

OÜ Inseneribüroo STEIGER

Holdre tuulepargi mõjude hinnang pinna- ja põhjaveele

Töö nr 25/5292

Tellijal: Lemma OÜ (registrikood 11453673)

Aadress: Värvi tn 5, Tallinn, 10621

Telefon: 600 7740

E-post: info@lemma.ee

Tallinn 2025

Kinnitan:

Helis Pormeister
Juhatuse liige

/allkirjastatud digitaalselt/

Hinnangu koostas:

Kaarel Mänd
Hüdrogeoloog
E-post: kaarel@steiger.ee
Hüdrogeoloogiliste tööde tegevusluba nr KHY000011 (07.11.2024)

/allkirjastatud digitaalselt/

Annotatsioon

Holdre tuulepargi mõjude hinnang pinna- ja põhjaveele

Aruanne ühes köites, teksti 23 lk. OÜ Inseneribüroo STEIGER, aadress: Männiku tee 104/1, 11216 Tallinn, 2025.

Holdre kavandatava tuulepargi mõjude hinnang pinna- ja põhjaveele tehti Lemma OÜ tellimusel, et selgitada mõjudest lähtuvad piirangud tuulepargi projekteerimisele ja vajalikud leevendusmeetmed. Holdre tuulepark kavatakse rajada Tõrva valda põhiliselt majandatud ja kraavitatud metsaalale. Ala asub veelahkmel kirde ja ida pool kulgeva Õhne jõe ja edela pool kulgeva Atse jõe valgalade vahel. Planeeritud tuulikud jäävad enam kui kilomeetri kaugusele lähimatest majapidamistest (v.a tuulepargi keskel asuv Lossimäe kinnistu, kus asuv eluhoone on plaanis tuulepargi rajamisel likvideerida). Pinnakatte moodustavad tuulepargi kirdeosas võrdlemisi heade filtratsiooniomadustega jääjärvelised liivad ning mujal halvemate filtratsiooniomadustega moreenid või jääjärvelised setted.

Mõjude hindamisel lähtuti avalike andmebaaside ja teaduskirjanduse materjalidest. Gravitatsiooniliste vundamentidega tuulikute vundamendisüvendite kuivendamine võib mõjutada vaid pinnakattesetete põhjaveekihti. Tajutaval määral ulatub mõju põhjaveetasemetele kuni ~360 m kaugusele süvenditest ning seega puudub majapidamiste kaugust arvestades mõju piirkonna kaevude veetasemetele (erandiks Lossimäe kinnistu). Kuivendusvesi juhitakse Atse ja Õhne jõgedesse, kusjuures lisanduv kuivendusvee hulk moodustab maksimaalselt 9% Õhne jõe vooluhulgast, kuid kõigi süvendite korruga kuivendamisel kuni 42% Atse jõe vooluhulgast. Kuivendamisel peab olema tagatud maaparandussüsteemide töökord ja üleujutusrisk peab olema minimeeritud. Oht põhja- ja pinnavee kvaliteedile seisneb heljumi levikus, mida saab ennetada settebasseinide või muude meetmete abil ning avariilistes õli- või kütuseleketes, mida saab vältida masinapargi korrektse kasutuse ja hoolduse abil. Vaivundamentide rajamisel ei ole tarvis põhjavett ümber juhtida ning mõju veekeskkonnale on minimaalne.

Ehitustegevuse lõppedes mõjud pinna- ja põhjavee režiimile lakkavad, v.a vähesel määral tuulikute ligipääsuteede kuivenduskraavide vahetus ümbruses. Oht veekvaliteedile avaldub üksnes tuulikuid teenindava tehnika avariide puhul.

Sisukord

Annotatsioon	3
1 Sissejuhatus.....	5
2 Objekti ja piirkonna iseloomustus	6
3 Hüdroloogia	8
4 Geoloogiline ehitus ja hüdrogeoloogilised tingimused	9
5 Ehitusaegne mõju põhja- ja pinnaveele.....	12
5.1 Mõju põhjavee režiimile ja kaevudele	12
5.2 Mõju pinnavee režiimile.....	16
5.3 Mõju veekvaliteedile.....	17
5.4 Soovituslikud meetmed ehitusaegse mõju vähendamiseks	18
6 Pikaajaline mõju põhja- ja pinnaveele	20
7 Kokkuvõte	21
8 Kasutatud kirjandus.....	22

1 Sissejuhatus

Lemma OÜ (registrikood 11453673) tellis OÜ-lt Inseneribüroo STEIGER (registrikood 11206437) eksperthinnangu Tõrva valda kavandatava Holdre tuulepargi mõjudest piirkonna pinna- ja põhjaveele. Tuulepark asub ~1218 hektaril Holdre küla keskmest edelas Eesti-Läti piiri vahetus läheduses ning sinna on planeeritud 21 tuulikut. Hinnang lähtub planeeringu hetkeseisust, tuulikute täpsed asukohad võivad planeeringu käigus veel muutuda.

Hinnangu lähteülesandeks oli käsitleda:

1. Tuulepargi asukoha (hüdro)geoloogilisi tingimusi lähtuvalt piirkonna kohta olemasolevatest andmetest.
2. Lähtuvalt hüdrogeoloogilistest tingimustest anda hinnang tuulepargi rajamisega kaasneva võimaliku mõju osas põhjaveele sh võimalikule mõjule joogiveele (sh salvkaevudele). Käsitleda nii võimalikku mõju põhjavee režiimile (nt kaevude veetasemele) kui ka kvaliteedile. Juhul kui võib ebasoodne mõju esineda siis soovitada meetmeid ebasoodsa mõju vältimiseks (nt suunised kas esineb piiranguid vundamendikaevise sügavusele, vaivundamendi kasutamisele, ehitusajale vms).
3. Anda ülevaade ala veevõrgust.
4. Esitada mõju hinnang pinnaveele, sh anda soovitused meetmeteks, mida peab arvestama tuulepargi rajamisel vältimaks olulist ebasoodsat mõju pinnaveele.

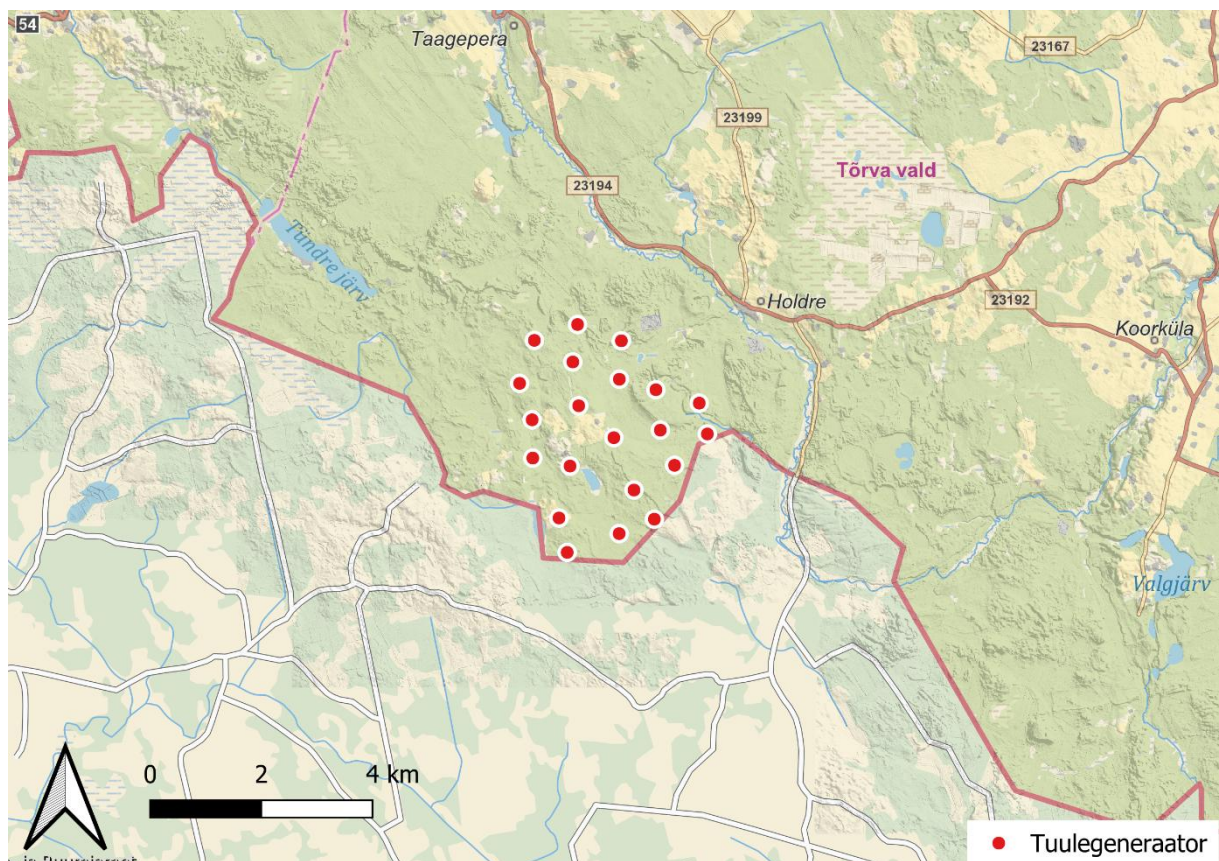
Hinnang lähtub Eesti riigi avalike andmebaaside ja teaduskirjanduse materjalidest.

