

Groundwater body delineation approaches in Estonia

Siim Tarros

Geological Survey of Estonia

10.11.2020



WaterAct
Joint actions for more efficient management
of common groundwater resources

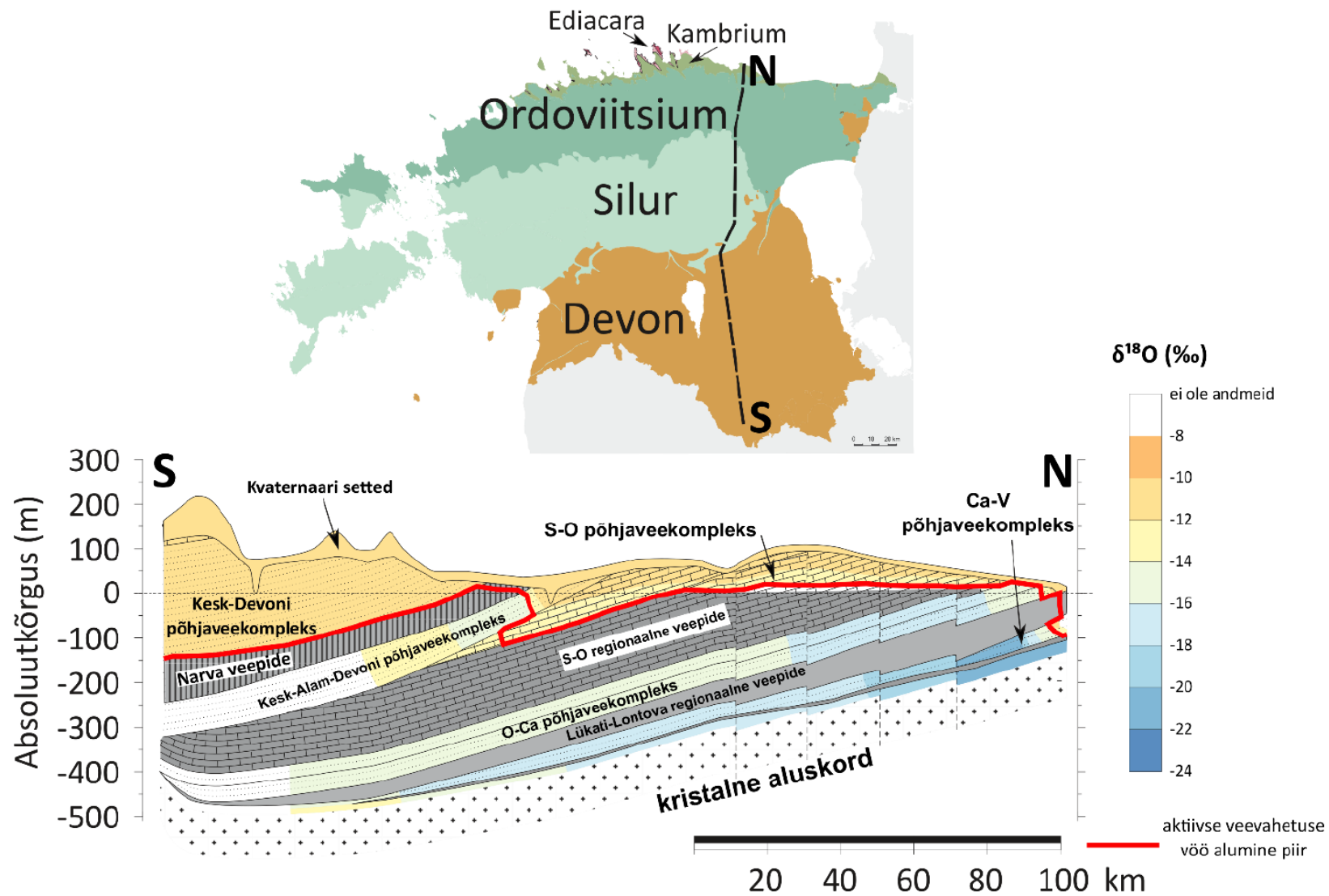
GWB definition and delineation

Groundwater body (GWB) definition from WFD 2000:

a certain amount of groundwater in an aquifer or aquifers, which is strictly defined within horizontal and vertical distribution boundaries. Within the boundaries of a groundwater body, there must be a minimum inflow of water from adjacent groundwater bodies and a low-variable chemical composition of water in order to calculate the water balance for each body and determine the natural background values of the water composition.

Main aspects in the delineation of GWBs according to WFD:

- Geological and hydrogeological boundaries;
- GWB quantity (porosity and amount of GW available);
- GWB chemistry (homogenous composition);
- GW flow (direction) and watershed boundaries;
- Pressures and impacts to the GWB.



Geological map of Estonia and hydrogeological cross-sections of Estonian bedrock together with the distribution of major aquifers and aquitards. Marandi et al 2019.

Estonian GWB delineation history

- **2000** FEI-EEA project "Support to the implementation of the EUROWATERNET in the Baltic Countries" report
 - 30 GWBs
- **2004** first legislation
 - 15 GWBs
- **2011-2013** changes in legislation
 - 25 GWBs
- **2012** Perens et al .report, changes in legislation **2013**
 - 39 GWBs
- **2019** Marandi et al report, changes in legislation **2019** (new Water Act)
 - 31 GWBs

Hydrogeological stratification and aquifer Systems.

