

**RIL 124-2-2004**

**Vesihuolto II**

**ril**

## **Julkaisija ja kustantaja**

Suomen Rakennusinsinöörien  
Liitto RIL ry

## **Toimituskunta**

Prof. Heikki Kiuru pj. (pj. 2001 - 2004, jäsen  
1996 - 2000)  
TKT Risto Laukkanen, pj. (1996 - 2000)  
Dipl.ins. Tuomo Heinonen (1996 - 2004)  
Prof. Eero Kajosaari (1996 - 2000)  
Prof. Esko Lakso (1997 - 2004)  
Prof. Tuula Tuhkanen (1997 - 2004)  
TKT Matti Viitasaari (1996 - 2000)  
TKL Erkki Karttunen, siht. (1996 - 2004)

## **Vastaava toimittaja**

Tekn. lis. Erkki Karttunen

## **Kirjoittajat**

Tekn. lis. Erkki Karttunen  
Luvun C.7.7. "Desinfiointi" kirjoittamiseen  
on osallistunut prof. Tuula Tuhkanen ja lu-  
vun C.8.35 "Biologinen ravinteiden poisto"  
prof. Heikki Kiuru.

## **Piirtäjät**

Ins. Mikko Keränen

## **Toimitussihteeri**

Jaana Henell

## **Ilmoitukset**

JPM-Info Oy

## **Kirjapaino**

Vammalan Kirjapaino Oy, 2004

ISBN 951-758-438-5 (sid.)  
ISBN 978-951-758-695-5 (pdf 2023)  
ISSN 0356-9403

## **Rahoittajat**

Opetushallitus  
Maj ja Tor Nesslingin Säätiö  
Maa- ja vesitekniikan tuki ry.

## **Myynti**

Suomen Rakennusinsinöörien  
Liitto RIL r.y.  
Dagmarinkatu 14, 6. krs  
00100 Helsinki  
Puh. 09-6840 7822, fax 09-588 3192  
www.ril.fi, email ril@ril.fi

Tämän teoksen kopioiminen on kielletty  
tekijänoikeuslain 404/61 mukaisesti.

© RIL ry

## Alkusanat

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y:n kustantamana ilmestyi vuonna 1968 käsikirja Maa- ja vesirakennus. Painoksen loputtua kustantaja päätti julkaista kirjan uuden laitoksen viitenä erillisenä osana, joista RIL 93 Vesihuolto oli järjestyksessä toinen. Sen ensimmäinen painos ilmestyi vuonna 1973. Toinen painos, joka oli täysin ensimmäisen kaltainen, ilmestyi paria vuotta myöhemmin.

Vuonna 1981 ilmestyi RIL 124 Vesihuolto, joka oli siihen mennessä laajin suomenkielinen teos, jossa vesihuolto on käsitelty täydellisenä kokonaisuutena. Siihen sisältyi sekä vesi- että viemärilaitos ja myöskin vesiensuojelu, joka on jätetty pois uuden Vesihuolto-käsikirjan asiakokonaisuudesta.

Julkaisua uudistettaessa todettiin, että tarvittavan Vesihuolto-käsikirjan sisältöalue on laajentunut siinä määrin, että se päätettiin jakaa kahteen julkaisuun: RIL 124-1 Vesihuolto I ja RIL 124-2 Vesihuolto II.

Vesihuolto I on jaettu kahteen osaan. Ensimmäinen osa (A) käsittelee vesihuollon taustatietoja, kuten vesihuollon merkitystä, vesihuollon tilannetta Suomessa, vesihuoltolaitoksen tehtäviä ja sen vaikutusta muuhun yhdyskuntasuunnitteluun. Vesihuoltolaitoksen oikeudellisissa perusteissa on lyhyesti tarkasteltu uutta vesihuoltolakia ja sen soveltamista. Toinen osa (B) keskittyy vesihuollossa tarvittaviin luonnon-tieteellisiin perusteisiin: hydrologiaan, hydraulikkaan, veden laatuun ja vesihuollon korrosioilmiöihin. Kussakin yhteydessä on pyritty mainitsemaan teoreettisen asian merkitys vesihuoltoon, mikäli se ei asiayhteydestä muutoin selviä. Veden laatua ja hydraulikkaa koskevat osat ovat laajentuneet aikaisemmasta painoksesta merkittävästi.

Vesihuolto II on puolestaan jaettu kolmeen osaan siten, että ensimmäinen osa (C) käsittelee vesihuollon yksikköoperaatioita ja prosesseja, toinen osa (D) vesihuollon suunnittelua ja kolmas osa (E) vesihuollon toteuttamista.

Asioiden esitystapa ei kaikilta osin ole täysin käsikirjamainen, vaan eräissä tärkeimmissä kohdin on asioiden tarkastelua syvennetty luonnon-tieteellisillä perusteilla. Tästä toivotaan olevan

hyötyä asioiden syvällisemmän ymmärtämisen kannalta niin ammatissa toimiville kuin myös eritasoisessa teknisessä opetuksessa. Jokaisen luvun lopussa mainituilla kirjallisuusviiteillä on mahdollista täydentää käsikirjan tietoja.

Vesihuolto I ja II muodostavat yhdessä laajan, noin 1000-sivuisen vesihuoltoä käsittävän asiakokonaisuuden, jonka toivotaan antavan sisällöllisesti ja asiallisesti uusia virikkeitä niin alan ammattilaisille kuin opiskelijoillekin. Vaikka käsikirjan perusrakenteessa on pyritty säilyttämään tietynlainen yhteys alan aikaisempiin teoksiin asioihin sisälle pääsyn helpottamiseksi, on lähestymistapa muuttunut kuitenkin selvästi kansainvälisempään suuntaan. Tämän toivotaan helpottavan lukijoita heidän tarvitessaan käsikirjassa esitetyjä laajempia vieraskielisiä teoksia tai tutkimuksia.