2 Objekti ja piirkonna iseloomustus

Kavandatav tuulepark asub Valgamaal Tõrva vallas Holdre külas (joonis 1). Tuulepargi pindalaks on 1217,9 ha, selle ulatus põhjast lõunasse on ~4,8 km ja läänest itta ~3,6 km.

Valdav osa Tõrva vallast jääb I. Aroldi (2005) maastikurajoonide liigituse alusel Sakala kõrgustiku lõunaossa. Vallas esineb moreentasandik, mis on lõigatud läbi Õhne jõe ja tema lisajõgede poolt, luues vahelduvate seljandike ja orgude maastiku. Valla lõuna- ja idapoolne osa on enamasti tasane ning valla lääneosas, kuhu jääb ka Holdre küla ja tuulepark, esineb nii mõhnastikke kui ka sootasandikke. Tõrva valla kõrgeim koht asub Ala külas ja madalaim jääb kirdesse Võrtsjärve madaliku juurde.

Tuulepargi enda reljeefi domineerib kagu-loode suunaline ~500 - 1000 m laiune seljandik, mille harja absoluutkõrgused küündivad 90 - 100 meetrini. Seljandikust nii põhja kui ka lõuna suunas lõikuvad moreentasandikku Õhne jõe ja selle lisajõgede kuni 500 m laiused meandreeruvad (ürg)orud, mille põhja absoluutkõrgused on 75 - 85 m. Tuulikupargi põhja- ja kirdeserval asub kuni 15 m suhteliste kõrgustega mõhnastik (Valling 2021).



Joonis 1: Kavandatava tuulepargi asukoht. Alus: Maa- ja Ruumiamet 2025

Kogu tuulepargi ala on peamiselt kaetud leht-, sega-, ja okasmetsaga, väiksema osa alast moodustab ka haritav maa ja rohumaa, mis asub põhiliselt tuulepargi keskel Lossimäe ümbruses ning idaosas. Kui välja arvata lähimast tuulikust ~350 m kaugusel asuv Holdre küla Lossimäe kinnistu (katastriüksus 20301:001:0681), asuvad teised lähimad asustatud majapidamised >1 km tuulikutest. Kirde suunas on lähim ~1100 m kaugusel asuv Pelgu kinnistu (20301:001:0219), põhja suunas ~1500 m kaugusel Viitaku kinnistu (20301:001:0001). Holdre küla keskus asub tuulikutest >1750 m kaugusel kirdes. Lähimad majapidamised Lätis jäävad sarnastele kaugustele.

Tuulepargile lähimad looduskaitsealad on Natura2000 programmi kuuluv Tüandre looduskaitseala (EELIS kood [RAH0000237](#)) tuulepargist ~1,5 km läänes, ~1,7 km idas paiknev Lasa loodusala ([RAH0000254](#)) ning ~2,5 km kirdes asuv Rubina linnuala ([RAH0000097](#)).

Tuuleparki on kavandatud 21 tuulikut, mis paiknevad üksteisest vähemalt 600 m kaugusel. Põhjavee seisukohast avaldavad olulisimat mõju tuulikute vundamendid, mille täpsed mõõtmed ja konstruktsioonid selguvad ehitusgeoloogiliste uuringute järel projekteerimise käigus. Võimalikud lahendused on gravitatsioonilised vundamendid maksimaalse arvestatud diameetriga 32 m ja sügavusega 6,5 m või vaivundamendid sügavuseni kuni 20 m.

3 Hüdrolöogia

Läbi tuulepargi kagu-loode suunas kulgev seljandik moodustab veelahkmeala ja jaotab selle kahe (alam)vesikonna vahel – Pärnu ja Võrtsijärve. Vastavalt jaguneb tuulepark kahe jõe valgala vahel: edelasse jääv Atse jõgi ning kirdesse-itta jääv Öhne jõgi.

Atse jõe ([VEE1154000](#)) kaugus lähimast planeeritud tuulikust on 500 m. Jõgi on ~39 km pikkune, kulgedes Eestis 7,7 km pikkuse lõiguna. Selle valgala pindala on 271 km² ning see suubub Lätis Ruhja (Rūja) jõkke. Atse jõgi kuulub heledaveeliste ja väheste orgaaniliste ainete sisaldusega jõgede hulka. Hüdromeetrist seiret jõel Eestis ega Lätis ei teostata. 2023. a veekogumite seisundihinnangu kohaselt on jõe ökoloogiline seisund hea; keemilist seisundit hinnatud ei ole (Lind jt 2024).

Tuulepargist kirdesse ja itta jääb Holdre küla läbiv Öhne jõgi ([VEE1013700](#)), millele lähim tuulik on planeeritud ~1,8 km kaugusele. Öhne jõgi asub Võrtsijärve alamvesikonnas, valgala pindala on 591,2 km² ja jõe pikkus on 112,1 km, suubudes Võrtsijärve. Lähim Öhne jõe hüdromeetrijaam asub Tõrvas, ~22 km ülesvoolu. Selle pikaajaline keskmine vooluhulk on 2,354 m³/s ja veetase 1,563 m (Keskkonnaagentuur, ajaloolised seireandmed). 2023. a vooluveekogumite seisundiinfo kohaselt on kõigi kolme Öhne jõe vooluveekogumi ökoloogiline seisund määratud kesiseks tänu mitmete paisude olemasolule. Keemiline seisund, mis on hinnatud vaid ülesvoolu asuvas Öhne_3 veekogumis (Öhne jõgi Käärikmäe-Koorküla maantee Koorküla sillast suudmeni), on halb tänu elavhõbeda kontsentratsioonidele kalas, mis on põhjustatud elavhõbeda kaugkandest (Lind jt 2024). Jõe lõik ülesvoolu, Koorküla paisust põhjas, on määratud lõhiliste kudemis- ja elupaigaks (Lõhe... 2004) ning on kaitsealuste liikide rohe-vesihobu, euroopa harjus ning vingerjas elupaik.

Eeltoodud jõgedesse suubuvad tuulepargis või selle vahetus läheduses ka väiksemad vooluveekogud: Atse jõkke suubub tuulepargi lääneküljel kulgev Kiviste kraav ([VEE1154100](#)) pikkusega 7,8 km ja valgala 8,8 km², Öhne jõkke suubuvad tuulepargi kirdeosas suuresti looduslikus sängis kulgevad Pelgu oja ([VEE1013719](#)) pikkusega 2,1 km ja valgala 5,4 km² ning idaosas Kiviste oja ([VEE1014200](#)) pikkusega 3,2 km ning valgala 5,9 km².

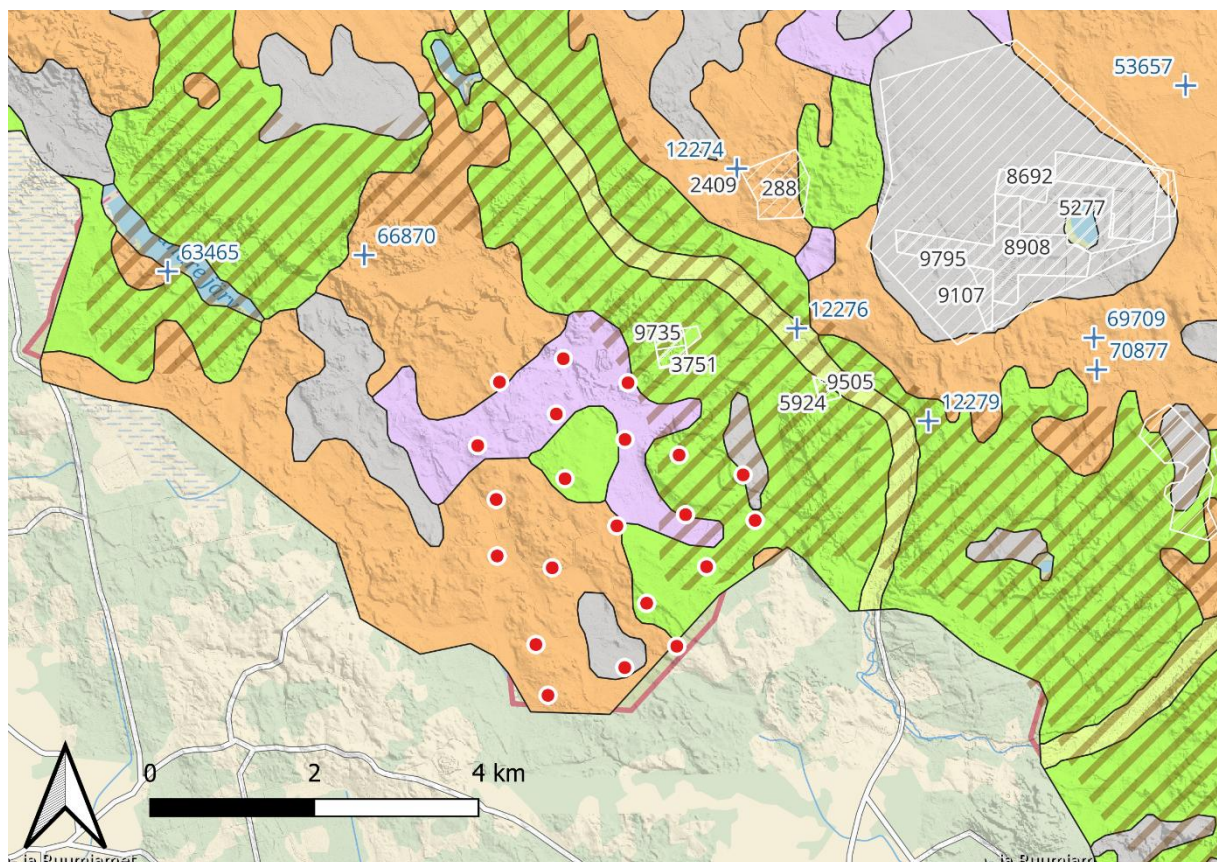
Kõik ülaltoodud vooluveekogud moodustavad eesvoolud seljandike vahele orundite lamedatesse põhjadesse rajatud maaparandussüsteemidele. Atse jõkke suubuvad tuulepargi lõunaosas asuvad reguleerivad võrgud Pupsi-1 ja Pupsi-2 (maaparandussüsteemi kood [6021154000010](#)) ning vahetult loodes asuv Kollaspalu mets-1 ([6115400010010](#)). Ida- ja kirdeosas on maaparandussüsteem Kuuse ([3101420010010](#)) ning põhjaosas Pilpa (TTP-394)-2 ([3101370011400](#)), mõlemad suubuvad Öhne jõkke. Ka väljaspool registreeritud maaparandussüsteemi alasid asub mitmeid Eesti Topograafia Andmekogus kajastatud kraavide süsteeme, nt Lossimäe ümbruses.