Põhjaveekogumite paiknemine hüdroteoloogilises läbilõikes

Regionaalne stratigraafiline skeem	Kohalikud ühikud	Hüdroteoloogilised stratoniid		Põhjaveekogum ("Support..." 2000)	Põhjaveekogumid alamvesikondade majandamiseks		Põhjaveekogumite grupp	
Ladestu	Kihistu (Lade)	Veekompleks	Veekiht; veepide					
Kvaternaar Q	Holotseen	Kvaternaari (Q)	Glatsiofluviaalsed setted (fQ _{III})		1; 2; 3	Männiku–Pelguranna	Kvaternaari	
	Pleistotseen		Vasavere	Meltsiveski				
Devon D	Daugava Dubniki Plavinase	Ülem-Devoni (D ₃)	Dubniki–Plavinase (D ₃ db–pl)		4	Ülem-Devoni (Koiva)* (4)		
	Amata		Snetnaja Gora–Amata veepide (D ₃ sn–D ₂ am)					
	Gauja Burtmieki Aruküla	Kesk-Devoni (D ₂)	Gauja–Aruküla (Tartu) (D ₂ gj–ar)		5	Edela-Eesti (Pärnu)* Võrtsjärve Tartu Koiva		
	Narva		Narva regionaalne veepide (D ₂ nr)					
Pärnu Rezekne Tilze	Kesk-Alam-Devoni (D ₂₋₁)	Pärnu–Tilze (Pärnu) (D ₂ pr–D ₁ tl)		6; 7	Pärnu (6) Reiu–Vaskräama (7)	Kesk-Alam-Devoni (Pärnu)		
Silur S		Siluri-Ordoviitsiumi S–O	Siluri	Liigestamata	8–18	Lääne-Saarte Harju Matsalu Pärnu–Järva Viru Narva Peipsi Pandivere		Siluri-Ordoviitsiumi
Ordoviitsium O			Ordoviitsiumi	Siluri-Ordoviitsiumi regionaalne veepide (S–O)				
Kambrium C	Vergale Pirita	Ordoviitsiumi–Kambriumi (O–C)	Ruhnu (C ₁ rh)	Irbe veepide (C ₁ ir)	19; 20; 21	Loode-Eesti (Harju)* Kesk-Eesti (Pandivere)* Kirde-Eesti (Viru)*		Ordoviitsiumi–Kambriumi
	Lontova		Lükatil–Sõru veepide (C ₁ sl–sr)	Lükatil–Lontova veepide (C ₁ lk–ln)				
Vend V	Voronka	Kambriumi–Vendi (C–V)	Voronka (V ₂ vr)	26; 27	22–25	Voosi–Kroodi (Harju)* Lahemaa (Pandivere)*		Kambriumi–Vendi
	Kotlin		Voosi (C ₁ vs)	Kotlini veepide (V ₂ kt)		28; 29	Ida-Viru (Viru)*	
	Gdov		Gdovi (V ₂ gd)					
Proterosoikum PR		Aluskord		30				

* – sulgudes on esitatud majandav vesikond

Põhjaveekogumite nimekiri ("Support..." 2000)

EWN-kood	Põhjaveekogumi nimetus	Asukoht	Pindala, km ²	Põhjaveekogumi tüüp (poorne, lõheline või karst)
001	Männiku–Pelgurand	Tallinn	120	poorne – Q
002	Vasavere – Q	Ida-Viru maakond	60	poorne – Q
003	Meltsiveski	Tartu	15	poorne – Q
004	Ülemdevon	Võru maakond	725	karst – D ₃
005	Keskdevon	Lõuna-Eesti	12 800	poorne – D ₂
006	Pärnu	Lõuna-Eesti	11 500	poorne – D ₂₋₁
007	Reiu–Vaskräama	Pärnu maakond	500	poorne – D ₂₋₁
008	Saaremaa	Saare maakond	2 716	karst – S ₂
009	Muhumaa	Saare maakond	206	karst – S ₂
010	Hiiumaa	Hiiu maakond	1 023	karst – S+O
011	Lääne-Eesti	Lääne-Eesti	7 760	karst – S+O
012	Põhja-Eesti	Põhja-Eesti	4 020	karst – S+O
013	Pandivere allikad	Pandivere kõrgustik	3 530	karst – S+O
014	Pandivere võlv	Pandivere kõrgustik	1 280	karst – S+O
015	põlevkivi lasum	Ida-Viru maakond	1 840	karst – S+O
016	põlevkivi	Ida-Viru maakond	1 940	karst – O
017	põlevkivi lamam	Ida-Viru maakond	1 940	karst – O
018	Vasavere – O	Ida-Viru maakond	60	karst – O
019	Loode-Eesti	Loode-Eesti	9 690	poorne – O–C
020	Kesk-Eesti	Kesk-Eesti	14 000	poorne – O–C
021	Ida-Viru – O–C	Ida-Viru maakond	3 310	poorne – O–C
022	Kopli	Tallinn	10	poorne – C–V ₂
023	Tallinn–Viimsi	Harju maakond	220	poorne – C–V ₂
024	Loode-Eesti – C–V ₂	Loode-Eesti	9 690	poorne – C–V ₂
025	Lahemaa	Lahemaa	3 550	poorne – C–V ₂
026	Ida-Viru – V ₂ vr	Ida-Viru maakond	2 315	poorne – V ₂ vr
027	Piiriala – V ₂ vr	Ida-Viru maakond	995	poorne – V ₂ vr
028	Ida-Viru – V ₂ gd	Ida-Viru maakond	2 315	poorne – V ₂ gd
029	Piiriala – V ₂ gd	Ida-Viru maakond	995	poorne – V ₂ gd
030	Kristalne aluskord	Eesti Vabariik	45 215	lõheline – PR ₁