Kirjoittaja yliopettaja, tekniikan lisensiaatti Erkki Karttunen on saanut arvokasta aineistoa ja rakentavaa arvostelua lukuisilta alan asiantuntijoilta niin yksityisen insinööritoiminnan kuin valtion vesiviranomaisten piiristä. Työtä on ohjannut RILin Vesihuoltotoimikunta.

Kirja on julkaistu Opetushallituksen, Maj ja Tor Nesslingin Säätiön ja Maa- ja vesiteknikan tuki ry:n tuella. Kustantaja esittää julkaisun rahoittajille, toimikunnan puheenjohtajalle, jäsenille, kirjoittajalle ja muille toimitustyöhön osallistuneille henkilöille parhaimmat kiitoksensa ammattialan kehittämiseen suuresti vaikuttavasta työstä.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL uskoo käsikirjojen RIL 124-1 Vesihuolto I ja RIL 124-2 Vesihuolto II helpottavan vesihuollon rakennuttamista, suunnittelua, rakentamista ja ylläpitoa. Lisäksi käsikirja soveltuu hyvin oppikirjaksi korkeakouluihin.

Helsingissä kesäkuussa 2004

SUOMEN RAKENNUSINSINÖÖRIEN  
LIITTO RIL R.Y.

Jaakko Heikkilä  
puheenjohtaja

Jyrki Keinänen  
toimitusjohtaja

## Preface

In 1968 the Association of Finnish Civil Engineers (RIL) published the Handbook on Earthwork and Water Construction. After the first edition was out of print, the publisher decided to divide the book into five separate parts. The second of these, Water Supply (Vesihuolto, RIL 93), was for the first time printed in 1973 and again a few years later. A new edition, Water Supply and Sewerage (Vesihuolto, RIL 124), was published eight years later in 1981. At the time it was the most comprehensive Finnish language book on water supply and sewerage, including water and wastewater treatment, sewerage, as well as water conservation.

In the past 20 years, many new developments and innovations have been discovered and introduced, and during the preparation of this new book it became apparent that it was necessary to divide it into two parts: Water Supply and Sewerage I (Vesihuolto I, RIL 124-1-2003) and Water Supply and Sewerage II (Vesihuolto II, RIL 124-2-2003).

The approach used in these books go beyond that of a traditional handbook. The core issues and concepts are discussed thoroughly based on physical and chemical principles. The aim is to offer readers, both professional engineers and students, a deeper and more comprehensive understanding of the underlying phenomena. Each chapter ends with a list of references to offer the reader easier access to other works in the field.

These new books include numerous corrections, changes and a significant amount of new additions to the content of the 1981 edition. The basic structure of Water Supply and Sewerage I/II, however, follows that of the previous one to ensure easier access for readers accustomed to the previously used approach. To make international professional literature more accessible to Finnish readers, the presentation in these books follow current international commonly accepted trends.

Water Supply and Sewerage I begins with a discussion of the general principles of water supply. In comparison to the 1981 edition, the sections on water quality and hydraulics have been significantly expanded. The book consists

of two main parts. The first concentrates on general background such as the importance of water supply, treatment and sewerage and their current situation in Finland, the general tasks and operation of both water and wastewater treatment plants and their effects on communal planning. Section A is focusing on the legal aspects of water and wastewater treatment plants briefly reviews the new legislation on water processing and its application in various situations. In the second part B, the main emphasis is on the theoretical foundations of water treatment, i.e., the physical and chemical aspects: Hydrology, hydraulics, water quality and corrosion. The connection between theoretical concepts and practical aspects are separately discussed where necessary.

The second book, Water Supply and Sewerage II, has been divided into three parts. The first part C concentrates on the unit operations and processes in water treatment while the second part D focuses on planning and design of water supply and sewerage. The last part D is dedicated to practical aspects.

Water Supply and Sewerage II complements and continues the issues discussed in Water Supply and Sewerage I. The Association of Finnish Civil Engineers (RIL) is positive that these new books will find use in planning, bidding and maintenance of water treatment systems. These books are well suited as a textbook for universities.

The author, senior lecturer, Lic. Tech. Erkki Karttunen, has obtained valuable material, constructive criticism and suggestions from a number of experts working in the private sector as well as in governmental organizations. The publisher would like to express its gratitude to them, as well as to the author, and other people involved in this work.

Finnish Association of Civil Engineers RIL  
Dagmarinkatu 14, 00100 Helsinki, Finland

RIL 124. Water Supply and Sewerage II. Helsinki 2004. Association of Finnish Civil Engineers RIL. 688 pages, 501 diagrams, 190 tables. ISBN 951-758-438-5

## Sisällysluettelo RIL 124-2 Vesihuolto II

**C. Vesien käsittelyn yksikköoperaatiot ja -prosessit****1. VESIHUOLTOTEKNIIKAN YKSIKÖ-  
OPERAATIOT JA -PROSESSIT** 17**2. VEDEN SIIRRON JA MITTAUKSEN  
YKSIKÖOPERAATIOT** 21

- 2.1 VEDEN JOHTAMINEN  
KANAVASSA JA PUTKESSA 21
- 2.11 Kanavat ja kourut 21
- 2.12 Veden johtaminen putkessa 22
- 2.121 Täysi putki 22
- 2.122 Hazen-Williamsin kaava 23
- 2.123 Yleisen kitkahäviön  
kaava 23
- 2.124 Osittain täynnä oleva  
putki 23