Tuulepargi alal asub kaks loodusliku järve: 5,4 ha suurune Mäsajärv ([VEE2115300](#)), mille väljavool jõuab Atse jõkke, ning Paganajärv ([VEE2115310](#)) pindalaga on 0,6 ha, mis on ühendatud Pelgu oja kaudu Öhne jõega. Vahetult edelas asub ka 7,8 ha Pupsi järv ([VEE2115400](#)), millest voolab läbi Atse jõgi. Neil järvedel ei ole riikliku seiret teostatud ning nende seisundit veemajanduskavade käigus ei hinnata.

Tuulepargi alal asuvad mitmed väikesed madal soo alad, mis paiknevad enamasti veekogude äärtel, nt Pelgu oja, Kiviste oja ja Kiviste kraavi ülemjooksudel, aga ka Mäsajärve, Paganajärve ja Pupsi järve kallastel. Lähim suur soola on Holdre küla keskusest vahetult kirdesse jääv Lakesoo raba, kus asub ka hetkel aktiive Lagesoo turbatootmisala (keskkonnaluba [VALM 004](#)).

4 Geoloogiline ehitus ja hüdrogeoloogilised tingimused

Eesti Geoloogiateenistuse 1 : 400 000 geoloogilise kaardi alusel koosneb tuulepargi pinnakate valdavalt moreenist, väiksem osa glatsiofluviaalsetest ning jääjärvelistest setetest (klibu, liiv, möll, saviliiv, liivsavi, savi; joonis 2). Tuulepargi kagu- ja idaosas on märgitud ka soosetteid. Õhne jõe org on täidetud holotseeniaegsete jõesetetega (veeristik, kruus, liiv, möll, saviliiv, liivsavi, muda). Aluspõhjalisi orge tuulepargi alale või selle lähiümbrusse märgitud pole, kuid täpsema kaardistamise puudumisel ei saa nende olemasolu välistada. Kohati on kirjanduses ka Õhne jõe org ürgoruna märgitud (nt Arold 2005), kuid üksikud orgu rajatud puurkaevud ja geoloogilised uuringupunktid (nt puurkaevud [12276](#) ja [12279](#)) ei anna võimaliku aluspõhjalise olemuse osas selget indikatsiooni. Aluspõhja orud on tüüpiliselt täidetud jääpaisjärvede viirsavide, liivade ja erinevate holotseeniaegsete orusetete poolt.



- | | |
|--------------------------------|---|
| ● Tuulegeneraator | Pinnakatte avamus |
| + Registreeritud puurkaev | ■ Glatsiofluviaalsed setted. Veeristik, kruus, liiv |
| ▨ Eesti Geoloogiafondi aruanne | ■ Jõesetid. Veeristik, kruus, liiv, möll, saviliiv, liivsavi, muda |
| ▨ Mõhnastik | ■ Jääjärvelised setted. Klibu, liiv, möll, saviliiv, liivsavi, savi |
| | ■ Moreen. Liivsavi ja saviliiv kividega ning rähk |
| | ■ Soosetid. Turvas |

Joonis 2: Tuulepargi piirkonna geoloogilise läbilõike infoallikad, sh pinnakatte avamused Eesti Geoloogiateenistuse 1 : 400 000 geoloogilise kaardi alusel. Alus: Eesti Geoloogiateenistus, Maa- ja Ruumiamet 2025

Aluspõhja avamuse moodustavad kogu alal Kesk-Devoni ladestikku kuuluvad Burtnieki kihistu (D₂br) liivakivi ja aleuroliit. Aluspõhja lasumi kõrgus on teada vaid laias laastus – lähimate, ~2 km

kaugusel paiknevate puurkaevude [12276](#), [12279](#) ja [66870](#) alusel on aluspõhja lasum 46 - 54 m sügavusel maapinnast, absoluutkõrgustel 31 - 52 m.

Täpsemal skaalal on tuulepargi enda ala suuresti geoloogiliselt uurimata. Kohati lähimast tuulikust vaid 300 m kaugusel kirdes Õhne jõe oru lõunakülje seljandikel asuvad aga Holdre liivamaardla maavaraplokid (registrikaardi nr [373](#), kogupindala 69,4 km²), kus on läbi viidud mitmeid maavara geoloogilisi uuringuid. Uuringud kirjeldavad maapõue põhiliselt kuni ~20 m sügavuseni, keskendudes seljandikel paiknevates jääjõelistes setetes levivate keskmise- kuni jämedateralisele ehitus- ja täiteliivale, mille paksus küündib kohati kuni 16 meetrini (nt Põllumäe 1972, Mardla 1981, Kock 1998, Grünberg 2005, Põldvere jt 2021, Valling 2021). Liivade lamamis paikneb enamasti punakaspruun liivsavi- või saviliivmoreen.

Hüdrogeoloogilises läbilõikes on piirkonnas oluline Kvaternaari ladestu peamiselt jääjõelistes liivades leviv vabapinnaline põhjaveekiht, millest toituvad piirkonna salvkaevud. Põhjavee tase ja liikumissuund vabapinnalises põhjaveekihis on suuresti määratud maapinna reljeefi ja vooluveekogude poolt, mis on antud piirkonnas võrdlemisi keeruline. Orgude poolt läbilõigatud moreentasandik moodustab mitmeid suuresti üksteisest isoleeritud ülemise põhjaveekihi tsükleid, kus seljandike harjadel sademevee infiltreerumisel tekkiv põhjavesi väljub seljandike nõlvadel ja orgude põhjas vooluveekogudesse. Tuulepargi alale siseneva ja väljuva lateraalse põhjaveevoolu komponent on siinsetes kvaternaari setetes tõenäoliselt võrdlemisi väike. Ka põhjaveetase on võrdlemisi muutlik – liivaste seljandike harjadel on see kohati 4 - 9 m maapinnast (Grünberg 2005, Põllumäe 1972), soistes orupõhjadega aga praktiliselt maapinnal. Kuid kuna piirkond on siiski suuresti kraavitatud ja majandatud mets, ei ulatu keskmine põhjaveetase reeglina maapinnale lähemale kui ~1 m. Kraavid ja muud veekogud stabiliseerivad põhjaveetaset, mille tõttu võib orupõhjadega aastane veetaseme kõikumise amplituud jääda hinnanguliselt alla meetri, kuid võib liivastel seljandikel olla seevastu mõnevõrra suurem.

Kvaternaari veekompleksi vettandvus sõltub tugevalt konkreetsete setete iseloomust, olles oluliselt suurem jääjõeliste liivade levikualal tuulepargi ida- ja kirdeosas ning oluliselt väiksem madalamate filtratsioonikoefitsientidega moreenide ja jääjärveliste setete levikualadel tuulepargi kesk, lõuna- ja lääneosas. Jääjärveliste liivade filtratsiooniomadusi uuris laborikatsete põhjal M. Põllumäe (1972), saades tulemuste vahemikuks 3 - 18,33 m/ööpäevas, keskmised väärtused olid pigem 8 - 10 m/ööpäevas. Liivade lamamis olev paks moreenikiht on pigem halvema veeandvusega ja käitub suhtelise veepidemena, isoleerimaks sügavamal lasuvaid aluspõhjalisi põhjaveekihte.