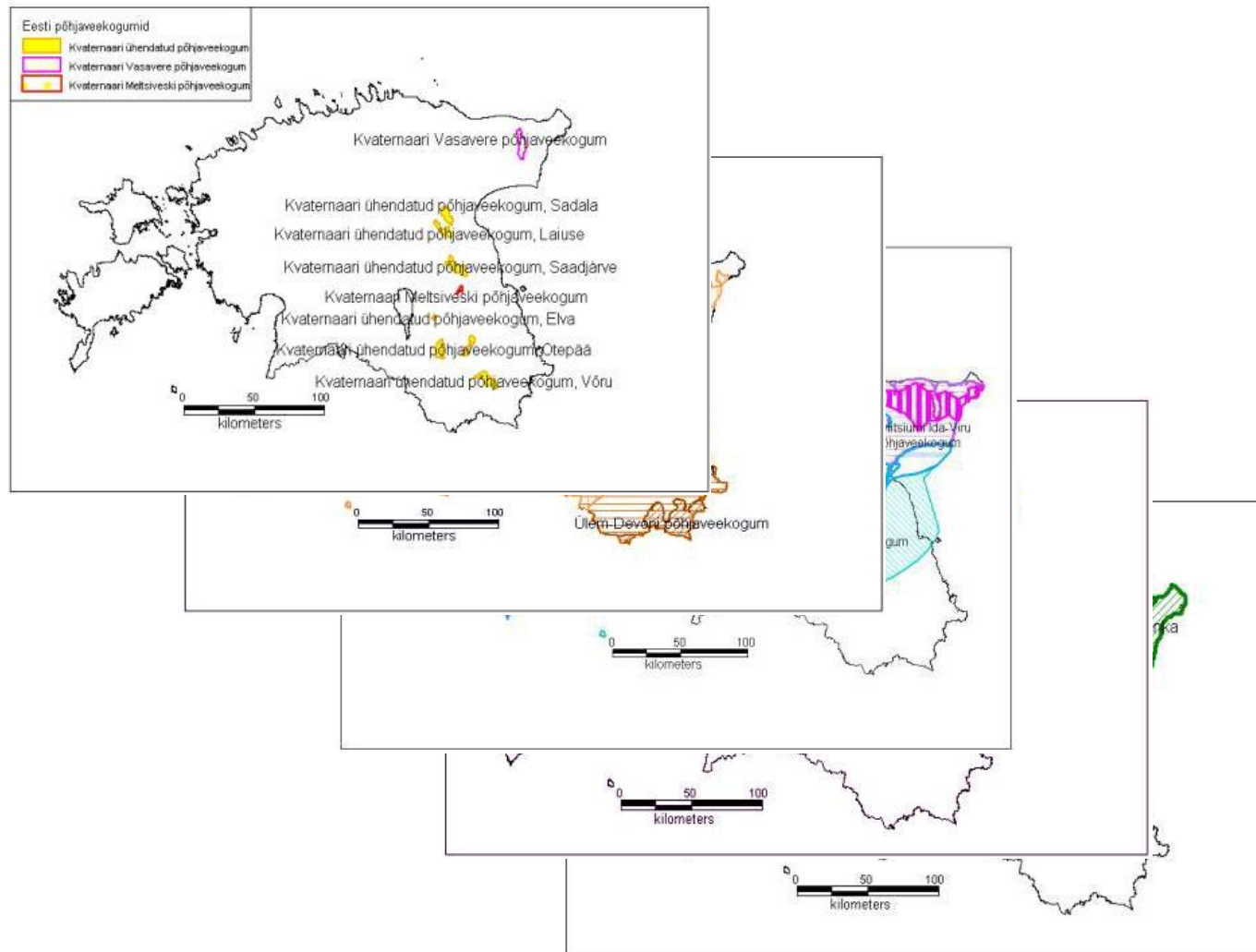
Lists of aquifers that were basis for the delineated GWBs tables from Perens et al 2001

