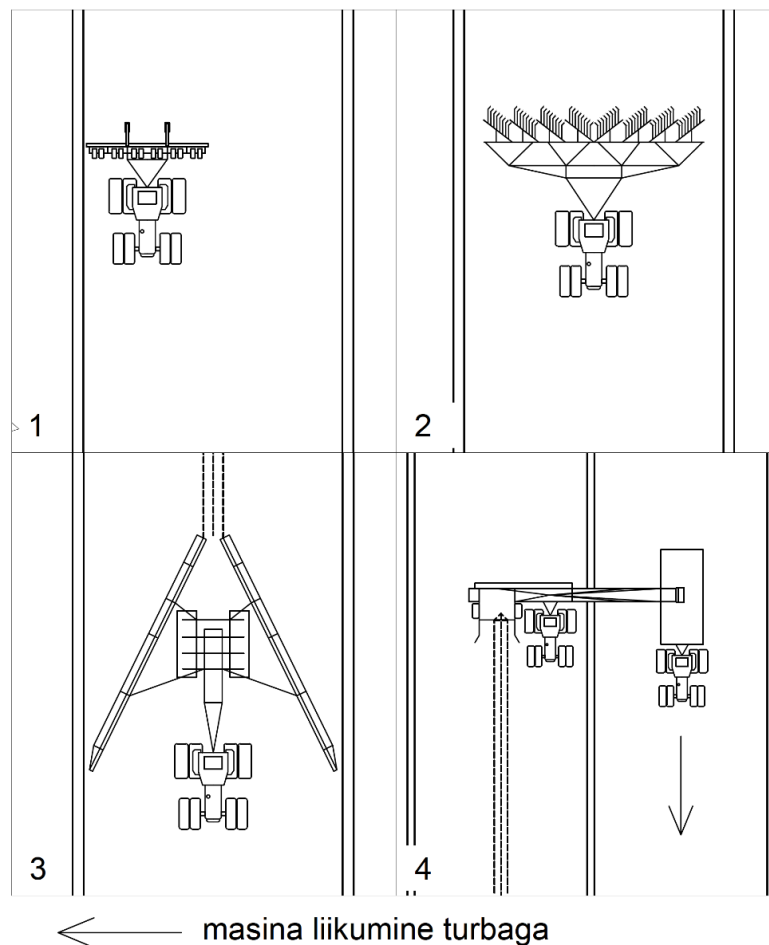
Kolmas tööetapp on vallitamine. Vallitatakse soovitud niiskuse sisaldusega freesturvast. Vallitaja on paigaldatud, kas traktori ette või järgi, sõltuvalt kogumismeetodist. Haku meetodi puhul on sahk paigaldatud taha ning vall moodustatakse platsi keskele (saha laius 20 m). Töö efektiivistamiseks võib sama traktori külge kinnitada teisi töö organeid (nt frees, mehaaniline koguja). Sellisel juhul on sahk paigaldatud traktori ette (saha laius 8...9 m). Vallitamisel jääb turbaväljale maha 40...50% freesitud turvast, mis tähendab, et igas tsükli kogutakse kokku ainult pool freesitud turbast. [15]

Viimases etapis toimub freesturba kogumine ja aunatamine. Kogutakse turvast, mis on saavutanud soovitud niiskuse sisalduse enamasti 40 %. Väljalt kokku kogutud turvas aunatatakse. Aunatamiseks on kaks meetodit. Esimesel juhul sõidab traktor üle auna ja tühjendab kasti auna peal. Teisel juhul kallutatakse turvas auna äärde, kus siis ekskavaator või

buldooser selle auna paigutavad. Auna moodustamisel on oluline auna tihedus ja niiskus. Kui auna on kohev võib toimuda iseeneslik süttimine. [15]

### 2.2.1. Freesturba tootmine Haku meetodil

Haku meetod on väljatöötatud Soomes ja on kasutusel suurtel aladel (üle 100 ha). Põhitöö protsessid on freesimine, pööramine, vallitamine ja kogumine (vt Joonis 2.3, Lisa 10). Pärast freesimist ja pööramist toimub vallitamine. Vallitatud ja kuivatatud freesturvas kogutakse lintkonveier seadmega enamasti kõrval kaardil sõitva traktori haagise kasti [15].



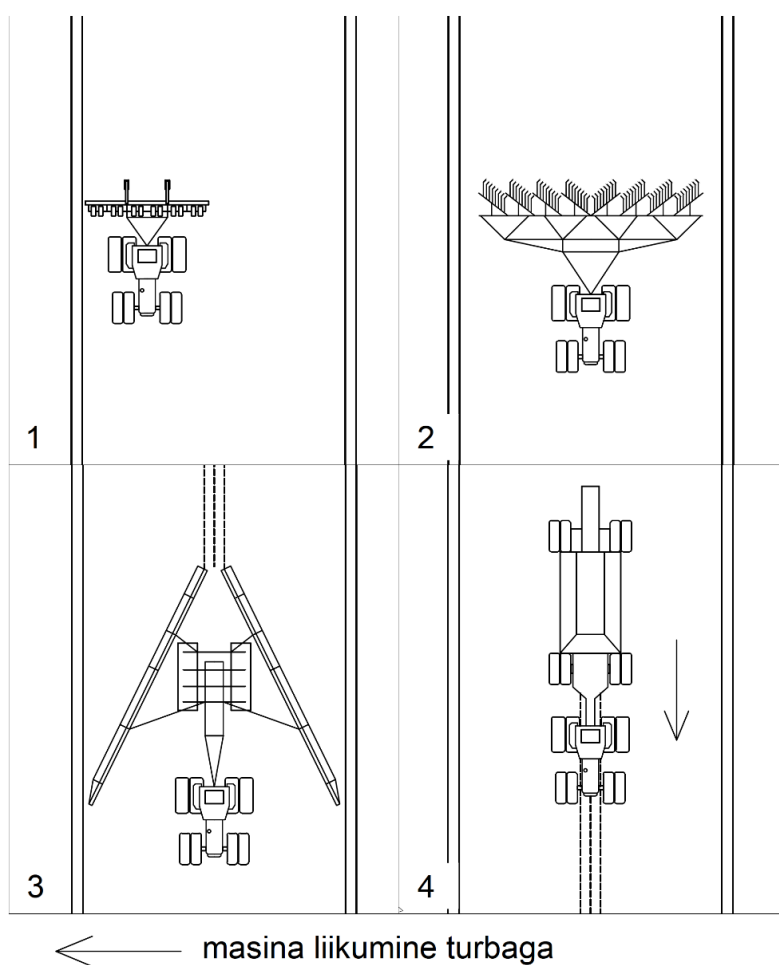
Joonis 2.3 Freesturba tootmine HAKU meetodiga. Freesimine (1), pööramine (2) [12], vallitamine (3) [12], kogumine (4)

Haku meetodi idee seisneb tootmise jagamisel kaheks – turba kuivatamine ning turba kogumine. Turba kuivatamise üksuse moodustavad frees, pööraja, vallitaja ja turba kogumise üksuse konveierkogujad ja kastiga haagised. Esimese meeskonna tootlikus on kombineeritud maksimaalse toodangu saamisele. Näiteks on vallitajale lisatud freesimise agregaat, mis tõstab tootlikust. Suur efektiivsus saavutatakse tänu sellele, et tööd toimuvad päevasel ajal. Öhtuti ja öösiti toimub, aga turba kogumine ja aunatamine viies tööpäeva pikkuse kuni 20 h-ni. Kuna

kuivatmise üksuse tootlikus on suur, siis on Haku meetodi puhul kasutusel ka suuremad kastiga haagised kuni 40 m<sup>3</sup>. [15]

### 2.2.2. Freesturba tootmine mehaanilise kogujaga

Mehaanilise koguja kasutamine sobib väikestele ja hajali asuvatele aladele. Sobib hästi väikese käännususe ja tasastele aladele. Mehaaniline koguja kogub turvast vallist, mis on enamasti moodustatud väljaku keskele. Kasutusel on ka meetod, kus ühele kaardile on moodustatud kuni 4 valli. Olenevalt valli suuruselt on koguja tootlikus üle 45 m<sup>3</sup>/h ja kiiruseks 7...10 km/h. Kuna mehaaniline koguja kogub turba kaetud punkrisse on tolmu lendumine väiksem kui HAKU meetodi puhul (vt Joonis 2.4, Lisa 11). [15]



Joonis 2.4 Freesturba tootmine mehaanilise kogujaga. Freesimine (1), pööramine (2) [12], vallitamine (3) [12], kogumine (4)

### 2.2.3. Freesturba tootmine pneumaatilise kogujaga

Pneumaatiline koguja kogub turba otse väljakult, ilma vallitamist vajamata. Pneumaatiline koguja on kasutusel kõrge kvaliteediga turba tootmisel. Väljak peab olema puhas nii kividest kui ka kändudest, mis võivad lõhkuda masinat. Koguja kogumispea laius on 1,5...1,8 m ja

Turba ja põlevkivi kooskaevandamine Narva põlevkivikarjääris

tootlikus 80...120 m<sup>3</sup>/h (vt Joonis 2.5). Soovituslik kiirus 6...8 km/h. Maksimaalse tootlikuse saavutamiseks tuleb ette valmistada ala mis tagaks kogujale võimalikult palju tööaega. Kogumistsükli pikkus on 1...2 päeva. [15]

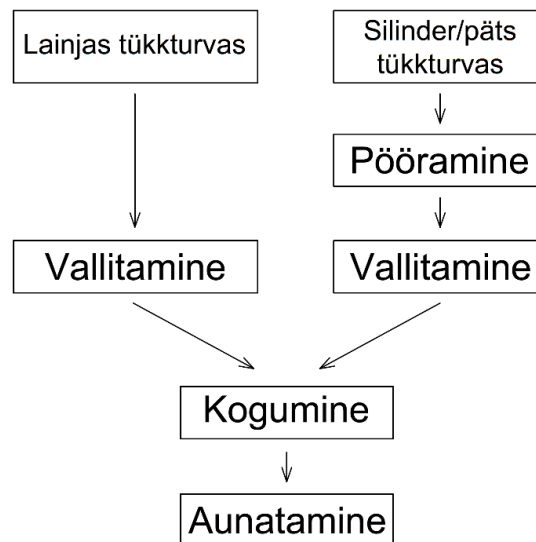
Edaspidistes arvutustes pneumaatilist kogujat ei käsitleta kuna turbaväljal võib leiduda lõhketöödest väljale lennanud kive, mis võib lõhkuda masinat.



Joonis 2.5 Pneumaatilise turbakoguja JIK-40 [28]

### 2.3. Tükkturba tootmine

Tükkturba tootmine toimub 1...2 väikese pilu freesimisel turba kihti või ekskavaatoriga kaevandamisega. Ammutatud turvas pressitakse kokku ning silindrilised või pätsi kujulised tükid laotatakse väljakule. Freesimisel kasutatakse 50 cm läbimõelduga ketast, mis on ulatub turbasse kuni 45 cm. Ekskavaatoriga ammutamise puhul kasutatakse turba laotamiseks laoturit. Väljakult olevad tükid lastakse kuivada kuni 35 % niiskus sisalduseni või isegi vähem (vt Joonis 2.6). Tootmistsükli pikkus võib olla 12...50 päeva [15, 21].



Joonis 2.6 Tükkturba tootmismeetod [15, tõlgitud]

Tükkturba tootmine on ilmastikust vähem mõjutatud kui freesturba tootmine. Tavaliselt on ühel hooajal 1...3 tootmistsüklit. Tootmistsüklite arv sõltub ilmastikust ja tüki suurusest. 80 mm läbimõõduga tüki puhul 3,8 ja 100 mm puhul 3,06 tsüklit [22]. Tükkturba tootmise kaod on 20...50% [15]. Suured kaod on tingitud tükkide purunemisel pööramisel ja kogumisel. Hooaja jooksul on võimalik freesimisega toota 3000...4000 t kuiva tükkurvast [22]. Tükkturba freesija vajab töötamiseks minimaalselt 80 cm paksust kihti [15]. Õhemate kihtide puhul ei ole freesi võimalik kasutada ning kasutada tuleb ekskavaatorit ja laoturit. Ekskavaatoriga saab kaevandada kuni turba lasundi põhjani.

Tükkturba tootmiseks sobib hästi lagunenenud turvas (H5-H7 von Posti skaalal). Nendest piiridest väljas oleva turba pressimine tekitab suuremat energia kulu ning ka tüki moodustumine ei õnnestu. Vähelagunenud turbal puudub siduv element ning hästi lagunenenud turbal puudub tüki moodustamiseks vajaminevad taimekiud. Tüki moodustamisel mängib rolli väljaku niiskussisaldus, tasapinnalisus, laotamise ühtlus ning tükkide kokkupuude väljakuga [15].

Tükkturba tootmise, erinevalt freesturbast, puhul on vaja jälgida väljaku niiskussisaldust. Kui freesitav turvas on liiga kuiv, siis tükid ei püsi koos ning lagunevad. Liigse niiskuse korral, aga voolavad tükid laiali. Sobilik tootmise niiskus on 78...85%. [15]

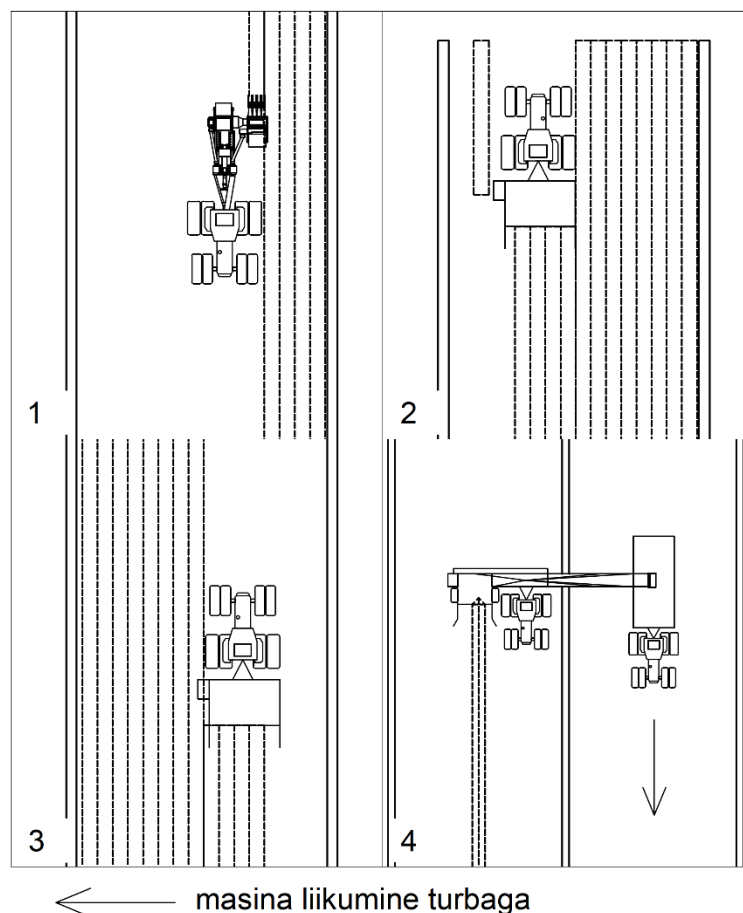
Pööramist viiakse läbi silindrikujulise ja pätsikujulise tükkturba korral. Eesmärk on pöörata märg külg päikse ja õhu poole. Lainjast tükkurvast ei pöörata kuna lainetuse tõttu on ta avatud õhule ja kokkupuutepind väljakuga on minimaalne. Pööramiseks kasutatakse aktiiv- või passiivpöörajat. Aktiivpööraja on kitsas, enamasti 3...4 m lai ja passiivpööraja laius 8...10 m. Pätsikujulist turvast pööratakse aktiivpöörajaga kuna pätsid on suured ning laotatud ribadena

väljakule. Esimene pööramine toimub kui niiskuse sisaldus on 65% ja teine pööramine 55% juures. Mõlema tükkturba vallitamine toimub aktiivpöörajaga. [15]

Tükkturba kogumiseks kasutatakse rullisõelaga lintkonveierit. Enamasti kogutakse 35% niiskussisaldusega tükkturvast. Kui silindrikujulise tükkturba tootmine on kombineeritud freesturba tootmisega, siis toimub tükkturba kuivatamine kaardil vallis. Seni kuni tükkturvas kuivab toodetakse freesturvast, mis tasandab väljaku pinda ning eemaldab tükkturba tootmisest mahajäänud tükid [15]. Pätsturba tootmisel kombineeritud tootmist teha ei saa kuna pärast kogumist vabanenud alale laotatakse uued lindid.