**3. PUMPUT** 25

- 3.1 PUMPPUJEN LUOKITTELU 25
- 3.2 PUMPUN OMINAISNOPEUS  
JA OPTIMIGEOMETRIA 26
- 3.3 PUMPPUJEN TOIMINTA-  
ALUEET 26
- 3.4 YLEISIMMÄT VESIHUOLLOSSA  
KÄYTETYT PUMPPUTYYPIÄ 27
- 3.41 Jatkuvat toimivat syrjäytys-  
pumput 27
- 3.411 Keskipakopumput 27
- 3.412 Vesirengaspumput 31
- 3.413 Mammutpumppu 32
- 3.414 Ruuvipumput 34
- 3.42 Vaiheittain toimivat  
syrjäytyspumput 34

**4. VESISÄILIÖT JA TASAUSALTAAT** 37

- 4.1 VESISÄILIÖT VEDEN-  
HANKINNASSA 37
- 4.2 VIEMÄRÖINNIN  
TASAUSALTAAT 37
- 4.3 TASAUSALTAIDEN TILAVUU-  
DEN MÄÄRITTÄMINEN 38

**5. MITTAUKSET JA  
MITTAUSMENETELMÄT** 41

- 5.1 YLEISTÄ 41
- 5.2 MITTAUSTEN TARKKUUS 42
- 5.3 FYSIKAALISET MITTAUKSET 42
- 5.31 Vedenpinnan korkeuden  
mittaaminen 42

- 5.311 Kapasitiivinen mittaus 42
- 5.312 Kuplailumittaus 43
- 5.313 Uimurimittaus 43
- 5.314 Kellukekytkimet 43
- 5.315 Pintaelektrodit 44
- 5.316 Ultraäänimenetelmä 44
- 5.317 Paineanturimittaus 44
- 5.32 Paineen mittaus 45
- 5.33 Virtaaman mittaus 45
- 5.331 Venturit 45
- 5.332 Tilavuusmittarit 46
- 5.333 Magneettiset  
virtaamamittarit 46
- 5.334 Siivikkomittarit 46
- 5.335 Ultraäänimittarit 47
- 5.336 Vortex-mittarit 47
- 5.337 Rotametrit 47
- 5.338 Mittapadot 47
- 5.34 Nopeuden mittaus 48
- 5.35 Lämpötilan mittaus 48
- 5.36 Tiheyden mittaaminen 48
- 5.37 Sameuden mittaaminen 49
- 5.4 KEMIAALLISET MITTAUKSET 49
- 5.41 Sähköjohtokyky 49
- 5.42 pH-arvon mittaus 50
- 5.43 Kloorijäännös 50
- 5.44 Happipitoisuuden mittaus 50
- 5.45 Orgaaninen hiilen  
kokonaismäärä (TOC) 50
- 5.5 BIOLOGISET MITTAUKSET 51

**6. FYSIKAALISET  
YKSIKÖOPERAATIOT** 53

- 6.1 VÄLPPÄYS JA SIIVILÖINTI 53
- 6.11 Välpät ja niiden  
mitoituserusteet 53
- 6.12 Vedenottamoiden välpät 54
- 6.13 Jätevesivälpät 54
- 6.14 Repijävälpät 56
- 6.15 Siivilöinti 56
- 6.2 SEKOITUS JA HÄMMENNYS 58
- 6.21 Yleistä 58
- 6.22 Nopeusgradientti 59
- 6.23 Sekoittimien tyypit 62
- 6.24 Sekoituksen vaatima  
energian tarve 63
- 6.241 Potkuri- ja turbiini-  
sekoittimet 63
- 6.242 Lapasekoittimet  
(Hämentimet) 63
- 6.243 Sekoitus yli- ja alivirtaus-  
seinien avulla 65
- 6.25 Flokkusaltaiden perus-  
tyypit ja niiden riippuvuus  
G-arvosta 65