15 GWBs from the legislation approved in 2004

Tabel 1

Põhjaveekogumite paiknemine hüdroteoloogilises läbilõikes

Regio- naalne strati- graafiline skeem	Kohalikud ühikud	Hüdroteoloogilised stratoniidid			Põhjaveekogumid*		Põhjavee- kogumite grupp	
		Ladestu	Kihistu (Lade)	veekompleks	veekiht; veepide	nr.		nimetus
Kvaternaar Q	Holotseen	Kvaternaari (Q)	Glatsiofluviaalsed setted (Q _{gl})		15	Kvaternaari ühendatud	Kvaternaari	
	Pleistotseen				13	Kvaternaari Vasavere		
Devon D	Daugava Dubniki Plavinase	Ülem-Devoni (D ₁)	Dubniki-Plavinase (D ₁ .db-pl)	Snetnoja Gora-Amata veepide (D ₁ .sn-D ₁ .am)	10	Ülem-Devoni		
	Amata				Kesk-Devoni (D ₂)	Gauja-Aruküla (Tartu) (D ₂ .gj-ar)	11	Kesk-Devoni
	Gauja Butuieki Aruküla	Narva regionaalne veepide (D ₂ .nr)	12	Kesk-Alam-Devoni				
	Pärnu Rezekne Tilze						Pärnu-Tilze (Pärnu) (D ₂ .pr-D ₂ .tl)	
	Siluri S		Siluri- Ordo- viitsiumi S-O	Siluri	Lügestamata	08	Siluri-Ordoviitsiumi Devoni kihtide all	Siluri- Ordo- viit- siumi
09						Siluri-Ordoviitsiumi ühendatud		
Ordo- viit- siumi O		Ordo- viit- siumi		Siluri-Ordoviitsiumi regionaalne veepide (S-O)	07	Siluri-Ordoviitsiumi Läänesaared		
					06	Ordoviitsiumi Ida-Viru põlevkivibassein		
					05	Ordoviitsiumi Ida-Viru		
Kambrium Ca	Vergale Pirita	Ordoviitsiumi- Kambriumi (O-Ca)	Ruhnu (Ca.rh)	Irbe veepide (Ca.ir)	04	Ordoviitsiumi- Kambriumi	Ordo- viit- siumi- Kambriumi	
	Lontova		Soela-Tiskre (Ca.sl-ts)	Lükati-Sõru veepide (Ca.lk-sr)	Lükati- Lontova veepide (Ca.lk-ln)	03		Kambriumi-Vendi
Vendi V	Voronka	Kambriumi- Vendi (Ca-V)	Voosi (Ca.vs)	Voronka (V.vr)	Kotliini veepide (V.ikt)	02	Kambriumi-Vendi Voronka	Kamb- riumi- Vendi
	Kotliini			Gdovi (V.gd)		01	Kambriumi-Vendi Gdovi	
Protero- soikum PR		Aluskord						



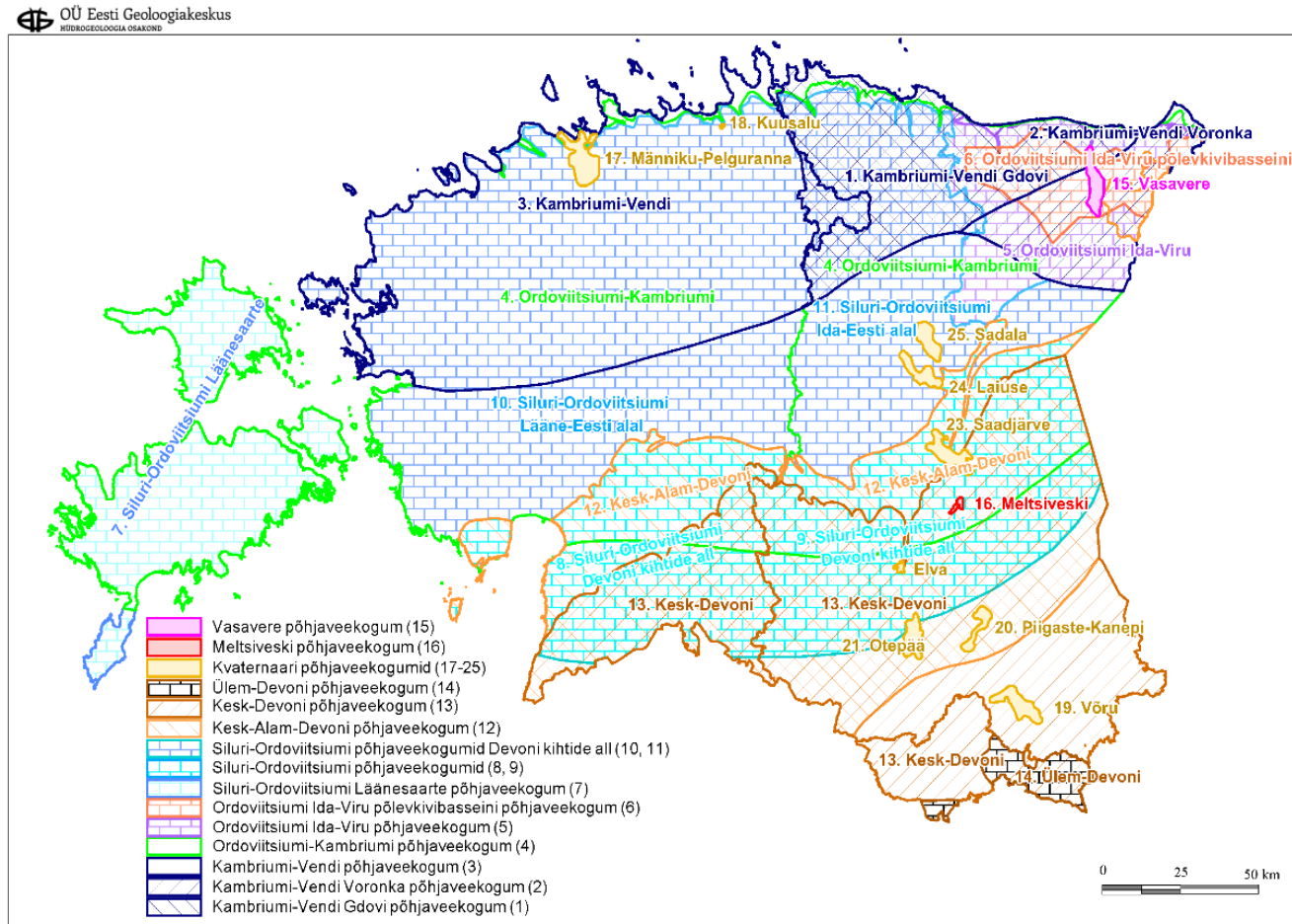
* - Põhjaveekogumi number ja nimetus vastavad keskkonnaministri 2004. a. 10. mai määrusele nr. 47 "Põhjaveekogumite veeklassid, põhjaveekogumite veeklassidele vastavad kvaliteedinäitajate väärtused ning veeklasside määramise kord".