### 2.3.1. Silindrikujulise tükkturba tootmine

Silindrikujulise tükkturba tootmisel kasutatakse freesketta ja teoga varustatud pressi. Väljalaskeavad asetsevad, kas reas või kobaras koos. Pressist väljuv turvas murdub tükkideks moodustades mitme kihilise tükkturba kihi (vt Joonis 2.7, Lisa 12). Üksteise kõrval asetsevad ja erineva pikkusega väljalasketorud laotavad tükkturvast väljakule ühtlasemalt, tekitades soodsamaid kuivamistingimusi.



Joonis 2.7 Silindrikujulise tükkturba tootmine. Freesimine (1), pööramine (2), vallitamine (3), kogumine (4)

### **2.3.2. Lainja tükkturba tootmine**

Lainja tükkturba tootmine eeldab rohkem kogemust kui silindrikujulise või pätsi tootmine. Kvaliteetse toodangu saamiseks peab väljalaskeava olema maapinnast 7...10 cm. Kui ava on liiga kõrgel siis tükk puruneb ja ei teki lainet. Kõrgema lainetusega tükk kuivab kiiremini tavaline silindrikujuline tükkturvas. Lainja tükkturba tootmisel ei toimu pööramist. Kuivanud toodang kogutakse koheselt kokku ja aunatatakse. [15]

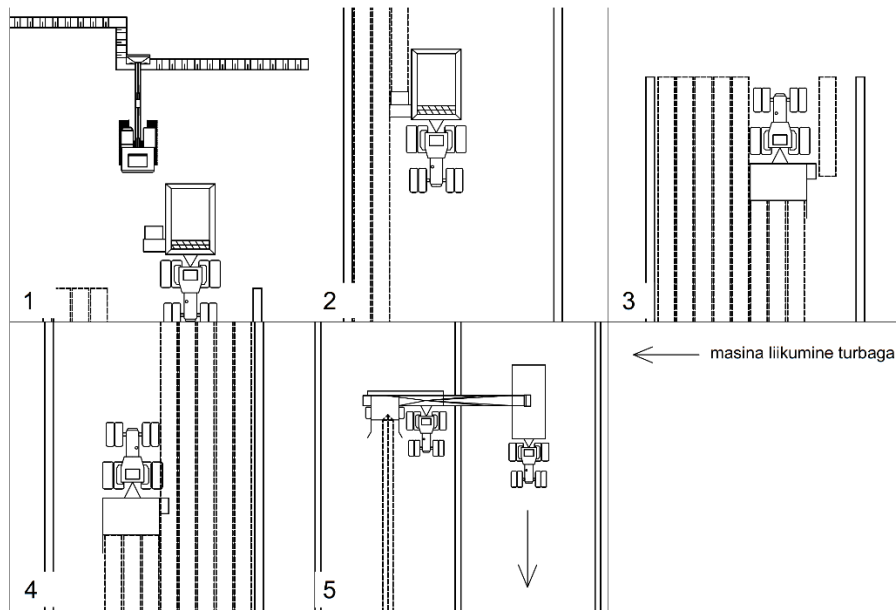
### **2.3.3. Pätsikujulise tükkturba tootmine ekskavaatoriga kaevandades ja laoturiga laotades**

Pätsikujulise tükkturba tootmine laoturi ja ekskavaatoriga annab võimaluse turvast kaevandada kohtades, kus freesimine on keeruline või majanduslikult ebaefektiivne ning turbalasundi paksus on õhuke ega võimalda kasutada tükkturba freesi.

Ekskavaatoriga tõstetakse turvas laoturile, mis laotab turba lintidena väljale. Tõid tuleb planeerida hoolikalt kuna väga pikkade lintide korral muutub laoturite tootlikus madalaks. Antud meetodi puhul on võimalik kaevandada vee seest, mis soodustab ühtlasema massi tekkimist laoturi segistis (vt Joonis 2.8, Lisa 13) [21]. Vee mitte ära juhtimine vähendab kuivendamise kulusid ning soodustab soo taastumist [24].

Antud töös rabade taastamist ei toimu kuna turba kaevandamisele järgneb põlevkivi kaevandamine. Põlevkivi kaevandamisega, aga avatakse vabapind vee ära voolamiseks. Tagamaks ühtlast turba massi, siis jäetakse iga edasi nihke juurde väike tamm, millega tagatakse vajalik vesi [21].





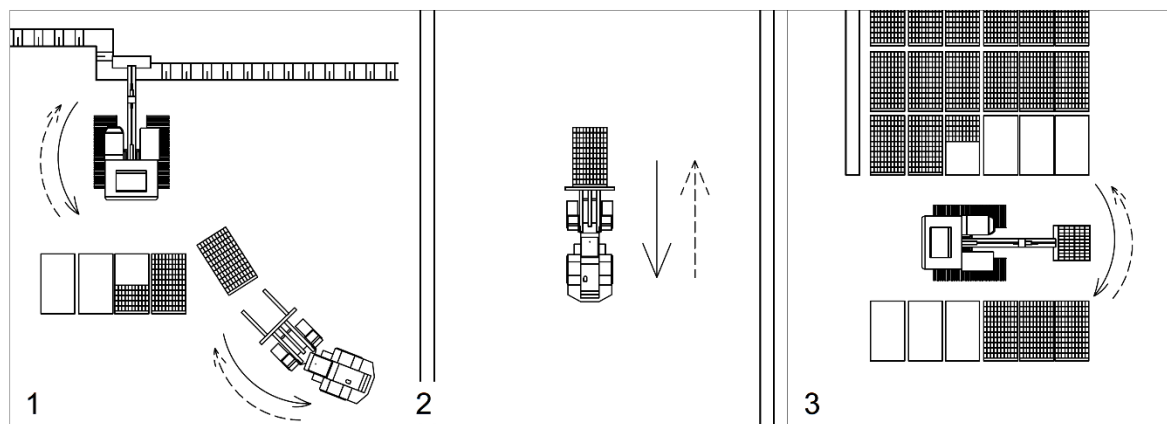
Joonis 2.8 Ekskavaatori ja laoturiga tiikturba tootmine. Kaevandamine (1), laotamine (2), pööramine (3), vallitamine (4), kogumine (5)

#### 2.4. Plokkturba tootmine

Plokkturba tootmiseks sobib vähelagunenud turvas (H4...H6, von Posti skaala). Piirist alla poole jääv turvas laguneb pööramisel ja transpordil. Plokkturba tootmist alustatakse kuivenduskraavist ja liigutakse väljaku keskele. Kaevandamise sügavuseks on kuivenduskraavi sügavus ehk 50...150 cm. [13]

Antud töös alustatakse plokkturba kaevandamist paralleelselt põlevkivi eega, liikudes sellest järjest eemale. Turbaplokid tõstetakse kahes kihis ja lasundi ulatuses alustele kuivama. Täis alused transporditakse tööest kaardi teise otsa kuivamisalasse. Sedasi vabastatakse tööes pind järgmiste plokkida tootmiseks. Kuna tootmises kasutatakse aluseid, siis toimub kaevandamine terve hooaja jooksul. Pööramiseks kasutatakse kahvliga varustatud ekskavaatorit, mis tõstab pööramisel plokkid uuele alusele suurendades samas kihtide arvu (vt Joonis 2.9, Lisa 14).

# Turba ja põlevkivi kooskaevandamine Narva põlevkivikarjääris



← masina liikumine turbaga  
---→ masina liikumine tühjalt

Joonis 2.9 Plokkturba kaevandamine (1), vedamine (2), pööramine (3)

### 3. Turba kaevandamise mahud Puhatu turbatootmisalal

Antud töös soetatakse Puhatu turbatootmisalale uued masinad. Masinate valikul on lähtutud masinate hinnast ja tehnoloogilistest parameetritest.

Kontrollides Maa-ameti maavarade registri registrikaarti selgus, et turba paksused ei ole adekvaatsed arvutustes kasutamiseks. Arvutasin uue keskmise turba kihi paksuse võttes aluseks arvel oleva turba koguse, pindala ja 40% tingniiskusega õhkuiva turba väljatuleku arvutamiseks tonnides 1 m<sup>3</sup> toorturbast ülemineku koefitsiendi. Uueks keskmiseks turba pakuseks turbatootmisväljal sain 2,12 m.

Turba tootmismahud on arvutatud 85 m laiusele alale ning maksimaalsele aastamäärale 200 000 t.

#### 3.1. Freesturba aastane toodangu maht

Freesimise puhul kestab ühe pindala ühiku freesimine ~5 aastat. Antud aastad on saadud aasta toodangu ja tootmisüksuse pindala põhjal (vt Tabel 3.1) (vt ptk 3.1.1).

Tabel 3.1 Freesimiseks kuluv aeg

Ala nimetus	Lasundi paksus, m	Hooaja toodang, tuh m <sup>3</sup>	Tootmisüksuse pindala, ha	Ülemineku koef	Freesimiseks kuluv aeg, a
Plokk1 ja Plokk 2	2,1	~200	310	0,165	5

#### 3.1.1. Freesturba kogumine Haku meetodiga

Freesturba kogumisel HAKU meetodiga kasutatud masinate parameetrid on toodud järgnevas tabelis (vt Tabel 3.2).

Tabel 3.2 Tehnika tehnilised näitajad. HAKU meetod [20]

	Traktor	Freesija	Pööraja	Vaalutaja	Koguja	Treiler	Ekskavaator
Masina mark	BELARUS-2022.5	МТФ-18	ВФ-18С3	ВФТ-19	JKS-15S	JPV-45V	CAT 326F L
Tööorgani ava laius, m		9,5	18,3	18,3	3,6		
Kiirus, km/h	15	8	20	11	7	15	
Tsükliaja tegur		0,86	0,88	0,88	0,81	1	
Aja kasutegur		0,83	0,85	0,81	0,81	0,88	
Kasti maht, m <sup>3</sup>						40	
Kopa maht, m <sup>3</sup>							1,4
Tsükli aeg, s							43
Kobestustegur							1,1

## Turba ja põlevkivi kooskaevandamine Narva põlevkivikarjääris

Masina kasutamise kasutegur							0,8
-----------------------------	--	--	--	--	--	--	-----

Toodangu  $q$  arvutamiseks ühelt hektarilt kasutan valemit (3.1) [20]

$$q = \frac{10^4 \cdot h \cdot \gamma \cdot (100 - W_H) \cdot \alpha}{(100 - W_Y)} \quad (3.1)$$

kus

$h$  – freesimise sügavus, m

$\gamma_e$  – turba lasundi tihedus, t/m<sup>3</sup>

$W_H$  – turba lasundi niiskus, %

$\alpha$  – koristamise kadu tsüklis

$W_Y$  – toodangu niiskus, %

Freesimise sügavuseks võtan 20 mm [22], lasundi tiheduseks 0,62 t/m<sup>3</sup> [21] ja niiskuseks 76% [22], tsükli teguriks 0,65 [20] ning toodangu niiskuseks 40% [22]. Antud näitajatega arvutades tuleb ühelt hektarilt saadavaks toodanguks 32,2 t/ha freesturvast.

### Masinate tootlikkused

Masinate tootlikkuse leidmiseks HAKU meetodi puhul kasutan valemit (3.2) [20]

$$S = 0,1 \cdot b_P \cdot V_P \cdot K_T \cdot K_{PB} \quad (3.2)$$

kus

$b_P$  – tööorgani laius, m

$V_P$  – liikumiskiirus, km/h

$K_T$  – tsükli aja kasutegur

$K_{PB}$  – aja kasutegur

Kasutades valitud masinate tehnilisi andmeid (vt Tabel 3.2) ja valemit (3.2) saan järgmised tootlikkused (vt Tabel 3.3).

Tabel 3.3 Masinate tootlikkused. HAKU meetod

	<b>Freesija</b>	<b>Pööraja</b>	<b>Vaalutaja</b>	<b>Koguja</b>	<b>Treiler</b>
--	-----------------	----------------	------------------	---------------	----------------

## Turba ja põlevkivi kooskaevandamine Narva põlevkivikarjääris

Masina mark	МТФ-18	БФ-18С3	БФТ-19	JKS-15S	JPV-45V
Tootlikus, ha/h	6	28	14	2	598

### Ekskavaatori tootlikus kraavide süvendamisel

Ekskavaatori tootlikkuse arvutamiseks kasutan valemit (3.3) ja masina CAT 326F L andmed (vt Tabel 3.2):

$$Q_{TEH} = \frac{3600 \cdot V_K}{T_P} \cdot \frac{K_H}{K_P} \cdot K_S \quad (3.3)$$

kus

$T_P$  – tsükli aeg, sek

$V_K$  – kopa maht, m<sup>3</sup>

$K_H$  – kopa täitetegur

$K_P$  – kobestustegur

$K_S$  – aja kasutegur

Arvutuste tulemusena saan, et ekskavaatori tootlikus on 76,7 m<sup>3</sup>/h.

Kasutades saadud masina tootlikkusi saan, et 85 m ala vabastamiseks on vaja 1 freesijat, pöörajat, vaalutajat, kogujat, treilerit ja laadurit (vt Tabel 3.4).

Tabel 3.4 Masinate vajadus 85 m laiuse ala vabastamisel. HAKU meetod

Parameeter	Freesija	Pööraja	Vaalutaja	Koguja	Treiler	Laadur	Ekskavaator
Ühe masina tsükli korduste arv	1	2	1	1	1		
Töötunnid päevas, h	16	8	12	16	16	16	8
Masina tootlikkus, ha/h	6	28	14	11			
Masina tootlikkus, m <sup>3</sup> /h	738			1 406	598	785	77
Ühe tsükli ala, ha	182	223	340	346			
Tööorganite arv, tk	1	1	1	1	1	1	
Traktorite, arv	1	1	1	1	1	1	1
Geoloogiline turba kogus, mln t	4,42						
Kadu, %	10						
Kaevandatav turba kogus, mln t	3,98						
Aastate arv, a	364						

Kui aastast freesitakse ainult 85 m laiust riba, siis kulub terve turbavälja freesimiseks 364 aastat. Aasta toodang on ~11 000 t, mis jääb alla minimaalse aasta tootmismäära.

## Turba ja põlevkivi kooskaevandamine Narva põlevkivikarjääris

200 000 t aastamäära tootmisel on vaja 2 freesi ja pöörajat, 1 vaalutajat ja kogujat ning 3 treilerit. Aunade kujundamiseks ja turba laadimiseks on vaja 1 laadurit (vt Tabel 3.5). Turbavälja freesimiseks kulub 20 aastat. Maksimaalse aastamäära saavutamiseks tuleb freesida 310 ha suurust ala.

Tabel 3.5 Masinate vajadus 200 000 t tootmisel aastas. HAKU meetod

Parameeter	Freesija	Pööraja	Vaalutaja	Koguja	Treiler	Laadur	Ekskavaator
Ühe masina tsükli korduste arv	1	2	1	1	1		
Töötunnid päevas, h	16	8	12	16	16	16	8
Masina tootlikkus, ha/h	5,7	27,9	14,2	10,8			
Masina tootlikkus, m <sup>3</sup> /h	738			1 406	598	785	77
Ühe tsükli ala, ha	182	223	340	346			
Tööorganite arv, tk	2	2	1	1	3	2	
Traktorite, arv	2	2	1	1	3	2	1
Geoloogiline turba kogus, mln t	4,42						
Kadu, %	10						
Kaevandatav turba kogus, mln t	3,98						
Aastate arv, a	20						

Kui freesitakse aastast ainult üks 85 m laiune riba, siis suudetakse ala vabastada 5 aastaga, peale mida peab sammuv ekskavaator 4 aastat ootama. 200 000 t aastamäära juures suudetakse 5 aastaga vabastada ala, mis on võrdne 18 aasta draglaini vajadusega (vt Lisa 2, Lisa 3).

