RIL 124-1-2003

Vesihuolto I

Julkaisija ja kustantaja

Suomen Rakennusinsinöörien
Liitto RIL ry

Rahoittajat

Opetushallitus
Maj ja Tor Nesslingin Säätiö

Toimituskunta

Prof. Heikki Kiuru pj. (pj. 2001 - 2003, jäsen 1996 - 2000)
TkT Risto Laukkanen, pj. (1996 - 2000)
Dipl.ins. Tuomo Heinonen (1996 - 2003)
Prof. Eero Kajosaari (1996 - 2000)
Prof. Esko Lakso (1997 - 2003)
Prof. Tuula Tuhkanen (1997 - 2003)
TkT Matti Viitasaari (1996 - 2000)
TkL Erkki Karttunen, siht. (1996 - 2003)

Myynti

Suomen Rakennusinsinöörien
Liitto RIL ry
Töölönkatu 4
00100 Helsinki
Puh. 0207 120 600, fax 0207 120 619
www.ril.fi, email ril@ril.fi

Vastaava toimittaja

Tekn. lis. Erkki Karttunen

Kirjoittajat

Tekn. lis. Erkki Karttunen
Prof. Tuula Tuhkanen ja tekn. lis. Erkki Karttunen luku B3: 3.3, 3,4, 3.8 ja 3,9

Piirtäjät

Mikko Keränen ja Mikko Parviainen

Toimitussihteeri

Jaana Henell

Ilmoitukset

JPM-Info Oy

Kirjapaino

Vammalan Kirjapaino Oy, 2009
2. painos

Liitteenä oleva CD

Suomen tärkeimmät maaperän pohjavesimuodostumat ja kallioperän pääruhjevyöhykkeet

- © Geologian tutkimuskeskus
- Pohjakartta © Maanmittauslaitos lupanumero 49/MYY/02
- Pohjavesialuerajat © Suomen Ympäristökeskus 2003
- Ruhjeaineisto © Aimo Kuivamäki/GTK/ EY 2002
- GIS-toteutus Tapio Väänänen/GTK/KY2003

ISBN 978-951-758-503-3
ISBN 978-951-758-717-4 pdf 2026
ISSN 0356-9403

Tämän teoksen kopioiminen on kielletty tekijänoikeuslain 404/61 mukaisesti.

© Suomen Rakennusinsinöörien Liitto 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 vesihuoltoa on käsitelty täydellisenä kokonaisuutena. Siihen sisältyi sekä vesi- että viemärilaitos ja myöskin vesiensuojelu.

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

Vesihuolto I käsittelee aluksi vesihuollon yleisiä taustatietoja, mutta pääpaino on kuitenkin vesihuollon teoreettisissa perusteissa: hydrologia, hydrauliikka ja veden laatu. Veden laatua ja hydrauliikka koskevat osat ovat laajentuneet aikaisemmasta painoksesta merkittävästi. Vesihuolto II on puolestaan jaettu kolmeen osaan siten, että ensimmäinen osa käsittelee vesihuollon yksikköoperaatioita ja prosesseja, toinen osa vesihuollon suunnittelua ja kolmas osa vesihuollon toteuttamista.

RIL 124-1 Vesihuolto I on jaettu kahteen päälukuun. Ensimmäinen luku 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 luku B keskittyy vesihuollossa tarvittaviin luonnontieteellisiin perusteisiin: hydrologiaan, hydrauliikkaan, veden laatuun ja vesihuollon korroosioilmiöihin. Kussakin yhteydessä on pyritty mainitsemaan teoreettisen asian merkitys vesihuoltoon, mikäli se ei asiayhteydestä muutoin selviä.

Asioiden esitystapa ei kaikilta osin ole täysin käsikirjamainen, vaan eräissä tärkeimmissä kohdin on asioiden tarkastelua syvennetty luonnontieteellisillä perusteilla. Tästä toivotaan olevan hyötyä asioiden syvällisemmän ymmärtämisen kannalta niin ammatissa toimiville kuin myös eritasoisessa teknisessä opetuksessa. Jokaisen luvun lopussa mainituilla kirjallisuusviitteillä on mahdollista täydentää käsikirjan tietoja.