25 GWBs from the legislation approved in 2011

Lisa 1

Põhjaveekogumite paiknemine hüdroteoloogilises läbilõikes

Regionaalne stratigraafiline skeem	Kohalikud ühikud	Hüdroteoloogilised stratoniid			Põhjaveekogumid		Põhjaveekogumite grupp
		Ladestu	Kihistu (Lade)	veekompleks	veekiht	veepide	
Kvaternaar Q	Holotseen	Kvaternaari (Q)	Glatsiofluviaalsed setted (Q _{gl})	25	Kvaternaari Sadala	Kvaternaari	
				24	Kvaternaari Laiuse		
				23	Kvaternaari Saadjärve		
				22	Kvaternaari Elva		
				21	Kvaternaari Otepää		
	Pleistotseen	20	Kvaternaari Piigaste-Kanepi				
		19	Kvaternaari Võru				
		18	Kvaternaari Kuusalu				
		17	Kvaternaari Männiku-Pelguranna				
		16	Kvaternaari Meltsiveski				
Devon D	Daugava	Ülem-Devoni (D ₂)	Dubniki-Elavina (D ₂ .db-pl)	14	Ülem-Devoni	Devoni	
	Dubniki-Elavina			Amata	Sisepaja Gora-Amata veepide (D ₁ sn-D ₂ am)		
	Gauja	Kesk-Devoni (D ₂)	Gauja-Aruküla (Tartu) (D ₂ g-ar)	13	Kesk-Devoni		
	Burtneki-Aruküla			Narva	Narva regionaalne veepide (D ₂ nr)		
Pärnu	Kesk-Alam-Devoni (D ₂ .1)	Pärnu-Tilža (Pärnu) (D ₂ .pr-D ₂ .tl)	12	Kesk-Alam-Devoni			
Rezakne-Tilža							
Silur S	Siluri-Ordoviitsiumi (S-O)	Siluri	Liigestamata	11	Siluri-Ordoviitsiumi Ida-Eesti alal	Siluri-Ordoviitsiumi	
				10	Siluri-Ordoviitsiumi Lääne-Eesti alal		
				9	Siluri-Ordoviitsiumi Devonikihtide all Ida-Eesti alal		
				8	Siluri-Ordoviitsiumi Devonikihtide all Lääne-Eesti alal		
				7	Siluri-Ordoviitsiumi Läänesaarte		
Ordoviitsium O	Ordoviitsiumi			6	Ordoviitsiumi Ida-Viru põlevkivibasseini (S-O)		
				5	Ordoviitsiumi Ida-Viru		
Kambrium Cm	Vargale-Pirita	Ordoviitsiumi-Kambriumi (O-Cm)	Ruhnu (Cm.rh)	Irbe veepide (Cm.ir)	4	Ordoviitsiumi-Kambriumi	Ordoviitsiumi-Kambriumi
	Lontova		Soela-Tiskre (Cm.sl-ts)	Lukati-Sõru Lukati-veepide (Cm.lk-sr)	Lontova-veepide (Cm.lk-ln)	3	
Vend V	Voronka	Kambriumi-Vendi (Cm-V)	Voosi (Cm.vs)	Voronka (V ₁ vr)	2	Kambriumi-Vendi	Kambriumi-Vendi
	Kotlin			Kotlini veepide (V ₁ kt)	1	Kambriumi-Vendi	
	Gdovi			Gdovi (V ₂ gd)			