### 3.1.2. Freesturba kogumine mehaanilise kogujaga

Freesturba kogumisel mehaanilise kogujaga kasutatud masinate parameetrid on toodud järgnevas tabelis (vt Tabel 3.6).

Tabel 3.6 Tehnika tehnilised näitajad. Tootmine mehaanilise kogujaga [20]

	Traktor	Freesija	Pööraja	Vaalutaja	Koguja	Ekskavaator
Masina mark	BELARUS-2022.5	MTΦ-18	BΦ-18C3	BΦT-19	JMK-55V	CAT 326FL
Tööorgani ava laius, m		9,5	18,3	18,3	1,7	
Kiirus, km/h	15	8	20	11	4	
Tsükliaja tegur		0,86	0,88	0,88	0,81	
Aja kasutegur		0,83	0,85	0,81	0,81	
Kopa maht, m <sup>3</sup>						1,4
Tsükli aeg, s						43
Kobestustegur						1,1
Masina kasutamise kasutegur						0,8

Turba ja põlevkivi kooskaevandamine Narva põlevkivikarjääris

Toodangu arvutamiseks ühelt hektarilt kasutan valemit (3.1) ning HAKU meetodi turba näitajaid. Tulemuseks saan samuti 32,2 t/ha freesturvast.

### Masinate tootlikkused

Masinate tootlikkuse leidmiseks mehaanilise kogujaga meetodi puhul kasutan valemit (3.2)

Kasutades tehnilisi andmeid tabelist (vt Tabel 3.6) ja valemit (3.2) saan järgmised masinate tootlikkused (vt Tabel 3.7).

Tabel 3.7 Masinate tootlikkused. Tootmine mehaanilise kogujaga

	<b>Freesija</b>	<b>Pööraja</b>	<b>Vaalutaja</b>	<b>Koguja</b>
Masina mark	MTΦ-18	BΦ-18C3	BΦT-19	JMK-55V
Tootlikus, ha/h	6	28	14	0,4

### Ekskavaatori tootlikus kraavide süvendamisel

Ekskavaatori tootlikkuse arvutamiseks kasutan valemit (3.3) ja masina CAT 326F L andmeid (vt Tabel 3.2). Arvutuste tulemusena saan, et ekskavaatori tootlikus on 76,7 m<sup>3</sup>/h.

Kasutades saadud masina tootlikkusi saan, et 85 m laiuse riba vabastamiseks on vaja 1 freesijat, pöörajat, vaalutajat, kogujat ja laadurit (vt Tabel 3.8).

Tabel 3.8 Masinate vajadus 85 m laiuse riba vabastamisel. Tootmine mehaanilise kogujaga

<b>Parameeter</b>	<b>Freesija</b>	<b>Pööraja</b>	<b>Vaalutaja</b>	<b>Koguja</b>	<b>Laadur</b>	<b>Ekskavaator</b>
Ühe masina tsükli korduste arv	1	2	1	1		
Töötunnid päevas, h	16	8	12	16	16	8
Masina tootlikkus, ha/h	6	28	14	6		
Masina tootlikkus, m <sup>3</sup> /h	738			771	628	77
Ühe tsükli ala, ha	182	223	340	190		
Tööorganite arv, tk	1	1	1	1	1	
Traktorite, arv	1	1	1	1	1	1
Geoloogiline turba kogus, mln t	4,42					
Kadu, %	10					
Kaevandatav turba kogus, mln t	3,98					
Aastate arv, a	364					

Kui aastas freesitakse ainult 85 m laiust riba, siis kulub terve turbavälja freesimiseks 364 aastat. Aasta toodang on ~11 000 t, mis jääb alla minimaalse aasta tootmismäära.

200 000 t aastamäära tootmisel on vaja 2 freesi ja pöörajat, 1 vaalutajat ja 2 kogujat. Aunade kujundamiseks ja turba laadimiseks on vaja 1 laadurit (vt Tabel 3.9). Turbavälja freesimiseks kulub 20 aastat. Maksimaalse aastamäära saavutamiseks tuleb freesida 310 ha suurust ala.

## Turba ja põlevkivi kooskaevandamine Narva põlevkivikarjääris

Tabel 3.9 Masinate vajadus 200 000 t tootmisel aastas. Tootmine mehaanilise kogujaga

Parameeter	Freesija	Pööraja	Vaalutaja	Koguja	Laadur	Ekskavaator
Ühe masina tsükli korduste arv	1	2	1	1		
Töötunnid päevas, h	16	8	12	16	16	8
Masina tootlikkus, ha/h	6	28	14	6		
Masina tootlikkus, m <sup>3</sup> /h	738			771	628	77
Ühe tsükli ala, ha	182	223	340	190		
Tööorganite arv, tk	2	2	1	2	1	
Traktorite, arv	2	2	1	2	1	1
Geoloogiline turba kogus, mln t	4,42					
Kadu, %	10					
Kaevandatav turba kogus, mln t	3,98					
Aastate arv, a	20					

Kui freesitakse aastast ainult üks 85 m laiune riba, siis suudetakse ala vabastada alles 5 aastaga, peale mida peab sammuv ekskavaator ootama 4 aastat. 200 000 t aastamäära juures suudetakse 5 aastaga vabastada ala, mis on võrdne 18 aasta draglaini vajadusega (vt Lisa 2, Lisa 3).

### 3.2. Tükkturba aastane toodangu maht

Tükkturba freesimise puhul kestab ühe pindala ühiku ~3 aastat. Antud aastad on saadud aasta toodangu ja tootmisüksuse pindala põhjal (vt Tabel 3.10) (vt ptk 3.2.1).

Tabel 3.10 Silindrikujulise tükkTURBA freesimiseks kuluv aeg

Ala nimetus	Lasundi paksus, m	Hooaja toodang, tuh t	Tootmisüksuse pindala, ha	Tihedus, t/m <sup>3</sup>	Tsüklite arv aastas, tk	Jääk paksus, m	Freesimiseks kuluv aeg, a
Plokk1 ja Plokk 2	2,2	~200	81	0,6	3,06	0,8	~3

#### 3.2.1. Silindrikujulise tükkTURBA kaevandamine

Freesturba kogumisel mehaanilise kogujaga kasutatud masinate parameetrid on toodud järgnevas tabelis (vt Tabel 3.11).

Tabel 3.11 Tehnika tehnilised näitajad. Silindrikujuline tükkTURBAS [20]

	Traktor	Lõikaja (freesija)	Pööraja vaalutaja	Koguja	Treiler	Ekskavaator	Greiferkopp
Masina mark	BELARUS -2022.5	ДПК-5	PSK-4	PKS-9	МТП-24В	CAT 326F L	CAT 326F L



Turba ja põlevkivi kooskaevandamine Narva põlevkivikarjääris

Tööorgani ava laius, m			2,7	1,9			
Soone laius, m		0,045					
Soone sügavus, m		0,4					
Kiirus, km/h	15	1	3	3	15		
Tsükliaja tegur		0,89	0,89	0,89	1		
Aja kasutegur		0,81	0,81	0,81	0,88		
Kasti maht, m <sup>3</sup>					27		
Kopa maht, m <sup>3</sup>						1,4	1,4
Tsükli aeg, s						43	43
Kobestustegu r						1,1	1,1
Masina kasutamise kasutegur						0,8	0,8

Toodangu  $q$  arvutamiseks ühelt hektarilt kasutan valemit (3.4) [20]:

$$q = 10^4 \cdot \gamma \cdot \frac{100 - W_H}{100 - W_Y} \cdot \frac{b_W \cdot h_W}{l_n} \cdot K_E \cdot K_U \cdot \alpha \quad (3.4)$$

kus

$\gamma$  – turba lasundi tihedus, t/m<sup>3</sup>

$W_H$  – turba lasundi niiskus, %

$W_Y$  – toodangu niiskus, %

$b_W$  – soone laius, m

$h_W$  – soone sügavus, m

$l_n$  – lintide vaheline kaugus, m

$K_E$  – turba kadu, %

$K_U$  – soone laienemise tegur, %

$\alpha$  – koristamise kadu tsükliks

Soone sügavuseks võtan 0,5 m ja laiuseks 2 x 0,035 m [22], lasundi tiheduseks 0,7 t/m<sup>3</sup> [21] ja niiskuseks 81% [20], koristamise kao teguriks 0,65 [20], toodangu niiskuseks 40% [20], lintide

Turba ja põlevkivi kooskaevandamine Narva põlevkivikarjääris

vaheliseks kauguseks 0,6 m [22], turba kaoks 8% [20] ning soone laienemise teguriks 1,2 [20]. Antud näitajatega arvutades tuleb ühelt hektarilt saadavaks toodanguks 807 t/ha tükkturnvast.

### Masinate tootlikkused

Freesi tootlikuse leidmiseks kasutan valemit (3.5) [20]:

$$S = 0,1 \cdot b_W \cdot h_W \cdot K_U \cdot K_E \cdot V_P \cdot K_T \cdot K_{PB} \quad (3.5)$$

kus

$b_W$  – soone laius, m

$h_W$  – soone sügavus, m

$K_U$  – soone laienemise tegur

$K_E$  – turba kadu, %

$V_P$  – liikumiskiirus, km/h

$K_T$  – tsükli aja kasutegur

$K_{PB}$  – aja kasutegur

Greiferkopa ja ekskavaatori tootlikuse arvutamiseks kasutan valemit (3.3) ja teiste masinate tootlikuse leidmiseks kasutan valemit (3.2). Võttes aluseks masinate tehnilised andmed (vt Tabel 3.11) saan järgmised tootlikkused (vt Tabel 3.12).

Tabel 3.12 Masinate tootlikkused. Silindrikujuline tükkturnvast

	Lõikaja (freesija)	Pööraja vaalutaja	Koguja	Treiler	Ekskavaator	Greiferkopp
Masina mark	ДПК-5	PSK-4	PKS-9	МТН-24В	CAT 326F L	CAT 326F L
Tootlikus, m <sup>3</sup> /h	11			404	77	111
Tootlikus, ha/h	0,2	0,5	0,3			

Kasutades saadud masinate tootlikkusi saan, et 85 m laiuse ala vabastamiseks on vaja 1 lõikajat (freesijat), pöörajat-vaalutajat, kogujat, 2 treilerit ja 8 greiferkoppa (vt Tabel 3.13).

Tabel 3.13 Masinate vajadus 85 m laiuse riba freesimisel. Silindrikujuline tükkturnvast

Parameeter	Freesija	Pööraja	Koguja	Treiler	Greiferkopp
Ühe masina tsükli korduste arv	1	2	1	1	

## Turba ja põlevkivi kooskaevandamine Narva põlevkivikarjääris

Töötunnid päevas, h	16	8	16	16	16
Masina tootlikkus, ha/h	0,2	0,5	1		
Masina tootlikkus, m <sup>3</sup> /h	11		712	404	111
Ühe tsükli ala, ha	99	60	505	505	
Tööorganite arv, tk	1	1	1	2	
Traktorite, arv	1	1	1	2	8
Geoloogiline turba kogus, mln t	4,42				
Kadu, %	38				
Kaevandatav turba kogus, mln t	2,76				
Aastate arv, a	66				

Kui aastas freesitakse ainult 85 m laiust riba, siis kulub terve turbavälja freesimiseks 66 aastat.

200 000 t aastamäära tootmisel on vaja 1 lõikajat (frees) ja 2 pöörajat, 1 kogujat ja 2 treilerit. Aunade kujundamiseks ja turba laadimiseks on vajatakse 8 greiferkoppa (vt Tabel 3.14). Turbavälja freesimiseks kulub 14 aastat. Maksimaalse aastamäära saavutamiseks tuleb freesida 81 ha suurust ala. Suur geoloogilise mahu kadu on tingitud silindrikujulise tükkturba freesimiseks vajalikust minimaalsest lasundi paksusest (0,8 m) [15].

Tabel 3.14 Masinate vajadus 200 000 t tootmisel aastast. Silindrikujuline tükkturvas

Parameeter	Freesija	Pööraja	Koguja	Treiler	Greiferkopp
Ühe masina tsükli korduste arv	1	2	1	1	
Töötunnid päevas, h	16	8	16	16	16
Masina tootlikkus, ha/h	0,2	0,5	1,0		
Masina tootlikkus, m <sup>3</sup> /h	11		712	404	111
Ühe tsükli ala, ha	99	60	505	505	
Tööorganite arv, tk	1	2	1	2	
Traktorite, arv	1	2	1	2	8
Geoloogiline turba kogus, mln t	4,42				
Kadu, %	38				
Kaevandatav turba kogus, mln t	2,76				
Aastate arv, a	14				

Kui freesitakse aastast ainult üks 85 m laiune riba, siis suudetakse ala vabastada ~3 aastaga, peale mida peab sammuv ekskavaator 2 aastat ootama. 200 000 t aastamäära juures suudetakse 3 aastaga vabastada ala, mis on võrdne 5 aasta draglaini vajadusega (vt Lisa 4, Lisa 5).

### 3.2.2. Tükkturba tootmine ekskavaatoriga kaevandades ja laoturiga laotades

Ekskavaatori töö ala määratlemiseks ühel kaardil kasutan valemeid (3.6), (3.7), (3.8) ja (3.9).

**Kaavee sügavuse arvutamise valem [21]:**

$$h_k = (h_s - h_{os}) \cdot K_{oc} - h_{pc} \quad (3.6)$$

Turba ja põlevkivi kooskaevandamine Narva põlevkivikarjääris

kus

$h_s$  – keskmine turba kihi paksus, m (2,1 m)

$h_{os}$  – juurestiku (sugekihi) paksus, m (0 m)

$h_{pc}$  – jääk kihi paksus, m (0,2 m)

$K_{oc}$  – turba tihenemistegur (0,9)

**Turba tihenemisteguri  $K_{oc}$  arvutamise valem [21]:**

$$K_{oc} = \frac{\gamma_e \cdot (100 - w_e)}{\gamma_t \cdot (100 - w_t)} \quad (3.7)$$

kus

$\gamma_e$  - turba tihedus enne kuivendamist, t/m<sup>3</sup> (0,86 t/m<sup>3</sup>)

$\gamma_t$  - turba tihedus kaevandamise ajal, t/m<sup>3</sup> (0,74 t/m<sup>3</sup>)

$w_e$  - turba niiskus enne kuivendamist, % (86%)

$w_t$  - turba niiskus kaevandamise ajal, % (82%)

**Kaeve ee edasinihke arvutamise valem [21]:**

$$b_K = \frac{V_{CT} \cdot K_H \cdot n_L}{h_k \cdot B_K \cdot K_P \cdot K_Y} \quad (3.8)$$

kus

$V_{CT}$  - laoturi kasti maht, m<sup>3</sup> (12 m<sup>3</sup>)

$K_H$  – kasti täitetegur (1,15)

$n_L$  – lintide arv kaardil (22)

$h_k$  – kaeve ee sügavus, m (1,7 m)

$B_K$  – kaardi laius, m (20 m)

$K_P$  – karjääri kuju kaod (0,95)

$K_Y$  – tüki moodustamise tihenemistegur (0,92)

**Karjääri kuju kaod [21]:**

Turba ja põlevkivi kooskaevandamine Narva põlevkivikarjääris

$$K_P = 0,01 \cdot (100 \cdot P - M - H) \quad (3.9)$$

kus

$P$  – kändude osa, % (0%)

$M$  – külmunud (igikeltsa) osa, % (0)

$H$  – pudenemise osa % (5%)

**Lintide arv kaardil [21]:**

$$n_L = \frac{B_K - m}{b_P} \quad (3.10)$$

kus

$B_K$  – väljaku laius, m (20 m)

$m$  – laoturi liikumiseks vajalik laius, m (6 m)

$b_P$  – lindi laius, m (0,6 m)

Arvutuste tulemustena sain, et ühe ekskavaatori soovitatav kaevandatav ala on 20 m x 10 m ja kaevandamise sügavus 1,7 m. Edaspidistes arvutustes on 10 m võetud edasinihkeks kaardil ning eeldatakse, et ekskavaator kaevandab enne järgmisele kaardile liikumist edasinihke jagu turvast.

Exskavaatori tehniline tootlikkuse arvutamiseks kasutan valemit (3.3) ning saan tootlikuseks 93,8 m<sup>3</sup>/h.

