

Maavarauuringud OÜ

Tere AS veehaarde võimalik mõju Paide linna veehaardele

1. Veetaseme alanemine erineva põhjaveekihi vett tarbivates veehaardetes

1.1. Paide Vesi AS veehaare (Siluri põhjaveekiht)

Piirkonna olulisemaks põhjaveehaardeks on Paide linna veehaare, mis asub 400 m pikkusel lõigul rööpselt metsateega, puurkaevude orienteeruva vahekaugusega 100 m. Veehaarde toodanguks on 2000 m³/ööpäevas, mida võib vajadusel tulevikus suurendada kuni 4000 m³/ööpäevas.

Veehaare koosneb 4 tarbekaevust, mille sügavus on 30 m, manteltoru diameetriga 245 mm on paigaldatud 7–9 m sügavuseni maapinnast, puuraugu töötava osa diameeter on 215 mm.

Tabel 1 Paide linna veehaarde puurkaevude geoloogia ja puurimisaegne veetase¹

| | 13906 | 13907 | 15161 | 15162 |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
| Maapinna abs kõrgus | 63 | 63 | 63 | 63 |
| Puurimisaegne veetase | 0 | 0 | 0,2 | 0,25 |

| Nr | Geoloogilise läbilõige | Geoloogiline indeks | Kihi lamami sügavus, m | | | |
|----|------------------------|---------------------|------------------------|-----|-----|-----|
| 1 | Turvas | bQ _{IV} | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 2 | Liivsavi | gQ _{III} | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 3 | Lubjakivi | S _{1rk} | 30 | 30 | 31 | 31 |

Veehaarde tootlikkus on $Q = 2000 \text{ m}^3/\text{ööp}$ neljas puurkaevus ehk igas 500 m³/ööp. Veehaarde pikkus on $l = 400 \text{ m}$, puurkaevude vaheline kaugus $\sigma = 100 \text{ m}$. Puurkaevu sisese töötava osa raadius $r_e = 0,1075 \text{ m}$. Eksploatatsiooni aeg $t = ca 25$ aastat ehk 10^4 ööpäeva. Siluri veekihi tasemejuhtivus $a = 10^7 \text{ m}^2/\text{ööp}$ ja veejuhtivus $km = 500 \text{ m}^2/\text{ööp}$.

$$R = 1,5 \cdot \sqrt{a \cdot t} = 1,5 \cdot \sqrt{10^7 \cdot 10^4} = 474342 \text{ m}$$

$$r_o = 0,2 \cdot l = 0,2 \cdot 400 = 80 \text{ m}$$

Nelja puurkaevu koosmõju:

$$S_{4pk} = \frac{0,366 \cdot Q \cdot \lg \frac{R}{r_o}}{km} = \frac{0,366 \cdot 2000 \cdot \lg \frac{474342}{80}}{500} = 5,5 \text{ m}$$

Täiendav põhjaveetaseme alanemine:

$$S_{pk} = \frac{Q}{2\pi \cdot km} \cdot \ln \frac{\sigma}{\pi \cdot r_e} = \frac{500}{2 \cdot 3,14 \cdot 500} \cdot \ln \frac{100}{3,14 \cdot 0,1075} = 0,9 \text{ m}$$

Siluri põhjaveekihi veetaseme alanemine veehaardes kokku:

$$S = S_{4pk} + S_{pk} = 5,5 + 0,99 = 6,4 \text{ m}$$

See veetaseme alanemine ei ületa lubatud 22 m alanemist.

¹ Puurkaevude info keskkonnaregistri avaliku teenuse lehel <https://veka.keskkonnainfo.ee/> - vaadatud 03.12.2020

1.2. Tere AS veehaare (Ordoviitsiumi põhjaveekiht)

Tere AS kinnistul asub puurkaev kat nr 8472. Tabelis 2 on esitatud puurkaevu geoloogiline läbilõige. Tere AS kinnistule soovitakse rajada veel lisaks samade parameetritega üks puurkaev.

