

Ordoviitsiumi-Kambriumi Virumaa põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas (5a)

Põhjaveekogumi iseloomustus

Põhjaveekogumi iseloomustus tugineb Eesti Geoloogiateenistuse poolt koostatud põhjaveekogumi kontseptuaalse mudeli aruandele (Marandi jt., 2019):

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, EGF:9110 Rakvere. (<https://fond.egt.ee/fond/egf/9110>),

kust leiab lisainformatsiooni lisas esitatud põhjaveekogumi kohta ning täiskirjed lisas toodud kirjanduse viidetele.

PVK nr.	Vesikond	Põhjaveekogumite grupp	Põhjaveekompleks	Maakond	Pindala (km ²)
5a	Ida-Eesti vesikond	Ordoviitsiumi-Kambriumi	Ordoviitsiumi-Kambriumi	Ida-Virumaa, Lääne-Virumaa, Järvamaa	6593

Hüdrogeoloogiline iseloomustus	Kivimite litoloogiline koostis	Peamisteks vettandvateks kivimiteks on Alam-Ordoviitsiumi vanusega Kallavere kihistu ning Alam-Kambriumi vanusega Tiskre kihistu aleuroliitne kuni peeneteraline kvartsliaakivi (Perens jt., 2012)
	Kogumi paksus	Põhja-Eesti rannikul Aa mõisa juures ~18 m, põhjaveekogumi lõunapiiril ~30 m (Perens & Vallner, 1997; Perens jt., 2012; Maa-amet, 2018).
	Lasuv veepide	Alam-Ordoviitsiumi Türisalu kihistu graptoliitargilliit, mille lasuvad Varangu, Leetse ja Toila kihistu savid, savikad glaukoniiti sisaldavad liivakivid ja tihedad dolomiitlubjakivid. Veepideme paksus suureneb lõuna suunas. Horisontaalsuunaline filtratsioonikoefitsent võib muutuda vahemikus 0,001–1,0 m/ööpäevas, vertikaalne filtratsioonikoefitsent on 10 ⁻⁹ –10 ⁻⁴ m/ööpäevas (Perens jt., 2012)
	Lamav veepide	Eelpool kirjeldatud Alam-Kambriumi vanusega Lükati–Lontova (Ca _{lk} -In) regionaalne veepide vertikaalse filtratsioonikoefitsiendiga 10 ⁻⁸ –10 ⁻⁵ m/ööpäevas.
	Põhjavee survepind	Kesk-Eestis Pandivere kõrgustiku ümbruses absoluutkõrgusel 50–60 m (Perens & Vallner, 1997; Erg & Tamm, 2018). Tarbimiseelset ajal 1960datel on põhjavee survetase