Verrattuna edeltäjäänsä on käsikirjaan tehty lukuisia korjauksia, muutoksia ja täydennyksiä, vaikka perusrakenne on pyritty säilyttämään sellaisena, että sillä on yhteys aikaisempiin alan teoksiin asioihin sisälle pääsyn helpottamiseksi.

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 ja Maj ja Tor Nesslingin Säätiön 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 käsikirjan RIL 124-1 Vesihuolto I helpottavan vesihuollon rakennuttamista, suunnittelua, rakentamista ja ylläpitoa. Lisäksi käsikirja soveltuu hyvin oppikirjaksi korkeakouluihin.

Helsingissä maaliskuussa 2003

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).

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, 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 approach used in this book goes 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.

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

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.

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.

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

RIL 124. Water Supply and Sewerage I. Helsinki 2003. Association of Finnish Civil Engineers RIL. 314 pages, 178 diagrams, 75 tables. ISBN 951-758-431-8

Sisällysluettelo RIL 124-1 Vesihuolto I

A. Vesihuollon taustatietoja

1. VESIHUOLLON LUONNONTIETEELLISISTÄ PERUSTEISTA 13

2. VESIHUOLLON YHTEISKUNNALLINEN MERKITYS 15
- 2.1 Yleistä 15
- 2.2 Vesi ja terveys 16
  - 2.21 Vesihuollon vaikutus yleiseen terveyden tilaan 16
  - 2.22 Suomen tilanne 18
- 2.3 Vesi on kriittinen luonnonvara 20
- 2.4 Ympäristönsuojelun merkitys vesiensuojelulle 22
- 2.5 Veden sosiaalinen ja esteettinen merkitys 26
- 2.6 Vedenkäyttäjät ja käyttäjävalistus 26

3. VESIHUOLLON TILANNE SUOMESSA 29
- 3.1 Yhdyskuntien vesihuolto 29
  - 3.11 Liittyjämäärät 29
  - 3.12 Vedenkäyttö 29
  - 3.13 Jätevesien puhdistus 30
  - 3.14 Viemäriverkostojen vuoto- ja hulevedet 33
  - 3.15 Haja-asutusalueiden vesihuolto 33
  - 3.16 Valmiussuunnittelu 35
- 3.2 Teollisuuden vesihuolto 35
  - 3.21 Teollisuuden vesihuollon yleiset piirteet 35
  - 3.22 Viemärilaitokseen johdettavat teollisuuden jätevedet 38
  - 3.23 Teollisuuden vesihuollon kehitys 39

4. VESILAITOS JA SEN TEHTÄVÄT 41
- 4.1 Vesilaitoksen osat 41
- 4.2 Veden yleiset laatuvaatimukset ja niiden noudattamisen valvonta 41
- 4.3 Talousveden laatu Suomessa 42
- 4.4 Veden käsittely ja sen tarpeellisuus 43
- 4.5 Veden siirto ja jakelu 44
- 4.6 Vedenhankinnan vaihtoehdot 45

5. VIEMÄRILAITOS JA SEN TEHTÄVÄT 49
- 5.1 Viemärilaitoksen osat 49
- 5.2 Viemärilaitoksen toimintatavoitteet 50
- 5.3 Jätevesien kerääminen ja johtaminen 50
- 5.4 Jätevesien käsittely 52

6. VESIHUOLLON OIKEUDELLISISTA PERUSTEISTA 53
- 6.1 Yleistä vesihuollon lainsäädännöstä 53
- 6.2 Vesihuoltolaki 54
  - 6.21 Lain soveltamisala ja keskeiset vaikutukset 54
  - 6.22 Vastuu vesihuollon järjestämisestä ja kehittämisestä 55
  - 6.23 Toiminta-alue 55
  - 6.24 Liittymisvelvollisuus 55
  - 6.25 Vesihuoltosopimukset 56
  - 6.26 Maksut 56
  - 6.27 Kuluttajansuoja 57
  - 6.28 Valvonta ja muutoksenhaku 57
- 6.3 Eräitä vesihuoltoon liittyviä hallinnollisia käytäntöjä 58

7. VESIHUOLTOLAITOKSEN VAIKUTUS YHDYSKUNNAN FYYSISEEN SUUNNITTELUUN 59
- 7.1 Vedenhankinta 59
- 7.2 Vesihuoltoverkko 60
  - 7.21 Jakeluverkko 60
  - 7.22 Viemäriverkko 61
- 7.3 Käsittelylaitokset 62
- 7.4 Säiliörakenteet 63
- 7.5 Puhdistamolietteet 63
- 7.6 Yhteenveto vesihuollon vaikutuksesta yhdyskuntasuunnitteluun 65

