

Riigitee veerežiimi kirjeldus – 11 Tallinna ringtee km 6,520

11 Tallinna ringtee põhimaantee km 6,520 juures on ristumine maaparanduse eesvooluga Rae 1-2 4108920010290/002. Põhimaanteest lääne poole jäävatelt aladelt kogunevad veed on piki eesvoolu suunatud maanteest ida poole jäävasse Pirita jõkke. Riigitee ja eesvoolu ristumiskohas on olemasolev maanteearu. Tegemist on ovaalse ristlõikega korrigeeritud terastoru-ruubiga (vt foto 1) pikkusega 47 m, kõrgusega 1800 mm ja laiusel 2300 mm. Truubi sisse- ja väljavool asuvad absoluutkõrgustel +34,02 ja +33,84. Truubi läbilaskevõime on 75% täituvuse korral 3,2 m³/s ning 100% täituvuse korral 5,5 m³/s.



Foto 1. Põhimaantee all oleva trubi sissevool.

Kavandatavate tööde kirjeldus

Ehitusloa taotlus on tehtud Rail Baltica Soodevahe lõigu *Construction base* etapile ehk etapile I. *Construction base* ehitustööde raames rajatakse raudtee ja tulevase IMF ala (*Infrastructure Maintenance Facility* – masinate hooldusjaam) muldkeha, võimaldamaks edasised ehitustööd objekti peal. Objektist lääne poole jääva Rae raba ning Rae T-1967 (4108920010290/001) maaparandusehitise vooluveed juhatakse läbi raudteetrubi CU0390 teisele poole ehitustööde ala ning suunatakse olemasolevasse Rae kraavi ja sealt edasi maanteetrubi suunas. Truubi CU0390 üks 75m-pikkune sektsioon on ehitatud juba olemasolevas olukorras ning sellele rajatakse juurde truubi ajutine pikendus olemasolevas truubist kuni Rae kraavi olemasoleva sängini. Truubi ajutise pikendusena kasutatakse

D1500 mm plasttruubitoru, mis hilisema IMF ala ehitustööde (etapp II) käigus alalise D2400x2400 karptruubi vastu välja vahetatakse.

Objekti lõunaosas on vooluveed juhitud olemasolevasse raudteetruupi CU0400, millele *construction base (etapp I)* ehitustööde käigus rajatakse D3700x4700 karptruubi pikendus pikkusega 39m. Kuna truubi pikendatav lõik ulatub kaugemale olemasolevast Rae kraavi sängist, kaevatakse Rae kraavile uus 360m-pikkune lõik, mis olemasoleva sängiga ühendatakse. Uue ja olemasoleva lõigu ühenduskohast 320m ülesvoolu tõestetakse Rae kraavi olemasolev säng kinni ja veevool jääb toimuma läbi Rae kraavi uue rajatava lõigu.

Construction base (etapp I) muldkeha ehitatakse juurdeveetavast materjalist ning selle pind rajatakse kõrguseni +39,50 ehk ~3m kõrgemale, kui olemasolev maapind. *Construction base* muldkeha pindala on 19,1 ha. Muldkehaga samaaegselt ehitatakse raudtee pikidrenaaž ja ka sademevee ärajuhtimise torustik. Dreeni- ja sademeveetorud juhatakse samuti olemasolevasse Rae kraavi.

15 meetrit ennem maanteetruupi suubumist on Rae kraavi peal olemasolev binokkeltruup 2xD1000, mis reguleerib maanteetruubini jõudvaid vooluhulki. Binokkeltruubist omakorda 30m ülesvoolu rajatakse etapp I ehitustööde käigus settebassein, mis püüab kinni ehitustööde käigus tekkiva heljumi.

Hüdroloogiline analüüs

Objekti hüdroloogilises analüüsis on arvesse võetud 1%-lised aasta päevakeskmised maksimaalsed vooluhulgad Maaparandusseadusest lähtuvalt. Selleks on kasutatud Karl Hommiku arvutusmetoodikat. Arvutuslik 1%-line maaparanduse vooluhulk maanteetruubi lävendis on seeläbi 2,71 m³/s.