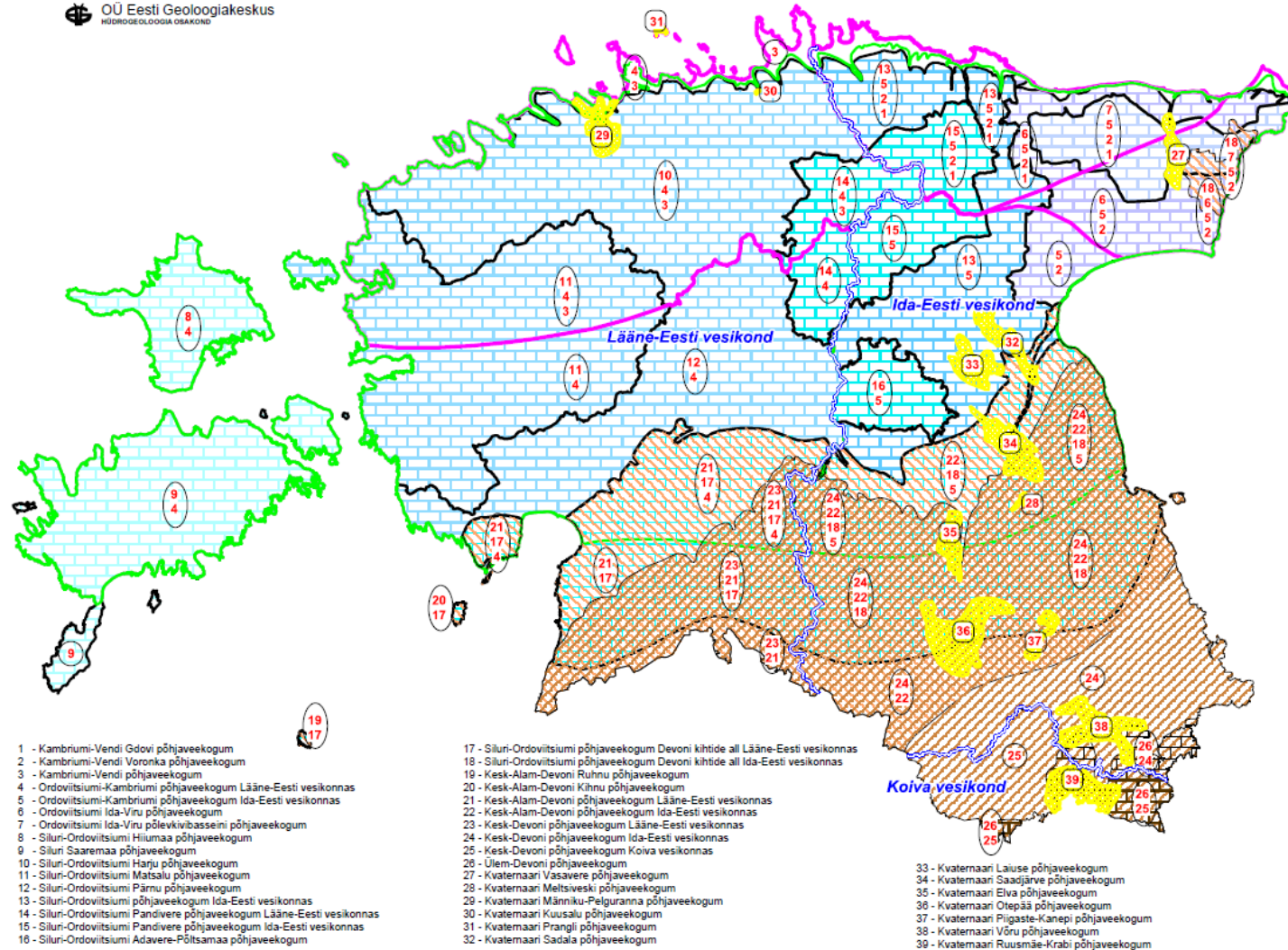


© OÜ Eesti Geoloogiaskeemid. 2013.

Joonis 1. Põhjaveekogumite skemaatiline kaart.

Perens et al 2012 - 39 GWBs


 OÜ Eesti Geoloogiakeskus
HIIDIGEOLOOGIA OSAKOND



GWB delineation principles

- geological and hydrogeological maps;
- aquifer hydrostatigraphic location in cross-section;
- data from environmental databases – monitoring and water companys (abstraction and quality);
- GWB areal distribution is based on river basin district boundaries (3 districts);
- first bedrock aquifers were subdivided based on sub-basin districts (in addition to the RBD division);
- nitrate vulnerable zones (NVZ) - sensitive area with high GW polution potential
- oil shale mining area in NE-Estonia - human impact;
- islands;
- coastline and state border.

GWB delineation based on water chemistry:

- for the deeper aquifers (Ordovician-Cambrian and Cambrian-Vendian) GWB borders were defined with the concentration of chloride $<350\text{mg/l}$

In addition to areal extent and quality also GW monitoring network has to be considered. It has to be possible to assess the status of the delineated GWBs to fulfill the environmental objectives set in the WFD.

Estonian Water Act legislation 2019

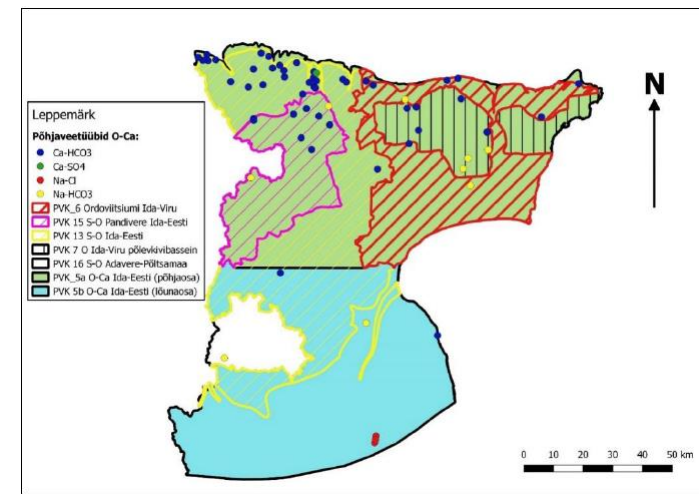
§ 63. Determination of body of groundwater

