

YVY

TUTKIMUS 17

Vedenjakelujärjestelmän simulointimalli

yhdykskuntien vesi- ja ympäristöprojekti

HELSINKI 1976

YVY

TUTKIMUS 17

Vedenjakelujärjestelmän simulointimalli

VESIHALLITUKSEN PROJEKTI 7524 (I vaihe)

TEKNILLINEN KORKEAKOULU

KARI SAARIKOSKI
PENTTI YLETYINEN
VEIKKO HYTÖNEN

yhdyskuntien vesi- ja ympäristöprojekti

HELSINKI 1976

KYRIIRI OY
Luotsikatu 4, 00160 H:KI 16
PAINO: 90-630 230
MYyntI: 90-440 211/KIRJAKAUPPA
RUNEBERGINK. 14—16
(H:GIN KAUPPAKORKEAKOULU)
00100 Helsinki 10

ISBN 951-9250-66-2
ISSN 0355-1997

ESIPUHE

YVY-projektin keskeisiin tavoitteisiin kuuluu suunnittelumenetelmien ja ohjausjärjestelmien kehittäminen. Veden jakelun osalta valmistui aiemmin YVY-tutkimus 3 "Vesijohtoverkoston toiminnan luotettavuus".

Tutkimus nimeltään "Vedenjakelujärjestelmän toiminnallinen suunnittelu" perustuu em. YVY-tutkimukseen sekä YVY-esitutkimukseen "Malli-ajattelun soveltaminen yhdyskuntien vesi- ja jätehuollon suunnitteluun" ja Helsingin teknillisen korkeakoulun aloitteeseen sopivien simulointimallien hankkimisesta ja soveltamisesta Suomen oloihin. Se sisältää erillisen tutkimuksen jäljempänä mainitun simulointimallin käytöstä kahden vedenjakeluverkon toiminnallisessa suunnittelussa ja julkaistaan omana raporttinaan YVY-sarjassa.

Tämä tutkimus käsittää vedenjakelujärjestelmän toiminnalliseen suunnitteluun tarkoitetun simulointimallin teknisen raportin ja käyttäjän manuaalin. Se kertoo mallin ominaisuuksista ja soveltamisesta SI-järjestelmään. Simulointimalli on saatu USA:sta, jossa se kehitettiin "Office of Water Resources Research, U.S. Department of Interior" toimesta 1.11.1972...30.10.1973 välisenä aikana konsulttityönä (projekti n:o C-4164). Konsulttina toimi Systems Control, Inc. ja projektin nimenä oli "Improved Methodology for Design of Water Distribution Systems". Suomen oloihin tämän tutkimuksen mukaan muokatusta mallista käytetään nimitystä "WATSIM 2" (WATSIM-projekti).

WATSIM-projektin rahoitti vesihallitus ns. YVY-määrärahasta (vesihallituksen projekti 7524) ja sen suoritti Helsingin teknillinen korkeakoulu. Nyt julkaistavan teknisen raportin ja käyttäjän manuaalin tutkijoina olivat

DI Kari Saarikoski
TkT Pentti Yletyinen
DI Veikko Hytönen

Tutkimuksen vastuullisena johtajana oli 1.4. - 31.7.1975 vt. profes-

sori Pentti Yletyinen ja 1.8.1975 alkaen prof. Eero Kajosaari. Tutkimusta on valvonut seuraava ryhmä:

DI Erkki Nuuttila, Helsingin kaupungin vesilaitos

DI Antti Jokela, Vesihallitus

DI Jouko Liimatainen, Suomen Kaupunkiliitto

DI Martti Myllyvirta, Tuusulan vesilaitos - Kuntainliitto

DI Veli-Matti Tiainen, SITRA YVY-projekti

Tutkimus aloitettiin 1.4.1975 ja saatiin päätökseen I vaiheen osalta 28.2.1976.

Simulointimallin käyttöön tarvittavat ohjelmakortit ja magneettinauhat ovat saatavissa vesihallituksessa tai Helsingin teknillisessä korkeakoulussa.