Lisaks on analüüsis eraldi arvesse võetud sademevee vooluhulgad lähtuvalt standardist EVS 848:2021 „Väliskanalisatsioonivõrk“. Sademeveearvutustest tulenevad vooluhulgad on maaparanduse vooluhulkadele juurde liidetud, kujutamaks olukorda, kus lisaks suurvee ajale toimub tugev vihmasadu *Construction base* muldkeha pinnale, mis binokkeltruubini jõudvaid summaarseid vooluhulki veelgi suurendab. Sademevee arvutused on tehtud korduvusperioodile 100 aastat.

Kuna ehitatava lageda pinna pealt suubub vesi eesvooludesse kiiremini, kui olemasolevas olukorras, suurendab kavandatav tegevus ka Rae kraavi jõudvaid vooluhulkasid. Enne maanteetruupi paikneva 2xD1000 binokkeltruubi läbilaskevõime on märgatavalt väiksem, kui maanteetruubi oma. Binokkeltruup jääb töötama regulaatorina ning tekitab liigvee korral Rae

kraavi paisutuse. See tähendab, et kraav jääb toimima ka reservuaarina. Rae kraavi mõõtmed on suured – põhjalaius 4 m, pealtlaius 16 m ning pikkus Rail Baltica Soodevahe alal 1200 m. Kraavi reguleeriva mahu pindalaks kujuneb 15000 m². Intensiivse vihmajärgu korral, kui vooluhulgad ületavad binokkeltruubi läbilaskevõimet, tõuseb veetase Rae kraavi reguleerivas osas, suurendades omakorda binokkeltruubi läbilaskevõimet. Sellise olukorra analüüsimiseks on tehtud mudelarvutus, kus vihmajärgul on lastud kesta $t=0$ min kuni $t=120$ min.

Arvutustes kasutatavad parameetrid:

- Maaparanduse 1%-line vooluhulk $Q_{mpr}=2,71$ m³/s
- Reservuaari (Rae kraav Rail Baltic alal) pind $S_{res}=15000$ m²
- Korduvusperiood 100 aastat, $P=100$
- *Construction base (etapp I)* muldkeha pindala $S_{cb}=19,1$ ha
- *Construction base (etapp I)* muldkeha pinnakatte äravoolutegur $k_f=0,10$
- Sademevee asukohaparametrid Tallinna puhul $a=325,7$; $b=0,342$; $c=0,770$
- Maanteearuup – kaartorusild kõrgusega 1,8 m, laiusega 2,3 m ja pikkusega 47 m
- Binokkeltruup – 2xD1000 ümartruup pikkusega 9 m

Mudeldamise tulemusena on saadud graafikud, mis kujutavad maanteearuubi vooluhulkasid ja veetaset sõltuvalt aja kestvusest $t=0$ min kuni $t=120$ min. Graafikud on esitatud lk 4 ja lk 5.

Tehtud hüdroloogilisest analüüsist saab järeldada, et maanteearuubini jõudev vooluhulk jääb normaalsesse piiridesse. Maksimaalne maanteearuubini jõudev vooluhulk on 2,6 m³/s, kuivõrd truubi läbilaskevõime on 100%-lise täituvuse juures 5,2 m³/s ja 75%-lise täituvuse juures 3,2 m³/s.