		Pandivere kõrgustiku ümbruses olnud absoluutkõrgusel 70 m (Tšeban, 1966). Pandivere kõrgustikult eemaldudes langeb survepind radiaalselt kõigis suundades, jäädes Põhja-Eesti rannikul absoluutkõrgusele 20-30 m (Perens jt., 2012). Kohalikud alanduslehtid on kujunenud intensiivsema veevõtuga piirkondades (Mäetaguse vald, Estonia kaevandus, Kiviõli, Rakvere, Tapa; Perens jt., 2012).
--	--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<u>Hüdrodünaamika</u>	<i>Voolusuunad</i>	Põhjavee looduslik liikumissuund põhjavee survetasemete järgi on Pandivere kõrgustikult radiaalselt kirde, ida ja kagu suunas (Perens jt., 2012). Vähesel määral infiltreerub põhjaveevool allpool lasuvatesse Kambriumi–Vendi põhjaveekogumitesse (Vallner, 1997). Väljavooluala praktiliselt puudub ning piirdub kitsa alaga Põhja-Eesti klindi jalamil (Perens jt., 2012).
	<i>Hüdrauliline juhtivus ja põhjaveevoolu kiirus</i>	Vettandvate kivimite lateraalne hüdrauliline juhtivus on vahemikus 0,5–3 m/ööpäevas ja väheneb lõuna suunas. Vertikaalne hüdrauliline juhtivus on 0,05–1 m/ööpäevas (Perens jt., 2012). Liivakivi elastse veemahtuvuse erikoefitsent on $2,5 \cdot 10^{-5}$ – $6 \cdot 10^{-3}$ ja läbilaskevõime 20–50 m ² /ööpäevas (Perens jt., 2012). Põhjavee liikumise kiirus veekompleksis on väga aeglane. Seda iseloomustab Virumaade mudeli põhjal arvatud põhjavee voolutee pikkus Pandivere kõrgustikul, mis on Ordoviitsiumi-Kambriumi veekihi vaid kuni ~5 km viimase 5000 aasta jooksul (Jõelet & Polikarpus, 2018).
	<i>Toitumine ja režiim</i>	Põhjavee isotoopkoostis osutab sellele, et kõige kiirem veevahetus veekogumis toimub Põhja-Eesti ranniku lähedal, kus lasuvate kihtide paksus on väike. Seal kuulub vesi aktiivse veevahetuse vööndisse (Pärn, 2018). Lõuna pool veekihi veevahetus aeglustub ja veekogum kuulub mõõduka või aeglase veevahetuse vööndisse (Pärn, 2018; Jõelet & Polikarpus, 2018). Pandivere kõrgustik, mida iseloomustavad veekihi kõige suuremad survetasemed, kuulub samuti mõõduka või aeglase veevahetuse vööndisse, sest Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleksi jõudmiseks peab infiltreerunud vesi liikuma läbi Ordoviitsiumi kihtide ja Siluri–Ordoviitsiumi regionaalse veepideme. Intensiivsem toitumine läbi Kvaternaari setete võib toimuda Purtse ja Vasavere ürgoru ümbruses (Perens jt., 2012). Põhjaveekogumi survetase sõltub tarbimisest. Kui surveist põhjavett ei tarbita, siis toimub veekihi survetasemete tõus. Veevõtu korral survetase alaneb ja toitumine lasuvatest kihtidest suureneb (Perens jt., 2012). Ordoviitsiumi–Kambriumi põhjaveekogum ületab riigipiiri Ida-Virumaal, olles