Tabel 2. Puurkaevu kat nr 8472 geoloogiline läbilõige²

| | |
|--------------------------------|-----|
| Maapinna abs kõrgus, m | 62 |
| Puurimisaegne veetase, m | 8,3 |
| 30.12.2019 mõõdetud veetase, m | 0,9 |

| Nr | Geoloogilise läbilõike kirjeldus | Geoloogiline indeks | Kihi tüsedus, m | Kihi lamami sügavus, m |
|----|--|--------------------------------------|-----------------|------------------------|
| 1 | saviliiv | gQIII | 2 | 2 |
| 2 | savikas lubjakivi | S _{1rk} | 36 | 38 |
| 3 | mergel lubjakivi vahekihtidega | S _{1jr} | 17,4 | 55,4 |
| 4 | lubjakivi | O _{3pr} | 9,6 | 65 |
| 5 | lubjakivi savika lubjakivi vahekihtidega | O _{3prg} | 52,6 | 117,6 |
| 6 | savikas lubjakivi | O _{3vr} | 11,4 | 129 |
| 7 | savikas lubjakivi | O _{2rk} -O _{2,3nb} | 28 | 157 |
| 8 | savikas lubjakivi | O _{2on} | 2 | 159 |
| 9 | lubjakivi savika lubjakivi vahekihtidega | O _{2kl} | 11 | 170 |

Tere AS kahe puurkaevuga veehaarde maksimaalne tootlikkus võiks olla $Q = 1500 \text{ m}^3/\text{ööp}$ ehk ühe puurkaevu maksimaalne tootlikkus $750 \text{ m}^3/\text{ööp}$. Puurkaevu kat nr 8472 ja rajatava puurkaevu vahemaa on $l = 100 \text{ m}$. Puurkaevu töötava osa diameeter on $0,294 \text{ m}$, raadius (r_e) – $\sim 0,15 \text{ m}$. Kasutusaeg 10^4 ööpäeva. Veejuhtivus $km = 200 \text{ m}^2/\text{ööp}$, piesojuhtivus $a = 10^7 \text{ m}^2/\text{ööp}$.

Veehaarde raadius:

$$R = 1,5 \cdot \sqrt{a \cdot t} = 1,5 \cdot \sqrt{10^7 \cdot 10^4} = 474342 \text{ m}$$

$$r_o = 0,2 \cdot L = 0,2 \cdot 100 = 20 \text{ m}$$

Kahe puurkaevu koosmõju:

$$S_{2pk} = \frac{0,366 \cdot Q \cdot \lg \frac{R}{r_o}}{km} = \frac{0,366 \cdot 1500 \cdot \lg \frac{474342}{20}}{200} = 12,0 \text{ m}$$

Täiendav põhjaveetaseme alanemine:

$$S_{pk} = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot km} \cdot \ln \frac{L}{\pi \cdot R_{pk}} = \frac{750}{2 \cdot 3,14 \cdot 200} \cdot \ln \frac{100}{3,14 \cdot 0,15} = 3,2 \text{ m}$$

Ordoviitsiumi põhjaveekihi veetaseme alanemine veehaardes kokku:

$$S = S_{2pk} + S_{pk} = 12,0 + 3,2 = 15,2 \text{ m}$$

Lubatav veetaseme alanemine 45 m (põhjaveekihini).

² Keskkonnaregistrisse kantud puurkaevu/puuraugu andmed <https://veka.keskkonnainfo.ee/veka.aspx?pkArvestus=1936572179> – vaadatud 05.06.2020

2. Veetaseme alanemine erineva sügavusega põhjaveekihte avavates puurkaevudes

Puurkaevudes levib põhjavesi põhiliselt Alam-Siluri Raikküla lademe lubjakivides ja dolomiitides, millest võtab vee Paide linna veehaare. Raikküla lademe kivimid, mis lamavad 20–30 m sügavusel maapinnast on suurima veeandvusega. Vettandvad on paiguti veel Juuru lademe alumise osa ja Ülem Ordoviitsiumi Pirgu lademe kivimid. Siluri Juuru (S_{Ijr}) 17,4 m paksune lade on suhteline veepide. Tere AS veehaare võtab vee Ordoviitsiumi veekihi sügavusvahemikust 118–170 m. Arvutused veevõtu koostmõju kohta on tehtud alljärgneva valemiga:

$$s^1 = \frac{Q}{4\pi(T_1 + T_2)} \cdot \left[\ln \frac{2,25 \cdot a^* \cdot t}{r^2} - 2K_o \left(\frac{r}{B^*} \right) \right],$$

kus s^1 – veetaseme alanemine Siluri veekihi Paide veehaardes, m;

T_1 – Siluri veekihi veejuhtivus, m²/ööp: $T_1 = 500$ m²/ööp;

T_2 – Ordoviitsiumi veekihi veejuhtivus, m²/ööp: $T_2 = 200$ m²/ööp;