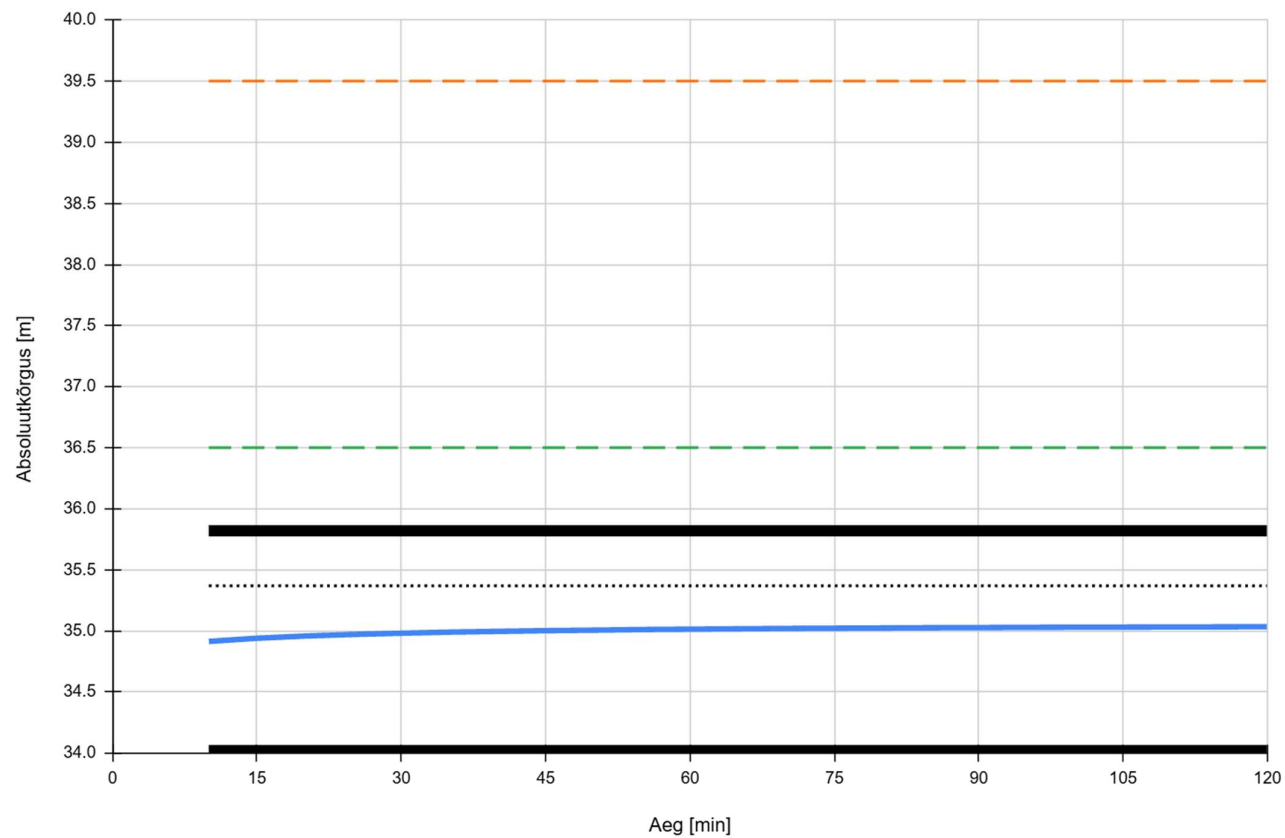
Binokkeltruup koos Rae kraaviga puhverdavad maanteearuubini ja sealt allavoolu jõudvaid vooluhulki nii palju, et olenemata vihma intensiivsusest jääb maanteearuup toimima oma tavalises tööolukorras.

Graafikud

Maanteetruubi veepind (t=120 min)

