

Teiden ja ratojen kuivatuksen  
suunnittelu

Kuivatusrakenteiden  
mitoituksen perusteet

VIRTA-taulukkolaskentatyökalu

Ulla Sihvola, Jouni Korkiamäki

1.2.2024



Väylävirasto  
Trafikledsverket




# Sisällysluettelo

- Mitoituksen perusteet, ohjeeseen tehdyt päivitykset
  - Luku 3 Kuivatusrakenteiden mitoituksen perusteet
  - Luku 4 Pintakuivatuksen suunnittelu
- VIRTA-taulukkolaskentatyökalu







# Mitoituksen perusteet

Ohjeeseen tehdyt päivitykset

# Luku 3 Kuivatusrakenteiden mitoituksen perusteet

- Mitoitusvirtaama
- Valuma-alueen koon määrittäminen
- Mitoitusvirtaaman laskentatapa 1: Rankkasade
- Mitoitusvirtaaman laskentatapa 2: Lumen sulamisvirtaama
- Kokemusperäinen mitoitus

# Luku 3.1 Mitoitusvirtaama

- Mitoitusvirtaaman laskentatavan valinta valuma-alueen koon perusteella

Taulukko 1. Mitoitusvirtaaman laskentatavan valinta valuma-alueen koon perusteella

Valuma-alueen ala (ha)	Mitoitusvirtaaman laskentatavan määräytyminen
< 10	rankkasade
10...100	rankkasade tai lumen sulaminen rakennetuilla ja viemäröidyillä alueilla usein rankkasade
> 100	lumen sulaminen rakennetuilla ja viemäröidyillä alueilla kuitenkin usein rankkasade (vaatii hydraulisen verkostomallinnuksen)

- VIRTA-taulukkolaskentatyökalu

# Luku 3.2 Valuma-alueen koon määrittäminen

- Tarvittavat lähtötiedot
  - Maanpinnan tasaus
  - Väylän linjaus
  - Rumpujen sijainti
  - Hulevesiviemäriverkoston ja sivuojien sijainti
- Määritetään tutkittavan uomankohdan tai purkautumispisteen sijainti ja korkotaso
- Määritetään tarkastelupisteen yläpuolinen alue, jolta vedet kerääntyvät tarkastelupisteelle
- Valuma-alueen määrittäminen voidaan tehdä esimerkiksi paikkatieto- tai suunnitteluohjelmalla

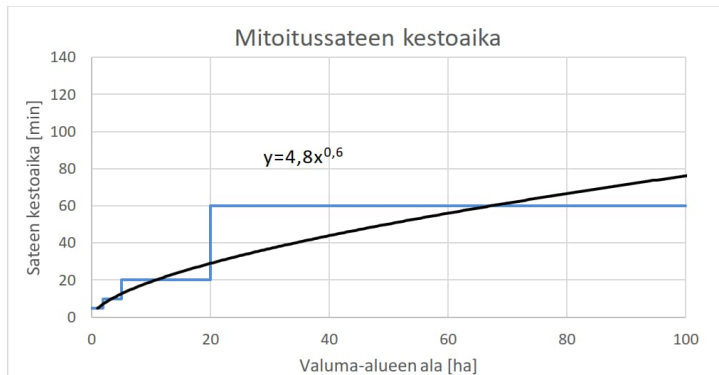


# Luku 3.3 Mitoitusvirtaaman laskentatapa 1: Rankkasade

- Mitoituskaava  $Q = \Psi \cdot F \cdot i$   
jossa
  - Q virtaama (l/s),
  - $\Psi$  valuntakerroin (-), kohta 3.4.2
  - F valuma-alueen pinta-ala (ha), kohta 3.3
  - i mitoitussateen rankkuus (l/s\*ha), kuva 4.
- Valuntakerroin määritetään valuma-alueen maankäyttöön perustuen
  - Taulukko ohjearvoista
  - Lisätty esimerkkejä valuntakertoimen määrittämisestä
- Mitoitussateen rankkuuden määrittäminen
  - Määritetään VIRTAtyökalun avulla: perustuu Ilmatieteenlaitoksen aineistoon sateen rankkuuksista
    - Lisäksi huomioidaan ilmastonmuutoksen ennakoitu vaikutus kertoimella 1,2 (Kuntaliitto Hulevesiopas)
    - Valuma-alueen sijainti Lapissa voidaan huomioida kertoimella 0,95 (Rankkasateet ja taajamatulvat 2008)

# Luku 3.3 Mitoitusvirtaaman laskentatapa 1: Rankkasade

- Mitoitussateen kesto aika
  - Mitoitussateen kestoajan määrittäminen 0-100 ha valuma-alueille tehdään kuvaajassa esitetyllä funktiolla (musta viiva). Se on sovitettu yleisesti käytössä olevasta porraskäyrästä.