Esimene aluspõhjaline põhjaveekiht kuulub Holdre küla piirkonnas Kesk-Devoni põhjaveekompleksi ning levib Burtnieki kihistu liivades ja aleuriitides. Põhjaveekompleks on piirkonnas määratud vastavalt paiknemisele veelahkme suhtes kas Kesk-Devoni põhjaveekogumi Ida-Eesti vesikonnas (kogumi kood 24§2019) või Kesk-Devoni põhjaveekogumi Lääne-Eesti vesikonnas koosseisu (23§2019, Marandi jt 2019). Antud põhjaveekompleksist ammutavad vee praktiliselt kõik laiema piirkonna puurkaevud (Keskonnaagentuur, VEKA). Kesk-Devoni põhjaveekompleksi moodustavate Burtnieki ja Aruküla kihistute kivimite paksus küündib ~6 km põhja suunas asuva puuraugu 5324AK_0001 alusel kuni 200 meetrini (Eesti Geoloogiateenistus, puuraukude ja vaatluspunktide WFS teenus), mis on põhjaveekompleksile Lõuna-Eestis tüüpiline (Marandi jt 2019). Survepind on tugevalt mõjutatud kohalikust reljeefist, olles lähimates puurkaevudes 2 - 10 m sügavusel maapinnast ning absoluutkõrgustel 80 - 86 m (kaevud [12276](#), [12279](#), [66870](#) ja [63465](#)). Põhjavee liikumise suund on piirkonnas määratud Sakala kõrgustiku paiknemise poolt alalt loodes, mille tõttu on voolusuund lokaalselt tõenäoliselt kagusse, olgugi et põhjaveekogumite regionaalne väljeala on Liivi laht. Kesk-Devoni põhjaveekogumite vesi on

valdavalt Ca-HCO_3^- tüüpi, lahustunud mineraalainete sisaldusega 0,2 - 0,6 g/l. Kloriidi ja nitraatide sisaldus on üldjuhul väike, aga kogumites on suurimateks probleemideks loodusliku raua kõrgendatud sisaldused (Marandi jt 2019). Kui Lääne-Eesti Kesk-Devoni põhjaveekogumi nii koguseline kui ka keemiline seisund on hea, siis Ida-Eesti kogumi puhul on keemiline seisund määratud halvaks tulenevalt pestitsiidide esinemisest kolmandikus kogumi riiklikest seirekaevudest (koguseline seisund on ka Ida-Eesti kogumis hea; Marandi jt 2020). Tulenevalt pinnakattesetete paksusest ja tüübist on piirkonna aluspõhjaline põhjavesi Veeseaduse kategooriate järgi pinnalt lähtuva reostuse eest suhteliselt kaitstud.

Kesk-Devoni põhjaveekompleksi lamamis olev Kesk-Alam-Devoni põhjaveekompleks on antud piirkonnas võrdlemisi väikse tähtsusega tulenevalt >200 m lasuvussügavustest, kuigi selle kompleksi vett kasutatakse näiteks tuulepargist ~15 km kaugusel kirdes Tõrva linna ühisveevarustuses.

Tuulepargi lähiümbruses registreeritud puurkaevud puuduvad. Lähimad puurkaevud asuvad tuulepargist >2 km põhjapool: [12276](#) ja [12279](#) Õhne jõe orus ning [66870](#) Kiviste kraavi lähedal. Ülejäänud puurkaevud jäävad enam kui 3 km kaugusele. Salvkaevude asukohtade kohta informatsioon puudub, mille tõttu tuleb eeldada, et taoline kaev on olemas kõigis asustatud majapidamistes. Kuna taolised majapidamised jäävad enam kui 1 km kaugusele, asuvad ka lähimad kasutuses olevad kaevud vähemalt sel kaugusel.

5 Ehitusaegne mõju põhja- ja pinnaveele

Ehitusaegne mõju veerežiimile tuleneb põhiliselt tuulikute vundamentide rajamisest. Vundamendid rajatakse kas gravitatsioonilised või vaiadel.

Vaivundamentide mõju põhja- ja pinnavee režiimile ning kvaliteedile on minimaalne: vaiade rajamisel ei ole vaja oluliselt määral vundamendist vett välja pumbata ning seega ei mõjutata põhjaveetasemeid ega ei juhita potentsiaalselt kõrgeenenud heljumisisaldusega ning muu reostusohuga kuivendusvett suublatesse. Konstruksiooniks kasutatud betoon ise sobib veekeskonda, sest ei leostu olulisel määral ning ei põhjusta olulisi muutusi põhjavee keemias – mõju põhjaveele ei ole seega põhimõtteliselt erinev tavalise ehitustegevuse käigus avalduvast.

Võrdlemisi suurem potentsiaalne mõju kaasneks aga gravitatsiooniliste vundamentide rajamisega, mille käigus tuleb ehituse ajaks kuivendada rajatavad vundamendisüvendid. Seda mõju käsitletakse täpsemalt järgnevatel alapeatükkides.

5.1 Mõju põhjavee režiimile ja kaevudele

Gravitatsiooniliste vundamentidega tuulikute ehitusaegne mõju veerežiimile tuleneb põhiliselt vundamendisüvendites kuiva tööpinna tagamiseks vajalikust kuivendamisest (vaivundamentide mõju põhja- ja pinnavee režiimile on minimaalne, kuna vaiade rajamisel ei ole vaja oluliselt määral vundamendist vett välja pumbata). Süvendite kuivendamine põhjustab põhjavee valgumist süvendisse külgnevatest setetest, mille tulemusel langeb ka seal põhjaveetaseme. Kujuneb välja põhjaveetaseme alanduslehter, mille piires põhjaveetaseme alandus on suurim otse süvendi kõrval ja väheneb kiiresti süvendist kaugenedes. Tegu on ehitusaegse põhjaveetaseme alandusega. Peale ehitustegevuse lõppu taastub endine põhjaveetaseme. Süvendist välja pumbatud põhjavesi juhitakse piirkonna kraavivõrku ja ojadesse, liitudes sinna praegu juhitava sademevee ja väljuva põhjavee hulga. Kuivendusvesi jõuab seega lõpuks Atse ning Ohne jõgedesse.

Kuigi tuulikute asukohad on teada, ei ole veel selgunud nende vundamentide projektlahendused, mille tõttu tuleb veerežiimi mõjude hindamisel lähtuda kõigi tuulikute puhul halvimal võimalikust stsenaariumist, st maksimaalselt dimensioneeritud vundamendisüvendist. Kuna ka piirkonna hüdromeoloogia osas on vähe andmeid, lähtutakse põhjaveetaseme alanduslehtrite ja kuivendusvee vooluhulkade arvutamisel konservatiivsetest (n.ö halvima võimaliku olukorra) eeldustest:

- vundamendisüvend on silindrikujuline, lähteülesandes antud maksimumide alusel sügavusega 6,5 m ja diameetriga 32 m;
- tagamaks kuiva tööpinda, eeldatakse, et kuivendamine ulatub 0,5 m allapoole süvendi põhja;
- põhjaveetaseme on keskmiselt 1 m sügavusel maapinnast;
- süvend asub täies ulatuses jääjõelise tekkega liivasetetes ning suhteliselt vettpidava moreeni lasum on allpool süvendi põhja;
- setete koostis on Holdre liivamaardlale omane keskmine kuni jämeliiv, mille filtratsioonimoodul on Pöllumäe (1972) laborianalüüside kohaselt keskmiselt 8 - 10 m/ööpäevas, kuid siinkohal kasutatakse maksimaalse võimaliku mõju leidmiseks kõrgeimat mõõdetud väärtust ~18 m/ööpäevas, mis vastab ka üldteadmiste kohaselt keskmise kuni jämeda terasuurusega liivale omaste väärtuste ülempiirile (Heath 1983, Domenico ja Schwartz 1990). Teised piirkonnas levivad settetüübid, nt moreen ja jääjärvelised setted, on tõenäoliselt halvamate filtratsiooniomadustega;

- kõik süvendid on avatud ja kuivendatud üheaegselt;
- põhjavee alanduslehter kujuneb täielikult välja, st tekib stabiilne põhjaveevoolu režiim.

Põhjaveetaseme alanduslehtri ulatuse ning kuivendusvee vooluhulkade arvutamiseks rakendatakse põhjaveevoolu analüütilist mudelit (valemarmutust), mis käsitleb põhjavee radiaalsümmeetrilist külgmist voolu silindrikujulisse süvendisse läbi selle seinte (Bear 1979, Marinelli ja Niccoli 2000). Eelduste hulgas on, et ümbritseva pinnase filtratsiooniomadused on ühtlased ning veekiht kulgeb horisontaalselt ja katkematult ühtlase paksusega kogu alanduslehtri ulatuses. Põhjavee toitumine arvestatakse olema ühtlane kogu alanduslehtri alal ning kogu toitumisest tulenev põhjavesi kandub süvendisse. Kehtib ka Dupuit-Forchheimeri eeldus, mille puhul vertikaalsuunaline põhjaveevool on antud olukorras vähetähtis ja jäetakse arvutustest välja.

Põhjavee alanduslehtri ulatuse (süvendi mõjuraadiuse r_0) saab arvutada valemiga 1:

$$h_0 = \sqrt{h_p^2 + \frac{W}{K} \times \left[r_0^2 \times \ln\left(\frac{r_0}{r_p}\right) - \frac{r_0^2 - r_p^2}{2} \right]} \quad [1],$$

kus:

- K – setete keskmine filtratsioonimoodul, 18 m/ööpäevas;
- W – põhjavee pindalaline toitumine. L. Vallneri (2002) Eesti hüdrogeoloogilise mudeli alusel on see Holdre piirkonnas ligikaudu 60 – 90 mm/a ehk $1,6 \times 10^{-4}$ kuni $2,4 \times 10^{-4}$ m/ööp. M. Hunt jt (2024) on piirkonnas põhjavee toitumiseks hinnanud 61 - 63 mm/a. Konservatiivsema veetaseme mõju ulatuse annab vahemiku väiksem arv, seega kasutame siinkohal väärtust 60 mm/a;
- h_0 – veetaseme alandus süvendis, 6 m;
- h_p – põhjaveetaseme ja süvendi veetaseme kõrguste vahe vahetult süvendi serval, konservatiivse eelduse kohaselt 0 m;
- r_p – süvendi raadius, 16 m.