		<p>seal nii Eesti kui Venemaa veekasutuse mõju all.</p> <p>Põhjaveekogumi seisundit mõjutab kõikjal veevõtt veevarustuseks ja kogumiga seotud veekompleksi looduslik seisund on kohati säilinud vaid põhjarannikul veekompleksi väljealal, kus veevõtt on suhteliselt väike ning veekompleks jääb aktiivse veevahetuse võosse (Perens jt., 2012). Koos põhjaveekogumi lasumussügavuse suurenemisega lõuna suunas väheneb ilmastikutingimuste mõju põhjavee seisundile ning veevahetustingimused halvenevad ning vastavalt suureneb veevõtu mõju põhjaveetasemete režiimile.</p>
--	--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<u>Põhjavee koostis</u>	Keemiline koostis	<p>Põhjavee keemiline koostis varieerub tinglikult põhja-lõuna suunas. Põhja-Eesti ranniku lähedal, kus lasuvate Ordoviitsiumikivimite paksus on väike, levib Ca-HCO₃ tüüpi põhjavesi mineraalsusega 0,2-0,5 g/L. Oma isotoopkoostiselt ($\delta^{18}\text{O}$ väärtused ~ -10 kuni -13%) on see sarnane maapinnalähedasele põhjaveele (Pärn jt., 2016; Raidla jt., 2016). Põhjavee vanusemäärangute järgi on tegemist tänapäevast päritolu põhjaveega (Pärn jt., 2019).</p> <p>Põhjaveekogumi lõunaosas levib Na-HCO₃ tüüpi põhjavesi mineraalsusega 0,3-0,6 mg/L. Põhjavee isotoopkoostise järgi ($\delta^{18}\text{O}$ väärtused ~ -15 kuni -19%) ei pärine vesi tänapäevasest veeringest ja kuulub pigem aeglase veevahetuse võõndisse (Pärn, 2018). See põhjavesi pärineb tõenäoliselt jääaegadel Eesti ala katnud mandriliustike sulavetest Põhjavee vanusemäärangute järgi on see põhjavesi >10000 aastat vana ja tegemist on inimese elueaga võrreldes taastumatu ressursiga.</p> <p>Suuremal osal põhjaveekogumi levialast vastab vesi joogiveele kehtestatud normidele. Lubatud piirnormist on kohati suuremad looduslikud raua (>0,2 mg/L) kontsentratsioonid. Kõrgemad raua kontsentratsioonid esinevad Ca-HCO₃ tüüpi vees.</p> <p>Üldiselt vastab põhjaveekogumi vesi oma keskmistelt ja mediaanväärtustelt põhjavee I kvaliteediklassile (Perens jt., 2012; Sotsiaalministri määrus 02.01.2003 nr 1). Ainult kõrgema raua sisalduse korral vastab vesi II kvaliteediklassile (Sotsiaalministri määrus 02.01.2003 nr 1).</p> <p>Põhjavee kvaliteet on veevõtul jäänud stabiilseks, sest põhjaveekogum on hästi kaitstud maapinnalt lähtuva reostuse eest.</p>
	Keemilise koostise kujunemise kontseptuaalne mudel	<p>Põhjaveekogumi põhjavesi on kujunenud tänapäeva sademete infiltreerumisel tekkinud põhjavee, jääajal mandriliustike sulavetest tekkinud põhjavee ja reliktsse Na-Cl</p>

		tüüpi vee segunemisel. Kõige olulisemad geokeemilised protsessid, mis on mõjutanud põhjavee keemilise koostise kujunemist, on karbonaatsete mineraalide (dolomiit, kaltsiit) lahustumine, katioonvahetus, püriidi oksüdatsioon ja orgaanilise aine oksüdeerumine. Enam on katioonvahetusest ja orgaanilise aine oksüdatsioonist mõjutatud liustikutekkeline Na-HCO ₃ tüüpi põhjavesi. Lokaalselt leidub põhjavees suuremaid metaani kontsentratsioone (Pandivere ümbrus), mis on tekkinud orgaanilise aine oksüdeerumise lõppfaasis ja mille esinemine väljendab põhjavee aeglast liikumist läbi lasuvate Ordoviitsiumi ja Siluri kivimite (Pärn jt., 2018). Kohati kõrgemad ²²⁶ Ra aktiivsused (kuni 0,2 Bq/kg) väljendavad tõenäoliselt vastastikmõju lasuva graptoliitargilliidiga.
--	--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<u>Seosed pinna- ja maismaa-ökosüsteemidega</u>	Seotud vooluvee-ökosüsteemid	Ei ole
	Seotud seisuveeökosüsteemid ja karstiobjektid	Ei ole
	Seotud maismaaökosüsteemid	Ei ole

<u>Seisundi hinnang</u> (Hartal projekt, 2014a)	Koguseline seisund	Hea
	Keemiline seisund	Hea
	Üldseisund	<p>Hea (ohustatud)*</p> <p><i>Veevõtu intensiivistamine võib põhjustada veetaseme alanemist, sulfaatide ja kloriidide sisalduse suurenemist ning halvendada veevarustuse olukorda.</i></p> <p>* hinnang antud Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjavee-kogumile Ida-Eesti vesikonnas</p>

<u>Põhjaveevarud</u> (m ³ /ööpäevas)	Looduslik ressurss	49519
	Põhjavee kinnitatud varu	12260
	Põhjaveevõtt 2018. a	3032
	Kasutuses olev vaba põhjavee kogus 2018. a	9228
	Minimaalne looduslik vaba ressurss	37259
	Minimaalne looduslik kasutatav veehulk 2018. a	46487