Laoturi tootlikkuse arvutamiseks kasutan valemit (3.11) [21]:

$$Q_{CT} = \frac{V_{CT} \cdot K_H \cdot K_t}{t_{ts}} \quad (3.11)$$

kus

$V_{CT}$  – laoturi kasti maht, m<sup>3</sup>

$K_H$  – kasti täitetegur (1,15)

$K_t$  – aja kasutegur (0,8)

$t_{ts}$  – tsükli aeg, sek

## Turba ja põlevkivi kooskaevandamine Narva põlevkivikarjääris

Laoturi tootlikus sõltub tsükli ajast, mis omakorda sõltub kiirusest ja teekonna pikkusest. Liikumise kiirused saab võtta konstantseks. Teekonna pikkus sõltub, aga maha laotatavatest lintide pikkustest. Mida pikem lint seda väiksem tootlikus.

Teised kasutatavad masinad on analoogsed silindrikujulise tükkturba tootmisega (vt Tabel 3.11).

Kasutades tehnilisi andmeid tabelist (vt Tabel 3.11) ja valemit (3.5) saan järgmised masinate tootlikkused (vt Tabel 3.15).

Tabel 3.15 Masinate tootlikkused. Pätsikujuline tükkturvas

	<b>Pööraja</b>	<b>Koguja</b>	<b>Treiler</b>	<b>Greiferkopp</b>
Masina mark	PSK-4	PKS-9	MTII-24B	CAT 326F L
Tootlikus, m <sup>3</sup> /h	495	294	404	111
Tootlikus, ha/h	0,5	0,3		

85 m laiuse riba kaevandamisel võtan arvutustele tuginedes kaardil edasinihkeks 2 x 10 m ehk 20 m. Selle edasinihke puhul laotan lindina järjestikku maha kaks laoturi kastitait turvast. Kahe järjestikkuse lindi maha laotamisel on laoturi tootlikus 31,8 m<sup>3</sup>/h.

Kasutades saadud masina tootlikkusi saan, et 85 m laiuse ala vabastamiseks on vaja 2 ekskavaatorit, 6 laoturit, 1 pöörajat, kogujat, treilerit ja 2 greiferkoppa (vt Tabel 3.16).

Tabel 3.16 Masinate vajadus 85 m laiuse ala kaevandamisel. Ekskavaator ja laotur

<b>Parameeter</b>	<b>Ekskavaator</b>	<b>Laotur</b>	<b>Pööraja</b>	<b>Koguja</b>	<b>Treiler</b>	<b>Greiferkopp</b>
Ühe masina tsükli korduste arv	1	2	1	1		
Töötunnid päevas, h	16	16	8	16	16	8
Masina tootlikkus, m <sup>3</sup> /h	94	32	495	294	404	111
Aastane maht, tuh m <sup>3</sup>	186	32	491	583	801	110
Tööorganite arv, tk	2	6	1	1	1	2
Traktorite arv	2	6	1	1	1	2
Geoloogiline turba kogus, mln t	4,42					
Kadu, %	10					
Kaevandatav turba kogus, mln t	3,98					
Aastate arv, a	65					

Kui aastas kaevandatakse 85 m laiust riba, siis kulub terve turbavälja kaevandamiseks 65 aastat.

200 000 t aastamäära tootmisel on vaja 7 ekskavaatorit, 21 laoturit, 2 pöörajat, 3 kogujat, 2 treilerit ning 6 greiferkoppa (vt Tabel 3.17). Turbavälja kaevandamiseks kulub 19 aastat. Maksimaalse aastamäära saavutamiseks tuleb kaevandada 67 ha suurust ala.

## Turba ja põlevkivi kooskaevandamine Narva põlevkivikarjääris

Tabel 3.17 Masinate vajadus 200000 t tootmisel aastas. Ekskavaator ja laotur

Parameeter	Ekskavaator	Laotur	Pööraja	Koguja	Treiler	Greiferkopp
Ühe masina tsükli korduste arv	1	2	1	1		
Töötunnid päevas, h	16	16	8	16	16	8
Masina tootlikkus, m <sup>3</sup> /h	94	32	495	294	404	111
Aastane maht, tuh m <sup>3</sup>	186	32	491	583	801	110
Tööorganite arv, tk	7	21	2	3	2	6
Traktorite, arv	7	21	2	3	2	6
Geoloogiline turba kogus, mln t	4,42					
Kadu, %	10					
Kaevandatav turba kogus, mln t	3,98					
Aastate arv, a	19					

Saadud tulemused näitavad, et hooajaga suudetakse kaevandada 85 m laiune riba, mis on vajalik sammuvale ekskavaatorile ühe aasta kaevandamiseks (vt Lisa 8, Lisa 9). 200 000 t aastamäära juures suudetakse ühe aastaga vabastada ala, mis on võrdne 4 aasta draglaini vajadusega (vt Lisa 6, Lisa 7).

### 3.3. Plokkturba aastane toodangu maht

Plokkturba tootmisel ekskavaatori töö ala määratlemiseks ühel kaardil kasutan valemeid (3.6), (3.7), (3.8), (3.9) ja (3.10). Ala sügavuse ja laiuse ümardan vastavalt kopa mõõtmetele täisarv korda. Pätsikujulise turba lindi laiuse asendan aluse laiusega. Arvutuste tulemustena sain, et ühe ekskavaatori soovitatav kaevandatav ala on 20 m x 1,8 m ja kaevandamise sügavus 1,8 m.

Ekskavaatori tehnilise tootlikkuse arvutamiseks kasutan valemit (3.2). Kopamahuks võtan 0,81 m<sup>3</sup> ja tsükli ajaks 34 sekundit. Tootlikuseks saan 59,3 m<sup>3</sup>/h. Ühe tõstega saadakse 30 turbaplokki, ning ühe turbaploki mõõtmed on 20 cm x 30 cm x 45 cm.

Laaduri, millega veetakse turbaväljal turba aluseid, tootlikkuse arvutan kasutades valemit (3.12)

$$S = \frac{R_P \cdot V_P \cdot K_T \cdot K_{PB}}{s} \quad (3.12)$$

kus

$R_P$  – aluse maht, m<sup>3</sup>

$V_P$  – liikumiskiirus, km/h (7 km/h)

$K_T$  – tsükli aja kasutegur (0,88)

$K_{PB}$  – aja kasutegur (0,88)

## Turba ja põlevkivi kooskaevandamine Narva põlevkivikarjääris

$s$  – teekonna pikkus, m

Aluse mahuks on ühest seisukohast võetud kolme kihiline turba plokkide maht ehk  $7,3 \text{ m}^3$ . Teekonna pikkuseks võtan kahe kordse kaardi pikkuse. Kasutades antud arve saan laaduri tootlikuseks  $51,3 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Turbaplokkide pööramiseks kasutan haaratsseadmega varustatud ekskavaatorit. Ekskavaatori tootlikkuse arvutan kasutades valemit (3.2). Haaratsi mahuks võtan  $1,62 \text{ m}^3$  ja töötsükli ajaks vastavalt arvutustele 34 sek, mis annab tootlikuseks  $137,2 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Kasutades saadud masina tootlikkusi saan, et 85 m laiuse riba vabastamiseks on vaja 4 ekskavaatorit, 5 laadurit ja 2 pöörajat (vt Tabel 3.18).

Tabel 3.18 Masinate vajadus 85 m laiuse riba vabastamisel. Plokkurvas

Parameeter	Ekskavaator	Plokkide transport	Pööraja
Ühe masina tsükli korduste arv	1	1	1
Töötunnid päevas, h	16	16	16
Masina tootlikkus, $\text{m}^3/\text{h}$	59	51	137
Aastane maht, tuh $\text{m}^3$	77	66	177
Tööorganite arv, tk	4	5	2
Geoloogiline turba kogus, mln t	4,42		
Kadu, %	10		
Kaevandatav turba kogus, mln t	3,98		
Aastate arv, a	67		

Kui aastas kaevandatakse 85 m laiust riba, siis kulub terve turbavälja kaevandamiseks 67 aastat. 200 000 t aastamäära tootmisel on vaja 13 ekskavaatorit, 16 laadurit ja 6 pöörajat (vt Tabel 3.19). Turbavälja kaevandamiseks kulub 21 aastat. Maksimaalse aastamäära saavutamiseks tuleb kaevandada 64 ha suurust ala.

Tabel 3.19 Masinate vajadus 200 000 t tootmisel aastas. Plokkurvas

Parameeter	Ekskavaator	Plokkide transport	Pööraja
Ühe masina tsükli korduste arv	1	1	1
Töötunnid päevas, h	16	16	16
Masina tootlikkus, $\text{m}^3/\text{h}$	59	51	137
Aastane maht, tuh $\text{m}^3$	90	78	208
Tööorganite arv, tk	13	16	6
Geoloogiline turba kogus, mln t	4,42		
Kadu, %	10		
Kaevandatav turba kogus, mln t	3,98		
Aastate arv, a	21		



## Turba ja põlevkivi kooskaevandamine Narva põlevkivikarjääris

Saadud tulemused näitavad, et aastas suudetakse kaevandada 85 m laiune riba, mis on vajalik sammuvale ekskavaatorile ühe aasta kaevandamiseks (vt Lisa 8, Lisa 9). 200 000 t aastamäära juures suudetakse ühe aastaga vabastada ala, mis on võrdne 4 aasta draglaini vajadusega (vt Lisa 6, Lisa 7).

## 4. Erinevate turba kaevandamise meetodite maksumus

Majandusarvutuste juures on eeldatud, et hooaja jooksul kaevandatud turvas transportitakse elektriijaama. Vajadusel saab toodetud turvast turustada vabal turul, konkureerides teiste tootjatega. Finantsarvutused on tehtud arvestades turuhindasid, nii masinate soetamisel kui turba müümisel (vt Lisa 1). Kõik investeeringud tehakse aasta enne tootmise algust.

Seadmete ja masinate maksumused on leitud ühikhindade põhjal (vt Lisa 1, Tabel 8.4). Andmete puudumisel on kasutatud samatüübiliste seadmete hindasid. Masinate ja seadmete tehnilised andmed on võetud kirjandusest ja tootjate kodulehelt.

Juhtimiskulud moodustavad masinate kapitali summast 10% [26].

Hooldus ja remondi kulud leidsin kasutades valmit (4.1) [25]:

$$\text{Remondi hind tunnis} = \frac{\text{kapitalikulu} \cdot \text{kasutegur}}{\text{hooaja töötunnid}} \quad (4.1)$$

Kütusekulu arvutamisel kasutasin valemit (4.2) [25]:

$$\text{Kütuse hind tunnis} = \text{mootori võimsus} \cdot \text{kasutegur} \cdot \text{kütuse hind} \quad (4.2)$$

Diiselmootori hinnaks võtsin 0,95 €/l.

Määrete ja rehvide hind moodustub 10% üldistest opereerimiskuludest.

Kapitali kaalutud keskmiseks hinnaks (WACC) on võetud 12,0%.

### 4.1. Freesturba tootmine

#### 4.1.1. Haku meetodiga freesturba tootmine

Haku meetodiga freesturba tootmise omahind 85 m laiuse riba freesimisel on 99,1 €/m<sup>3</sup> ja 200 000 t aastamäära korral 10,4 €/m<sup>3</sup> (vt Tabel 4.1). Finantsarvutused näitavad, et mõlemal puhul on tootmise NPV ja rahavood negatiivsed (vt Tabel 4.1 ja Tabel 4.2). Siit saab järeldada, et antud olukorras ei ole majanduslikult mõttekas antud alal HAKU meetodit kasutada.

Tabel 4.1 Majandusnäitajad 85 m laiuse riba ja 200 000 t aastamäära kaevandamisel. HAKU meetod

Nimetus	Ühik	85 m laiune riba	200 000 t
WACC	%	12,0	12,0
Müügiimaht	tuh m <sup>3</sup> /a	31	571
Kaevandamise maht	tuh m <sup>3</sup> /a	31	571
Turuhind	€/m <sup>3</sup>	10,6	10,6
Kaevandamise tootmiskulu	€/m <sup>3</sup>	98,4	9,6

## Turba ja põlevkivi kooskaevandamine Narva põlevkivikarjääris

Ressursitasud	€/m <sup>3</sup>	0,7	0,7
Omahind kokku	€/m <sup>3</sup>	99,1	10,4
Kaevandamise investeeringud	mln €	0,81	1,44
Investeeringud kokku	mln €	0,81	1,44
Aastate arv		364	20
IRR	%	Pole arvatav	Pole arvatav
NPV	mln €	-23,15	-1,99

Tabel 4.2 Rahavood 85 m laiuse riba ja 200 000 t aastamäära kaevandamisel. HAKU meetod

Nimetus, ühik	85 m laiune riba		200 000 t	
	-1	1...364	-1	1...20
Tulud aastas, mln €		0,33		6,05
Kaevandamise kulud, mln €		3,08		5,51
Ressursitasud, tuh €		22		400
Investeering, mln €	0,81	0,12	1,44	0,22
Kasum/kahjum, mln €	-0,81	-2,89	-1,44	-0,07

### 4.1.2. Mehaanilise kogujaga freesturba tootmine

Mehaanilise kogujaga freesturba tootmise omahind 85 m laiuse riba freesimisel on 81,9 €/m<sup>3</sup> ja 200 000 t aastamäära korral 7,8 €/m<sup>3</sup> (vt Tabel 4.3). Finantsarvutused näitavad, et 85 m laiuse riba puhul on tootmise NPV ja rahavood negatiivsed. Samas kui maksimaalse tootmise puhul on nii IRR, NPV kui ka rahavood positiivsed (vt Tabel 4.3 ja Tabel 4.4). Siit saab järeldada, et mehaanilise kogujaga on majanduslikult mõttekas freesturvast toota ainult suurel alal.

Tabel 4.3 Majandusnäitajad 85 m laiuse riba ja 200 000 t aastamäära kaevandamisel. Mehaaniline koguja

Nimetus	Ühik	85 m laiune riba	200 000 t
WACC	%	12,0	12,0
Müügimaht	tuh m <sup>3</sup> /a	31	571
Kaevandamise maht	tuh m <sup>3</sup> /a	31	571
Turuhind	€/m <sup>3</sup>	10,6	10,6
Kaevandamise tootmiskulu	€/m <sup>3</sup>	81,2	7,1
Ressursitasud	€/m <sup>3</sup>	0,7	0,7
Omahind kokku	€/m <sup>3</sup>	81,9	7,8
Kaevandamise investeeringud	mln €	0,66	1,12
Investeeringud kokku	mln €	0,66	1,12
Aastate arv		364	20
IRR	%	Pole arvatav	128,8
NPV	mln €	-18,66	10,05

## Turba ja põlevkivi kooskaevandamine Narva põlevkivikarjääris

Tabel 4.4 Rahavood 85 m laiuse riba ja 200 000 t aastamäära kaevandamisel. Mehaaniline koguja

Nimetus, ühik	85 m laiune riba		200 000 t	
Aastad	-1	1...364	-1	1...20
Tulud aastas, mln €		0,33		6,05
Kaevandamise kulud, mln €		2,54		4,04
Ressursitasud, tuh €		22		400
Investeering, mln €	0,66	0,1	1,12	0,17
Kasum/kahjum, mln €	-0,66	-2,33	-1,12	1,45

### 4.2. Tükkturba tootmine

#### 4.2.1. Silindrikujulise tükkturba tootmine

Silindrikujulise tükkturba tootmise omahind 85 m laiuse riba freesimisel on 149,6 €/t (52,4 €/m<sup>3</sup>) ja 200 000 t aastamäära korral 34,9 €/t (12,2 €/m<sup>3</sup>) (vt Tabel 4.5). Finantsarvutused näitavad, et 85 m laiuse riba puhul on tootmise NPV ja rahavood negatiivsed. Samas kui maksimaalse aasta toodangu puhul on nii IRR, NPV kui ka rahavood positiivsed (vt Tabel 4.5 ja Tabel 4.6). Siit saab järeldada, et silindrikujulise tükkturba tootmine on majanduslikult mõttekas ainult suurel alal.