- (1) A body of groundwater is determined from an aquifer if at least one of the following conditions is met:
 - 1) the aquifer has the **groundwater resources established** pursuant to subsection 205 (1) of this Act;
 - 2) **at least 50 persons** consume water from the aquifer on an ongoing basis;
 - 3) **at least 10 m³ of water per day** can be **abstracted** from the aquifer at present or are planned to be abstracted in the future;
 - 4) the **natural chemical composition** of the body of groundwater enables to use the groundwater for the production of drinking water.
- (2) The extent of a body of groundwater shall be determined taking into account the **hydrogeological conditions** of the body of groundwater, including the **natural chemical composition** of groundwater, the **physical-chemical and aquatic properties of stones, rate of exchange of water, sensitivity of groundwater** to hydrochemical impact, potential **impact of human activity** and **social-economic aspects**.
- (3) The list of bodies of groundwater shall be established by a regulation of the minister responsible for the area.
- (4) The list of bodies of groundwater established pursuant to subsection (3) of this section shall be updated **every six years as necessary**.

Marandi et al 2019

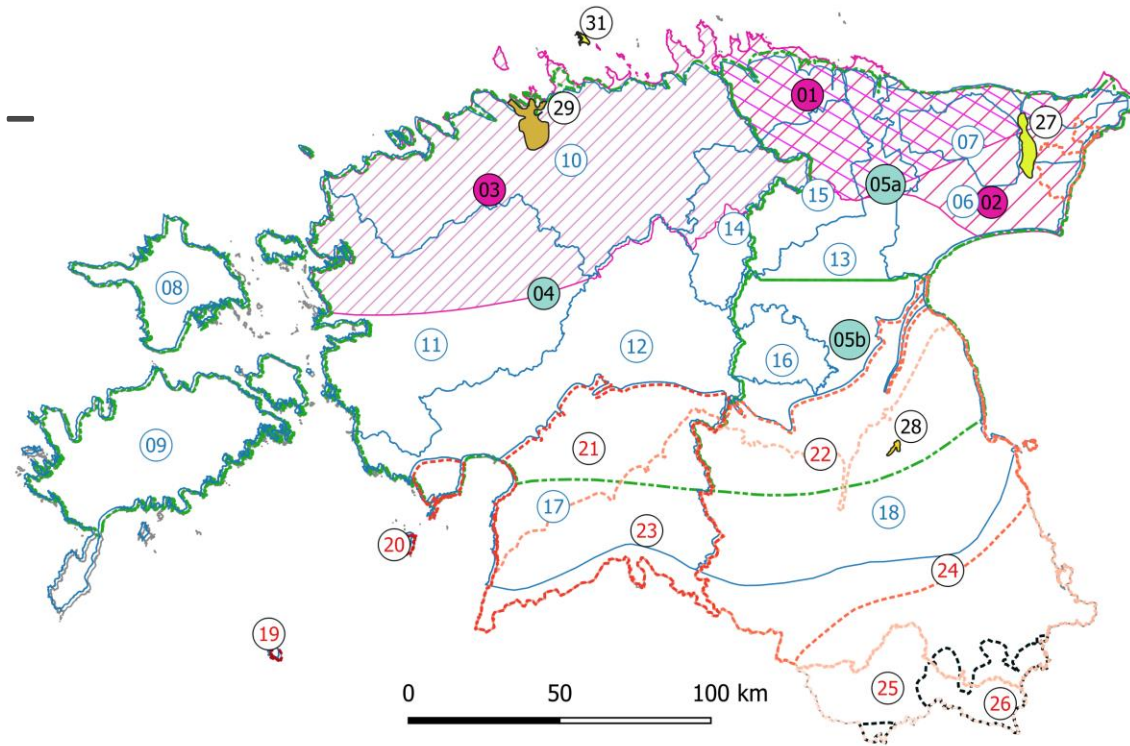
Main changes to GWBs:

- Division to the existing GWB (no 5):
 - Different pressures on different parts of the GWB. Mining impact (human activity and social-economic aspects; northern part) vs groundwater abstraction (southern part).
 - Chemical composition and GW age. Different threshold levels and chemical indicators.
- Merging Quaternary GWBs with the uppermost bedrock GWB
 - Quantity – water balance calculation
 - Changes in water abstraction
 - Assessment of pressures and impacts to the connected GDTEs
 - Monitoring network and more reliable status assessment