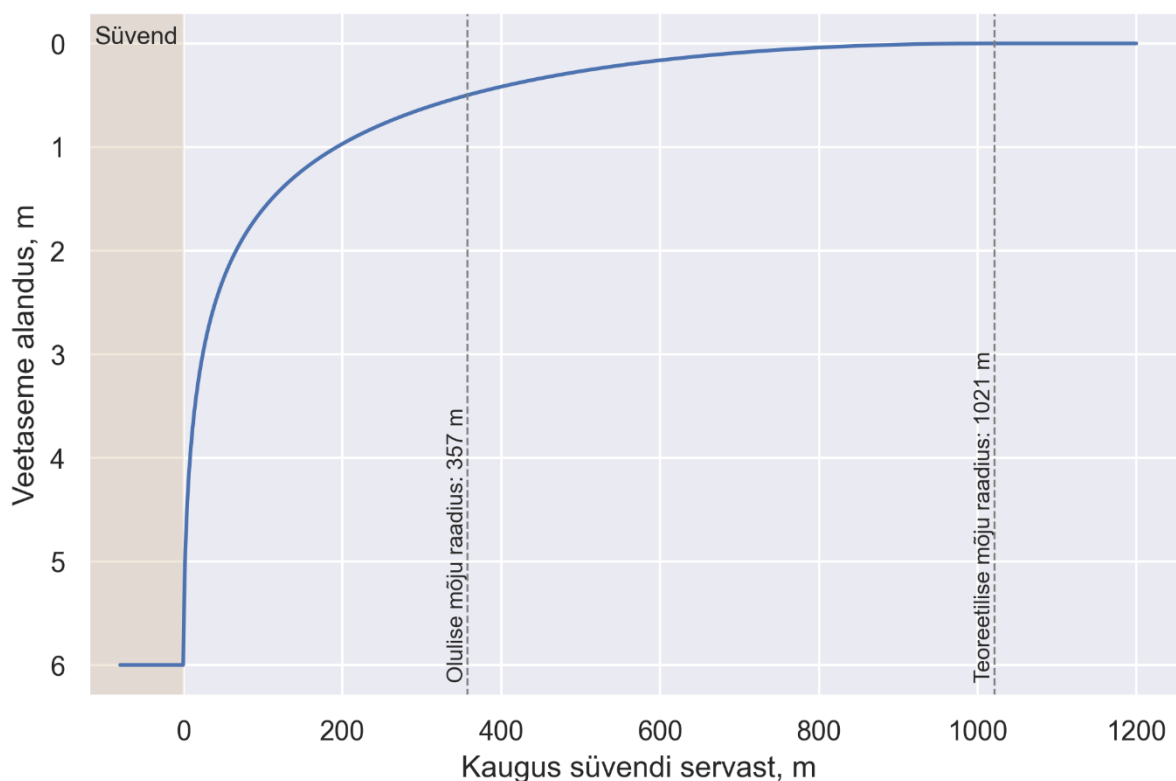
Valemi 1 iteratiivsel lahendamisel saab leida teoreetiliseks mõjuraadiuseks $r_0 = \sim 1036$ m süvendi keskelt ehk ~ 1020 m süvendi äärelt. Põhjaveetaseme alandus teoreetilise mõjuraadiuse äärtel on aga võrdne nulliga ning on reaalsuses tajumatu ka oluliselt lähemal süvendile. Põhjaveetaseme loomulik aastane kõikumine võrdlemisi hea veejuhtivusega setete vabapinnalises põhjaveekihis on suurusjärgus 1 m, mille tõttu oleks õigustatud võtta veevarustuse suhtes olulise mõju piiriks põhjaveetaseme alandus 1 m. Kuna salvkaevudes võib suveperioodil siiski ka väiksem muutus tähendada olulist vahet veevarustuse kindlustatuses, kasutatakse siin siiski olulise mõju piiriks veetaseme alandust 0,5 m. Alanduse sügavusprofiili arvutamiseks kasutatakse valemit 2, mis annab põhjaveetaseme alandussügavuse (h_r) kaugusel r süvendi keskpunktist:

$$h_r = \sqrt{h_p^2 + \frac{W}{K} \times \left[r^2 \times \ln\left(\frac{r}{r_p}\right) - \frac{r^2 - r_p^2}{2} \right]} - h_0 \quad [2].$$

Antud valemi alusel arvutatud alanduslehtri külgprofiil on toodud joonisel 3. Oluline mõju ulatub süvendist ~ 357 m kaugusele. Hindamaks maksimaalset võimalikku mõju planeeringuala lähedal asuvatele majapidamistele rakendati halvima juhu teoreetilise ja tajutava mõju raadiused kõigi planeeritud tuulikute ümber joonisel 4. Selle alusel saab hinnata, et Lossimäe kinnistu jääb täielikult teoreetilise mõju piiresse, kuid vaid napilt olulise mõju piiresse. Kuna antud maaüksuse

elukondlik funktsioon kavandatakse tuulepargi rajamisel likvideerida, siis ei ole tegu olulise mõjuga.

Kui Lossimäe välja arvata, ei ulatu ka maksimaalselt ebasoodsate tingimuste puhul pinnase kuivendamise mõju teiste lähimate majapidamisteni. Teoreetilise mõju piir ulatub küll vähem kui 100 m kaugusele Pelgu kinnistu õuealast, kuid taolisel kaugusel on reaalne mõju põhjaveetasemele muude faktorite tõttu tajumatu; veevarustuse mõttes olulise mõju piir jääb Pelgu kinnistust enam kui 700 m kaugusele. Teine tuulepargile lähim kinnistu, Viitaku, jääb ka teoreetilise mõju ulatusest ~500 m kaugusele. Teoreetilise mõju ulatus jääb samuti >300 m kaugusele lähimast kaitsealast, milleks on tuulepargist läänesuunas paiknev Tüdre looduskaitseala.



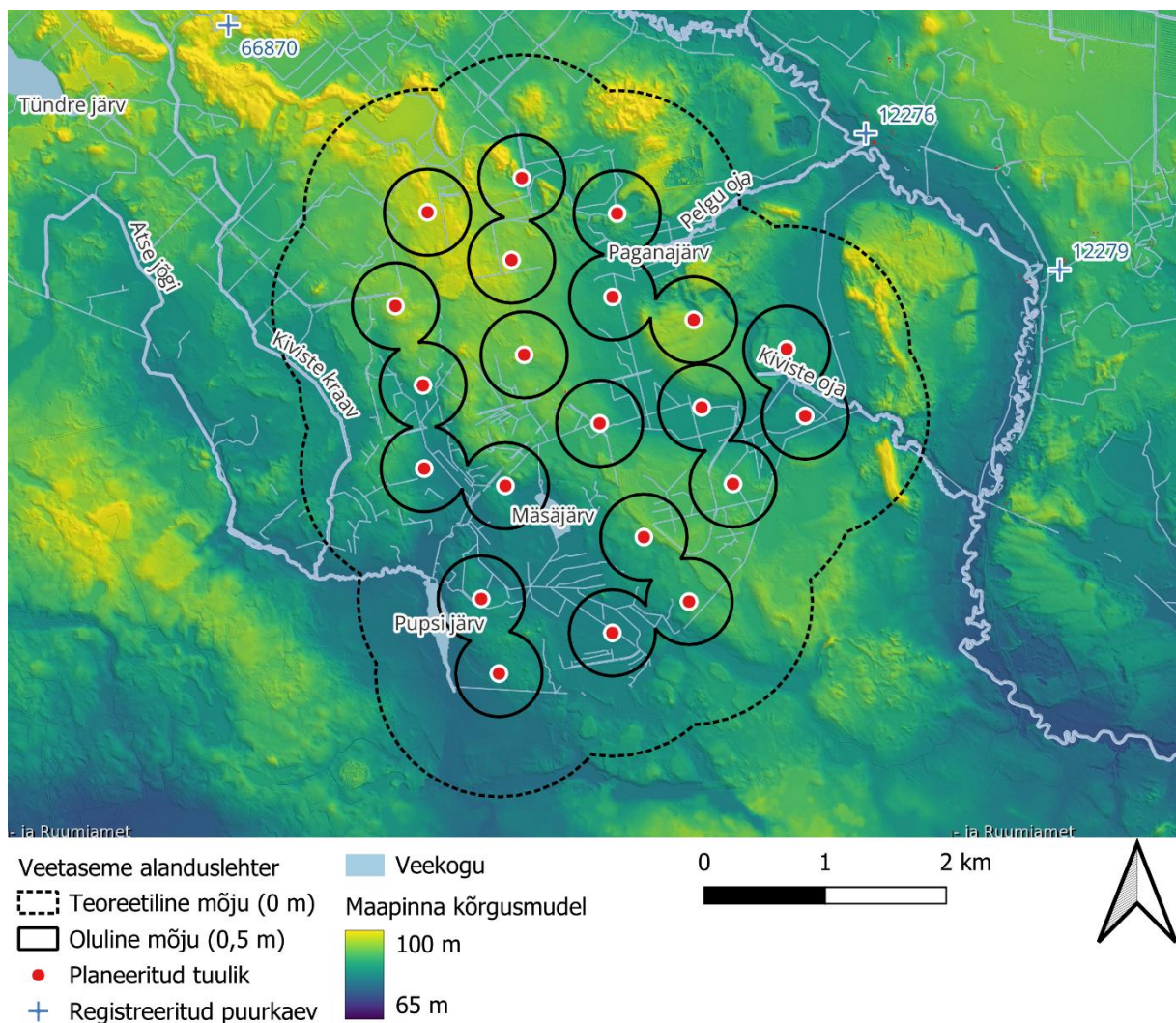
Joonis 3: Tuuliku vundamendisüvendi rajamisest tuleneva põhjaveetaseme alanduslehtri külglüüsi võimalikel tingimustel. Olulise mõju all käsitletakse põhjaveetaseme alandust enam kui 0,5 m