8. VESIHUOLLON OSUUS YHDYSKUNTARAKENTAMISEN KUSTANNUKSISTA 67

Kirjallisuutta osaan A 68

B. Vesihuollon teoreettiset perusteet

1. HYDROLOGIA 71
1.1 Johdanto 71
1.11 Hydrologian sisältö 71
1.12 Määritelmiä 71
1.13 Veden kiertokulku 72
1.14 Maapallon vesivarat 73
1.15 Suomen vesivarat 74
1.2 Suomen vesitase 74
1.21 Sadanta 78
1.211 Sateen syntytapa 78
1.212 Sadannan mittaaminen 79
1.213 Sadannan keskiarvot ja sateiden rankkuus 80
1.22 Haihdunta 81
1.221 Haihdunnan muodot 82
1.222 Haihdunnan suuruus 82
1.23 Valunta 83
1.231 Vuosivalunta 83
1.232 Valuma-alueen laadun vaikutus vuosivalunnan suuruuteen 84
1.233 Ylivaluma 85
1.234 Alivaluma 86
1.24 Lumi- ja jääolot 87
1.241 Lumiolot 87
1.242 Jääolot 88
1.3 Hydrologisen havaintoaineiston käsittely ja täydentäminen 89
1.31 Pysyvyyskäyrät 90
1.32 Toistuvuusanalyysi 91
1.4 Vesistöjen fysikaaliset perusominaisuudet 92
1.41 Virtaavat vedet 92
1.42 Seisovat vedet 93
1.421 Veden liikkeet järvialtaassa 93
1.422 Terminen kerrostuneisuus 94
1.423 Välivesi 95
1.424 Viipymä 96
1.5 Vesilähteet 97
1.51 Pintavesistöt 97
1.511 Antoisuuden arviointiperusteet 97
1.512 Antoisuuden lisääminen 98
1.52 Pohjavedet 99
1.521 Pohjavesiesiintymien luonnollinen antoisuus 99
1.522 Pohjaveden muodostumistapa 102
1.523 Pohjavesihydrauliikka 103
1.5231 Pohjaveden virtaus maaperässä 103
1.5232 Akviferityypit 103
1.524 Määritelmiä ja käsitteitä 104
1.5241 Huokoisuus 104
1.5242 Ominaisantoisuus ja ominaispidättyvyys 104
1.5243 Varastokerroin 106
1.5244 Hydraulinen gradientti 107
1.5245 Vedenjohtavuus 107
1.5246 Vedenjohtokyky 107
1.525 Pohjavesivirtauksen yleiset hydrauliset mitoitusperusteet 107
1.526 Kaivohydrauliikan peruskaavat ja niitä koskevat rajoitukset 108
1.5261 Muuttumaton virtaus 108
1.5262 Muuttuva virtaus 109
1.6 Routa 113
1.7 Taajamahydrologia 114
1.71 Kaupungistumisen kehitys 114
1.72 Kaupungistumisen vaikutukset hydrologiaan 114
1.73 Valunnan muutokset 115
1.74 Vesiensuojelullinen merkitys 115
1.8 Vesistömallit käyttö hydrologisessa kierrossa 116

Kirjallisuutta osan B lukuun 1 118

2. HYDRAULIIKKA 121
2.1 Hydrauliikkaan vaikuttavia veden fysikaalisia ominaisuuksia 121
2.11 Nesteiden yleisiä ominaisuuksia 121
2.12 Kokoonpuristuvuus 122
2.13 Viskositeetti 122
2.131 Newtonilainen neste 124
2.132 Ei-newtonilainen neste 124
2.133 Nesteen luokittelu viskositeetin ja virtauksen mukaan 126
2.14 Pintajännitys 127
2.2 Hydrostatiikka 129
2.21 Hydrostatiikan perusyhtälö 129
2.22 Hydrostaattinen paine 130
2.23 Painevoima tasoa vastaan ja painekeskuksen sijainti 131
2.3 Hydrodynamiikka 132