Kogumi nr.	Hetkel kehtiv Kvaternaari põhjaveekogum	Aluspõhjaline põhjaveekogum, millega Kvaternaari kogum soovitatakse liita	Uue ühendatud põhjaveekogumi nr. tabelis 2
30	Kvaternaari Kuusalu põhjaveekogum	Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogum	Harju 10
32	Kvaternaari Sadala põhjaveekogum	Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogum vesikonnas	Ida-Eesti 13
33	Kvaternaari Laiuse põhjaveekogum	Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogum vesikonnas; Kesk-Alam Devoni põhjaveekogum vesikonnas	Ida-Eesti 13, 22
34	Kvaternaari Saadjarve põhjaveekogum	Kesk-Alam-Devoni põhjaveekogum vesikonnas; Kesk-Devoni põhjaveekogum vesikonnas	Ida-Eesti 22, 24
35	Kvaternaari Elva põhjaveekogum	Kesk-Devoni põhjaveekogum	Ida-Eesti vesikonnas 24
36	Kvaternaari Otepää põhjaveekogum	Kesk-Devoni põhjaveekogum	Ida-Eesti vesikonnas 24
37	Kvaternaari Piigaste-Kanepi põhjaveekogum	Kesk-Devoni põhjaveekogum	Ida-Eesti vesikonnas 24
38	Kvaternaari Võru põhjaveekogum	Kesk-Devoni põhjaveekogum	Ida-Eesti vesikonnas 24
39	Kvaternaari Rõusmäe-Krabi põhjaveekogum	Kesk-Devoni põhjaveekogum	Koiva vesikonnas; Ülem-Devoni põhjaveekogum 25, 26

Marandi et al 2019 - 31 GWBs



- | | | |
|--|--|---|
| 01 Cambrian-Vendian Gdov GWB | 11 Silurian-Ordovician Matsalu GWB | 22 Middle-Lower Devonian GWB in East-Estonian RBD |
| 02 Cambrian-Vendian Voronka GWB | 12 Silurian-Ordovician Pärnu GWB | 23 Middle Devonian GWB in West-Estonian RBD |
| 03 Cambrian-Vendian GWB | 13 Silurian-Ordovician GWB in East-Estonian RBD | 24 Middle Devonian GWB in East-Estonian RBD |
| 04 Ordovician-Cambrian GWB in West-Estonian RBD | 14 Silurian-Ordovician Pandivere GWB in West-Estonian RBD | 25 Middle Devonian GWB in Koiva RBD |
| 05a Ordovician-Cambrian Virumaa GWB in East-Estonian RBD | 15 Silurian-Ordovician Pandivere GWB in East-Estonian RBD | 26 Upper Devonian GWB |
| 05b Ordovician-Cambrian Tartu GWB in East-Estonian RBD | 16 Silurian-Ordovician Adavere-Põltsamaa GWB | 27 Quaternary Vasavere GWB |
| 06 Ordovician Ida-Viru GWB | 17 Silurian-Ordovician beneath Devonian in West-Estonian RBD | 28 Quaternary Meltsiveski GWB |
| 07 Ordovician Ida-Viru oilshale basin | 18 Silurian-Ordovician beneath Devonian in East-Estonian RBD | 29 Quaternary Männiku-Pelguranna GWB |
| 08 Silurian-Ordovician Hiiumaa GWB | 19 Middle-Lower Devonian Ruhnu GWB | 31 Quaternary Prangli GWB |
| 09 Silurian Saaremaa GWB | 20 Middle-Lower Devonian Kihnu GWB | |
| 10 Silurian-Ordovician Harju GWB | 21 Middle-Lower Devonian GWB in West-Estonian RBD | |

GWBs area and borders according to the amendments proposed by Marandi et al 2019. GWBs are grouped with different colours: **pink** – Cambrian-Vendian GWB group; **green** – Ordovician-Cambrian GWB group; **blue** – Silurian-Ordovician GWB group; **red/beež/black** – Devonian GWB group (**Middle-Lower-Devonian**, **Middle-Devonian**, **Upper-Devonian**); **filled areas** – Quaternary GWB group

- Thank you for the attention!

siim.tarros@egt.ee



bit.ly/WaterAct-project



bit.ly/WaterAct-Researchgate



REPUBLIC OF ESTONIA
MINISTRY OF THE ENVIRONMENT



Nature
Conservation Agency
Republic of Latvia



REPUBLIC OF ESTONIA
ENVIRONMENT AGENCY



GEOLOGICAL SURVEY OF ESTONIA



WaterAct
Joint actions for more efficient management
of common groundwater resources

Used materials and reports

- Perens, R., Vallner, L., 1997. Water-bearing formation. In: Geology and Mineral Resources of Estonia (editors) Raukas, A., Teedumäe, A. Estonian Academy Publishers, Tallinn, 137-145.
- Perens, R., Savva, V., Lelgus, M., Parm, T., 2001. Põhjaveeklasside määramise jätkamine vastavuses veepoliitika raamdirektiiviga (2000/60/EÜ). OÜ Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn.
- Valner, L., 2002. Estonian hydrogeological model.
- Tamm, I., 2005. Eesti põhjaveekogumite kvaliteedistandardid, inimtekkeliste reostusainete ja põhjavee reostuse indikaatorite piirväärtused ning trendide hindamine ja trendide pöördepunktide määramine põhjaveekogumi keemilise seisundi hindamiseks. AS Maves. Tallinn
- F.J.L Vliegthart, R. Perens, L. Vallner, K. Groen, P. Schipper, T. Pallo, 2006. "Põhjavesi tehniline tausta dokument" Grontmij, Ecorys, Witteveen+Bos, ELLE, REC
- Perens, R., Savitski, L., Savva, V., Jaštšuk, S., Häelm, M., 2012. Põhjaveekogumite piiride kirjeldamine ja põhjaveekogumite hüdrogeoloogiliste kontseptuaalsete mudelite koostamine. OÜ Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn.
- 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.