Eeltoodud alanduslehtri arvutused väljendavad suurima võimaliku mõju tekkeks vajalikke tingimusi. Põhjaveetasemete alanduslehtrite reaalne levik on siin tõenäoliselt mitmel põhjusel oluliselt väiksem:

- Tõenäoliselt ei projekteerita enamike tuulikute vundamendisüvendid siin kasutatud maksimaalsete mõõtmete järgi, vaid need kujunevad väiksemad (või kasutatakse vaivundamente).
- Paljud tuulikud asuvad kõrgema absoluutkõrgusega aladel, kus suhteline põhjaveetaseme ja seega tekitatud alanduslehter on tõenäoliselt oluliselt madalamad kui siin hinnatud (Holdre liivamaardlas on põhjaveetaseme kohati 9 m maapinnast siin kasutatud 1 m asemel; Põllumäe 1972).
- Antud piirkonnas on ülemiste kvaternaarisetete põhjaveekihi tsükkel muutliku reljeefi tõttu üsna lokaliseeritud – põhjaveekihi toiteala asub kõrgematel seljandikel ja seotud

väljavool kraavidesse/ojadesse toimub kohe samade seljandike nõlvadel. Süvendi rajamine saab seega mõjutada põhjaveetasemeid enamasti just konkreetsete seljandike piires ja lähikonnas.

- Kõigi asustatud majapidamiste ja tuulikute vahel paiknevad kraavid ja muud vooluveekogud. Kui alanduslehter laieneb vooluveekoguni, hakkab see enamikel juhtudel (v.a kraavi/jõe põhja piisavalt isoleeriva settekihi olemasolul) loovutama vett põhjaveekihti. Selle arvelt võib mõnevõrra väheneda vooluhulk vastavas vooluveekogus, kuid alanduslehter sealt kaugemale ei levi või on selle levik oluliselt piiratud.
- Siinsed toodud arvutused eeldavad stabiliseerunud voolurežiimi, ehk olukorda, kus kuivenduse mõju on kestnud „igavesti.“ Tegelikult võtab alanduslehteri välja kujunemine aega ning süvendi kuivendamise kestus ei ole tõenäoliselt piisav, et mõju täielikult välja kujuneks.
- Kasutatud pinnase filtratsioonimoodul on võimalike väärtuste ülempiiril ning on pigem ebatõenäoliselt suur – majapidamiste ja tuulikute vaheline pinnas on tõenäoliselt oma filtratsiooniomadustelt mitmekesisem ja kokkuvõttes väiksema veeläbilaskvusega kui Holdre maardlas, mille andmeid siin filtratsioonikoefitsiendiks kasutati. Samuti on kasutatud väärtus kõige suurem leitutest, Holdre maardla keskmine filtratsioonimoodul on pigem sellest poole võrra väiksem.



Joonis 4: Tuulikusüvendite põhjaveetaseme alanduslehtrite ulatused halvima võimaliku stsenaariumi puhul. Taustal piirkonna reljeef ja veevõrk. Alus: Maa- ja Ruumiamet 2025

Erinevate tuulikute põhjustatud alanduslehtrite ühinemisel mõju ei summeeru – erinevalt näiteks fikseeritud veevõtuga puurkaevude alanduslehtritest, mille ühinemisel summaarne alanduslehter süveneb ja laieneb, tähendab vundamendisüvendite alanduslehtrite ühinemine, et põhjavee vooluhulgad süvenditesse vähenevad, kuid alanduslehtrite endi sügavused või ulatused ei suurene. Seega ei ole põhjust erinevate tuulikute vundamendisüvendite koosmõju eraldi arvestada.

Arvestades, et lähimad elamud ja seega lähimad joogiveeks kasutatavad salv- ja puurkaevud asuvad planeeritavast alast >1000 m kaugusel, ei mõjuta ehitustegevuse käigus tekkiv ajutine põhjaveetaseme alandus praktikas kaevude veetasemeid. Mõju ei ulatu ka salvkaevude toitealale: nt 1 m³/ööpäevas tarbiva kaevu toiteala, juhul kui põhjavee toitumine on 60 mm/a, on ~0,6 ha, mis vastab ringile raadiusega 44 m kaevust. Seega ei ulatu isegi teoreetilise põhjaveetaseme mõjuraadius piirkonna kaevude toitealadeni.

Veerežiim taastub peale vundamentide rajamist ning kuivendamise lõppemist. Tuulikute vundamendist kümneid meetreid sügavamal lasuv Kesk-Devoni põhjaveekompleks, millest toituvad puurkaevud, ei saa veerežiimi osas ehitustegevusest mõjutatud.

5.2 Mõju pinnavee režiimile

Kuna vundamendisüvenditest väljapumbatud põhjavesi moodustub suuresti lokaalselt seljandikel ning väljub piirkonna orgude nõlvadel ja põhjas asuvasse vooluveekogudesse, jõuab väljajuhitav vesi ka ehituseelses olukorras laias laastus samade veekogudeni. Seega jääb pinnavee ja ülemise põhjaveekihi tsükkel tuulepargi mastaabis praktiliselt muutumatuks ning ei ole oodata summaarset muutust piirkonna jõgede vooluhulgas. Seevastu võib detailpildis mõnevõrra muutuda konkreetsete kraavide vooluhulkade omavaheline suhe. Ka väljapumbatud kuivendusvee omadused võivad olla pinnaveest mõnevõrra erinevad. Seega käsitleme siin siiski võimalikest vundamendisüvenditest välja pumbatud põhjavee koguseid ja nende võimalikku mõju pinnaveekogude veerežiimile. (Vaivundamentide puhul ei ole vajadust oluliselt tööpinnast kuivendada ning seega puudub oluline mõju pinnavee režiimile.)

Vooluveekogudesse lisanduva kuivendusvee vooluhulga (Q) määramiseks kasutati eelmises peatükis kirjeldatud analüütilise põhjaveevoolu mudeli valemit 3, mis arvestab põhjaveevoolu süvendi külgedelt:

$$Q = W \times \pi \times (r_o^2 - r_p^2) [3].$$

Arvutuse kohaselt on põhjavee sissevool ühte süvendisse ~6,4 l/s ehk ~554 m³/ööpäevas. Kevadise suurvee ajal võib lisaks suurenenud sademe ja pindmise äravoolu hulga suurendada ka ära juhitava põhjavee kogus, kuna põhjaveetaseme tõuseb. Rakendades valemit 1 ja 3 olukorras, kus põhjaveetaseme on maapinnal ehk kuivendamise sügavus on 7 m, on põhjavee sissevool ühe süvendi külgedelt ~8,4 l/s ehk ~727 m³/ööpäevas.

Marinelli ja Niccoli (2000) analüütilise mudeli lähendust süvendi põhjast lähtuva põhjaveevoolu arvutamiseks ei saa siinkohal kasutada, kuna lähendus eeldab, et veekiht on sügavuse suunas praktiliselt lõpmatu. See ei ole antud olukorras pädev eeldus, kuna liivade lamami moodustab piirkonnas oluliselt väiksema filtratsioonimooduliga moreeni. Põhjust tuleneva veevoolu mitteamestamise tõttu võivad eelnevad vooluhulga ennustused olla mõnevõrra, kuid tõenäoliselt mitte olulisel määral alahinnatud. Samuti on süvendite võrdlemisi väikese pindala tõttu marginaalne neile langevate sademete ja seal sulava lume hulk, mille tõttu seda kuivendusvee arvutuses ei kajastata.

Arvutatud väljapumbatava põhjavee vooluhulkadele rakenduvad suuresti samasugused mõõndused kui eelmises peatükis alanduslestri leviku osas välja toodi, st. leitud vooluhulgad on maksimaalsed võimalikud kõigi halbade tegurite kokkulangemisel. Reaalsed vooluhulgad varieeruvad lisaks aasta jooksul ja aastate lõikes suurel määral, sõltudes sademetest ja põhjaveekihi toitumisest.

Süvenditest välja pumbatud kuivendusvee ärajuhtimiseks saab kasutada alal olemasolevaid kraave, mis suubuvad ala kirde- ja idaosas läbi Pelgu ja Kiviste ojade Õhne jõkke ning tuulepargi lääne- ja edelaosas Atse jõkke, kohati läbi Kiviste kraavi. Planeeritavatest tuulikute 11 asub Õhne jõe valgala ja 10 Atse jõe valgala. Käsitlemaks suurimat võimalikku mõju, eeldatakse siinkohas, et kõik vundamendisüvendid ühes valgala kuivendatakse samal hetkel. Sel juhul on Õhne jõkke suunatava kuivendusvee kogus tavaolukorras ~70 l/s ja suurvee ajal 92 l/s; Atse jõe puhul on vastavad arvud 64 l/s ja 84 l/s.