Construction base (etapp I), P=100; kliimamuutuste tegur $\chi=1,48$

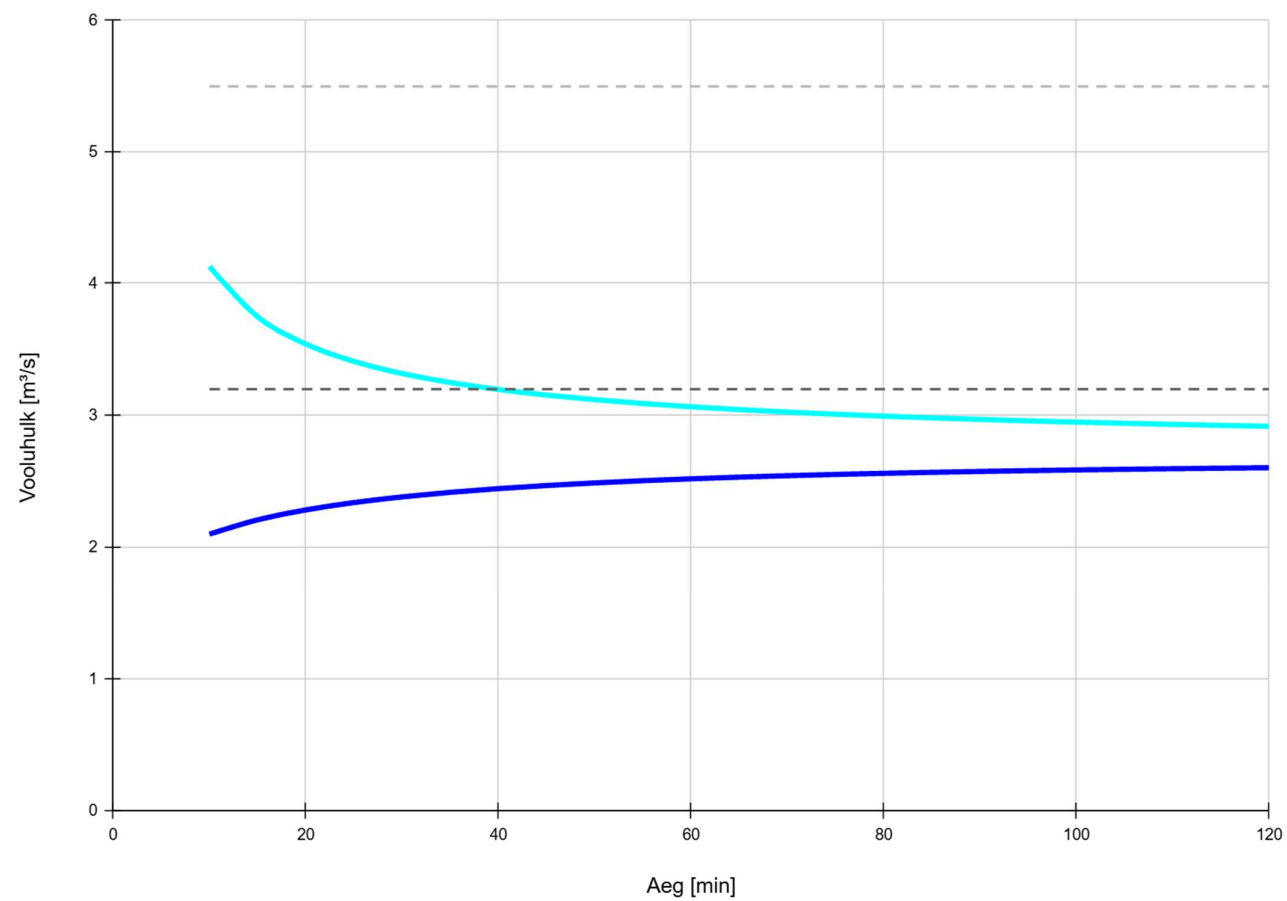
- Veepind truubis
- Truubi lagi +35,82
- Truubi põhi +34,02
- Maapind +36,50
- Construction base (etapp I) pind +39,50
- Truubi 75% täituvus



Regulaatori mõju maanteetruubi vooluhulkadele

Rae kraavi reservuaar ja 2xD1000 binokkeltruup

- Reguleeritud vooluhulk maanteetruubis
- Summaarne vooluhulk Rae kraavi
- Truubi läbilaskevõime 75% täituvus
- Truubi läbilaskevõime 100% täituvus



Arvutused

Reservuaari (Rae kraavi) maht ajas

$$Q_{Res} = (Q_{Sade} + Q_{mpr}) - Q_{Bino}$$

Kus:

Q_{Res} - Reservuaari kogunev vooluhulk [m³/s]

Q_{Sade} - Sademeveest tulenev vooluhulk [m³/s]

Q_{Bino} - Binokkeltruubi läbilaskevõime [m³/s]

Sademeveest tulenev vooluhulk (EVS 848:2021)

$$Q_{sade} = X \cdot q_{sade} \cdot k_{\psi} \cdot S_{CB} \cdot 10^{-3}$$

Kus:

X - Kliimamuutuste kordaja 1,48, s.o 4% sademevee intensiivsuse tõus 10 aasta kohta.

q_{sade} - Sademete intensiivsus [l/(s*ha)]

k_{ψ} - Pinnakatte äravoolutegur

S_{CB} - Construction base (etapp I) muldkeha pindala [ha]

Sademete intensiivsus:

$$q_{sade} = 2.778 \cdot \frac{a \cdot P^b}{t^c}$$

Kus:

a, b, c – Asukohapõhised empiirilised tegurid (EVS 848:2021)