Yhdyskuntien vesi- ja ympäristöprojekti

SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
1. JOHDANTO	1
2. SIMULOINTIMALLIN YLEISET PERUSTEET	3
3. VEDENJAKELUJÄRJESTELMÄN KUVAUS	5
3.1 Vesijohtoverkon elementit	5
3.2 Kulutus	11
3.3 Syöttösolmut ja säädettävät laitteet	12
4. VERKON STAATTISEN TILAN RATKAISU NEWTON-RAPHSON-ITERAATIOILLA	13
5. AIKASIMULOINNIN KULKU	16
6. OHJELMISTON KUVAUS	20
6.1 Yleistä	20
6.2 Aliohjelmien kuvaus	20
7. OHJELMAN KÄYTTÖ	33
7.1 Lähtötietojen syöttö	33
7.2 Ohjelman antamat virheilmoitukset	41
8. OHJELMALLA LASKETTU MALLIESIMERKKI	50
8.1 Malliverkon kuvaus	50
8.2 Syöttötietojen kuvaus	50
8.3 Ohjelman antama tulostus	54

LIITTEET: Ohjelmalla suoritettu malliajo

1. JOHDANTO

Vedenjakelujärjestelmän tavoitteena on järjestelmän joka kohdassa taata eri kulutus- ja häiriötilanteissa vesimäärä, joka on riittävä, sopivanlaatuinen, paineeltaan riittävä ja kustannuksiltaan kohtuullinen.

Kulutus- ja häiriötilanteet vaihtelevat jatkuvasti, minkä vuoksi vedenjakelujärjestelmän toiminta on erittäin dynaaminen tapahtuma. Veden kulutus vaihtelee pitkällä aikavälillä trendimäisesti (jatkuva kulutuksen kasvu tai vähenemä ajan funktiona) ja tietyllä systemaattisella tavalla lyhyellä aikavälillä (tuntivaihtelut, joita korostavat satunnaiset häiriöt tai tapahtumat).

Vedenjakelujärjestelmä sopeutetaan pitkien aikajaksojen kuluessa tapahtuvaan kasvuun laajennussuunnittelun avulla ja lyhyiden aikajaksojen aikaisiin vaihteluihin vedenjakelujärjestelmän ohjauksen avulla. Todellisuudessa kuitenkin sekä vedenkulutuksen kasvu että kulutusvaihtelut pyritään tyydyttämään sekä laajennus- että ohjausjärjestelmän suunnittelun avulla. Näin ollen ohjauksen toiminnallinen suunnittelu on aina laajennussuunnittelun osa ja laajennussuunnittelun tulisi sisältää myös ohjauksen toiminnallinen suunnittelu.

Tässä raportissa esitellään kehitetty simulointimalli WATSIM 2, jonka avulla on mahdollista suorittaa vedenjakelujärjestelmien ohjauksen toiminnallista suunnittelua. Mallin avulla voidaan mm.:

- tarkastella säiliötilan laajennustarvetta
- tarkastella erilaisten ohjaustapojen kelpoisuutta (pohjavedenottamoiden käyttötapa, korkeapainepumppujen käyttötapa ja ohjauksen asetusarvot, paineenkorotuspumput ja asetusarvot sekä ohjaus- ja säätöventtiilit asetusarvoineen) normaali- ja häiriötilanteissa
- tarkastella erilaisten laajennusten merkitystä toimintaan ja hakea laajennusten edellyttämät ohjaustapamuutokset ja/tai ohjaustapatäydennykset

- tarkastella, kuinka ohjausta muuttamalla voidaan lykätä laajennusinvestointeja
- käyttää tietokoneella tapahtuvan vesijohtoverkon automaattisen ohjauksen edellyttämän ohjelmiston osana arvioimaan verkon tilan kehitys lähitunteina, verkon tilaa kuvaavan tiedon, kulutusvaihteluennusteiden, häiriötilanteiden ja käytettävän ohjausstrategian perusteella

Tämän tutkimusprojektin toisessa vaiheessa suoritetaan kaksi erillistä projektia, joiden avulla tutkitaan mallin soveltuvuutta edellä kuvattuihin käytännön tehtäviin.