Tabel 4.5 Majandusnäitajad 85 m laiuse riba ja 200 000 t aastamäära kaevandamisel. Silindrikujuline tükkturvas

Nimetus	Ühik	85 m laiune riba	200 000 t
WACC	%	12,0	12,0
Müügiimaht	tuh t/a	42	200
Kaevandamise maht	tuh t/a	42	200
Turuhind	€/t	146,8	146,8
Kaevandamise tootmiskulu	€/t	147,6	32,9
Ressursitasud	€/t	2,0	2,0
Omahind kokku	€/t	149,6	34,9
Kaevandamise investeeringud	mln €	1,13	1,25
Investeeringud kokku	mln €	1,13	1,25
Aastate arv		95	20
IRR	%	Pole arvatav	1 773,4
NPV	mln €	-2,90	136,27

Tabel 4.6 Rahavood 85 m laiuse riba ja 200 000 t aastamäära kaevandamisel. Silindrikujuline tükkturvas

Nimetus, ühik	85 m laiune riba		200 000 t	
Aastad	-1	1...95	-1	1...20
Tulud aastas, mln €		6,16		29,36
Kaevandamise kulud, mln €		6,20		6,57
Ressursitasud, tuh €		84		400
Investeering, mln €	1,13	0,17	1,25	0,19
Kasum/kahjum, mln €	-1,13	-0,29	-1,25	22,20

#### 4.2.2. Laoturiga tükkurba tootmine

Päts tükkurba tootmise omahind 85 m laiuse riba kaevandamisel on 132,9 €/t (46,5 €/m<sup>3</sup>) ja 200 000 t aastamäära korral 107,6 €/t (37,7 €/m<sup>3</sup>) (vt Tabel 4.7). Finantsarvutused näitavad, et nii 85 m laiuse riba kui ka maksimaalse aastamäära puhul on tootmise IRR, NPV kui ka rahavood positiivsed (vt Tabel 4.7 ja Tabel 4.8). Siit saab järeldada, et pätsikujulise tükkurba tootmine on majanduslikult mõttekas väikeses ja suures koguses.

Tabel 4.7 Majandusnäitajad 85 m laiuse riba ja 200 000 t aastamäära kaevandamisel. Laoturiga tükkurvas

Nimetus	Ühik	85 m laiune riba	200 000 t
WACC	%	12,0	12,0
Müügimaht	tuh t/a	50	200
Kaevandamise maht	tuh t/a	50	200
Turuhind	€/t	146,8	146,8
Kaevandamise tootmiskulu	€/t	130,9	105,6
Ressursitasud	€/t	2,0	2,0
Omahind kokku	€/t	132,9	107,6
Kaevandamise investeeringud	mln €	1,63	5,14
Investeeringud kokku	mln €	1,63	5,14
Aastate arv		65	19
IRR	%	28,1	137,4
NPV	mln €	1,89	48,80

Tabel 4.8 Rahavood 85 m laiuse riba ja 200 000 t aastamäära kaevandamisel. Laoturiga tükkurvas

Nimetus, ühik	85 m laiune riba		200 000 t	
	-1	1...65	-1	1...19
Aastad	-1	1...65	-1	1...19
Tulud aastas, mln €		7,41		29,30
Kaevandamise kulud, mln €		6,61		21,08
Ressursitasud, tuh €		101		399
Investeering, mln €	1,63	0,24	5,14	0,77
Kasum/kahjum, mln €	-1,63	0,46	-5,14	7,06

#### 4.3. Plokkurba tootmine

Plokkurba tootmise omahind 85 m laiuse riba kaevandamisel on 26,4 €/m<sup>3</sup> ja 200 000 t aastamäära korral 22,4 €/m<sup>3</sup> (vt Tabel 4.9). Finantsarvutused näitavad, et nii 85 m laiuse riba kui ka maksimaalse aastamäära puhul on tootmise IRR, NPV kui ka rahavood positiivsed (vt Tabel 4.9 ja Tabel 4.10). Siit saab järeldada, et plokkurba tootmine on majanduslikult mõttekas nii väikeses kui suures koguses.

## Turba ja põlevkivi kooskaevandamine Narva põlevkivikarjääris

Tabel 4.9 Majandusnäitajad 85 m laiuse riba ja 200 000 t aastamäära kaevandamisel. Plokkurvas

Nimetus	Ühik	85 m laiune riba	200 000 t
WACC	%	12,0	12,0
Müügimaht	tuh m <sup>3</sup> /a	150	570
Kaevandamise maht	tuh m <sup>3</sup> /a	150	570
Turuhind	€/m <sup>3</sup>	28,8	28,8
Kaevandamise tootmiskulu	€/m <sup>3</sup>	25,7	21,7
Ressursitasud	€/m <sup>3</sup>	0,7	0,7
Omahind kokku	€/m <sup>3</sup>	26,4	22,4
Kaevandamise investeeringud	mln €	0,61	2,06
Investeeringud kokku	mln €	0,61	2,06
Aastate arv		67	21
IRR	%	44,1	161,9
NPV	mln €	1,42	23,14

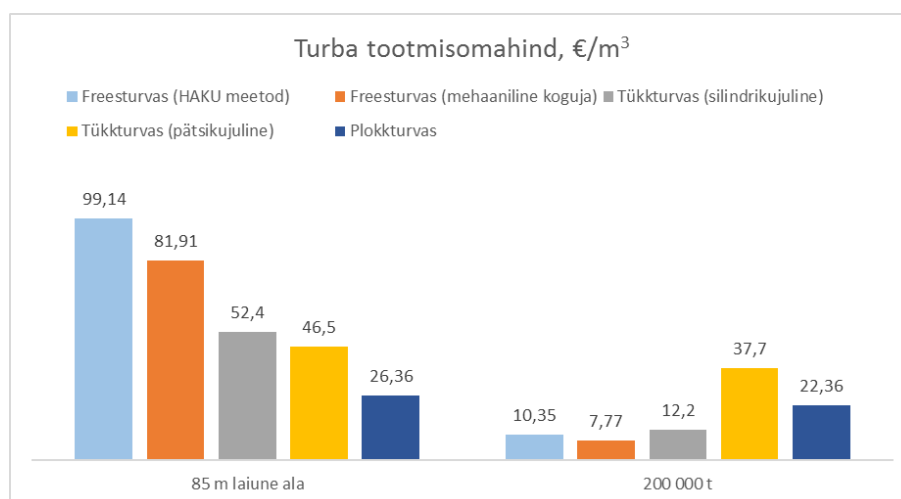
Tabel 4.10 Rahavood 85 m laiuse riba ja 200 000 t aastamäära kaevandamisel. Plokkurvas

Nimetus, ühik	85 m laiune riba		200 000 t	
	-1	1...67	-1	1...21
Aastad	-1	1...67	-1	1...21
Tulud aastas, mln €		4,31		16,4
Kaevandamise kulud, mln €		3,84		12,36
Ressursitasud, tuh €		105		399
Investeering, mln €	0,61	0,09	2,06	0,31
Kasum/kahjum, mln €	-0,61	0,27	-2,06	3,33

## 5. Järeldused

Töös on analüüsitud turba kaevandamise võimalusi Puhatu turbatootmisalal, mis kattub Narva põlevkivikarjääri alaga. Võttes arvesse põlevkivi kaevandamise režiimi analüüsi minimaalset ja maksimaalset turba mahu kaevandamise võimalust ning teostati tehnilis-majanduslik eelhindamine. Saadud tulemuste põhjal võib järeldada:

- Puhatu turbatootmisalal on otstarbekas kasutada ekskavaatoriga kaevandamist ja laoturiga pätsikujulise tükkturba laotamise ning plokkiturba kaevandamise meetodit
- Turba tootmine 85 m laiuse riba kaevandamisel on tasuv ekskavaatoriga kaevandamist ja laoturiga pätsikujulise tükkturba laotamise ning plokkiturba kaevandamise meetodit kasutades. Tootmise omahind on madalam kui turu ostuhind (vt Joonis 5.1).
- Turba tootmine 200 000 t aastamäära kaevandamisel on tasuv kõikide töös analüüsitud tehnoloogiatega (vt Joonis 5.1).
- Freesimisega turba tootmine põhjustab draglaini töös 2...3 aasta pikkuseid kaevandamise seisakuid.
- Ekskavaatori kasutamine turba kaevandamisel tagab vajaliku tootmiskiiruse, mida on vaja draglaini järjepidevaks tööks.
- Freesturba tootmine väikesel alal jääb alla kaevandamisloas nõutud aastamäära normi.
- Tootmismahud võivad muutuda kui täpsustatakse geoloogilist informatsiooni. Andmete täpsustamisel võivad freesimistehnoloogiad muutuda mitte kasutatavaks.



Joonis 5.1 Turba tootmisomahind

## 6. Kokkuvõte

Käesoleva magistritöö käigus uuriti turba kaevandamise võimalusi Puhatu turbatootmisalal, mis kattub Narva põlevkivikarjääriga. Analüüsi kolme freesimise ja kahte ekskaveerimise-laotamise meetodit kahe tootmismahu juures. 85 m laiune riba, mis on võrdne sammuva ekskavaatori aastane edasinihe tranšees ning 200 000 t, mis on kaevandamisloas lubatud maksimaalne kaevandamise aastane kogus. Kõigi tootmistehnoloogiate juures lähtuti põlevkivi kaevandamise režiimist ja turba tootmise majanduslikust aspektist.

Töö tulemusena jõuti järeldusele, et kõige sobilikum antud põlevkivi kaevandamise režiimi korral on kasutada ekskavaatorit. Ekskaveerimisega suudetakse vabastada turba tootmise hooaja jooksul põlevkivi aastaseks kaevandamiseks vajalik ala. Ekskavaatorit kasutatakse pätsikujulise tükkturba ja plokkturba tootmise juures. Majandusliku eelhinnangu tulemusena on nii 85 m laiuse riba kui ka 200 000 t mahu kaevandamine kasumlik. Tootmisomahinda arvestades on kasulik toota plokkurvast.

Freesimine 85 m laiuse ala korral ei ole kasutatav kuna põhjustab põlevkivi kaevandamises 2...3 aastaseid pause. Samuti on väiksel pinnal tootmine majanduslikult otstarbetu ning ei suudeta tagada kaevandamisloas nõutud minimaalne aastane turba kogus. 200 000 t mahu tootmine freesimisega on majanduslikult kõige kasumlikum, kuid enne kui saadakse põlevkivi kaevandamisega alustada tuleb oodata 5 aastat. Ooteaeg 5 aastat on ainult juhul kui igal aastal on ideaalsed ilmastiku tingimused ja suudetakse toota maksimaalne kogus turvast.



## 7. Kasutatud kirjandus

1. Maavara kaevandamise luba KMIN-023 (11.05.2011)
2. Maavara kaevandamise luba KMIN-046 (22.09.2003)
3. Maavara kaevandamise luba KMIN-073 (01.07.2005)
4. Maavara kaevandamise luba KMIN-074 (11.07.2005)
5. Maavara kaevandamise luba KMIN-087 (19.05.2006)
6. Vahtra H., Niitlaan E. (2013) Eesti põlevkivimaardla Narva karjääri, Narva põlevkivikarjääri II, Sirgala karjääri ja Sirgala II põlevkivikarjääri mäeeraldiste katendis leiduva Puhatu turbamaardla turbavaru osalise ümberhindamise ja registrikande muutmise seletuskiri. Tallinn
7. Maavarade registri registrikaart nr 198
8. Maa-amet. xGis ortofoto 15.05.2013(GSD 25), 21.06.2012(GSD 40)
9. Adamson A. jt. (2005) Põlevkivi kaevandamise tehnoloogilise struktuuri optimeerimine. Tallinn, TTÜ mäeinstituut
10. Pirrus E. (2007) Maavarade geoloogia (62-65), Tallinn, TTÜ mäeinstituut
11. Trumm U., Rozenta V. (2012) Eesti turbatööstuse ajalugu, Tallinn Eesti Turbaliit
12. Pukk S. (2007), Turba erinevad kaevandamistehnoloogiad
13. Sarv M. (2014) Turba kaevandamise alternatiivsed võimalused eesti turbatootmisaladel, Tallinn, TTÜ mäeinstituut
14. Orru M. (2010) Dependence of Estonian Peat Deposit Properties on Landscape Types and Feeding Conditions
15. Alakangas E., Hölttä P., Juntunen M., Vesisenaho T. (2012) Fule peat production technology
16. Kaevandamise ja kaeveõhne teisese kasutamise ohutusnõuded, Majandus- ja kommunikatsiooniministeerium. RT I 2003, 20, 118
17. Niitlaan E. (2009) Turba kasutamine energia allikana Eestis, Eesti Turbaliidu ettekanne
18. Robert E. C., Rochefort L., Garneau M. (1999), Canada, Natural revegetation of two block-cut mined peatlands in eastern Canada
19. Korpi J., Mutka K., Nyrönen T. (2008), A new peat production concept – result of the development work during 2004 – 2007
20. ВНТП 19-86 Нормы Технологического Проектирования Предприятий По Добыче Торфа (1986)

21. Мисников О.С., Беляков В.А., Шамбер О.В. (2008) Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Добыча кускового торфа и сапропеля: учебное пособие. Тверской государственный технический университет
22. Никифоров В. А (1979) Разработка торфяных месторождений и механическая переработка торфа. (Учебник для техникумов)
23. Беляков В.А., Смирнов В.И. (2006) Организация технологического процесса добычи фрезерного торфа (Учебное пособие, Издание первое). Тверской государственный технический университет
24. Joosten H., Tapio-Biström M.-L., Tol S. (2012) Peatlands - guidance for climate change mitigation through conservation, rehabilitation and sustainable use. The Food and Agriculture Organization of the United Nations and Wetlands International
25. InfoMine USA, Inc (2010) Mine & Mill Equipment Costs Estimator's Guide: Capital & Operating Costs. Washington
26. Hustrulid W. A. (2001) Underground Mining Methods: Engineering Fundamentals and International Case Studies
27. Paist A., Poobus A. (2008) Soojustgeneraatorid. Õppematerjal. Tallinn. TTÜ kirjastus
28. Peatmax koduleht [www] <http://www.peatmax.com/> (19.11.2016)
29. Autoline koduleht [www] <http://autoline.ee> (19.11.2016)
30. Mascus koduleht [www] <http://www.mascus.ee> (19.11.2016)
31. Dotnuva Baltic koduleht [www] <http://www.dotnuvabaltic.ee> (19.11.2016)
32. AS Tootsi Turvas koduleht [www] <http://www.vapo.ee/toode/kasvuturvas-lahtine/> (19.11.2016)
33. Diislikeskus koduleht [www] <http://www.diislikeskus.ee/puit39.html> (19.11.2016)
34. AS Tootsi Turvas koduleht [www] <http://www.vapo.ee/toode/plokkturvas-alusel-64-plokki/> (19.11.2016)
35. Investopedia [www] <http://www.investopedia.com>

## 8. Lisad

### Lisa 1. Kestused, ühikhinnad

Tabel 8.1 Masinate töötunnid turba tootmisel [20]

Tootmisviis	Tehnoloogiline operatsioon	Seadme kasutamine päevas, h
Freesimine (HAKU, mehaaniline koguja, pneumaatiline koguja)	Freesimine	16
	Pööramine	8
	Vallitamine	12
	Kogumine	16
	Aunatamine	16
Tükkturba tootmine	Kõik operatsioonid	16
Plokkurvas	Kõik operatsioonid	Võrdne tükkurbaga

Tabel 8.2 Hooaja pikkus [20]

Tootmisviis	Tootmispäevade arv hooajal
Freesimine	106
Tükkturba tootmine	124
Plokkurvas	Võrdne tükkurbaga

Tabel 8.3 Tsükli pikkus

Tootmisviis	Ühe tootmistsükli kestus päevades
Freesimine	2 [20]
Tükkturba tootmine	50 [21]
	12 [15]
Plokkurvas	Võrdne tükkurbaga

Tabel 8.4 Tehnika ühikhinnad

Tehnika	Maksumus, €/kg
Freesija (freesturvas)	20,6 *
Pööraja (freesturvas)	8 [21]
Vaalutaja (freesturvas)	8 [21]
Koguja (freesturvas)	14,9 **

Turba ja põlevkivi kooskaevandamine Narva põlevkivikarjääris

Treiler	11,3 [28]
Laadur	1,4 [29]
Ekskavaator	1,6 [30]
Lõikaja (tükkturvas)	20,8 [21]
Pööraja (tükkturvas)	20,6 [21]
Koguja (tükkturvas)	14,9 [21]
Laotur (pätsturvas)	20,6 [21]
Traktor	10,2 [31]