P – Arvutusvihma kordus aastates

T – Arvutusvihma kestus minutites

Maaparanduse vooluhulgad (Karl Hommiku metoodika)

$$Q_{mpr} = X \cdot q_{mpr} \cdot S_{mpr} \cdot 10^{-3}$$

Kus:

q_{mpr} - Äravoolumoodul [$l/(s \cdot km^2)$]

S_{mpr} - Valgala pindala [km^2]

Äravoolumoodul

$$q_{mpr} = q_1 \cdot \left(\frac{112 - 52 \cdot \log(p+1)}{(A+1)^{0.14}} \right)^{1 - k_{95} - r}$$

Kus:

p – Tõenäosustegur protsentides

A – Valgala pindala [km^2]

k_{95} - Kaalutud päevakeskmise äravoolukoefitsient

q_k - Aasta päevakeskmise äravool [$l/(s \cdot km^2)$]

r – tegur mis arvestab vesikonna soisuse, emtsasuse ja kuivenduse mõju suurvee äravoolule

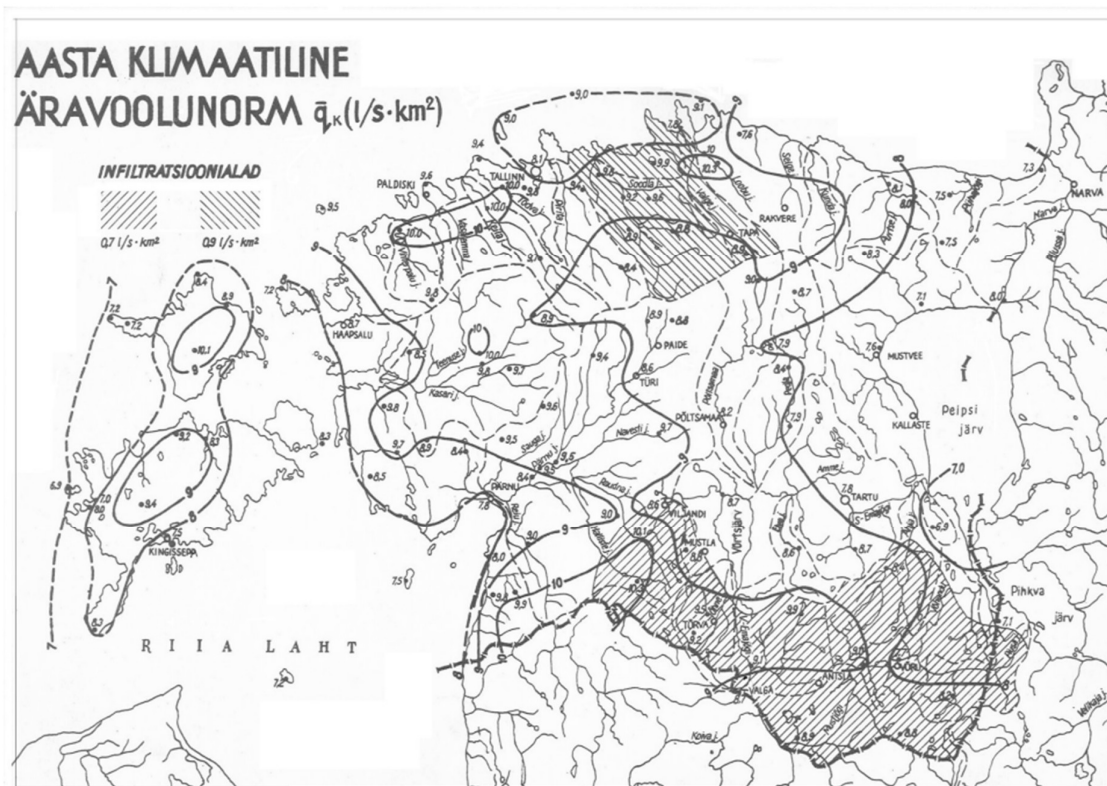
Aasta päevakeskmise äravool

$$q_k = q_{kk} + \Delta q$$

Kus:

q_{kk} - aasta kliimaatilise äravoolunorm (väärtus nomogrammilt) [$l/(s \cdot km^2)$]