Mõlema jõe puhul on lisanduv kuivendusvesi väiksem kui jõe enda vooluhulk. Kuna tuulepargi lähikonnas puuduvad antud jõgedel hüdromeetriks seirepunktid, leiti jõgede vooluhulgad tuuleparki läbivate jõelõikude valgala ja sademete hulga korrutisena, millest arvestati maha aurumine. Valgala suurused leiti EELISes märgitud jõgede relevantsete alamvalgala liitmisel. Õhne jõe valgala lähtest kuni Kiviste oja suubumiskohani (sh Veisjärve valgala) on ~139 km² ning Atse jõe valgala lähtest Pupsi järveni (k.a) on ~28 km². Valga meteoroloogiajaama 1990 - 2020 kliimanormi kohaselt on piirkonnas keskmiseks sademete hulgaks 675 mm/a (Keskkonnaagentuur, kliimanormid) ning Eestis on tüüpiliseks aurustumise vooks 450 mm/a (Kink jt 1998). Seega on tuulepargi suublaks oleva Õhne jõe lõigu vooluhulk hinnanguliselt ~991 l/s ning Atse jões 199 l/s. Sel puhul moodustab tuulikute vundamendisüvenditest lisanduv kuivendusvesi kuni 9% Õhne jõe keskmisest vooluhulgast ning 42% Atse jõest. Kuigi suviste põuaperioodide ajal on jõe vooluhulk väiksem, on sel ajal väiksem ka süvenditest väljajuhitava põhjavee hulk, mille tõttu ei ole lisanduv vooluhulk põuaperioodidel eeltoodust oluliselt suurem.

Vooluhulga suurenemine on tüüpiliselt jõe ökoloogilise ja keemilise seisundi seisukohast positiivne, kuna vähendab tõenäosust hapnikuvaeste ja elustikule kahjulike tingimuste tekkimiseks. Arvestades, et vundamendid rajatakse tõenäoliselt erinevatel aegadel ning vooluhulk suureneb vaid ajutiselt vundamentide ehituse ajal, võib pidada mõju Õhne jõe voolurežiimile siiski tühiseks. Atse jõe puhul, kus kuivendusvee osakaal võib olla relevantsetel jõelõigul võrdlemisi suurem, on seda olulisem tagada, et süvendeid kuivendatakse valdavalt erinevatel aegadel. Oluline on ka tagada kuivendusveest heljumi efektiivne eraldamine ning ennetada õlireostuse teket (vt järgmine peatükk).

Konkreetsete süvendite eesvooludeks kasutatavate kraavide puhul peab olema tagatud kraavide piisav dimensioneeritus, et need suudaks ära kanda ka suurvee aegsed sademete, lumesulavee ja väljajuhitava põhjavee kombineeritud vooluhulgad ilma üleujutusriskita ja maa kasutusotstarvet kahjustamata. Antud küsimused tuleb lahendada ehitusprojekti koostamisel.

5.3 Mõju veekvaliteedile

Vundamentide (nii vai- kui gravitatsiooniliste) rajamisel ja ehitustöödel ei ole üldiselt vaja kasutada keskkonda kahjustavaid aineid, mille puhul esineks risk ainete vette sattumiseks ja seal levimiseks. Konstruksiooniks kasutatakse veekeskkonda sobivat betooni, mis ei leostu olulisel määral ning ei põhjusta seega muutusi veekvaliteedis. Betooni tahkumise ajal võib mõnel määral esineda pH-d muutev efekt, kuid tulenevalt betooni kontaktpinna võrdlemisi väikestest

mõõtmetest võrrelduna põhjaveekihi ja vooluveekogude mahuga ning pinnase ja pinnavee loomulikust puhvervõimest on pH muutus väga lokaliseeritud ja kaob kiirelt.

Mõju põhjavee kvaliteedile on minimaalne. Vaivundamentide puhul ei ole olulisel määral tööpinnast kuivendada vaja, mille tõttu ei ole oodata olulist mõju veekeskonnale. Ka gravitatsiooniliste vundamentide süvenditest pumbatakse vett välja, mille tõttu on ehitustegevusest mõjutatud vee vool suunatud põhjaveekihist välja pinnaveekogude suunas. Lisaks on liigendatud reljeefi tõttu põhjavee tsükkel pindmistes kihtides võrdlemisi lokaalne, s.t toiteala ja väljeala on üksteisele lähedal. Põhjavesi väljub orgude põhjas asuvatesse kraavidesse- ojadesse, mis omakorda soodustab vee voolu põhiliselt pinnavee suunal ning takistab võimalike reoainete levikut põhjaveekihis. Ehitusel tekkivate pinnase peenosakeste (heljumi) levikut põhjaveekihis takistab vee filtreerumise aeglane kiirus settepoorides, mille tõttu settivad heljumiosakesed välja või kleepuvad pinnaseosakestele. Kesk-Devoni või sügavamate põhjaveekomplekside kvaliteeti tegevus mõjutada ei saa, kuna põhjaveekihti kaitsva suhteliselt vettpidava moreenikihi paksus on ligikaudu 50 m.

Mõju pinnavee kvaliteedile on võrreldes põhjaveega tõenäolisem (v.a. vaivundamentide puhul, kus mõju veekeskonnale on üldiselt minimaalne). Gravitatsiooniliste vundamentide süvenditest eesvoolu juhitud kuivendusvesi moodustub looduslikust sademeveest ja põhjaveest. Põhiline saasteaine, mis võib ehitustegevuse käigus kuivendusvette ja sealt maaparandussüsteemide kraavidesse või Atse ja Õhne jõgedesse ja seotud ojadesse sattuda, on heljum. Heljum tekib paratamatult nii teedeehituse, kraavide laiendamise, süvendite rajamise ja muu veekogude lähedal toimuva ehitustegevuse käigus. Heljumi tekke riski suurendab ka taimestiku eemaldamine kraavide kaldalt, mille tõttu suureneb erosioonirisk, s.t kraavi nõlva moodustavad setted võivad kraavidesse kanduda. Heljum põhjustab hägususe kasvu veekogudes, olles kahjulik vee-elustikule. Enamik heljumist settib ehitustööde lähedal kraavides, kuigi esineb risk, et ka juba settinud heljum kandub suurvee jõul edasi Atse ja Õhne jõgede suunas. Heljumi leviku teket on seega vaja projektlahenduses arvestada ja rakendada meetmeid selle vähendamiseks.

Ehitustööde käigus esineb risk ka rasketehnika avariideks, mille tulemusel võib pinnavette sattuda naftasaadusi, mis võivad edasi kanduda kraavidesse ning sealt allavoolu ojadesse-jõgedesse. Selle riski vähendamiseks tuleb masinaparki regulaarselt hooldada ning masinate tankimist ja hooldamist teostada selleks spetsiaalselt valmistatud platsil, kus on olemas absorbendid lekete kõrvaldamiseks. Lekke tekkimisel tuleb leke kiiresti isoleerida ning takistada selle edasikandumist. Reostunud pinnas tuleb eemaldada ja puhastada (väikeste koguste puhul nt komposteerides).

Arvestades võrdlemisi väikeseid mõjusid ja nende vaid lühiajalist kestvust ehitustegevuse käigus, ei ole tuulepargi rajamise mõju põhja- ja pinnavee kvaliteedile oluline.

5.4 Soovituslikud meetmed ehitusaegse mõju vähendamiseks

1. Gravitatsiooniliste vundamentide süvendeid on soovituslik rajada kuival ajal, et vähendada väljapumbatava põhjavee koguseid ning liigset koormust maaparandussüsteemi kraavidele. Erinevate süvendite rajamine on samas soovituslik teostada erinevatel aegadel, mis aitab vähendada piirkonna jõgede, ojade ja maaparandussüsteemi kraavide liigkoormamist.
2. Võtta kasutusele meetmed heljumi kraavides edasi kandumise ning piirkonna ojadesse/jõgedesse jõudmise tõkestamiseks ja/või sellest tulenevate negatiivsete mõjude vähendamiseks. Selleks on võimalik kasutusele võtta erinevaid meetodeid:

- a. dimensioneerida kraavid arvestades võimaliku heljumi koormusega ning vajadusel läbi viia kraavide regulaarne puhastamine;
- b. luua uutesse või süvendatud kraavidesse ajutised settebasseinid, et peatada kraavi külgedelt kaasa haaratud pinnaseosakeste pikem levik;
- c. taimestada uued või süvendatud kraavid võimalikult kiiresti, et vähendada setete erosiooni;
- d. paigaldada tuulikute vundamendi süvendite juurde setitid, et väljapumbatav vesi enne eesvoolu saatmist puhastada.

6 Pikaajaline mõju põhja- ja pinnaveele

Gravitatsiooniliste vundamentidega tuulikute puhul valatakse vundamendisüvendid täis betooni. Vaivundamentide puhul luuakse vaiad samuti puuritud auku süstitud betooni abil. Pärast ehitustegevuse lõppu süvenditest vett ei võeta, seega algne veerežiim taastub ning tekkinud põhjaveetaseme alanduslehtrid kaovad. Betoonest vundamendid ei takista edasist põhjaveevoolu, kuna vundamendid on rajatud poorsetesse pinnakattesetetes, kus vesi levib hajusalt läbi ühendatud pooride kogu pinnases, mitte konkreetsete maa-aluste vooluveetede abil (nagu seda võib lokaalsel skaalal ette tulla karstunud karbonaatkivimites). Seega leiab põhjavesi vooluteekonna ka vundamendi ümber ning põhjavee liikumine ei ole takistatud.

Veerežiimi jäävad mõjutama tuulikute asukohta rajatud ligipääsuteed ning nendega kaasnev kuivendus. Uued kraavid võivad mõnevõrra suurendada piirkonnast ärajuhitava vee kogust ja seega suurendada ka Atse ja Õhne jõkke jõudvat vooluhulka. Teatud määral võib see mõjutada jõgede veetaset kevadise suurvee ajal ning muuta tuulepargist allavoolu jäävate piirkondade niiskustingimusi, nt pikendades suurvee alanemise aega. Samas on tuulepargi piirkond juba praegu võrdlemisi tihedalt kraavitud, nii et veerežiim tõenäoliselt ei muutu olulisel määral.