\*Võrdseks võetud tükkturba pöörajaga

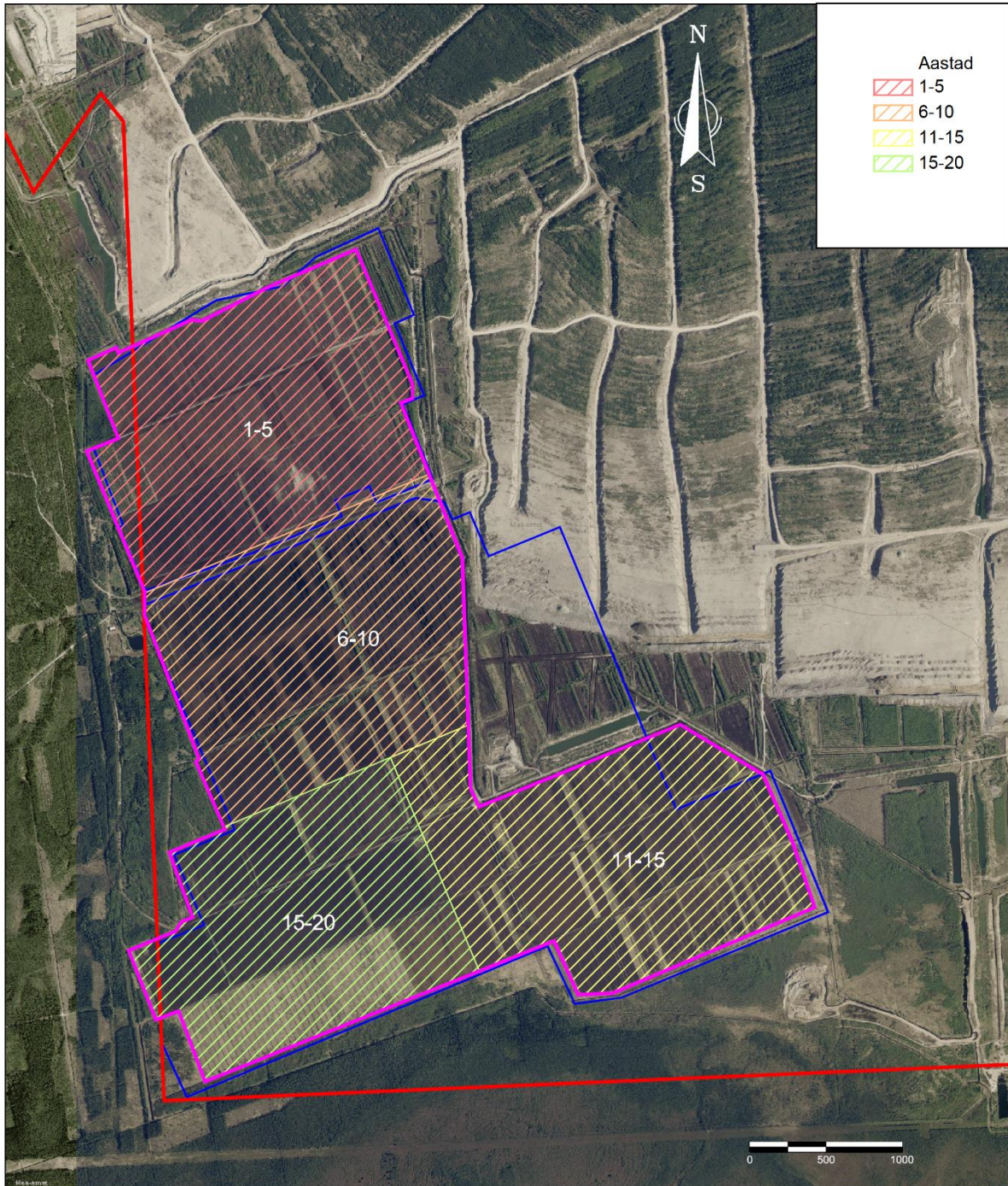
\*\*Võrdseks võetud tükkturba kogujaga

\*\*\*Hinnad sisaldavad makse ning kehtivad ainult antud töös ega peegelda turul toimuvat

Tabel 8.5 Toote müügihind turul

Toode	Ühik	Hind
Freesturvas	€/m <sup>3</sup>	10,6 [32]
Tükkturvas	€/t	146,8 [33]
Plokkurvas	€/m <sup>3</sup>	28,8 [34]

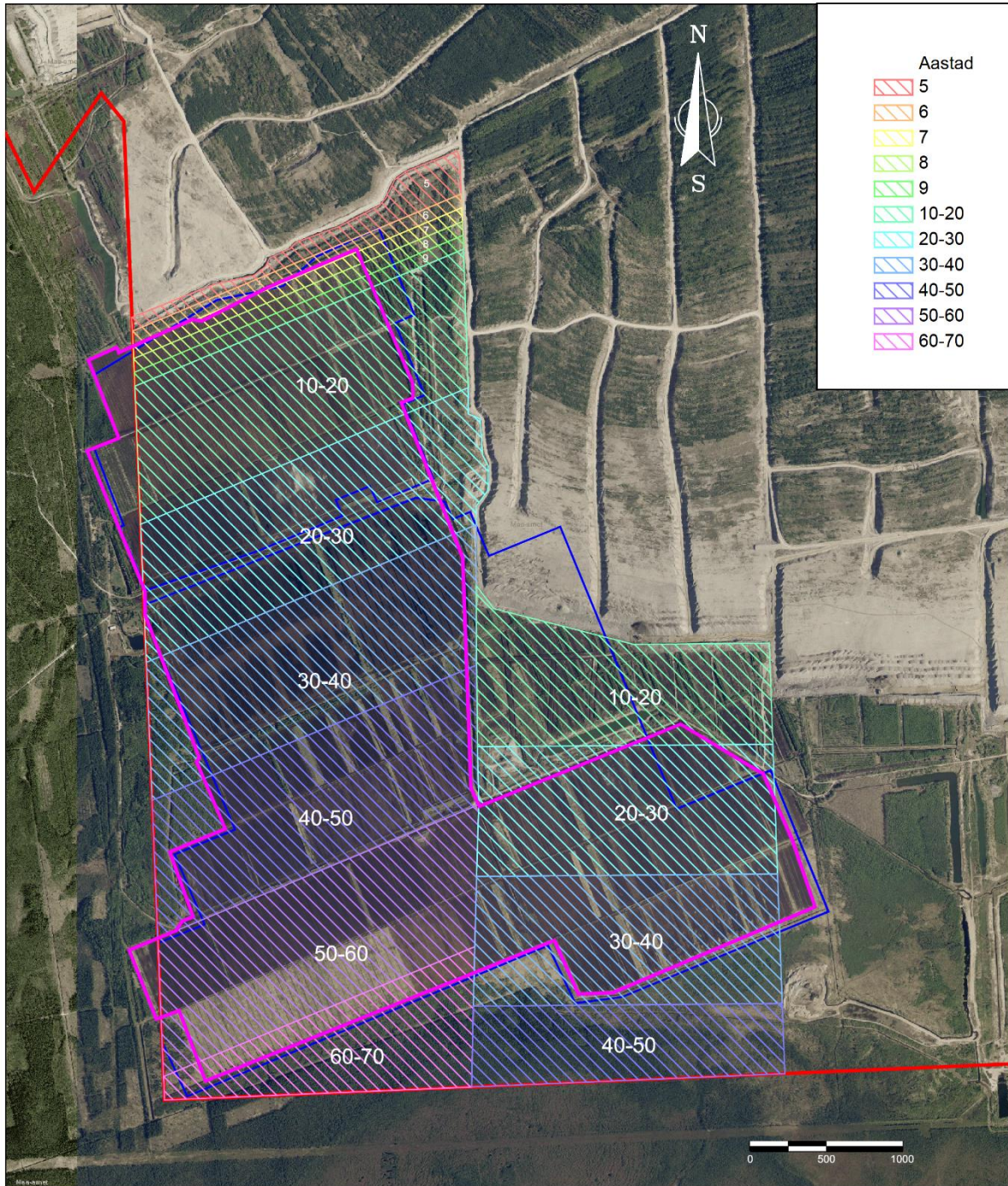
**Lisa 2. HAKU ja mehaanilise kogujaga freesturba tootmise mäetööde arengukava 200 000 t aastamäära korral**



Alus: Ortofoto Maa-ameti WMS teenus

- Narva põlevkivikarjääri mäeeraldise piir
- Turba kaevandamise piir
- Turba ploki piir

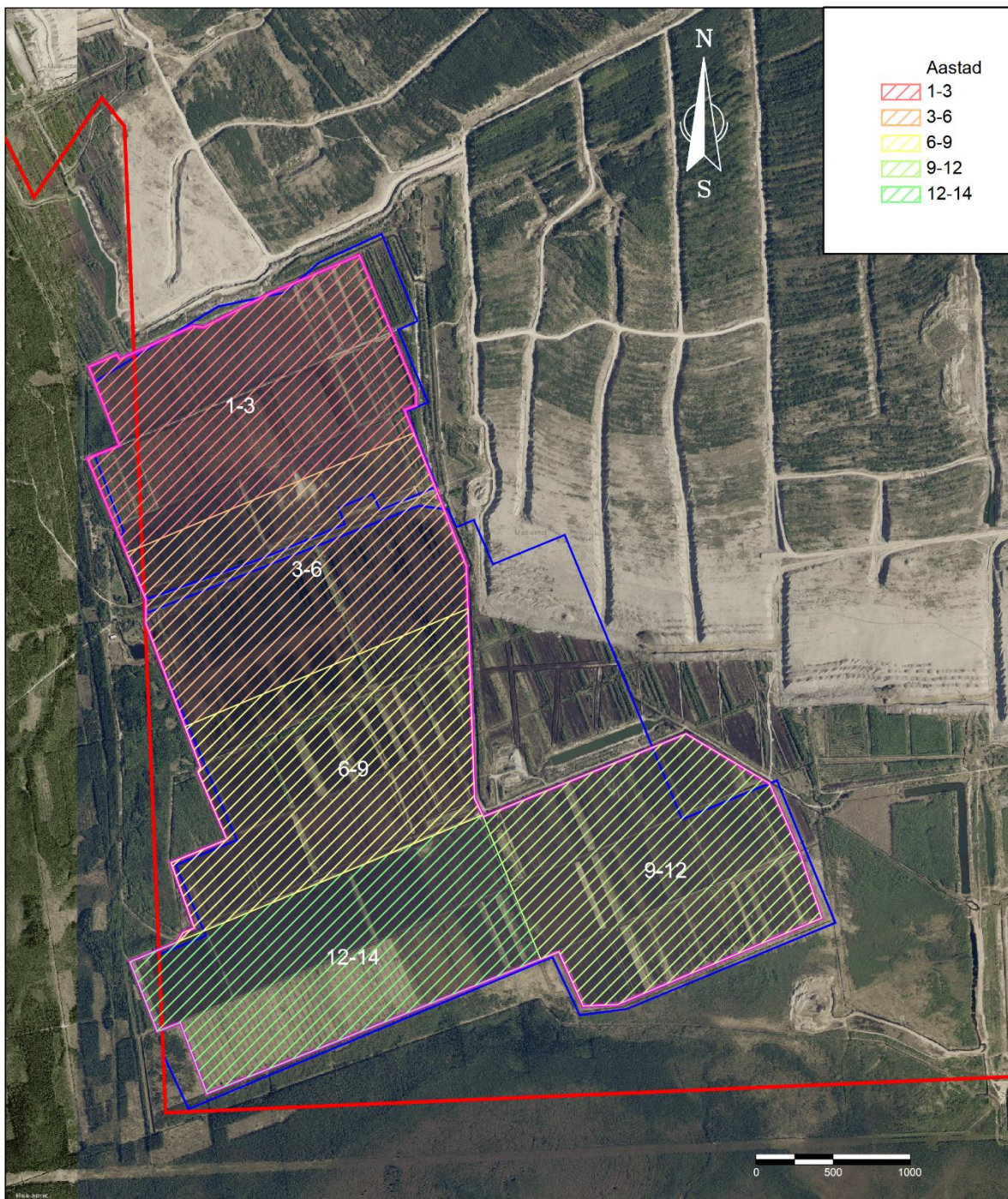
**Lisa 3. Põlevkivi kaevandamise mäetööde arengukava HAKU ja mehaanilise kogujaga freesturba tootmise 200 000 t aastamäära korral**



Alus: Ortofoto Maa-ameti WMS teenus

- Narva põlevkivikarjääri mäeeraldise piir
- Turba kaevandamise piir
- Turba ploki piir

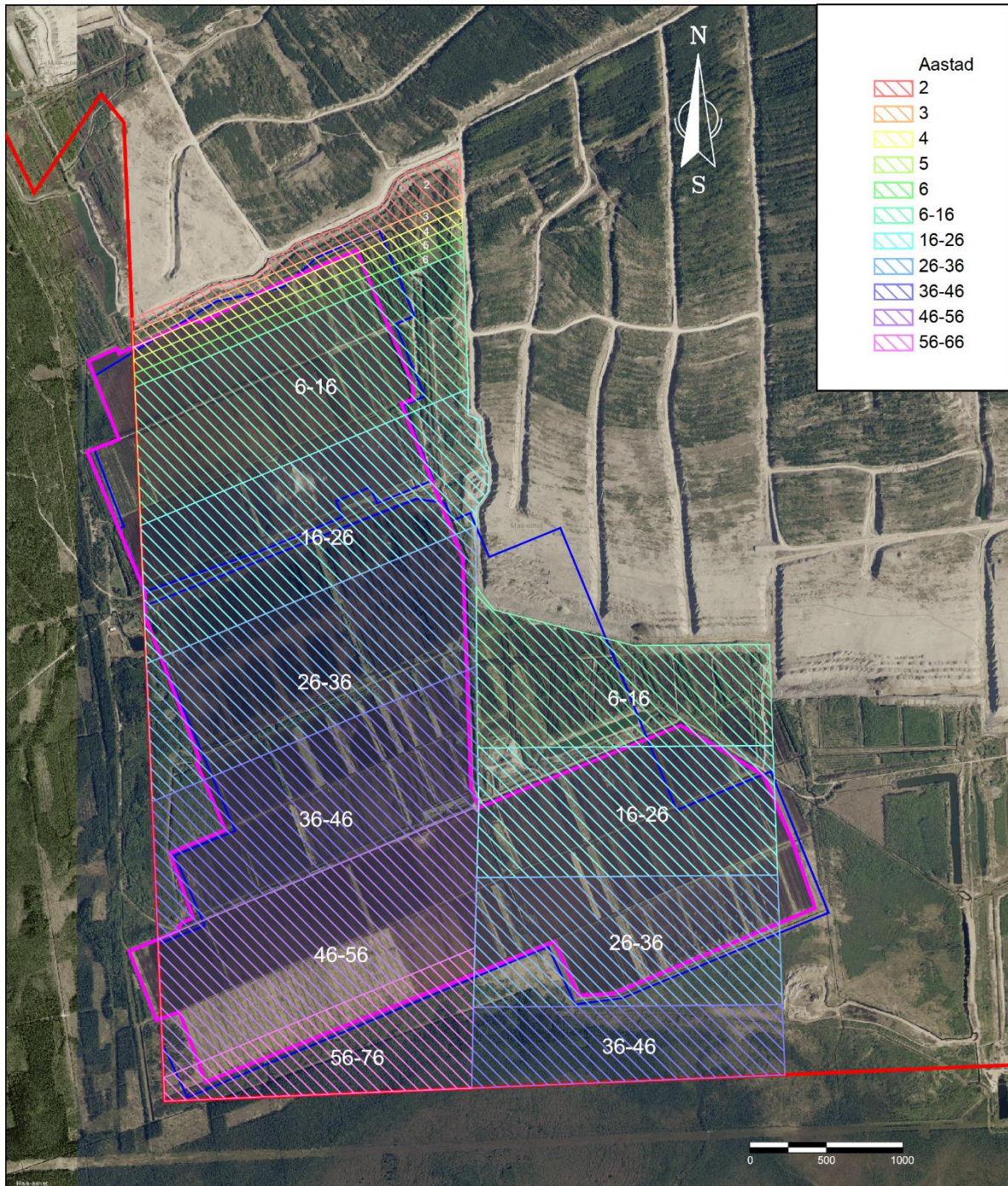
#### Lisa 4. Silindrikujulise tükkturba tootmise mäetööde arengukava 200 000 t aastamäära korral