Δq - aasta kliimaatilise äravoolunormi parandusliige [$l/(s \cdot km^2)$]



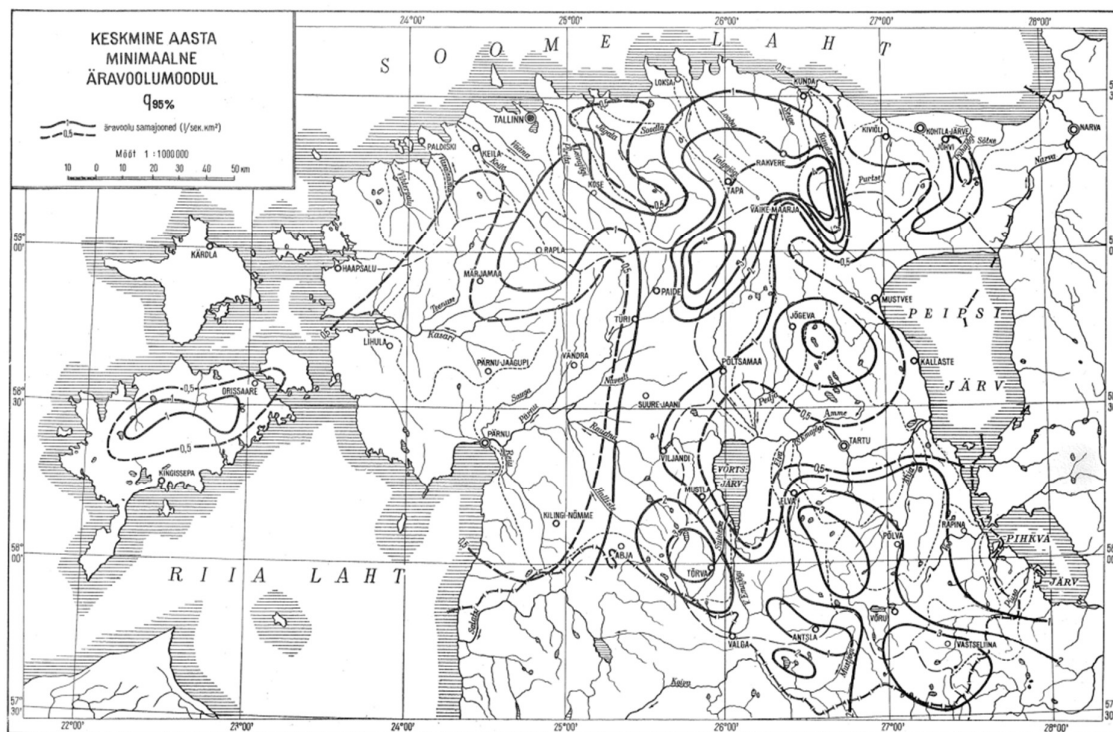
Aasta kliimaatilise äravoolunormi parandusliige

$$\Delta q = 0.020 \cdot a + 0.30 \cdot q_{95} - 1.00$$

Kus:

a – võsastunud ja metsastunud liigniiskete mineraalmaade ning kuivendatud madalsoode pindala %-des valgala pindalast

q_{95} - päevakeskmise äravoolumoodul ületustõenäosusega 95%. Väärtus nomogrammilt.



Tegur mis arvestab vesikonna soisuse, ebatasasuse ja kuivenduse mõju suurvee äravoolule

$$r = 0.004 \cdot (A_{ms} + 0.4 \cdot (A_r + A_{km}) + B + 0.2 \cdot C) - 0.20$$

Kus:

A_{ms} - Madalsoode ja soometsade % valgalast

A_r - Rabade % valgalast

A_{km} - Intensiivselt kuivendatud madalsoode pindala % valgalast

B - Mineraalmullal metsade pindala % valgala

C - Lageda mineraalma pindala % valgalast

Binokkeltruubi läbilaskevõime

$$Q_{bino} = \mu_{bino} \cdot A_{bino} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_{res} - h_{ala}}$$

Kus:

μ_{bino} - Truubi takistus

A_{bino} - Truubi ristlõike pindala [m²]

g - Raskuskiirendus 9,8 m/s²

h_{res} - Paisutuse kõrgus reservuaaris (binokkeltruubi ees) [m]

h_{ala} - Binokkeltruubi alaveetase [m]