Mõnel määral muutuvad individuaalsete kraavide vooluteed ja koormused, seega peab tuulikute ja nende ligipääsuteede jaoks rajatud kraavide süsteem olema koordineeritud maaparandussüsteemi haldajaga. Projekteerimisel peab olema tagatud maaparandussüsteemi jätkuv töökord ning vältima peab üleujutuste ja liigniiskete tingimuste tekkimist metsaaladel ning maa kasutusotstarbe halvenemine.

Mõju põhja- ja pinnavee kvaliteedile oleneb pikaajalise tuulepargi kasutuse juures põhiliselt hooldustehnika avariidest, mille vältimiseks sobivad samad ohutusmeetmed kui ehitustegevuse ajal. Heljumit ei teki pärast ehitustööde lõppemist juurde, välja arvatud juhtudel, kui kraave või teid hooldatakse.

Mõju piirkonna pinna- ja põhjaveele on seega pärast ehitustööde lõppu minimaalne.

7 Kokkuvõte

Kavandatava Holdre tuulepargi mõjude hindamiseks pinna- ja põhjaveele koondati materjali avalikest andmebaasidest, sh piirkonna geoloogiliste uuringute ja kaardistamise, puurkaevude stratigraafia ning maapinna reljeefi, hüdrograafia ja kliima andmed.

Ehitusaegne mõju põhja- ja pinnavee režiimile on seotud põhiliselt tuulikute kuni 6,5 m sügava ja 32 m diameetriga gravitatsiooniliste vundamentide süvendite rajamisega (vaivundamentide rajamise mõju veerežiimile on minimaalne). Kuivendamise mõjul tekkida võivad põhjaveetaseme alanduslehtid ulatuvad halvimas võimalikus olukorras maksimaalselt ~1020 m kaugusele vundamendisüvenditest, kusjuures veevarustuse mõttes oluline mõju ulatub vaid ~360 m kaugusele. Rakendades taolist mõju kõigist tuulikutest, ulatub teoreetiline alanduslehter vaid tuulepargi keskel asuva Lossimäe õuealani (katastriüksus 20301:001:0681), kus paiknev eluhoone on plaanis tuulepargi rajamisel likvideerida. Ühegi teise majapidamise õuealani ei ulatu isegi teoreetiline põhjaveetaseme alanduse mõju, mille tõttu ei ole oodata ka sealsete kaevude veetasemete muutust.

Vundamendisüvendite kuivendusvett on võimalik juhtida tuulepargi kirde- ja idaosas läbi olemasolevate kraavide ja ojade Õhne jõkke ning edela- ja lääneosas Atse jõkke. Võimaliku suurima mõju arvutamiseks lähtuti eeldusest, et kõik 21 süvendit rajatakse ja kuivendatakse üheaegselt. Arvutatud kuivendusvee vooluhulgad moodustavad kuni 9% tuulepargile lähima Õhne jõe lõigu keskmisest vooluhulgast ning kuni 42% Atse jõe puhul. Eeldusel, et süvendid rajatakse pigem erinevatel aegadel, mitte kõik korraga, võib mõju jõgede veerežiimile pidada siiski väikseks. Lokaalselt võib esineda suurem mõju konkreetsetele kuivendusvee eesvoolu moodustavatele kraavidele ja ojadele. Ehitustegevuse käigus peab olema tagatud eesvoolu moodustavate kraavide piisav vastuvõtlikkus ning piirkonna maaparandussüsteemide töökord.

Mõju põhja- ja pinnavee kvaliteedile piirdub heljumisisalduse kasvuga gravitatsiooniliste vundamentide süvenditest ning rajatud või süvendatud kraavilõikudest lähtuva peene materjali arvelt. Vaivundamentide puhul on mõju veekvaliteedile minimaalne. Vältimaks liigse heljumi Õhne ja Atse jõgedesse sattumist on võimalik kasutada settebasseine või muid meetmeid. Heljumi levik põhjaveekihis on äärmiselt lokaalne ning ei ohusta piirkonna kaevude veekvaliteeti või põhjaveest toituvate ökosüsteemide tervist. Suurim risk veekvaliteedile avaldub ehitusel kasutatava rasketehnika avariide puhul, mil puhul võib vette sattuda naftasaadusi. Riski maandamiseks tuleb masinaparki regulaarselt ja nõuetele kohaselt hooldada ja käidelda.

Ehitustegevuse lõppedes põhjaveetaseme taastub ning tuulikute eksploatatsioon ei mõjuta enam piirkonna pinna- ja põhjaveerežiimi. Vähesel määral säilib mõju tuulikute juurdepääsuteede jaoks rajatud kraavide arvelt. Kuivendusvõrk peab olema rajatud nõnda, et maaparandussüsteemide töökord on jätkuvalt tagatud ning niiskusrežiimi muutused ei tohi kahjustada maa kasutusotstarvet. Mõjud vee kvaliteedile pärast ehitustegevuse lõppu avalduvad vaid tuulikuid teenindava transpordivahendite avariide puhul, mida on võimalik ennetada.

8 Kasutatud kirjandus

- Arold, I., 2005. *Eesti maastikud*. Tartu Ülikooli Kirjastus, Tartu
- Bear, J., 1979. *Hydraulics of Groundwater*. McGraw-Hill Inc., New York, USA
- Domenico, P.A., Schwartz, F.W., 1990. *Physical and Chemical Hydrogeology*. John Wiley & Sons, New York, USA
- Eesti Geoloogiateenistus. [Puuraukude ja vaatluspunktide WFS teenus](#) (31.08.2025)
- Grünberg, R., 2005. *Holdre liivamaardla täiendav geoloogiline uuring (varu seisuga 01.05.2005.a.)*. Eesti Geoloogiakeskus, Tartu. [EGF 7663](#)
- Heath, R.C., 1983. *Basic ground-water hydrology*. U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2220. [DOI: 10.3133/wsp2220](#)
- Hunt, M., Osjamets, M., Pärn, J., Raidla, V., Kuusma, E., Hints, L., Marandi, A., 2024. *Joogiveehaarde toiteala riskihindamise ja -juhtimise teostamiseks vajalike eeltööde läbi viimine vastavalt joogiveehaarde toiteala riskihindamise ja riskijuhtimise nõuetele*. Eesti Geoloogiateenistus, Tartu. [EGF 9932](#)
- Keskonnaagentuur. Ilm. [Ajaloolised seireandmed](#) (31.08.2025)
- Keskonnaagentuur. Ilm. [Kliimanormid 1990-2020](#) (31.08.2025)
- Keskonnaagentuur. [VEKA](#) (31.08.2025)
- Kink, H., Andresmaa, E., Orru, M., 1998. *Eesti soode hüdrogeoloogia*. Teaduste Akadeemia Kirjastus, Tallinn
- Koch, J., 1998. *Vanaveski karjäär. Varude uuringud*. Valga Teedevalitsus, Valga. [EGF 5924](#)
- Lind, S., Kovtun-Kante, A., Eek, L., 2024. *Eesti pinnaveekogumite seisundi 2023. aasta ajakohastatud vahehindang*. Seletuskiri veemajanduskomisjonile. Keskonnaagentuur, Tallinn
- Lõhe, jõforelli, meriforelli ja harjuse kudemis- ja elupaikade nimistu*. Keskkonnaministri määrus 15.06.2004 nr 73. [RTL 2004, 87, 1362](#)
- Marandi, A., Osjamets, M., Polikarpus, M., Pärn, J., Raidla, V., Tarros, S., Vallner, L., 2019. *Põhjaveekogumite piiride kirjeldamine, koormusallikate hindamine ja hüdrogeoloogiliste kontseptuaalsete mudelite koostamine*. Eesti Geoloogiateenistus, Rakvere. [EGF 9110](#)
- Marandi, A., Karro, E., Osjamets, M., Polikarpus, M., Hunt, M., 2020. *Eesti põhjaveekogumite seisund perioodil 2014-2019*. Eesti Geoloogiateenistus, Rakvere. [EGF 9416](#)
- Mardla, E., 1981. *Geoloogilised uurimistööd Valga KEK-i Holdre karjääris*. Eesti Põllumajandusprojekt, Tallinn. [EGF 3751](#)
- Marinelli, F., Niccoli, W.L., 2000. *Simple analytical equations for estimating groundwater inflow to a mine pit*. Ground Water 38 (2), 311 – 314. [DOI: 10.1111/j.1745-6584.2000.tb00342.x](#)
- Pöldvere, A., Rooma, A., Pöldvere, E., 2021. *Holdre liivamaardla Vanaveski kruusakarjääri varu ümberhindamine (varu seisuga 01.06.2021)*. Maavarauuringud OÜ, Tartu. [EGF 9505](#)

Põllumäe, M., 1972. *Valga rajoonis 1970.-1972. a. tehtud ehitusliivade ja -kruusade otsimistöde aruanne*. Geoloogia Valitsus, Keila. [EGF 3210](#)

Valling, V., 2021. *Aruanne Holdre maardla Variku II uuringuruumis tehtud geoloogiliste tööde kohta (varu seisuga 10.09.2020. a)*. Mäebüroo Nord OÜ, Tallinn. [EGF 9735](#)

Vallner, L., 2002. *Eesti hüdrokeoloogiline mudel*. Eesti geoloogiakeskus, Tallinn. [EGF 7477](#)

Veeseadus, Vastu võetud 30.01.2019. [RT I, 22.02.2019, 1](#)