2. SIMULOINTIMALLIN YLEISET PERUSTEET

Simulointimalli perustuu staattisen ratkaisun suorittavaan prosessiin, joka toimii vesijohtoverkoston dynaamista toimintaa kuvaavan aliohjelman osana.

Staattisessa eli stationäärisessä tilassa vesijohtoverkosto täyttää seuraavat fysikaaliset edellytykset:

- a) Solmuvirtaamien summan pitää olla nolla. Tämä edellyttää, että jokaisen solmun massayhtälö ratkaistaan. Jos Q_{ij} on virtaama solmusta i solmuun j ja C_i on solmun i syöttö- tai kulutusvirtaama, niin seuraava yhtälö on voimassa:

$$-\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N Q_{ij} + C_i = 0 ; i = 1, \dots, N \quad (= \text{solmujen lukumäärä}) \quad (2.1)$$

- b) Kaikkien verkossa olevien silmukoiden ympäri lasketun kokonaispainehäviön tulee olla nolla.

$$\sum H_{ij} = 0 \quad (2.2)$$

i, j kuuluu silmukkaan k

$k = 1, \dots, NL$ (= silmukoiden lukumäärä)

H_{ij} = painehäviö solmujen i ja j välillä

Vesijohtoverkon virtaustila (johtovirtaamat ja/tai solmujen painekorkeudet) voidaan kuvata edellä mainituilla yhtälöillä. Tällöin ratkaistavaksi jää ei-lineaarinen yhtälöryhmä, jota voidaan merkitä esim. seuraavasti:

$$g_i (X_1, X_2, \dots, X_L) = 0 ; i = 1, \dots, N \text{ ja } L = N \quad (2.3)$$

$$i = 1, \dots, NL \text{ ja } L = NL$$

Joko johtovirtaamat Q_{ij} tai painehäviöt H_{ij} voidaan valita niin, että (2.1) tai (2.2) toteutuu. Tällöin edellisessä tapauksessa

korjataan johtovirtaamia Q_{ij} jälkimmäisessä tapauksessa solmupaineita H_i iteratiivisesti.

Yksinkertaisin tapa ratkaista yhtälöryhmä (2.3) on käsitellä yhtä yhtälöä kerrallaan (vrt. Hardy-Cross-menetelmä). Tällöin yhtälöryhmän k . yhtälöstä voidaan ratkaista X_k olettamalla, että kaikki muut muuttujat ovat väliaikaisesti vakioita ja saavat arvon, jonka ne ovat saaneet edellisessä ratkaisussa. Jos yhtälö linearisoidaan niin korjaustermi ΔX_k saa arvon:

$$\Delta X_k = - \frac{g_k}{\frac{\partial g_k}{\partial X_k}} \quad (2.4)$$

Oikealla puolella esiintyvät arvot on saatu edellisen ratkaisun tuloksena. Kun kutakin muuttujaa X_k on korjattu, on yksi Hardy-Cross-menetelmän iteraatiokierros suoritettu.

Newton-Raphson-menetelmä perustuu ratkaistavien yhtälöiden yhtäaikaiseen linearisointiin:

$$g_i + \sum_{j=1}^L \frac{\partial g_i}{\partial X_j} \Delta X_j = 0 ; \quad i = 1, \dots, L \quad (2.5)$$

Ratkaistavana on L lineaarista yhtälöä, joista ratkaistaan korjaus ΔX . Kun tämä on suoritettu ja muuttujat korjattu, niin yksi Newton-Raphson iteraatiokierros on suoritettu. Newton-Raphson-menetelmä konvergoi nopeasti, jos alkuarvot ovat riittävän lähellä ratkaisua. Tarvittavien Newton-Raphson iteraatiokierrosten määrä ratkaistaessa tyypillistä fyysistä järjestelmää on riippumaton järjestelmän koosta. Tässä suhteessa Hardy-Cross-menetelmä poikkeaa Newton-Raphson-menetelmästä, sillä Hardy-Cross-menetelmässä tarvittavien iteraatiokierrosten määrä kasvaa muuttujien lukumäärän kasvaessa.