6.251	Panosreaktori, jossa on täydellinen sekoitus	66	6.513	Kiinnittyneiden hiukkasten irtoamismekanismi	110
6.252	Läpivirtausreaktori, täydellinen sekoitus	67	6.514	Suodattimen huuhtelu	110
6.253	Läpivirtausreaktori, tulppavirtaus	68	6.52	Suodatuksen teoreettiset mitoituserusteet	110
6.254	Flokkausallastyypin vertailu	68	6.521	Epäpuhtausten väheneminen suodattimessa	110
6.3	<b>ILMASTUSMENETELMÄT (KAASU-VESIKONTAKTI-SYSTEEMIT)</b>	69	6.522	Suodatinvastus	113
6.31	Yleistä	69	6.523	Suodattimen huuhtelu	114
6.32	Ilmastimien tyypit	70	6.524	Suodatustoiminnan tarkkailu	115
6.321	Painovoimaisesti toimivat ilmastimet	71	6.525	Suodatuksen mitoitus	116
6.322	Diffuusioilmastus	72	6.53	Rakeisista materiaaleista tehdyt suodattimet	116
6.323	Pintailmastus	73	6.531	Toimintatavan mukainen jako	116
6.324	Paineilmastus	74	6.532	Suodatinmateriaalin mukainen jako	117
6.325	Muut ilmastimet	74	6.533	Suodatuksen virtaus-suunta	117
6.33	Yhteenveto eri ilmastintyyppien ominaisuuksista	77	6.534	Huuhtelutavan mukainen jako	117
6.4	<b>SELKEYTYS</b>	77	6.535	Suodatetun vesimäärän mukaan	117
6.41	Laskeutus	77	6.6	<b>ADSORBTIO</b>	118
6.411	Yksittäisen hiukkasen laskeutuminen	79	6.61	Adsorbtion mekanismit	118
6.412	Flokkautuva laskeutuminen	82	6.62	Adsorbentit	120
6.413	Vyöhykelaskeutuminen	82	6.7	<b>KALVOSUODATUS-TEKNIIKAT</b>	120
6.414	Tehostetut laskeutusmenetelmät	84	6.71	Kalvopuhdistustyyppien jakoperusteet	121
6.415	Laskeutuksen mitoituserusteet	85	6.72	Paineeseen perustuvat kalvopuhdistustekniikat	121
6.416	Laskeutusaltaiden perustyytit	89	6.721	Kalvopuhdistustekniikat	121
6.417	Laskeutusaltaiden yleisiä valintaperusteita	91	6.722	Kalvosuodattimen rakenne	122
6.42	Flotaatio	97	6.723	Käänteinen osmoosi	123
6.421	Flotaation yleiset perusteet	97	6.724	Käsitteitä	124
6.422	Luonnollinen flotaatio	98	6.725	Peruskaavat	125
6.423	Ilmaflotaatio	98	6.73	Sähkökentän käyttö kalvopuhdistuksessa	126
6.424	Käytettävät apukemikaalit	103	6.74	Kalvomateriaalit	126
6.43	Sentrifugit ja pyörreselkeyttimet	103	6.75	Esikäsitteilyn tarve	127
6.431	Teoreettiset perusteet	103	6.8	<b>TISLAUS</b>	128
6.432	Sentrifugit vesihuollossa	104	6.9	<b>KITEYTYSMENETELMÄT</b>	129
6.433	Pyörreselkeyttimet	105	7.	<b>KEMIALLISET YKSIKKÖPROSESSIT</b>	133
6.5	<b>SUODATUS</b>	107	7.1	<b>YLEISTÄ</b>	133
6.51	Suodatusmekanismit	108	7.2	<b>KEMIALLINEN KOAGULAATIO</b>	133
6.511	Pidättyminen ja kulkeutuminen	109	7.21	Yleistä	133
6.512	Kiinnittyminen	110	7.22	Koagulaation mekanismi	134

7.23	Koagulantilta vaadittavat ominaisuudet	134	7.83	Ioninvaihtimen muut sovellutukset	163
7.24	Kemialliset reaktiot koagulaatiossa	137	<b>8. BIOLOGISET YKSIKKÖPROSESSIT</b>		165
7.25	Apukoagulantit	138	8.1	MIKRO-ORGANISMIIEN MERKITYS KÄSITTELY-PROSESSEISSA	165
7.26	Koagulaatiokemikaali-määrän arviointi	139	8.2	TALOUSVEDEN BIOLOGISET KÄSITTELYMENETELMÄT	165
7.3	<b>KEMIALLINEN SAOSTUS</b>	140	8.21	Veden varastointi	165
7.31	Veden kemiallinen pehmenys	140	8.211	Luonnollisen puhdistusmekanismin toiminta-edellytykset	165
7.311	Kalkkimenetelmä	140	8.212	Varastoinnin tehokkuus	166
7.312	Kalkkisuoda-menetelmä	140	8.213	Levähaittojen torjunta	167
7.32	Fosforin saostaminen	142	8.22	Hidassuodatus	167
7.321	Fosforin saostaminen kalkilla	142	8.221	Hidassuodatuksen toimintaperiaate	167
7.322	Rauta- ja alumiini-suolojen käyttö	143	8.222	Rakenteelliset näkökohdat	168
7.4	<b>NEUTRALOINTI-REMINERALISOINTI</b>	144	8.223	Sovellusalueet	168
7.5	<b>KARBONAATTITASAPAINO JA VEDEN AGGRESSIIVISUUS</b>	144	8.3	<b>JÄTEVEDEN BIOLOGINEN PUHDISTUS</b>	169
7.51	Kalkkihiilidioksiditasapainon ehdot	144	8.31	Biologisen puhdistuksen yleiset edellytykset	169
7.52	Avoin systeemi	144	8.311	Ravinteet	169
7.53	Suljettu systeemi	145	8.312	Hapentarve	170
7.54	Veden aggressiivisuus	146	8.313	Lämpötila	170
7.541	Tillmansin menetelmä	147	8.314	pH	171
7.542	Langlierin menetelmä	149	8.315	Toksiset yhdisteet	171
7.543	Hiilidioksidin kemiallinen sitominen	149	8.32	Biologisten prosessien yleiset mekanismit	171
7.6	<b>HAPETUS-PELKISTYS-PROSESSI</b>	150	8.321	Aineen yleinen prosessimekanismi vedessä	171
7.61	Hapetus-pelkistysprosessin periaate	150	8.322	Biologiset aineenvaihduntaprosessit	171
7.62	Redox-potentiaali	150	8.323	Mikro-organismit	172
7.7	<b>DESINFIOINTI</b>	152	8.33	Biologisten yksikköprosessien perusteet	173
7.71	Yleistä	152	8.331	Mikro-organismien kasvukäyrät ja niiden vaiheet	173
7.72	Klooraus	154	8.332	Bakteereiden kasvun vaiheet ja biologinen prosessityyppi	173
7.721	Kloorin vaikutuksen arviointikaavat	154	8.333	Solun kasvun peruskaava	176
7.722	Kloorin reaktiot vedessä	155	8.334	Bakteereiden kasvu panosprosessissa	176
7.73	Otsonointi	157	8.335	Bakteereiden kasvun ja ravinnon määrä	177
7.731	Otsonin valmistus	157			
7.732	Otsonoinnin ja kloorin vaikutuksen vertailu	159			
7.74	UV-säteily	159			
7.741	Yleistä	159			
7.742	UV-säteilyn valmistus	159			
7.8	<b>IONINVAIHTO</b>	160			
7.81	Ioninvaihdon periaate	161			
7.82	Ioninvaihtimen käyttö veden pehmennykseen	162			