- Lyhin mitoituksessa käytettävä sateen kesto aika on 10 minuuttia
- Suuremmille valuma-alueille hulevesiasiantuntijan tulisi tehdä kohteesta hydraulinen verkostomallinnus mitoitusvirtaaman määrittämiseksi



# Luku 3.3 Mitoitusvirtaaman laskentatapa 1: Rankkasade

- Mitoitussateen kesto aika
  - Vaihtoehtoinen mitoitus sateen määritystapa virtausreit in perusteella (Kuntaliiton Hulevesiopas): valuma-alueen pisimmän virtausreit in pituuden ja virtausnopeuden avulla

$$\text{Mitoitussateen kesto aika [min]} = \frac{\text{Valuma alueen pisin virtausreitti [m]} * 60 \frac{\text{min}}{\text{s}}}{\text{Ohjeellinen virtausnopeus} \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]}$$

Taulukko B1. Ohjeelliset virtausnopeudet eri reiteillä (Kuntaliitto 2012)

Virtausreitti	Ohjeellinen virtausnopeus (m/s)
Pieni putki	1,5
Suuri putki	1
Oja	0,5
Maasto	0,1

- Mitoitusvirtaaman toistuvuus

Taulukko C1. Mitoitusvirtaaman toistuvuuden valinta, laskentatapa 1 (rankkasade)

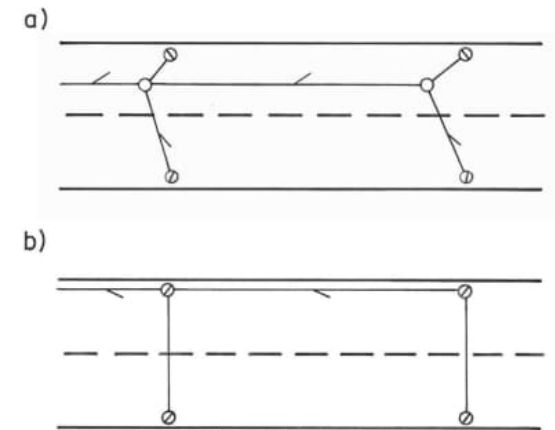
Ylittävä väylä	HQ:n toistumisen tiheys	
	Tavoitearvo	Minimiarvo
Rautatie, moottoritie	1/100	1/100
Valta- tai kantatie, ei varareittiä	1/100	1/10
Valta- tai kantatie, jolla on tulvariskitön varareitti	1/20	1/5
Seututie	1/10	1/5
Yhdystie	1/5	1/2
Yksitystiet	1/2	1/1

# Luku 4 Pintakuivatuksen suunnittelu

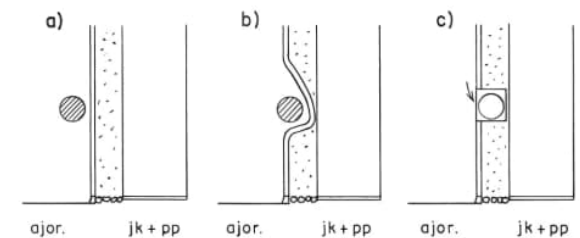
- Avouoman mitoitus
- Tien pintakaltevuuksien järjestely
- Siltoihin liittyvä kuivatus
- Tien sivu-, leikkaus- ja laskuojat
- Eroosiosuojaus
- Hulevesiviemärit
- Pumppaamot

# Luku 4.7 Hulevesiviemärit

- Käyttökohteet:
  - kun kohteessa ei ulkonäkösyistä käytetä tai haluta käyttää avo-ojia
  - kaksiajorataisten teiden keskialueella, kun vettä ei haluta (esim. pehmeiköllä) tai voida (esim. leikkauksessa) johtaa riittävän usein tien ali
  - kun kuivatusta ei tilan puutteen vuoksi voida hoitaa avo-ojilla
  - alikulkukäytävien, alikulkusiltojen ja toisinaan risteyssiltojen yhteydessä
  - yksittäiskohteissa, joissa ei saada riittävää pintakaltevuutta tai vesiä ei muusta syystä voida johtaa pois.
  