Truubi survekadu

$$\mu_{bino} = \frac{1}{\sqrt{\mu_{sv} + \frac{\lambda \cdot l}{d} + \mu_{vv}}}$$

Kus:

μ_{sv} - Sissevoolu takistustegur 0,5

μ_{vv} - Väljavoolu takistustegur 1,0

λ - Hõõrdetakistustegur

l - Torustiku pikkus [m]

d - Torustiku läbimõõt

Hõõrdetakistustegur

$$\lambda = \frac{0.3164}{\sqrt[4]{R_e}}$$

Kus:

R_e - Reynoldsi arv

Reynoldsi arv

$$R_e = \frac{v \cdot d}{\nu}$$

Kus:

v - Keskmise voolukiirus torus [m/s]

d - Toru läbimõõt [m]

ν - Vedeliku kinemaatiline viskoosus [m²/s]

Arvutustes kasutatavad parameetrid:

- Maaparanduse 1%-line vooluhulk $Q_{mpr}=2,71 \text{ m}^3/\text{s}$
- Reservuaari (Rae kraav Rail Baltic alal) pind $S_{res}=15000 \text{ m}^2$
- Korduvusperiood 100 aastat, $P=100$
- *Construction base (etapp I)* muldkeha pindala $S_{cb}=19,1 \text{ ha}$
- *Construction base (etapp I)* muldkeha pinnakatte äravoolutegur $k_f=0,10$
- Sademevee asukohaparametrid Tallinna puhul $a=325,7$; $b=0,342$; $c=0,770$
- Maanteearuup – kaartorusild kõrgusega 1,8 m, laiusega 2,3 m ja pikkusega 47 m
- Binokkeltruup – 2xD1000 ümartruup pikkusega 9 m

Tabel. Vahearvutused

Equation output									
Incoming water		Reservoir level		O bino	O tram	HW tram		Elapsed time	
O rain	O total	dh	h abs			calc	h abs	t(s)	t(min)
1.42	4.13	0.123	35.04	1.77	2.10	0.896	34.92	600	10
1.04	3.75	0.142	35.08	1.91	2.21	0.922	34.94	900	15
0.83	3.54	0.156	35.12	2.00	2.29	0.940	34.96	1200	20
0.70	3.41	0.168	35.14	2.08	2.34	0.953	34.97	1500	25
0.61	3.32	0.178	35.16	2.14	2.39	0.963	34.98	1800	30
0.54	3.25	0.187	35.18	2.19	2.42	0.972	34.99	2100	35
0.49	3.20	0.194	35.19	2.23	2.45	0.978	35.00	2400	40
0.45	3.16	0.200	35.20	2.27	2.47	0.984	35.00	2700	45
0.41	3.12	0.206	35.21	2.30	2.49	0.988	35.01	3000	50
0.38	3.09	0.211	35.22	2.33	2.51	0.993	35.01	3300	55
0.36	3.07	0.215	35.23	2.35	2.52	0.996	35.02	3600	60
0.34	3.05	0.219	35.24	2.37	2.53	0.999	35.02	3900	65
0.32	3.03	0.223	35.24	2.39	2.55	1.002	35.02	4200	70
0.30	3.01	0.226	35.25	2.41	2.56	1.004	35.02	4500	75
0.29	3.00	0.229	35.25	2.42	2.56	1.006	35.03	4800	80
0.27	2.98	0.232	35.26	2.44	2.57	1.008	35.03	5100	85
0.26	2.97	0.234	35.26	2.45	2.58	1.009	35.03	5400	90
0.25	2.96	0.236	35.27	2.46	2.58	1.011	35.03	5700	95
0.24	2.95	0.239	35.27	2.47	2.59	1.012	35.03	6000	100
0.23	2.94	0.241	35.27	2.49	2.59	1.013	35.03	6300	105
0.22	2.93	0.242	35.28	2.49	2.60	1.014	35.03	6600	110
0.22	2.93	0.244	35.28	2.50	2.60	1.015	35.04	6900	115
0.21	2.92	0.246	35.28	2.51	2.61	1.016	35.04	7200	120