8.336	Prosessin sisäisen aineenvaihdunnan vaikutus ja nettokasvu	177	1.122	Veden määrä ja laatu	230
8.337	Lämpötilan vaikutus	178	1.123	Käsittelylle asetettavat yleiset vaatimukset	231
8.338	Biologisen käsittelyprosessin kineetiikkaa	178	1.124	Ympäristövaikutusten selvittämisen	231
8.34	Biologiset yksikköprosessit	180	1.125	Toissijaiset reunaehdot	232
8.341	Biologisten puhdistusprosessien tavoitteet	181	1.13	Suunnittelutyön päävaiheet ja asiakirjat	232
8.342	Aerobiset yksikköprosessit	182	1.14	Suunnitteluryhmän kokoonpano	233
8.343	Anaerobiset käsittelyprosessit	200	1.15	Suunnitteluprojektin toteutustavat	234
8.344	Anoksiset prosessit	210	1.2	MITOITUSVIRTAAMIEN LASKENTAPERUSTEET	236
8.35	Biologinen ravinteiden poisto	210	1.21	Väestöennusteet	238
8.351	Yleistä	210	1.22	Veden ominais- ja yksikkökäytöt	239
8.352	Fosforin biologinen poisto	215	1.221	Palvelutoiminnan vedenkäyttö	240
8.353	Yhdistetty biologinen tyyden ja fosforin poisto	217	1.222	Teollisuuden vedenkäyttö	241
8.354	Biologisten puhdistusmenetelmien uudet käyttökohteet	217	1.223	Yleisen käytön vesi	242
			1.224	Mitoituksen perustana olevat ominaiskäyttöarvot	242
<b>9. LUONNOSSA TAPAHTUVAT PUHDISTUMISPROSESSIT</b>		219	1.23	Vedenkäytön käyttökertoimet	243
9.1	VEDEN PUHDISTUMINEN TEKOPOHJAVETTÄ MUODOSTETTAESSA	219	1.231	Suurin vuorokausikäyttökerroin $k_d$	243
9.2	JÄTEVEDEN MAAPERÄ- JA KOSTEIKKO-PUHDISTAMINEN	220	1.232	Suurin tuntikäyttökerroin $k_h$	243
9.21	Luonnossa tapahtuva jäteveden puhdistuminen	220	1.233	Pienen tuntikäyttökerroin $k_{hmin}$	244
9.22	Jätevesien maaperäkäsittely	221	1.24	Virtaamien vaihtelu vesi- ja viemärlaitoksissa	244
9.23	Kosteikkopuhdistamot	223	1.241	Vedenkäytön vaihtelu	244
9.24	Maaperäpuhdistusmenetelmien vertailu	224	1.242	Viemäri-vesimäärien vaihtelu	245
Kirjallisuutta osaan C		225	1.3	VEDEN PUMPPAUS	248
			1.31	Pumppaamoiden käyttökohteet	248
			1.32	Pumpun ominaiskäyrät ja niiden tulkinta	249
<b>D. Vesihuollon suunnittelu</b>			1.33	Pumppujen tuoton säätötavat	252
<b>1. VESIHUOLTOSUUNNITTELUN YLEISET LÄHTÖKOHDAT</b>		229	1.331	Kuristussäätö	252
1.1	VESIHUOLLON SUUNNITTELUPROSESSI	229	1.332	Säätö juoksupyörän pyörimisnopeutta muuttamalla	253
1.11	Päätavoitteet	229	1.34	Pumppujen valinnan yleiset perusteet	255
1.12	Päätöksentekoprosessi vesihuoltosuunnittelussa	230	1.341	Valintaan vaikuttavat tekijät	255
1.121	Ensisijaiset reunaehdot	230			