Q – tootlikkus, m³/ööp: $Q_{Paide} = 2000$ m³/ööp, $Q_{TereAS} = 1500$ m³/ööp;

a^* – tasemejuhtivus, m²/ööp: $a^* = 1 \cdot 10^7$ m²/ööp,

$$a^* = \frac{2 \cdot a_1 \cdot a_2}{a_1 + a_2}$$

t – aeg, ööp, $t = 25 \cdot 365 = 10^4$ ööp;

K_o – modifitseeritud 0-järgu 2. tüüpi Besseli funktsioon, m

r – etteantud kaugus, m. Arvutustes on kaugused veehaardest: 20 m ja 3,3 km;

m' – kahte põhjaveekihti eraldava suhtelise veepideme paksus, m, $m' = 17,4$ m;

B^* – suhtelist veepidet läbiva voolu parameeter, m;

Arvutused on tehtud kahel filtratsiooni tingimusel:

- filtratsioonimoodul $k' = 1$ m/ööp
- filtratsioonimoodul $k' = 0,1$ m/ööp.

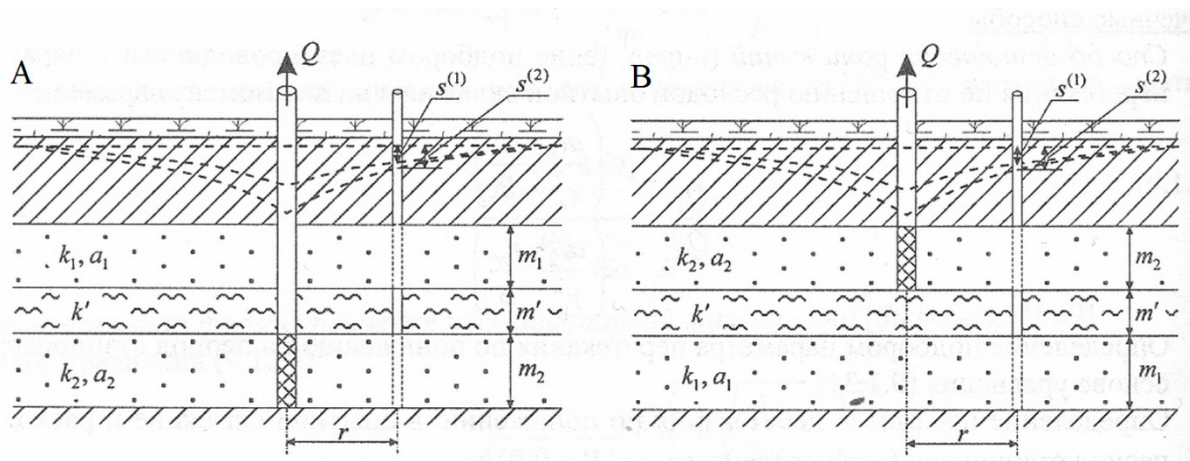
$$B^* = \sqrt{T^* \cdot \frac{m'}{k'}} = \sqrt{143 \cdot \frac{17,4}{0,1}} = 158 \text{ m}; \quad \sqrt{143 \cdot \frac{17,4}{1}} = 50 \text{ m}$$

$$T^* = \frac{T_1 \cdot T_2}{T_1 + T_2}$$

Tulemuseks on, et veetaseme alanemised erinevad vähe:

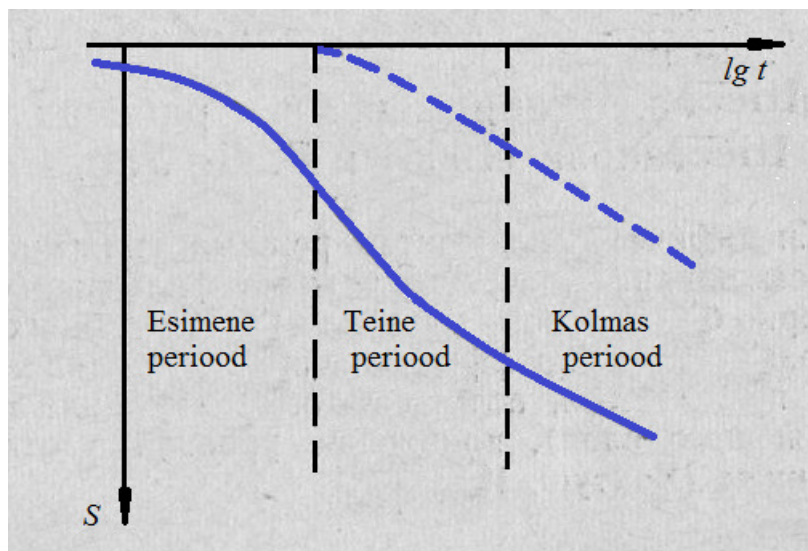
- 20 meetri kaugusel on veetasemete alanemine 3,32 m ja 3,30 m
- 3,3 km kaugusel on veetasemete alanemine 1,82 m ja 1,80 m.