2.31 Virtaavaan veteen liittyviä hydrodynamiikan perus-käsitteitä ja määritelmiä 133
2.32 Hydrodynamiikan perusyhtälö 136
2.33 Energiakorkeus ja energiahäviö 137
2.331 Kokonaisenergia ja Bernoullin yhtälö kitkat-tomassa nesteessä 138
2.332 Bernoullin yhtälö kitkallisessa nesteessä 139
2.34 Putkivirtaus 139
2.341 Putkivirtauslaskujen peruslähtökohdat 139
2.342 Virtaushäviöt 140
2.3421 Yleinen kitkahäviö-kaava 140
2.3422 Hazen-Williamsin kaava 142
2.3423 Manningin kaava 145
2.3424 Veden osittain täyttämä putki 147
2.3425 Darcy-Weisbachin, Hazen-Williamsin ja Manningin kaavojen vertailu 151
2.343 Paikallishäviöt 151
2.3431 Nielu- ja purkautumishäviö 152
2.3432 Äkillinen laajentuma 152
2.3433 Äkillinen supistuma 153
2.3434 Putken taite 154
2.3435 Putken kaarre 155
2.3436 Venttiilit 155
2.3437 Haarautumis-kohdat 155
2.3428 Välpät 157
2.344 Veden täyttämä kalliotunneli 158
2.345 Paineiskut johto-linjoissa 158
2.3451 Paineiskun teorian perusteita 158
2.3452 Paineaalto 159
3.3453 Paineaallon laskukaavat 162
3.3454 Paineaallot kalliotunnelissa 163
3.3455 Ilman sekoittumisen vaikutus paine-aaltoon 163
3.3456 Venttiileiden sulkeutumisnopeuden vaikutus paineaaltoon 164
2.35 Kanavavirtaus 165
2.351 Frouden luku 165
2.352 Tasainen virtaus 166
2.4 Veden mittausmenetelmät 167
2.41 Vedenpinnan korkeuden mittaaminen 168
2.411 Hydrauliset menetelmät 168
2.4111 Näyttöputki 168
2.4112 Hydrostaattinen paineenmittaus 168
2.4113 Uimurimenetelmä 168
2.4114 Ilmakupla-menetelmä 169
2.412 Muut menetelmät 169
2.4121 Kapasitanssi-menetelmä 169
2.4122 Ultraääni-menetelmä 169
2.42 Virtaaman mittaus 169
2.421 Hydrauliset menetelmät 170
2.4211 Virtaaman mittaus veden täyttämässä putkessa 170
2.4212 Virtaaman mittaus kanavassa 174
2.422 Muut menetelmät 178
2.4221 Sähkömagneettiset menetelmät 178
2.4222 Ultraääni-menetelmät 179
2.4223 Vortex-menetelmä 179
2.43 Veden nopeuden mittaaminen 179
2.44 Paineen mittaus 180
2.441 Virtaushäviöiden laskeminen 181
2.5 Veden pumppaus 181
2.51 Pumpputyyppien pääryhmittely 181
2.52 Keskipakopumpun periaate 181
2.53 Pumpun nostokorkeus 182
2.54 Keskipakopumpun teorian perusteita 183
2.55 Keskipakopumppujen teho ja hyötysuhde 185
2.56 Pumppukäyrät 186
2.57 Affiniteettisäännöt 187
2.58 Pumppujen valinta 188
2.581 Yksi pumppu 188

2.582 Kaksi pumppua rinnan ja sarjassa 189
2.59 Kavitaatio ja sen huomioon ottaminen pumpun asentamisessa 190
2.6 Hydrauliset mallit 192
2.61 Hydraulisten mallien periaatteet 192
2.62 Reynoldsin mallilaki 193
2.63 Frouden mallilaki 193
2.64 Weberin mallilaki 193
2.65 Cauchyn mallilaki 194