1.342	Nostokorkeuden määrittäminen	256	2.225	Kaivotyypit ja soveltu- vuuden arviointi	280
1.35	Tehdasvalmisteiset pakettiratkaisut	259	2.226	Kaivojen rakenteet ja mitoitus	281
1.36	Putkistojen suunnittelu	259	2.23	Tekopohjaveden käyttöönotto	288
1.4	<b>KÄSITTELYLAITOSTEN SUUNNITTELUSSA HUOMIOON OTETTAVIA ASIOITA</b>	260	2.231	Yleistä	288
1.41	Veden ja jäteveden puhdistuksessa käytetyt menetelmät	260	2.232	Tekopohjaveden muodostumisperiaate	289
1.42	Käsittelymenetelmien yleiset prosessikaaviot	263	2.233	Puhdistumiseen vaikuttavat tekijät	292
1.421	Talousveden käsittely	263	2.3	<b>VESIJOHTOVERKON SUUNNITTELU</b>	294
1.422	Jäteveden puhdistus	264	2.31	Suunnittelun yleiset tavoitteet	294
1.423	Prosessien valinta	264	2.32	Vesijohtoverkon suunnittelu ja mitoitus	295
1.424	Käsittelyprosessien luotettavuuden ja stabiilisuuden arviointi	266	2.321	Verkkorakenteen alustava hahmottelu	295
1.425	Pilot-laitos	267	2.322	Johtoverkon toiminnalliset vaihtoehdot	295
<b>2.</b>	<b>VESILAITOS</b>	269	2.323	Vesijohtoverkon mitoi- tustilanteen valinta	297
2.1	<b>SUUNNITTELUN JA MITOI- TUKSEN PERUSTIEDOT</b>	269	2.324	Vesijohtoverkon mitoitus	299
2.11	Vesilaitoksen eri osien käyttöajat	269	2.33	Vesijohtoverkon materiaalit ja varusteet	306
2.12	Mitoitusvesimäärät ja niiden käyttökohteet	269	2.331	Putket	306
2.121	Keskimääräinen vuorokausikäyttö	269	2.332	Venttiilit	316
2.122	Suurin vuorokausi- käyttö	270	2.333	Vesi- ja palopostit	319
2.123	Huipputuntikäyttö	270	2.334	Vedenjakelujärjestelmän valvontalaitteet	320
2.124	Pienin tuntikulutus	270	2.335	Laite- ym. kaivot	320
2.125	Sammutusveden tarve	270	2.336	Putkien ja laitteiden sijoittaminen maastoon	320
2.13	Pienten vesilaitosten mitoitusvesimäärät	271	2.34	Vedenjakelujärjestelmän pumppaamot	323
2.2	<b>VEDENOTTAMOT</b>	272	2.341	Pumppaamotyypin valintaan vaikuttavat seikat	323
2.21	Pintaveden käyttöönotto	272	2.342	Pumppaamon rakenteet	324
2.211	Vedenottokohdan valinta	272	2.343	Pumput ja niiden asennus	324
2.212	Vedenottolaitteet	273	2.344	Raakaveden pumppaamo	324
2.22	Pohjaveden käyttöönotto	274	2.345	Pumpun nostokorkeus ja tehontarve	326
2.221	Suomen pohjavesi- varat	274	2.346	Painesäiliölaitos	327
2.222	Pohjavesiesiintymän antoisuuden selvittäminen	276	2.347	Paineen korotusasemat	331
2.223	Alustavat pohjavesi- tutkimukset	277	2.4	<b>VESISÄILIÖT</b>	331
2.224	Antoisuuden nen koepumppauksen avulla	277	2.41	Vesisäiliötyypit	331
			2.42	Säiliötyypin ja –paikan valinta	332

2.43	Säiliötilavuuden määrittäminen	333	2.542	Pumput	437
2.44	Maanalaiset ja maanvaraiset säiliöt	334	2.543	Putkistot	437
2.441	Yläsäiliöt	334	2.544	Paineilmalaitteet	439
2.442	Alavesisäiliöt	335	2.545	Instrumentointi	440
2.45	Vesisäiliötilojen suunnittelu- periaatteita	336	2.546	Keskusvalvomo	449
2.451	Veden laadun suojaaminen	336	2.55	Puhdistamon tarvitsemat tukitoiminnot ja aputilat	450
2.452	Huolto ja korjaukset	337	2.551	Varastotilat	450
2.453	Vesitekniikan varustus	338	2.552	Laboratoriotilat	450
2.5	<b>VEDENKÄSITTELYLAITOKSEN SUUNNITTELU</b>	338	2.553	Huolto- ja korjaamotilat	451
2.51	Suunnittelun lähtötilanne	339	2.554	Henkilökunnan sosiaali- ja valvomotilat	451
2.511	Vedenottoaikan valinta	339	<b>3. VIEMÄRILAITOS</b>		453
2.512	Mitoitusvirtaamat	339	3.1	<b>VIEMÄRIVERKKO</b>	453
2.513	Laitohydrauliikka	340	3.11	Viemärintijärjestelmät	453
2.514	Vuorokautinen käyttöaika	341	3.111	Viemärintijärjestelmien kuvaus	453
2.515	Käsittelytarpeen arviointi raakavesilähteen perusteella	341	3.112	Seka- ja erillisviemärintijärjestelmän vertailu	456
2.516	Käsittelytarpeen arviointi veden laadun perusteella	343	3.12	Mitoitusviemäri-vesimäärien arviointi	457
2.517	Puhdistusmenetelmän valinta	349	3.121	Jätevesi	457
2.52	Puhdistusyksiköiden mitoitust ja suunnittelu	352	3.122	Hulevesi	459
2.521	Raakaveden esikäsittely	352	3.123	Vuotovedet	464
2.522	Vedenkäsittelyn kemikaalit ja niiden syöttölaitteet	357	3.13	Viemäreiden mitoitust	467
2.523	Koagulaatio-flokkausyksikön suunnittelu	361	3.131	Sallitut kaltevuudet	467
2.524	Ilmastuksen suunnittelu ja mitoitust	366	3.132	Viemäriputken mitoitust	468
2.525	Selkeytyksen suunnittelu	381	3.133	Matemaattisten mallien käyttö viemäreiden suunnittelussa	472
2.526	Kalvopuhdistusmenetelmät	404	3.14	Viemäriverkon materiaalit ja rakenteet	472
2.527	Adsorptio	405	3.141	Putkimateriaalit	472
2.528	Ioninvaihtimet	409	3.142	Viemäriverkon rakenteet	477
2.529	Raudan ja mangaanin poistust	410	3.143	Tasausaltaan käyttömahdollisuudet	485
2.5210	Orgaanisen aineen poistust	415	3.144	Tasausaltaan mitoitustperusteet	486
2.5211	Desinfointi	417	3.2	<b>VIEMÄRIVEDEN PUMPPAAMOT</b>	487
2.53	Puhdistamon luonnossuunnittelun vaiheet	434	3.21	Pumppaamon tarpeen määrittely	487
2.54	Koneistot ja instrumentointi	437	3.22	Pumppaamon osat	487
2.541	Yleiset vaatimukset	437	3.221	Pumppaamorakennus	487
			3.222	Koneistot ja varusteet	488
			3.223	Pakettipumppaamot	491
			3.3	<b>JÄTEVESIEN PUHDISTUS</b>	492
			3.31	Jätevesien käsittelyn tarve	492
			3.32	Jätevesien käsittelylle asetettavat tavoitteet	493
			3.33	Jäteveden kuormitus ja laatu	493