Mõlemad põhjaveekihtid on hüdrodünaamiliselt seotud. Ülemine Siluri põhjaveekiht toidab läbi suhtelise veepideme Ordoviitsiumi põhjaveekihti (joonis 1). Veevõtul võib: 1) eri sügavustes asuvate põhjaveekihtide veetase jääda pumpamise ajal konstantseks ja 2) ülemise või alumise põhjaveekihi veetase muutuda pärast põhikihi, vastavalt alumise või ülemise põhjaveekihi taset. Esimesel juhul on veekihi märkimisväärsed veevarud või lisa sissevool näiteks veekogust või survest põhjaveest.



Joonis 1. Tüüpilised põhjaveekihi skeemid: A – pumbatakse alumisest kihist, B – pumbatakse ülemisest kihist

Erinevas sügavuses asuvatest põhjaveekihtidest veejuhtivusega (T_1 ja T_2) võetakse vett ülemisest veekihtist. Alumine põhjaveekiht käitub toiteallikana (kõrge survetase). Väljapumbatava põhjaveekihi taseme alanemise režiimil on kolm iseloomulikku perioodi (joonis 2): esimesel perioodil alaneb põhjaveekihi veetaseme märgatavalt, teisel perioodil toimub erineva sügavusega veekihtide veetasemete kompleksne vastastikune kõikumine ja kolmandal perioodil põhjaveekihtide veetasemed saavutavad stabiilsuse. Lisa vooluefekt avaldub selgelt väheneva $S - \lg(t)$ graafikus kuni taseme stabiliseerumiseni ehk kolmanda perioodini. Kui erisügavustes asetsevate põhjaveekihtide veetase pumpamise ajal ei muutu, siis veetaseme alanemise graafik läheneb sirgele.



Joonis 2. Tüüpgraafik $S - \lg(t)$ kahekihisest süsteemist veevõtul (joon – 1. veekihtist, punktiir – 2. veekihtist)

Kokkuvõte

Puurkaevude puurimisaegsed staatilised veetasemed Paide veehaardes olid 0 m (pk 13906), 0 m (pk 13907), 0,2 m (pk 15161) ja 0,25 m (pk 15162). Tere AS puurkaevu 8472 veetase 30.12.2019 oli 0,9 m. Puurimisaegne veetase oli 8,3 m sügavusel maapinnast. Veetaseme tõus Ordoviitsiumi põhjaveekihtis võib olla tingitud vähese veevõtuga sellest kihist.

Puurkaevude Siluri ja Ordoviitsiumi veekihi puurimisaegsete staatiliste veetasemete erinevus oli 8,05–8,1 m, Paide veehaarde Siluri põhjaveekihi puurimisaegse ja Tere AS tulevase veehaarde põhjaveekihi vaheline veetaseme erinevus oli 0,65–0,7 m.

Veevõtul alaneb Paide linna veehaardes Siluri põhjaveekihi veetase 6,4 m ja Tere AS veehaardes Ordoviitsiumi põhjaveekihi veetase 15,2 m.

Veevõtul 4 puurkaevust Paide veehaarde Siluri ja 2 puurkaevust Ordoviitsiumi põhjaveekihist alaneb veetase 20 m kaugusel vastavalt 3,32 m ja 3,30 m ning 3,3 km kaugusel – 1,82 m ja 1,80 m ehk erinevus on väga väike. Veetaseme alanemise väikse erinevuse tõttu võib öelda, et Tere AS veehaardest vee tarbimine ei mõjuta oluliselt veeloovutuse võimekust Paide veehaardes.

Koostas:

Katrin Erg
Hüdrogeoloog
Hüdrogeoloogiliste tööde tegevusluba KHY000053
Maavarauuringud OÜ
Reg nr 14346587
Iva 12, Tallinn 12618
Tel 5349 1628