Kirjallisuutta osan B lukuun 2 194

3. VEDEN LAATU 195
3.1 Veden laadun erityis-ominaisuudet 195
3.2 Veden fysikaaliset ominaisuudet 195
3.21 Yleiset fysikaaliset ominaisuudet 195
3.22 Molekyyli ja kiderakenne 196
3.23 Tiheys 197
3.24 Optiset ominaisuudet 199
3.25 Väri 200
3.26 Termiset ominaisuudet 200
3.261 Lämpökapasiteetti 200
3.262 Lämmönjohtavuus 200
3.263 Höyrystymislämpö 200
3.27 Vesihöyryn paine 201
3.28 Jään fysikaaliset ominaisuudet 201
3.29 Kaasun siirtyminen nesteeseen ja päinvastoin 202
3.291 Fysikaaliset perusteet 203
3.2911 Hapen siirtyminen veteen 205
3.2912 Hapen siirtyminen mekaanisessa ilmastuksessa 205
3.3 Veden kemialliset ominaisuudet 206
3.31 Yleisiä näkökohtia 206
3.32 Aineiden esiintymismuodot vedessä 206
3.33 Suspensiot 207
3.34 Kolloidit 207
3.35 Liuokset 209
3.351 Liuosten yleiset ominaisuudet 209
3.352 Konsentraation esittäminen 211
3.3521 Suolojen liukoisuus veteen 212
3.3522 Nesteiden liukoisuus veteen 212
3.3523 Kaasujen liukoisuus veteen 213
3.36 Epäorgaaniset yhdisteet ja niiden ominaisuudet 215
3.361 Alkaliteetti 215
3.362 Veden kovuus 215
3.363 Hiilidioksidi 216
3.364 pH-arvo 218
3.365 Ravinteet 219
3.366 Muut epäorgaaniset yhdisteet 221
3.37 Veden orgaaniset yhdisteet 228
3.371 Yleistä 228
3.372 Ympäristölle vaaralliset aineet 228
3.373 Synteettiset orgaaniset yhdisteet 229
3.3731 Hiilivedyt 229
3.3732 Halogenoidut hiilivedyt 231
3.3733 THM, trihalo-metaanit 231
3.3734 TCE/PCE 231
3.3735 Klooratut aromaattiset hiilivedyt 231
3.3736 PCB-yhdisteet 231
3.3737 Kloorifenolit 232
3.3738 PCDD/PCDF-yhdisteet 232
3.3739 Fenolit 232
3.37310 Pestisidit eli torjunta-aineet 233
3.37311 Happea sisältävät orgaaniset yhdisteet 233
3.37312 Ftalaatit 234
3.37313 Pesuaineet 234
3.374 Luonnosta peräisin olevat orgaaniset yhdisteet 235
3.38 Haju- ja makuvirheet 236
3.39 Veden käsittelyn yhteydessä syntyvät yhdisteet 236
3.310 Orgaanisen aineen tutkiminen 236
3.3101 Yksittäisten yhdisteiden määrittäminen 237
3.3102 Summaparametrit 238

3.3103 Kokonaisorgaaninen hiili (Total Organic Carbon, TOC) 241
3.3104 AOX, EOX, POX 241
3.4 Veden biologiset ominaisuudet 241
3.41 Veden mikro-organismit 241
3.411 Yleistä 241
3.412 Jaottelu 241
3.413 Bakteerit 241
3.414 Virukset 242
3.415 Sienet (Fungi) 242
3.416 Levät 243
3.417 Alkueläimet 244
3.418 Rataseläimet (Rotifeerat) 244
3.419 Madot 244
3.42 Veden välityksellä leviävät taudit 244
3.43 Veden mikrobiologinen tutkiminen 245
3.431 Indikaattoribakteerit 245
3.5 Veden laatua koskevat vaatimukset ja suositukset 247
3.51 Raakaveden laatu 247
3.52 Talousveden laatu 248
3.53 Jäteveden laatu 249
3.531 Yleiset lähtökohdat jäteveden laadun normittamiselle 249
3.532 Jätevesien käsittelyn laadulle asetetut vaatimukset 253
3.6 Vesien laatu Suomessa 253
3.61 Vesilähteiden veden laatu 253
3.611 Pintavesien laatu 253
3.6111 Likaantumisesta johtuvat laadun muutokset 254
3.6112 Pintavesien laatu lukuarvoina 255
3.6113 Vesistöjen käyttökelpoisuusluokitus 255
3.612 Pohjavesien laatu 256
3.6121 Pohjaveden laadun yleiset piirteet 256
3.6122 Pohjaveden laatuun vaikuttavat tekijät 257
3.6123 Likaantumisesta johtuvat laadun muutokset 259
3.6124 Maaperän itsepuhdistuskyky 260
3.7 Jäteveden laatu 261
3.71 Jäteveden komponenttien perusryhmittely 261
3.72 Jäteveden ainespitoisuus 261
3.73 Jäteveden tärkeimpien ainesosien ominaisuuksia 262
3.74 Jäteveden laadun merkitys 266
3.8 Vesinäytteiden tutkiminen 266
3.81 Yleistä 266
3.82 Näytteenotto 266
3.83 Näytteen säilytys 267
3.9 Kemiallinen käyttäytyminen ympäristössä 267
3.91 Päästöt ympäristöön 267
3.911 Yleistä 267
3.912 Päästöt maaperään 268
3.913 Päästöt vesistöön 268
3.914 Päästöt ilmakehään 270
3.92 Kemikaalien leviäminen ympäristössä 270
3.921 Yleistä 270
3.922 Leviäminen maaperässä 270
3.923 Vesiliukoiset kemikaalit 271
3.924 Veteen liukenemattomat nesteet 272
3.93 Kemikaalien muutunta ympäristössä 273
3.931 Yleiset perusteet 273
3.932 Abioottinen muutunta 274
3.9321 Muutunta ilmassa 274
3.9322 Muutunta vedessä 275
3.933 Biohajoaminen 276
3.9331 Luonnonaineiden hajoaminen 276
3.9332 Synteettisten orgaanisten yhdisteiden biologinen hajoaminen 277