Alus: Ortofoto Maa-ameti WMS teenus

- Narva põlevkivikarjääri mäeeraldise piir
- Turba kaevandamise piir
- Turba ploki piir

**Lisa 5. Põlevkivi kaevandamise mäetööde arengukava silindrikujulise tükkturba tootmise 200 000 t aastamäära korral**

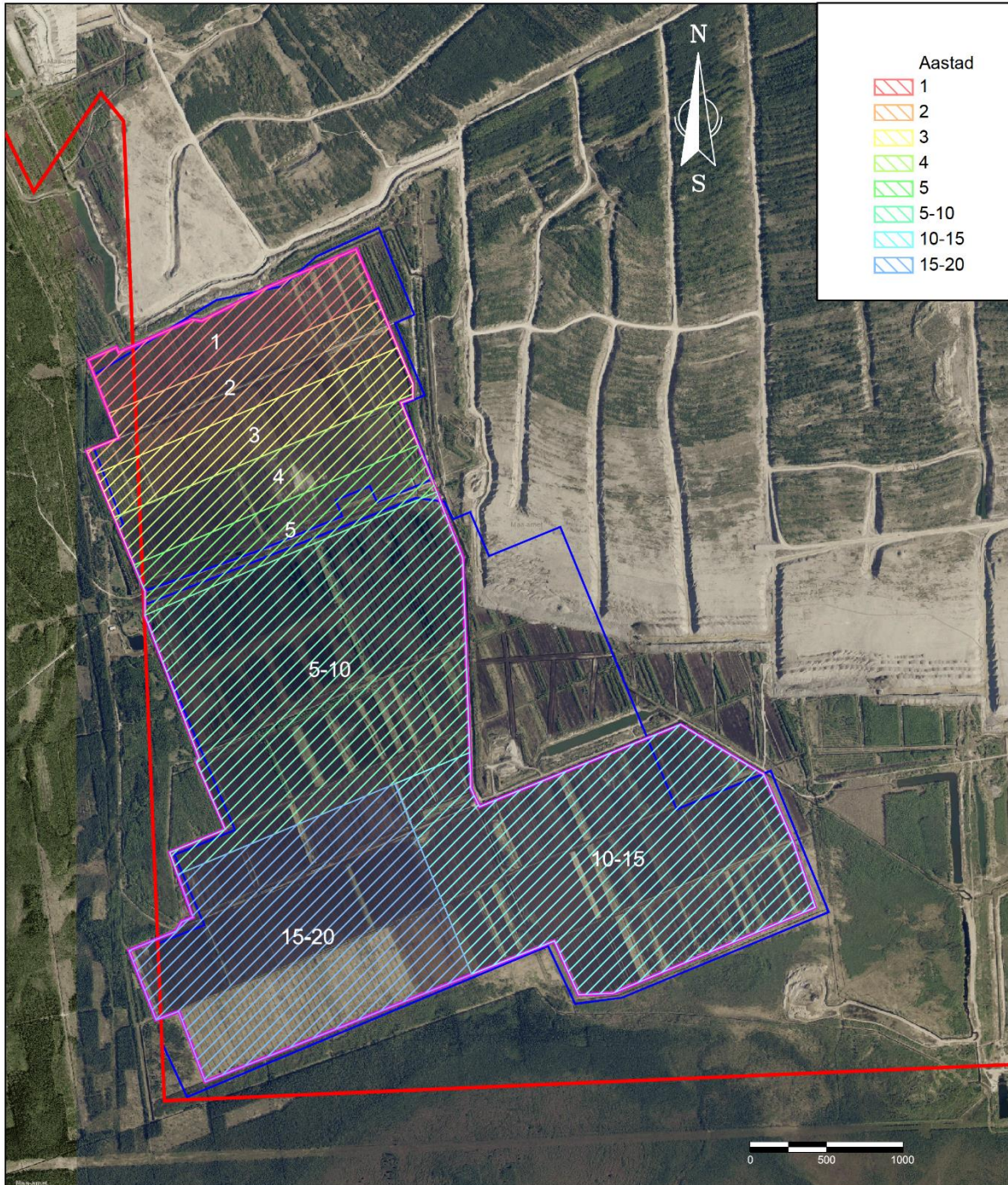


Alus: Ortofoto Maa-ameti WMS teenus

- Narva põlevkivikarjääri mäeeraldise piir
- Turba kaevandamise piir
- Turba ploki piir



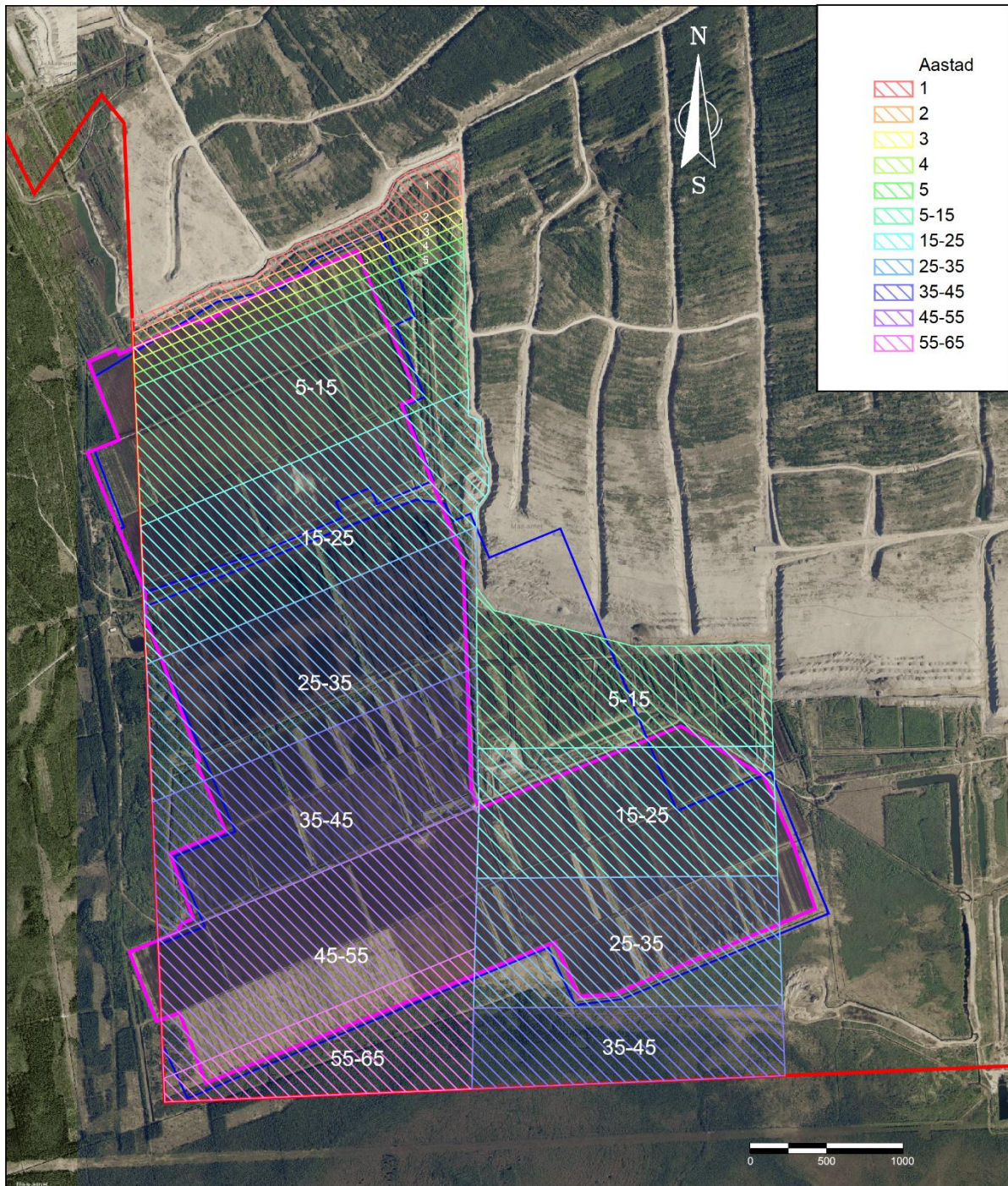
### Lisa 6. Pätsikujulise tükkturba ja plokkTURBA tootmise mäetööde arengukava 200 000 t aastamäära korral



Alus: Ortofoto Maa-ameti WMS teenus

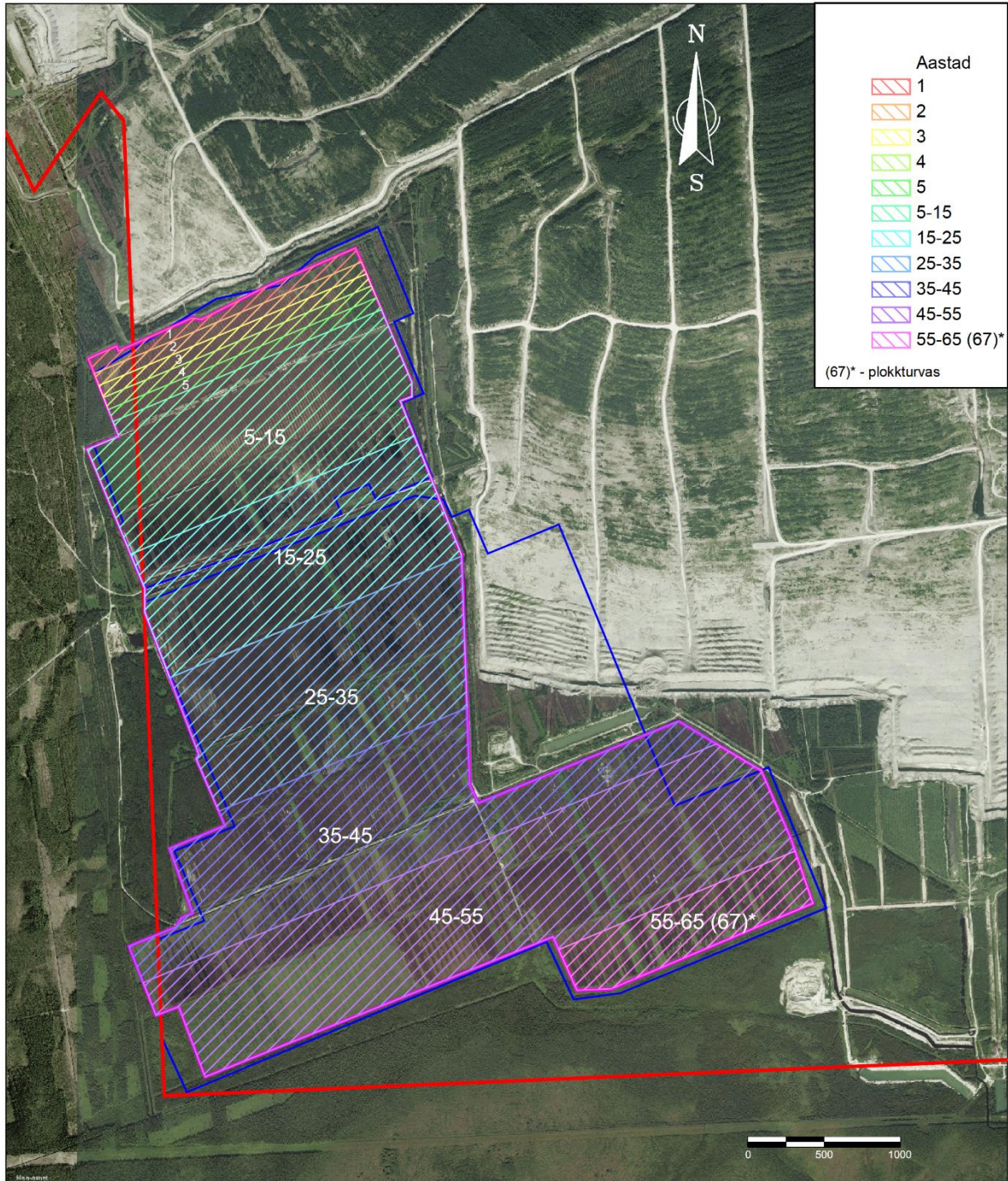
- Narva põlevkivikarjääri mäeeraldise piir
- Turba kaevandamise piir
- Turba ploki piir

**Lisa 7. Põlevkivi kaevandamise mäetööde arengukava pätsikujulise tükkturba ja plokkiturba tootmise 200 000 t aastamäära korral**



- Narva põlevkivikarjääri mäeeraldise piir
- Turba kaevandamise piir
- Turba ploki piir

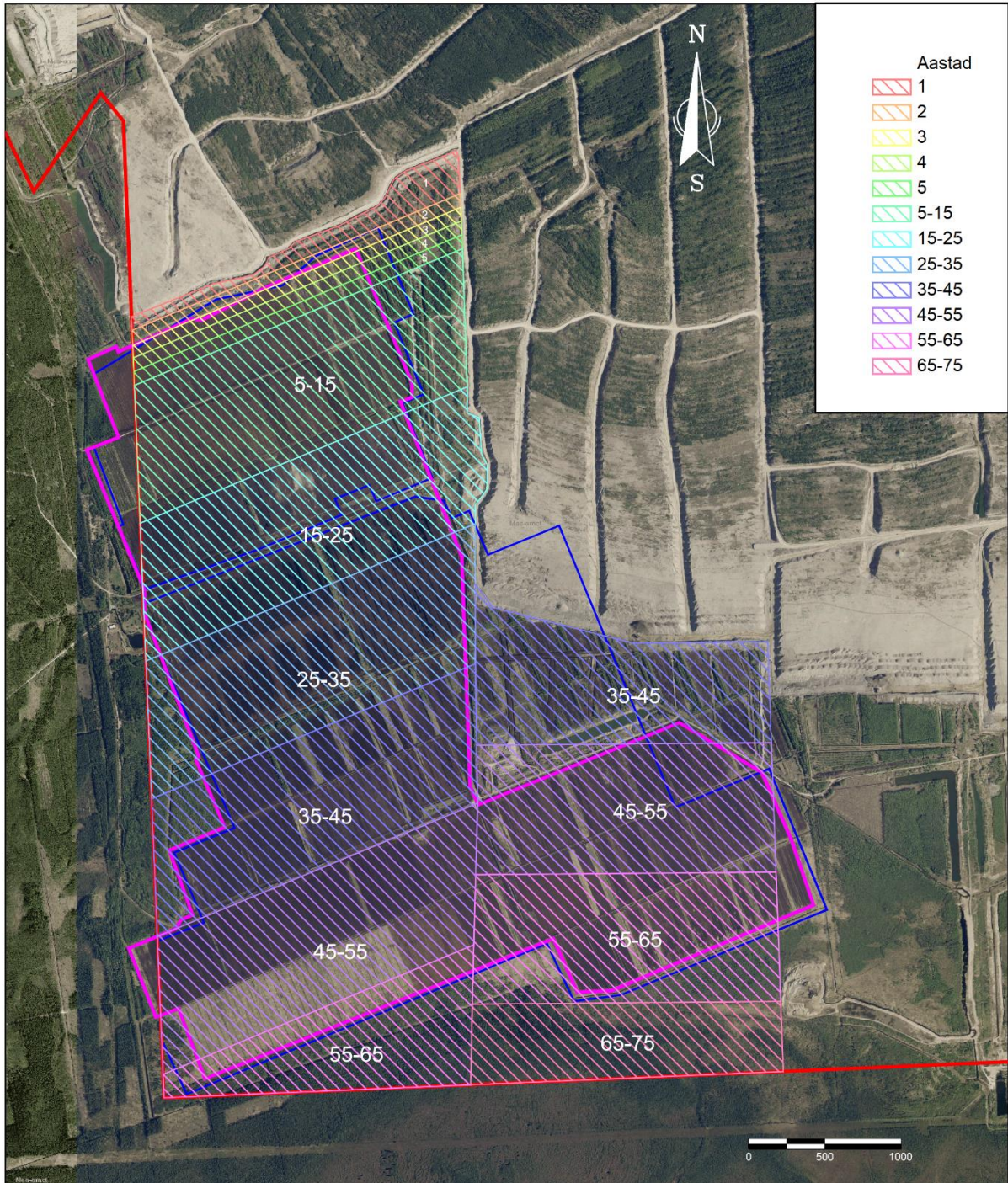
### Lisa 8. Pätsikujulise tükkturba ja plokkTURBA tootmise mäetööde arengukava 85 m laiuse ala korral