3. VEDENJAKELUJÄRJESTELMÄN KUVAUS

Taajamien vedenjakelujärjestelmä sisältää usein useita tuhansia johto-osia ja runsaasti erilaisia varusteita (tyhjennysventtiilejä, ilmanpoistovennttiilejä, sulkuventtiilejä, haaroja, paloposteja yms.). Todellista verkkoa sen kaikkine varusteineen ei ole perusteltua käyttää ohjausjärjestelmän yms. suunnittelun lähtökohtana, sillä monilla näillä elementeillä ei ole tarkastelun kannalta merkitystä, vaan verkko pelkistetään sopivaksi matemaattiseksi malliksi, joka sisältää vain yleensä enintään muutamia satoja elementtejä. Tällöin vedenjakelujärjestelmä koostuu solmupisteistä, jotka parittain yhdistävät verkoston elementtejä (johto-osia, pumppuja ja venttiilejä yms.).

Verkon pelkistämisestä ei voida antaa mitään täsmällisiä ohjeita. Pääperiaatteena on säilyttää verkkoa kuvaavassa laskentamallissa ne elementit, joilla on tärkeä merkitys kyseisessä suunnittelutehtävässä. Tällaisia ovat yleensä säiliöt, vesilaitokset, suuret johdot, keskeiset säätöventtiilit, pohjavedenottamot ja korkeapaine-, paineenkorotus- yms. pumput. Laskentamallin muodostamiseen ei puututa tässä yhteydessä edellä esitettyä laajemmin.

Suunnittelun ensimmäisessä vaiheessa suoritetaan olosuhteiden mukaan tarkasteltavan järjestelmän jako painealueisiin jakelualueen kesken. Tämän jälkeen muodostetaan kaavamainen verkko ja kullekin solmupisteelle annetaan kulutus- ja/tai painearvot.

Mikäli alue jaetaan painepiireihin, tulee näissä jokaisen simulointijakson aikana kokonaiskulutuksen olla yhtä suuri kuin syötetty vesimäärä. Tämä määrrien samansuuruisuus kussakin painepiirissä mahdollistaa niiden simuloinnin toisistaan riippumatta.

3.1 Vesijohtoverkon elementit

Putket

Painehäviö solmujen i ja j välillä riippuu putken virtausvastuksesta.

Virtausvastus voidaan esittää seuraavien kaavojen avulla:

- a. Darcyn kaava yhdessä Colebrookin kaavan kanssa
- b. Hazen-Williamsin kaava
- c. Manningin kaava

Darcyn kaava

Darcyn kaava on seuraava:

$$H_{ij} = H_i - H_j = R_i \cdot Q_i^\alpha \quad \alpha = 2,0 \quad (3.1)$$

$$R_i = \frac{8 f_i L_i}{\pi^2 D_i^5} \quad (3.2)$$

Suureiden dimensiot ja merkinnät ovat:

- H_{ij} = painehäviö (m)
- D_i = halkaisija (m)
- L_i = johdon pituus (m)
- Q_i = virtaama johdossa (m^3/s)
- f_i = vastusluku, joka on dimensioton
- H_i = paineviivan korkeus solmussa i (m)

Vastusluku f_i voidaan laskea erityyppisille johdoille seuraavasti:

1. Karkeille johdoille

$$\frac{1}{\sqrt{f_i}} = 2 \log_{10} \left(\frac{3,71 D_i}{K_i} \right) \quad (3.3)$$

- K_i = johdon absoluuttinen karkeus (m)

2. Sileille johdoille

$$\frac{1}{\sqrt{f_i}} = 2 \log_{10} \left(\frac{R_{ei} \sqrt{f_i}}{2,51} \right) \quad (3.4)$$

kaavassa (3.4)

$$R_{ei} = \frac{v_i D_i}{\nu} \quad (3.5)$$

ν = kinemaattinen viskositeetti (m^2/s)