- Kaivojen ja viemäreiden suunnittelu, mm. sijainti, asennussyvyys ja materiaalivalinta



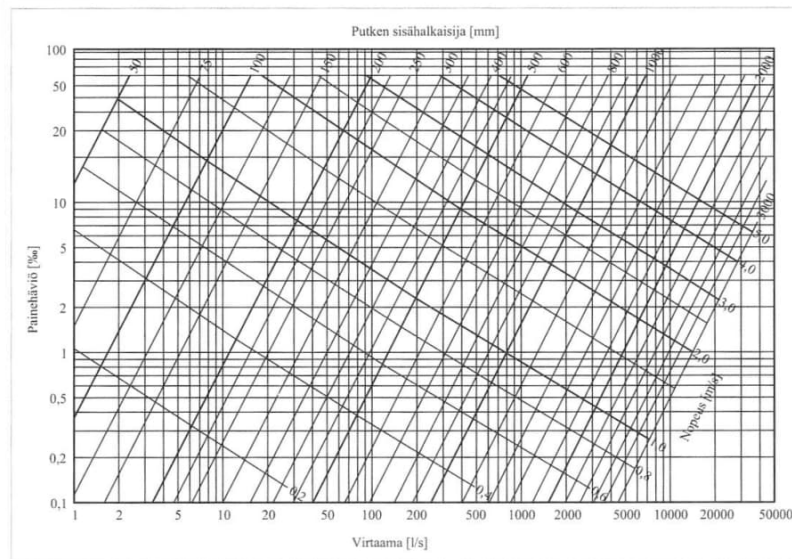
Kuva 21. Hulevesiviemäriin runkovaihtoehtot



Kuva 22. Kaivon sijainti reunatuellisessa poikkileikkauksessa

# Luku 4.7 Hulevesiviemärit

- Hulevesiviemäriin mitoitusta (luku 4.7.5)
  - Putken sisähalkaisija mitoitetaan Colebrookin nomogrammin avulla pituuskaltevuuden perusteella (VIRTA)
  - Mahdollista tehdä mitoitusta myös Manningin kaavalla tai nomogrammilla



Mitoituksessa on mahdollista käyttää myös Manningin kaavaa tai nomogrammia.

$$Q = \frac{A \times R^{\frac{2}{3}} \times J^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Q	virtaama (m <sup>3</sup> /s)
A	Veden poikkipinta-ala (m <sup>2</sup> )
R	hydraulinen säde (m)
J	putken pituuskaltevuus (-)
n	uoman seinämän hankauskerroin (s/m <sup>1/3</sup> )

Kuva 23. RIL 124-1 Vesihuolto I, kuva 78, Painehäviö Colebrookin mukaan pyöreässä täydessä putkessa, k = 1,0 mm



## Luku 4.7 Hulevesiviemärit

- Hulevesiviemäriin mitoitus (luku 4.7.5)
  - Viemäriin pituuskaltevuuden pienin suositeltava kaltevuus ja ehdoton vähimmäiskaltevuus (Kuntaliiton Hulevesiopus)
    - Tietyn valmistajan putkikokojen vähimmäiskaltevuudet saadaan valmistajien laatimista nomogrammeista (jotka perustuvat Colebrookin-kaavaan), kun valitaan virtausnopeudeksi 1 m/s. Ehdoton virtausnopeuden vähimmäisarvo on 0,8 m/s.
    - Suositeltava pituuskaltevuuden enimmäisarvo voidaan määrittää ohjeellisen täyden putken suurimman virtausnopeuden 5 m/s mukaan

Taulukko 4. Kuntaliiton Hulevesiopus, taulukko 15-8 (s.212), Pienimmät ja suurimmat kaltevuudet.