Alus: Ortofoto Maa-ameti WMS teenus

- Narva põlevkivikarjääri mäeeraldise piir
- Turba kaevandamise piir
- Turba ploki piir

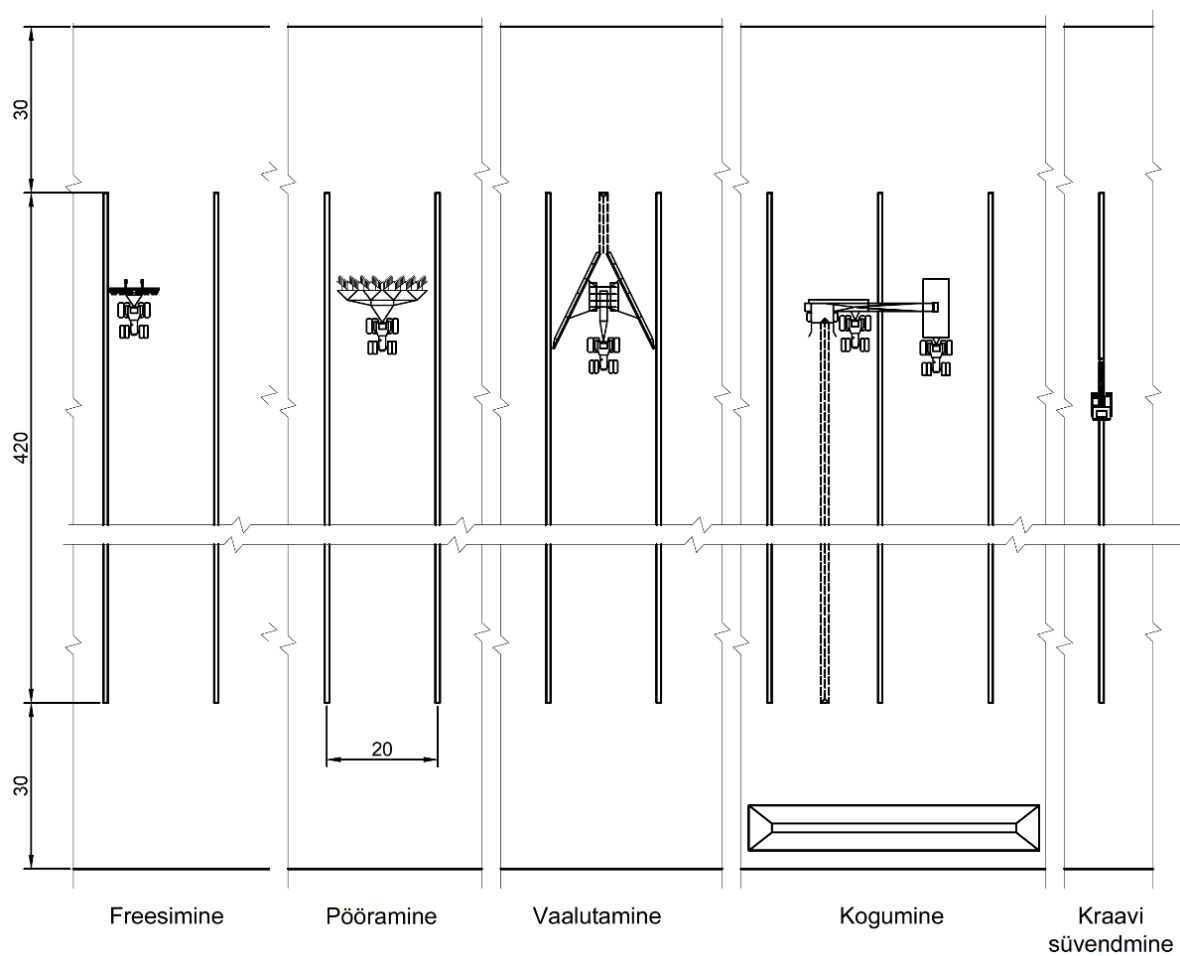
### Lisa 9. Põlevkivi kaevandamise mäetööde arengukava pätsikujulise tükkturba ja plokkTURBA tootmise 85 m laiuse ala korral



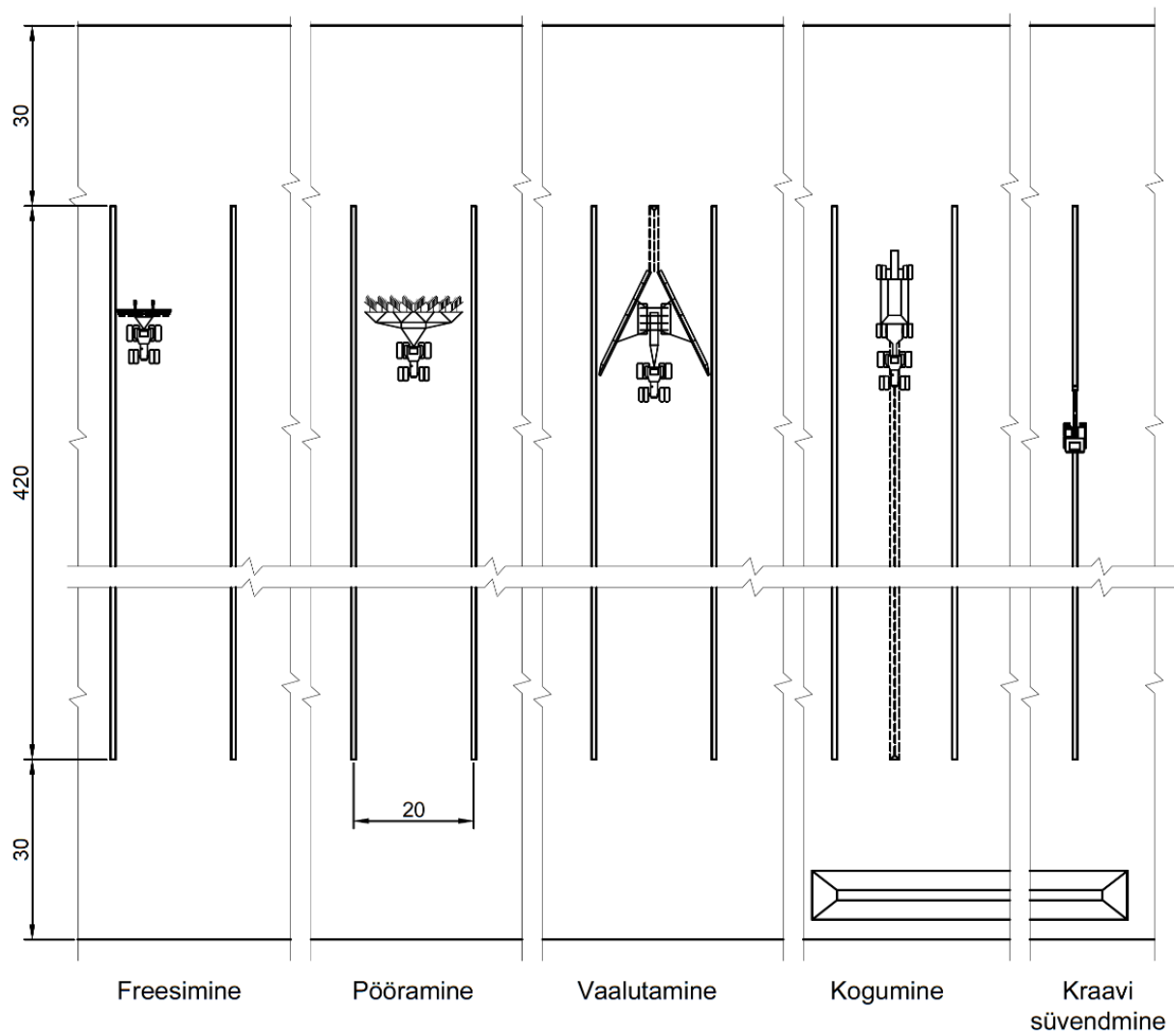
Alus: Ortofoto Maa-ameti WMS teenus

- Narva põlevkivikarjääri mäeeraldise piir
- Turba kaevandamise piir
- Turba ploki piir

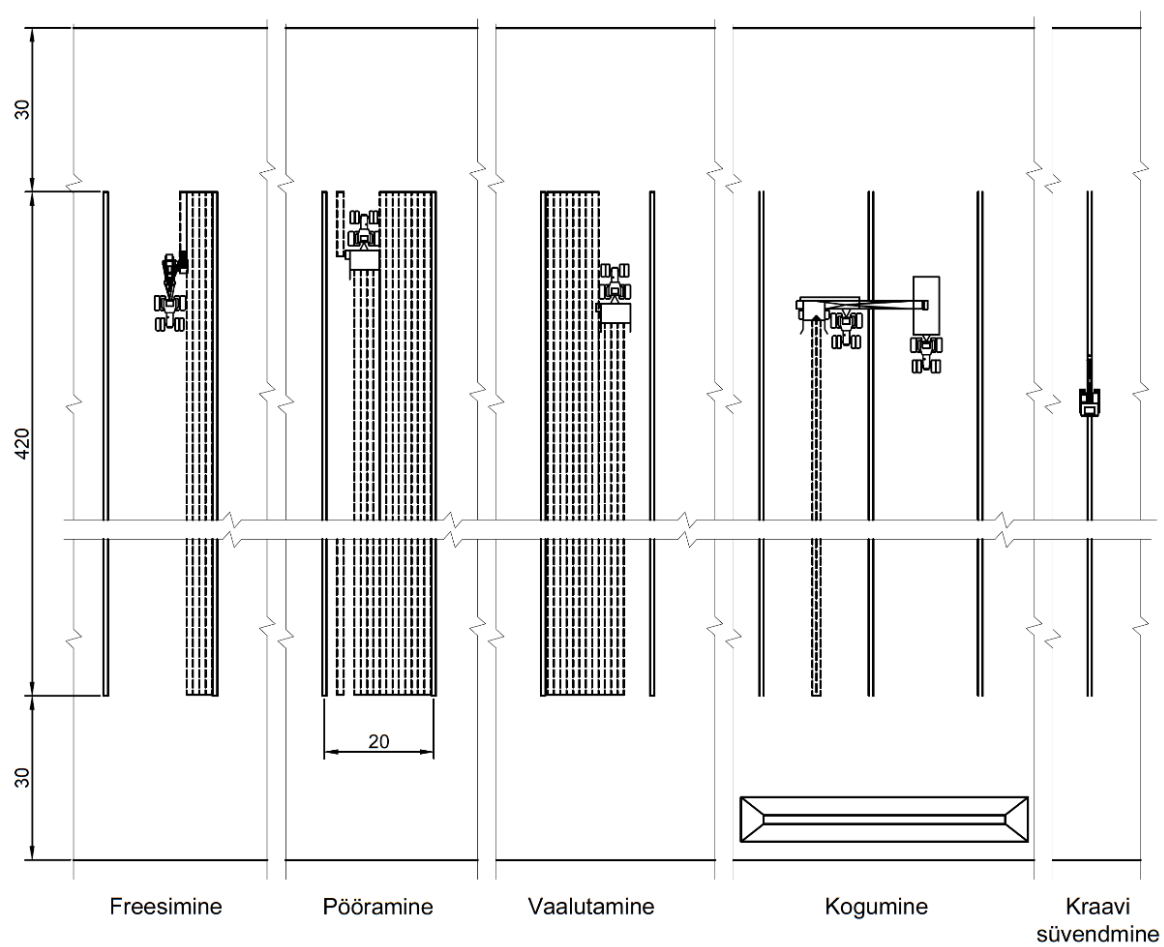
**Lisa 10. Freesturba tootmine Haku meetodiga tehnoloogiline skeem**



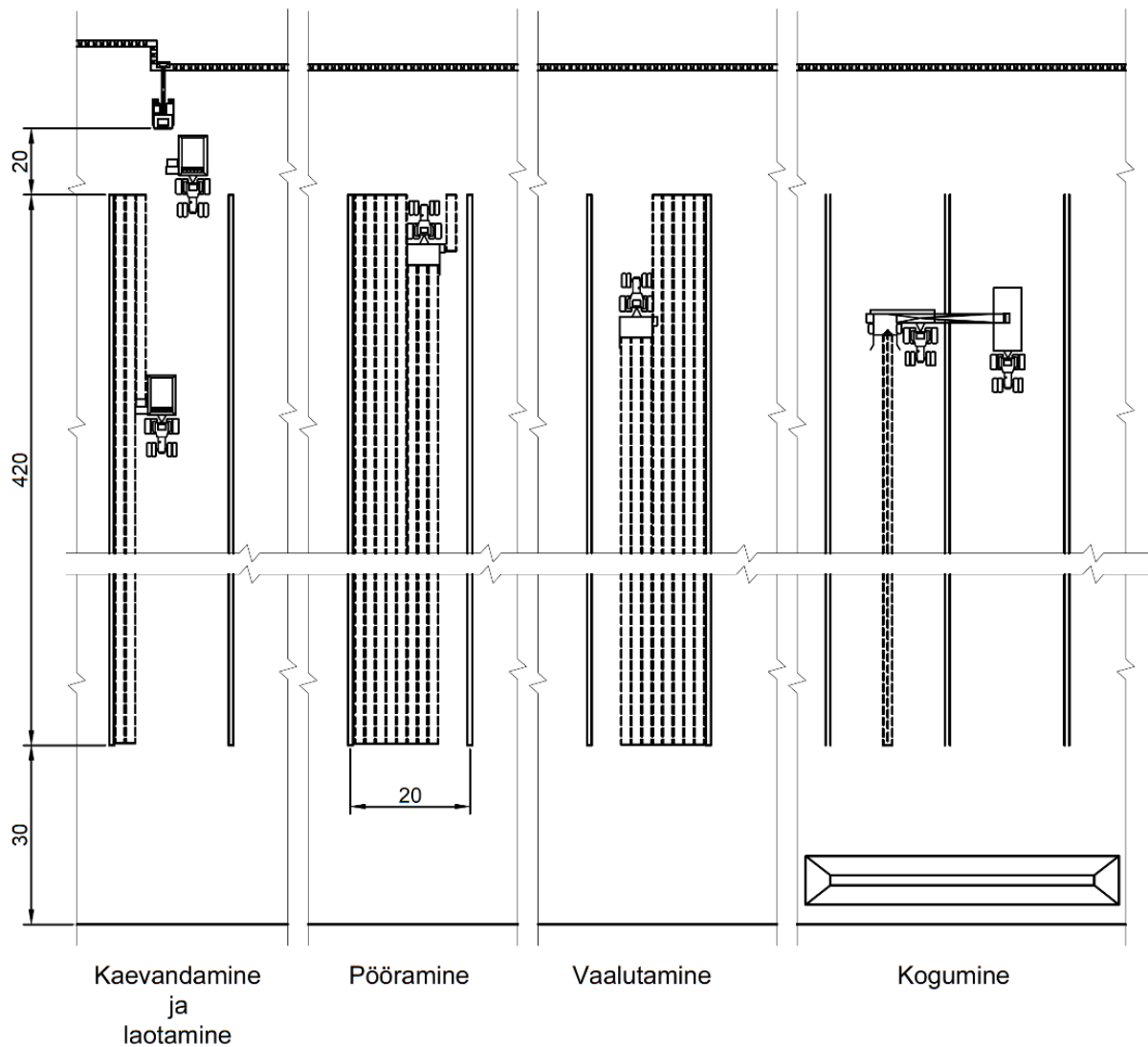
**Lisa 11. Freesturba tootmine mehaanilise kogujaga tehnoloogiline skeem**



**Lisa 12. Silindrikujulise tükkturba tootmise tehnoloogiline skeem**



**Lisa 13. Ekskavaatori ja laoturiga tükkturba tootmise tehnoloogiline skeem**





**Lisa 14. Plokkiturba tootmise tehnoloogiline skeem**