Lähtudes põhjaveele avalduvast koormusest ja ohust on põhjaveekogumile kehtestatud järgmised läviväärtused (KeM 2019a):

Põhjaveekogumi number	Põhjaveekogum	Saasteaine	Ühik	Saasteaine sisalduse läviväärtus põhjavees
5a	Ordoviitsiumi-Kambriumi Virumaa põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas	Sulfaadid	mg/l	100
		Ühealuselised fenoolid	µg/l	1
		Naftasaadused	µg/l	20
		Benseen	µg/l	1
		Summa PAH	µg/l	0,1

Põhjaveekogumi keemilise ja koguselise seisundi hinnang

Põhjaveekogumi keemilise seisundi hinnang

Ordoviitsiumi-Kambriumi Virumaa põhjaveekogumi Ida-Eesti vesikonnas keemilise seisundi hindamisel on kasutatud 10 põhjavee ülevaateseire puurkaevu (Tabel 1, Joonis 1) veeanalüüside tulemusi. Nii antud põhjaveekogumi kui ka kõigi teiste põhjaveekogumite keemilise seisundi hindamisel on kasutatud nii riikliku põhjaveekogumite keemilise seisundi seire, ettevõtte omaseire, nitraaditundliku ala (NTA) põhjavee seire kui ka ohtlike ainete uuringu käigus kogutud analüütilist andmestikku, kuid vaid punktides, mis kuuluvad põhjaveekogumite keemilise seisundi seire kaevude nimistusse ning osaliselt ka NTA põhjavee seire kaevude hulka.

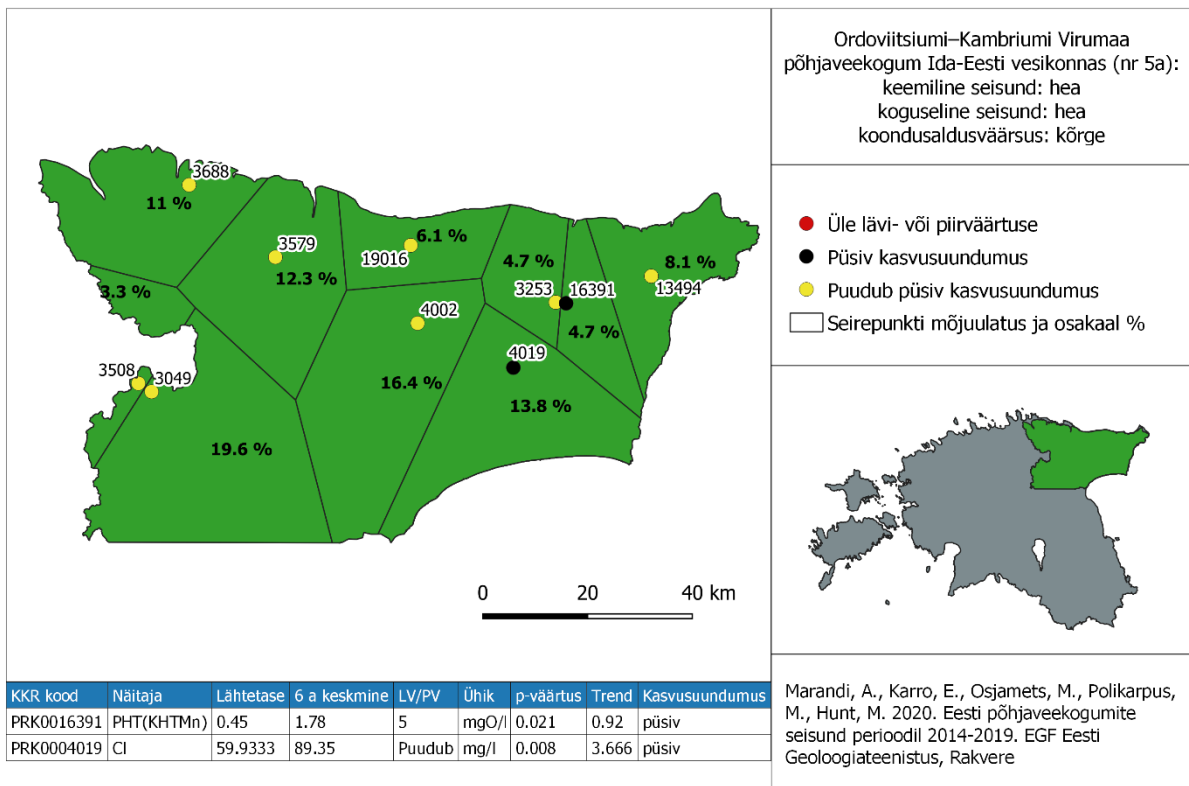
Põhjaveekogumite keemilise seisundi hindamist võib käsitada kaheetapilise menetlusena (European Commission 2009; AS Infragate Eesti 2013). Esimese etapi käigus tehakse kindlaks põhjavees esinevate keemiliste parameetrite (kvaliteedinäitajate) läviväärtuse või piirväärtuse ületamine. Kui üheski seirepunktis pole norme ületatud, on põhjaveekogumi keemiline seisund hea. Kui aga läviväärtust või piirväärtust on ühel (või mitmel) juhul ületatud, tuleb läbi viia testid. Seega, esimese sammuna arvutati keemiliste näitajate 2014-2019. a keskmised sisaldused põhjaveekogumi seirepunktides ning võrreldi neid vastavate läviväärtuste või piirväärtustega (Tabel 1).