Putkikoko	Suosittelava mini- mikaltevuus	Suosittelava maksimi- kaltevuus
mm	‰	‰
200	4,5	120
300	3,0	70
400	2,5	50
500	2,0	40
600	1,6	30
800	1,0	20
1200	1,0	15
1600	1,0	10



VI RTA-taulukkolaskentatyökalu

# Johdanto

- Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnitteluohjeen (väyläviraston ohjeita 93/2023) mitoitusperiaatteita noudattava VIRTATAULUKKOLASKENTATYÖKALU
- Tavoitteena helpottaa ja yhtenäistää mitoitus tarkasteluja
  - Mitoitusvirtaaman laskeminen (+herkkyystarkastelu)
  - Hulevesiviemärin mitoitus (+herkkyystarkastelu)
  - Avouoman mitoitus
  - Rummun mitoituspadotuksen laskeminen
- Toimii Microsoft Excel -ohjelmistolla
  - Avouoman mitoitus ja rummun mitoituspadotuksen määrittäminen vaativat Solver-työkalun käyttöä

# VIRTA-työkalun käyttö

- VIRTA-työkaluun on kirjattu yleiset käyttöohjeet ja aihekohtaisia ohjeita.
- Käyttäjä syöttää lähtötietoja ainoastaan “Lähtötiedot ja tulokset” -välilehdelle
  - Avouoman mitoitus ja Rummun mitoituspadotus -välilehdillä käyttäjä aktivoi Solver-työkalun
- Lähtötiedot syötetään välilehden vasempaan reunaan ja tulokset on esitetty oikeassa reunassa
- Solujen käyttötarkoituksia on lisäksi selvennetty väreillä:

Syötettävät  
lähtötiedot

Tulokset

Herkkyystarkastelun  
lähtötiedot

Herkkyystarkastelun  
tulokset



# Mitoitusvirtaaman määrittäminen

- Sisältää mahdollisuuden herkkyystarkasteluun

## Lähtötiedot

### Yleiset tiedot:

- Kohteen sijainti Suomessa
- Valuma-alueen pinta-ala
- Maankäyttötapa

### Kesän rankkasade:

- Mitoitusvirtaaman toistuvuus
- Valuntakerroin

### Lumen kevät sulaminen:

- Järvisyysprosentti
- Metsäojitusalan osuus koko valuma-alueesta
- Pellon osuus koko valuma-alueesta
- Ylivaluman todennäköinen esiintymistäajuuus

## Tulokset

### Kesän rankkasade:

- Mitoitussateen kesto
- Mitoitussateen rankkuus
- Mitoitusvirtaama

### Lumen kevät sulaminen:

- Järvisyyskerroin
- Metsäojituskerroin
- Peltoisuuskerroin
- Kevätylivaluma
- Mitoitusvirtaama

Mitoituksissa käytettävä  
mitoitusvirtaama

# Hulevesiviemärin mitoitus

- Sisältää mahdollisuuden herkkyystarkasteluun
- Perustuu Colebrook-Withen kaavaan

## Lähtötiedot

- Putken kaltevuus
- Putken karkeuskerroin

## Tulokset

- Putken sisähalkaisija
- Täyden putken virtausnopeus
- Putken käyttöaste mitoitusvirtaamalla

# Avouoman mitoitus

- Vaatii Solver-työkalun käyttöä
- Perustuu Manningin-kaavaan

## Lähtötiedot

- Uoman seinämän hankauskerroin
- Uoman pituuskaltevuus
- Uoman pohjan leveys
- Oikeanpuoleisen luiskan kaltevuus
- Vasemmanpuoleisen luiskan kaltevuus

## Tulokset

- Vesisyvyys uomassa
- Mitoitusvirtaaman virtausnopeus

# Rummun mitoituspädotus

- Vaatii Solver-työkalun käyttöä
- Avouoman mitoitus on tehtävä ennen rummun mitoituspädotuksen laskemista
- Perustuu Manningin-kaavaan ja pädotuksen laskentakaavaan

## Lähtötiedot

- Rummun pituuskaltevuus
- Rummun seinämän hankauskerroin
- Rummun halkaisija
- Oletettu mitoituspädotus

## Tulokset

- Mitoituspädotus



# Esimerkki

- Esimerkkikohte sijaitsee Keski-Suomessa taajama-alueen reunalla. Valuma-alueelle sijoittuu sekä pientaloaluetta, peltoa että metsää. Mitoituksen kohteena on kantatielle johtava avouoma ja sen alittava rumpu.
  - Valuma-alueen pinta-ala: 35 ha
  - Valuntakerroin: 0,14
  - Järvisyysprosentti: 1 %
  - Metsäojitusalan osuus koko valuma-alueesta: 28 %
  - Pellon osuus koko valuma-alueesta: 30 %
  - Mitoitus 1/20 v (kantatie, jolla on tulvariskitön varareitti)
  - Betoni rummun kaltevuus 0,001
  - Avouoman seinämän hankauskerroin 0,08 (luonnonuoma, paljon kasvillisuutta)
  - Avouoman pituuskaltevuus 0,003
  - Uoman pohjan leveys 1,0 m ja luiskien kaltevuus 1:2
  - Oletettu mitoituspadotus 0,05 m