Kirjallisuutta osan B lukuun 3 278

4. KORROOSIO 279
4.1 Korroosion määritelmä 279
4.2 Veden ominaisuuksien vaikutus korroosioon 279
4.21 Yleistä 279
4.22 pH-arvon vaikutus 280
4.23 Alkaliteetti ja kovuus 280
4.24 Liuenneet kaasut 281
4.25 Rikkiyhdisteet 281
4.26 Liuenneet suolat 281
4.27 Metallit 282
4.28 Orgaaninen aines 282
4.29 Mikrobit 282
4.210 Lämpötila 282

4.211 Virtausnopeus 282
4.3 Metallien korroosio 282
4.31 Yleistä 282
4.32 Vedestä johtuvat metallien korroosiotyypit 284
4.321 Yleinen korroosio 284
4.322 Piilo- ja rakokorroosio 284
4.323 Pistesyöpyminen 284
4.324 Eroosio- ja kavitaatiokorroosio 285
3.325 Kuoppakorroosio 285
3.326 Jännityskorroosio ja korroosioväsyminen 285
4.33 Teräksen korroosio 285
4.331 Teräslaadut 285
4.332 Teräksen yleinen korroosio 285
4.333 Valuraudan korroosio 285
4.334 Teräksen korroosio-suojaus 286
4.335 Teräksen korroosio maaperässä 286
4.34 Muiden metallien korroosio 287
4.341 Alumiini 287
4.342 Kupari 287
4.4 Betonikorroosio 287
4.41 Betonin karbonatisoituminen 288
4.42 Kloridien aiheuttama korroosio 288
4.43 Sulfaattikorroosio 289
4.431 Sulfaatit karbonatisoituneessa betonissa 290
4.432 Sulfaattien ja kloridien yhteisvaikutus teräskorroosioon 290
4.44 Alkalirasitus 290
4.45 Kemikaalirasitus 290
4.46 Pehmeän veden rasitus 290
4.47 Luonnossa esiintyvät orgaaniset hapot 290
4.48 Biologinen korroosio 291
4.49 Yhteenveto betonin korroosioon vaikuttavista tekijöitä 292
4.5 Muovikorroosio 292
4.6 Korroosio-indeksit 293
4.7 Korroosion ehkäisy 293
4.71 Korroosion ehkäisyn yleiset periaatteet 293
4.72 Raudan korroosio ja sen ehkäisy 295
4.73 Kuparin korroosio ja sen ehkäisy 297

Kirjallisuutta osan B lukuun 4 299

5. VESIHUOLTOAUTOMAATION PERUSTEET 300
5.1 Automaation tavoitteet 300
5.2 Automaation perusrakenne 301

Kirjallisuutta osan B lukuun 5 302

HAKEMISTO 303

KIRJASSA KÄYTETYT LYHENTEET 308

YLEISIÄ SI-YKSIKÖITÄ 309