Tabel 1. Põhjavee kvaliteedinäitajate 2014-2019. a. keskmised väärtused võrrelduna põhjaveekogumile kehtestatud lävi-(LV) ja piirväärtustega (PV). Puurkaevu koodi taha on märgitud kaevu mõjuraadius (% PVK pindalast)

Puurkaev		Cl	SO4	NH4	NO3	O2	pH	PHT(KHTMn)	As	Cd	Hg	Pb	Fenoolid (1-aluselised)	PAH summa
		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	-	mgO/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
		Puudub	100	1.5	50	Puudub	6-9	5	100	10	2	200	1	0.1
PRK0003049	19,6	48,6	1,7	0,04	0,2	2,2	7,60	1,00						
PRK0003253	4,7	5,3	39,5	0,04	0,2		7,20	1,10						
PRK0003508	3,3	38,7	0,5	0,13	0,2	6,2	7,80	0,38						
PRK0003579	12,3	22,2	37,3	0,16	0,3	0,8	7,86	0,82						
PRK0003688	11	4,7	3,0	0,07	0,2	1,1	7,16	1,02						
PRK0004002	16,4	25,0	8,8	0,11	0,3	1,4	8,00	1,20						
PRK0004019	13,8	89,4	11,6	0,07	0,4	0,8	8,32	1,28					0,15	
PRK0013494	8,1	32,7	1,9	0,11	0,2	5,3	7,48	1,63					0,15	0,02
PRK0016391	4,7	23,2	15,3	0,19	0,3	5,2	7,64	1,78						
PRK0019016	6,1	26,6	45,7	0,29	0,2	1,1	7,40	1,58	3,00	0,10	0,01	1,00	0,15	0,02
PVK keskmine		32,6	16,9	0,14	0,2	2,4	7,68	1,25	3,00	0,10	0,01	1,00	0,15	0,02

Tabelist 1 nähtub, et Ordoviitsiumi-Kambriumi Virumaa põhjaveekogumis Ida-Eesti vesikonnas on seirekaevude põhjavee kvaliteedinäitajate keskmised väärtused alla kehtestatud lävi- ja piirväärtuste.