Väylävirasto  
Trafikledsverket

# Esimerkin arvojen syöttäminen VIRTATAULUKKOLASKENTATYÖKALUUN Lähtötiedot ja tulokset -välilehdelle sekä tulokset

## Mitoitusvirtaama

### Lähtötiedot

Kohteen koordinaatit (Vapaaehtoinen)	
Kohteen sijainti Suomessa (Valitse alusvetovalikosta)	Keski-Suomi
Valuma-alueen pinta-ala [ha]	35
Maankäyttötapa (Valitse alusvetovalikosta)	Harvaan rakennettu ja viemäriömätön

Laskettaessa mitoitusvirtaama kesän rankkasateella valuma-alueen maksimipinta-ala on 100 ha.  
Laskettaessa mitoitusvirtaama lumen kevätsumamisella valuma-alueen maksimipinta-ala on 200 km<sup>2</sup>.  
Mikäli valuma-alueen pinta-ala ylittää tässä Virtauslaskelmat-työkalussa käytetyt maksimipinta-alat, olisi valuma-alueelle hyvä tehdä hydraulinen verkostomallinnus asiantuntijan toimesta.

Käytettävä laskentatapa on aina harkittava kohdekohtaisesti suosituksesta huolimatta.

Suositus mitoitusvirtaaman laskentatavalle valuma-alueen pinta-alan ja maankäyttötavan perusteella	Rankkasade tai lumen sulaminen
Mitoitusvirtaamaan laskentatapa (Valitse alusvetovalikosta)	Rankkasade ja lumen sulaminen

Laskentatavassa "Rankkasade ja lumen sulaminen" lasketaan molemmat mitoitusvirtaamat ja käytetään suurempaa mitoitusvirtaamaa hulevesiviemärin ja avouoman mitoituksessa sekä rummun mitoituspäätöksen laskemisessa.

### Lisätiedot laskentatavalle kesän rankkasade

Mitoitusvirtaaman toistuvuus [1/vuosi] (Valitse "vuosi" alusvetovalikosta)	20	Herkkyystarkastelun lähtötiedot
Valuntakerroin [-] (Syötä luku väliltä 0 ja 1)	0,14	

### Lisätiedot laskentatavalle lumen kevätsumaminen

Järvisyysprosentti [%]	1	
Metsäojitusalun osuus koko valuma-alueesta [%]	28	
Pellon osuus koko valuma-alueesta [%]	30	
Ylivaluman todennäköinen esiintymistajuuus [1/vuosi] (Valitse "vuosi" alusvetovalikosta)	20	

### Tulokset

#### Kesän rankkasade

Mitoitussateen kesto [min]	41	Herkkyystarkastelun tulokset
Mitoitussateen rankkuus [l/s/ha]	128	
Mitoitusvirtaama [l/s]	627	

Mitoitussateen rankkuudessa on huomioitu ennakoitu ilmastonmuutoksen vaikutus kertoimella 1,2.  
Mitoitussateen rankkuudessa on huomioitu lisäksi aluekorjaus Lapissa kertoimella 0,95 (ei koske Meri-Lappia).

#### Lumen kevätsumaminen

Järvisyyskerroin [-]	1,0	
Metsäojituskkerroin [-]	1,10	
Peltoisuuskerroin [-]	1,0	
Kevätylivaluma [l/s/km <sup>2</sup> ]	391	
Mitoitusvirtaama [l/s]	145	

Kevätylivalumassa on huomioitu aluekorjaus Pohjois-Pohjanmaalla, Meri-Lapissa ja Lapissa kertoimella 1,3.