3.331	Asumajätevedet	493	4.434	Aerobinen käsittely	574
3.332	Teollisuuden jätevedet	494	4.435	Kompostointi	575
3.34	Jäteveden puhdistamon mitoitusvesimäärien laskeminen	495	4.44	Lietteen hygienisointi	576
3.341	Jäteveden muodostuminen	495	4.441	Pastörointi	576
3.342	Jäteveden puhdistamon mitoitusvirtaama	496	4.442	Pitkäaikainen varastointi	577
3.35	Jätevesien puhdistus- menetelmät	497	4.45	Lietteen kunnostus	577
3.351	Esikäsitteily- menetelmät	498	4.451	Kunnostuksen tarkoitus	577
3.352	Kiintoaineen ja nestemäisen partikkelin erotusmenetelmät	507	4.452	Kemiallinen kunnostus	578
3.353	Biologiset puhdistus- menetelmät	517	4.433	Terminen kunnostus	579
3.354	Kemialliset ravinteiden poistomenetelmät	539	4.46	Lietteen poltto ja pyrolyysi	579
3.355	Ravinteiden biologiset poistomenetelmät	545	4.5	LIETTEIDEN HYVÄKSİKÄYTTÖ JA SIIJOITTAMINEN	580
3.356	Puhdistusta täydentävät menetelmät	551	4.51	Jätevesilietteet	580
3.36	Haja-asutuksen jätevesien käsittely	551	4.511	Jätevesilietteen orgaanisen kiinto- aineksen merkitys	580
3.361	Haja-asutuksen jäte- vesien käsittelyn tarve	551	4.512	Lietteiden sijoittaminen	580
3.362	Haja-asutuksen jäte- vesien käsittelyllä asetetut tavoitteet	552	4.52	Vesilaitoslietteet	580
3.363	Käsittelyvaihtoehdot	553	4.6	LIETTEEN KÄSITTELYN KEHITYSNÄKYMÄT	581
4.	<b>LIETTEEN KÄSITTELY</b>	555		Kirjallisuutta osaan D	582
4.1	LIETTEEN KÄSITTELYN TAVOITTEET	555	<b>E. Vesihuollon toteutus</b>		
4.2	LIETTEIDEN HYDRAULIIKKA	556	<b>1. VESIHUOLLON HALLINTO</b>		
4.3	SYNTYVIEN LIETTEIDEN MÄÄRÄ JA LUONNE	557	1.1	VESIHUOLLON HALLINTO- JA TOIMINTATAVAT	587
4.31	Jäteveden käsittelyssä syntyvät lietteet	557		MUUTOSTEN EDESSÄ	
4.32	Talousveden käsittelyssä syntyvät lietteet	559	1.2	TOIMINTOJEN JÄRJESTÄMIS- VAIHTOEHTOJA	587
4.4	LIETTEIDEN KÄSITTELY- MENETELMÄT	560	1.3	AVOIMET VESIHUOLTO- MARKKINAT	588
4.41	Eri käsittelymenetelmien tarkoitus	560	1.4	VESIHUOLLON ALUEELLISEN YHTEISTYÖN MERKITYS	
4.42	Lietteen tiivistys	560		KOROSTUU	589
4.421	Laskeutustiivistys	561	1.5	ULKOISTETUT VESIHUOLTOPALVELUT	590
4.422	Flotaatiotiivistys	564	1.6	ALUEELLISEN YHTEISTYÖN EDELLYTTÄMÄT MUUTOS- TARPEET SUOMESSA	591
4.423	Lietteen kuivaus	566	1.61	Alueelliseen yhteistyöhön vaikuttavia asioita	591
4.43	Lietteen stabilointi	569	1.62	Alueellisen operoinnin yleiset edellytykset	592
4.431	Yleistä	569	1.63	Erytyislainsäädäntö	592
4.432	Kalkkistabilointi	570	1.64	Suomen lainsäädäntö	592
4.433	Anaerobinen käsittely	571	1.65	EU-lainsäädäntö	592
			1.651	Kilpailuttamisvaatimukset ja tarjousasiakirjoja	