Sellest tulenevalt on põhjavee keemiline seisund hea ning põhjavee keemilise seisundi hindamise teste läbi viia ei ole vaja. Testi usaldusväärsus on kõrge.



Joonis 1. Seirepunktide paiknemine ja nende mõjuulatused ning oluliste saasteainete kasvusuundumused Ordoviitsiumi-Kambriumi Virumaa põhjaveekogumis Ida-Eesti vesikonnas

Põhjaveekogumi koguselise seisundi hinnang

Test 6. Test põhjaveekogumi koguselise seisundi hindamiseks põhjaveeressursi bilansist lähtuvalt

Ordoviitsiumi-Kambriumi Virumaa põhjaveekogumis Ida-Eesti vesikonnas looduslik ressurs (49519 m³/d) on suurem kui põhjavee kinnitatud tarbeveevaru (12260 m³/d). Seetõttu hinnatakse testis 6 üldist põhjaveevõttu 2017. ja 2018. aastal (vastavalt 3036 ja 3032 m³/d) võrreldes seda põhjaveekogumi loodusliku ressursiga. 2018. a seisuga on loodusliku kasutatava vaba vee hulk 46487 m³/d, ning see on peaaegu võrdne 2017. aastaga (vahe on 4 m³/d).

Lähtuvalt eelnevast on test 6 tulemusena Ordoviitsiumi-Kambriumi Virumaa põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas heas seisundis. Testi usaldusväärsus on kõrge.

Test 7. Test põhjaveekogumi koguselise seisundi hindamiseks seotud pinnaveekogumitest lähtuvalt

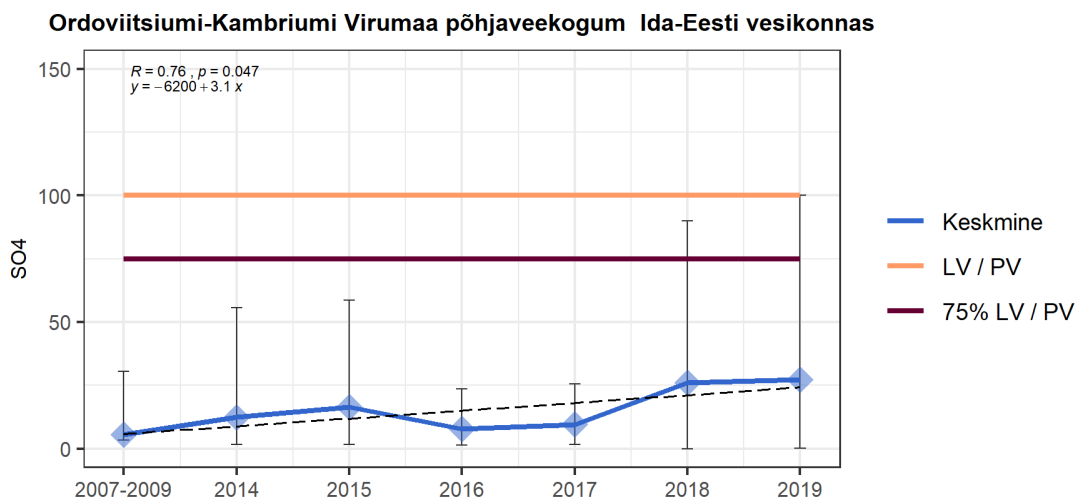
Põhjaveekogumi veest sõltuvad pinnaveekogumid puuduvad. Põhjaveekogum on test 7 alusel **heas seisundis, hinnangu usaldusväärsus on kõrge.**

Test 8. Test põhjaveekogumi koguselise seisundi hindamiseks seotud maismaaökosüsteemidest lähtuvalt

Põhjaveekogumi veest sõltuvad maismaaökosüsteemid puuduvad. Põhjaveekogum on test 8 alusel **heas seisundis, hinnangu usaldusväärsus on kõrge.**