Hulevesiviemärin, avouoman ja rummun mitoituksessa käytettävä mitoitusvirtaama [l/s]	627
--	-----

## Hulevesiviemärin mitoitus

### Lähtötiedot

		Herkkyystarkastelun lähtötiedot
Putken kaltevuus [-] (Syötä desimaaliluku. Jos kaltevuus on 3 promillea, syötä 0,003.)	0,001	
Putken karkeuskerroin [mm]	1	

### Putken Colebrook-White karkeuskerroinarvoja [mm]

Yleisesti käytetyt kertoimet	0,2 - 3
Muovi	0,25
Betoni	1
Poimutettu metalliputki	37-82

### Tulokset

		Herkkyystarkastelun tulokset
Putken sisähalkaisija [mm]	1000	
Täyden putken virtausnopeus [m/s]	1,0	
Putken käyttöaste mitoitusvirtaamalla [%]	81	

## Avouoman mitoitus

### Lähtötiedot

**HUOM!** Avouoman mitoitus vaatii Solver-työkalun käyttämistä Avouoman mitoitus -välilehdellä. Tarkemmat ohjeet löytyvät Avouoman mitoitus -välilehdeeltä.

Uoman seinämän hankauskerroin [ $s/m^{1/3}$ ]	0,08
Uoman pituuskaltevuus [-] (Syötä desimaaliluku. Jos kaltevuus on 3 promillea, syötä 0,003.)	0,003
Uoman pohjan leveys [m]	1,00
Oikeanpuoleisen luiskan kaltevuus (1:t) (Syötä luku "t" paikalle)	2
Vasemmanpuoleisen luiskan kaltevuus (1:s) (Syötä luku "s" paikalle)	2

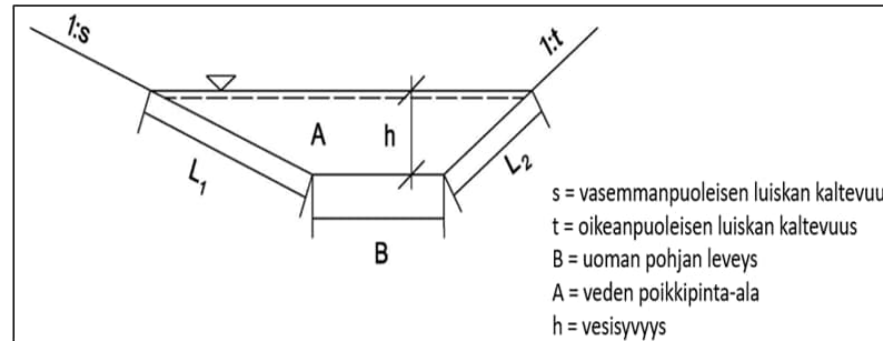
### Tulokset

Vesisyvyys uomassa [m]	0,70
Mitoitusvirtaaman virtausnopeus [m/s]	0,4

### Virtauslaskelmissa käytettäviä hankauskertoimien arvoja.

UOMAN LAATU	HANKAUSKERROIN
sora ja hiekka	0,020...0,030
savi ja siltti	0,025...0,040
tasainen ruoholuiska	0,040...0,070
epätasainen ruoholuiska	0,070...0,120
luonnonuoma, paljon kasvillisuutta	0,080...0,150
asfalttipinta	0,013...0,016
betonikouru	0,013...0,018

Taulukon lähde: Väylävirasto. 2021. Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu.



Kuvan lähde: Väylävirasto. 2021. Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu.

## Rummun mitoituspädotus

### Lähtötiedot

**HUOM!** Mitoituspädotuksen laskemista varten tulee ensin tehdä avouoman mitoitus rummun yläpuoliselle avouomalle. Rummun mitoituspädotuksen laskeminen vaatii Solver-työkalun käyttämistä Rummun mitoituspädotus -välilehdellä. Tarkemmat ohjeet löytyvät Rummun mitoituspädotus -välilehdeä.

### Tulokset

Rummun pituuskaltevuus [-] (Syötä desimaaliluku. Jos kaltevuus on 3 promillea, syötä 0,003.)	0,001
Rummun seinämän hankauskerroin [s/m <sup>1/3</sup> ]	0,013
Rummun halkaisija [mm]	1000
Oletettu mitoituspädotus [m]	0,05

Mitoituspädotus [m]	0,08
---------------------	------

### Rummun seinämän Manningin hankauskerroimen arvoja

Putkityyppi	Manningin kerroin n
Sileä muoviputki	0,011
Betoniputki	0,013
Poimutettu metalliputki	0,022 - 0,026

Taulukon lähde: ASCE (1982). Gravity Sanitary Sewer Design and Construction, ASCE Manual of Practice No. 60, New York, NY.





Väylävirasto  
Trafikledsverket