	koskevat vaatimukset	3.243	Asennuspaikka	617		
	EU-tasolla	593	3.244	Upotus	618	
1.66	Sääntelyn tarve	593	3.245	Putken taivuttaminen	619	
1.67	Muita alueellisen operaattori-		3.246	Putkijohtojen painotus	619	
	toiminnan käynnistämiseen		3.247	Rantautumiskohdat	620	
	liittyviä näkökohtia	594	3.248	Vastaanottotarkastus	621	
1.7	VESIHUOLTOLAITOKSEN		3.25	Ennen vesijohdon		
	TALOUS	595		käyttöönottoa suoritettavat		
1.71	Vesihuoltomaksujen			toimenpiteet	622	
	määräytymisperusteet	595	3.251	Vesijohdon huuhtelu	622	
1.711	Vesimaksujen lain-		3.252	Painekoe	623	
	säädännölliset		3.253	Vesijohdon desinfiointi	623	
	perusteet	595	3.26	Toimenpiteet ennen		
1.712	Muut vesimaksujen			viemärin käyttöönottoa	624	
	määräytymiseen		3.261	Viemäriinjan suoruden		
	vaikuttavat asiat	595		tarkistaminen	624	
1.713	Vesi- ja jätevesimaksut		3.262	Tiiviyskoe	624	
	Suomessa	597	3.3	RAKENNUSKUSTANNUSTEN		
1.72	Vuosikustannusten			LASKENTAPERUSTEET	626	
	laskeminen	598	3.31	Johtolinjojen maatyöt	626	
1.721	Pääomakustannukset	598	3.32	Putkijohtojen materiaali-		
				ja asennuskustannukset	629	
1.722	Käyttö- ja ylläpito-		3.33	Rakenteet ja laitokset	630	
	kustannukset	599		3.331	Vesisäiliöt	630
				3.332	Vedenkäsittelylaitokset	630
				3.333	Jäteveden	
					puhdistamot	634
<b>2.</b>	<b>VESIHUOLTOLAITOKSEN</b>		<b>4.</b>	<b>VESIHUOLTOLAITOKSEN HOITO JA</b>		
	<b>SUUNNITTELU</b>	601		<b>VALVONTA</b>	637	
2.1	VESIHUOLLON		4.1	VESIHUOLTOLAITOKSEN		
	SUUNNITTELU	601		HOITO- JA VALVONTA-		
2.11	Tekniset suunnitelmat	601		TOIMENPITEET	637	
2.12	Alustavat suunnitelmat	601	4.11	Vesihuoltoverkon hoito		
2.13	Yleissuunnitelma	601		ja valvonta	637	
2.14	Yksityiskohtien		4.111	Yleistä hoito- ja		
	suunnitelma	602		valvontatoimenpiteistä	637	
2.15	Kaavoitusta palvelevat		4.112	Tukkeumat	638	
	vesihuoltosuunnitelmat	603	4.113	Jakeluverkon toiminnan		
2.2	SUUNNITTELUYÖN			ohjaus	638	
	SUORITTAMINEN	604	4.12	Käsittelylaitoksen koneet		
				ja laitteet	639	
<b>3.</b>	<b>VESIHUOLTOLAITOKSEN</b>		4.13	Laitoksen toiminnan		
	<b>RAKENTAMINEN</b>	607		yleinen seuranta	639	
3.1	VESIHUOLTOLAITOSTEN		4.14	Veden laadun seuranta	639	
	RAKENTAMISEN		4.15	Vesilaitoksen hoitajan		
	TOTEUTUSVAIHTOEHDOT	607		kelpoisuusvaatimukset	640	
3.2	VESIHUOLTOVERKON		4.2	VIEMÄRLAITOKSEN HOITO-		
	RAKENNUSTYÖT	608		JA VALVONTATOIMEN-		
3.21	Vesijohto- ja viemäri-			PITEET	641	
	johtojen kaivantotyöt	608	4.21	Yleistä	641	
3.22	Vesijohdon asennus	609	4.22	Viemärin tukkeutumaa ja		
3.23	Viettoviemärin			niiden poisto	641	
	asentaminen	613	4.221	Putkien sisäpuolinen		
3.24	Putkijohdon asentaminen			syöpyminen	642	
	vesistöön	617				
3.241	Yleistä	617				
3.242	Putken paineluokan					
	valinta	617				

4.222	Putkien ulkopuolinen syöpyminen	642	5.64	Toimenpideohjelman laadinta	663
4.223	Vaurioituneiden viemäreiden korjaaminen	643	5.7	<b>SANEERAUSMENETELMÄT</b>	663
4.23	Jäteveden puhdistamon hoito ja valvonta	643	5.71	Pitkäsujutus	663
			5.72	Pätkäsujutus	664
			5.73	Pakkosujutus	664
			5.74	Puristussujutus	664
			5.75	Spiraalisujutus	665
			5.76	Sukkasujutus	665
			5.77	Letkusujutus	665
			5.78	Mikrotunnelointi	665
			5.79	Panelointi	665
			5.710	Pinnoitus ruiskutettavalla aineella	665
			5.711	Saumojen injektointi	665
			5.712	Kaivojen saneeraus	665
				Kirjallisuutta osaan E	667

## 5. VESI- JA VIEMÄRIVERKKOJEN

### SANEERAUS

5.1	YLEISTÄ	647
5.2	ARVIO VESI- JA VIEMÄRIVERKKOJEN VAURIOIDEN MÄÄRÄSTÄ SUOMESSA	647
5.3	AIHEESEEN LIITTYVIÄ KÄSITTEITÄ	648
5.4	KUNNOSSAPITO-, KORJAUS- JA SANEERAUSTOIMENPITEIDEN TARPEELLISUUDESTA	649
5.5	SANEERAUSMENETELMÄN VALINTAAN VAIKUTTAVAT YLEISET SEIKAT	650
5.51	Tekniset tekijät	650
5.511	Painumisolosuhteet	650
5.512	Sortumat	650
5.513	Puhdistustarve	650
5.514	Sekaviemäröinnistä erillisviemäröintiin	650
5.52	Taloudelliset seikat	650
5.521	Muu toiminta saneerattavan johdon ympäristössä	650
5.522	Tonttiliitosten määrä	651
5.523	Olosuhteet johtokaivannossa	651
5.524	Olosuhteet johdon yläpuolella	651
5.525	Saneeraustyön kesto	651
5.526	Kustannukset saneerauksen jälkeen	651
5.53	Haitat ulkopuolisille	651
5.54	Työllisyysnäkökohdat	651
5.6	SANEERAUSTARPEEN MÄÄRITTÄMINEN JA TOIMENPIDEOHJELMAN LAADINTA	652
5.61	Saneeraustarpeen yleiset syyt	652
5.62	Vesijohto- ja viemäriverkon toimivuuden ja kunnan selvittäminen	652
5.63	Vesihuoltoverkon kunto- tutkimukseen soveltuvat menetelmät	655
5.631	Vesijohtoverkot	655
5.632	Viemäriverkot	658

### HAKEMISTO

### KIRJASSA KÄYTETYT LYHENTEET

### YLEISIÄ SI-YKSIKÖITÄ