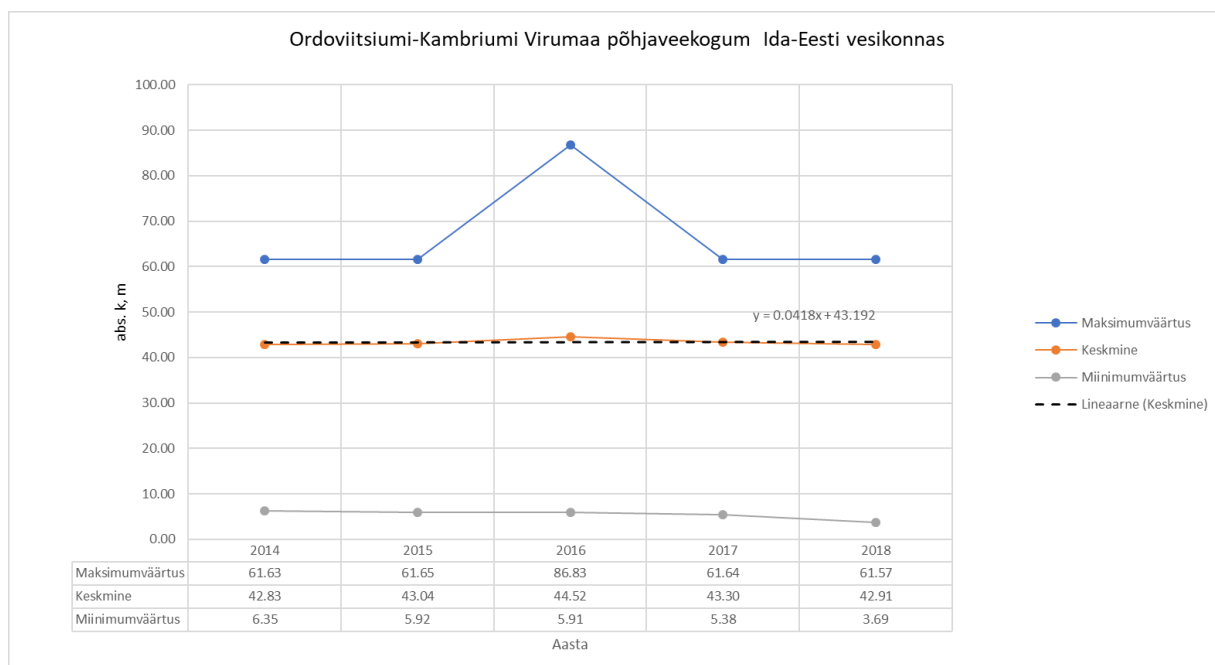
Test 9. Test põhjaveekogumi koguselise seisundi hindamiseks soolase või muu vee sissetungi ohust lähtuvalt

Test 1 tulemusena (Tabel 1) selgus, et üheski seirekaevus ei ületata perioodi keskmine SO₄ sisaldus Ordoviitsiumi-Kambriumi Virumaa põhjaveekogumile kehtestatud läviväärtust 100 mg/l, kuid esineb mõningane tõusutrend, mis jääb alla poole 75% läviväärtusest.



Joonis 2. Aastakeskmised SO₄ sisaldused Ordoviitsiumi-Kambriumi Virumaa põhjaveekogumi seirekaevude vees

Kuna SO₄ sisaldustes esines kasvutrend, siis hinnatakse vastavalt metoodikale ka põhjaveekogumi aasta keskmiste veetasemete käitumist. Jooniselt 3 nähtub, et Ordoviitsiumi-Kambriumi Virumaa põhjaveekogumi põhjaveetasemete muutuses ei ole langustrendi, mistõttu on Ordoviitsiumi-Kambriumi Virumaa põhjaveekogumi **seisund test 9 tulemusena hea. Testi usaldusväärsus on kõrge.**



Joonis 3. Ordoviitsiumi-Kambriumi Virumaa põhjaveekogumi aasta keskmiste veetasemete muutus