R_{ei} = johdon i Reynoldsin luku, joka dimensioton

v_i = virtausnopeus johdossa i (m/s)

3. Siirtymä alueella

$$\frac{1}{\sqrt{f_i}} = -2 \log_{10} \left(\frac{2,51}{R_{ei} \sqrt{f_i}} + \frac{K_i}{3,71 D_i} \right) \quad (3.6)$$

Käytännössä tapahtuu virtaus tällä alueella. Kaavaa (3.6) kutsutaan Prandtl-Colebrookin kaavaksi ja se on sisällytetty simulointimalliin.

Hazen-Williamsin kaava

$$\alpha = 1,85158$$

$$R_i = \frac{L_i}{(S_i D_i)^{2,63} 1,85158} \cdot \frac{1}{6,67^{1,85158}} \quad (3.7)$$

Suureiden dimensiot ja merkinnät ovat:

H_{ij} = painehäviö (m)

D_i = johdon halkaisija (m)

L_i = johdon pituus (km)

Q_i = virtaama johdossa (l/s)

S_i = Hazen-Williamsin kaavan karkeuskerroin, joka on dimensioton

Myös Hazen-Williamsin kaava on sisällytetty simulointimalliin.

Manningin kaava

$$\alpha = 2,00$$

$$R_i = \frac{64 \sqrt[3]{4} L_i}{\pi^2 M_i^2 D_i^{5,33333}} \quad (3.8)$$

Suureiden dimensiot ja merkinnät ovat:

H_{ij} = painehäviö (m)

D_i = halkaisija (m)

L_i = johdon pituus (m)

Q_i = virtaama johdossa (m^3/s)

M_i = Manningin kaavan karkeuskerroin (dimensioton)

Simulointimalli ei toistaiseksi sisällä mahdollisuutta Manningin kaavan käyttöön.

Pumput

Pumppujen ominaiskäyrää voidaan yleensä kuvata seuraavanlaisella yhtälöllä:

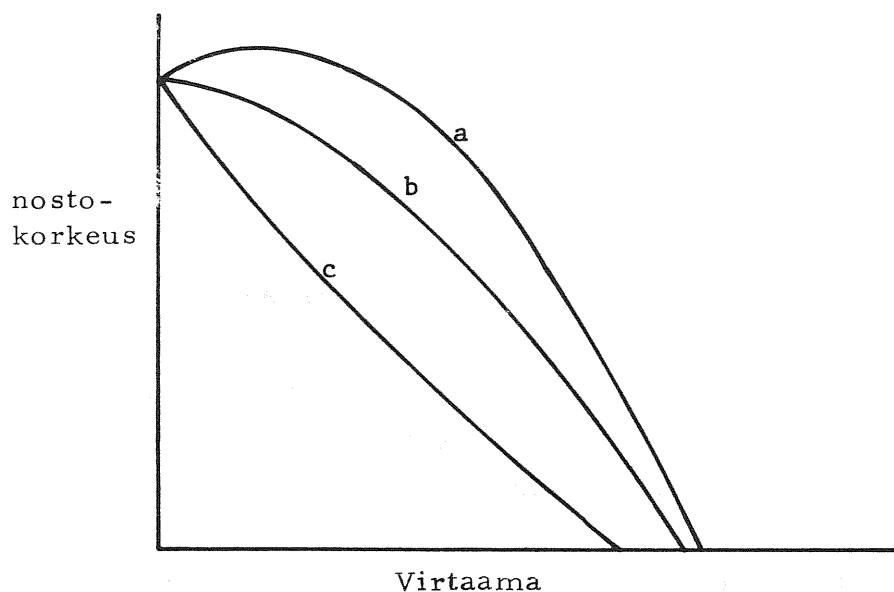
$$\Delta H = A Q^2 + B Q + C, \text{ jossa} \quad (3.9)$$

A, B ja C ovat kokeellisesti määrättyjä arvoja. Kun $Q = 0$, ΔH on suurimmillaan. Pumppukäyriä on pääasiassa kolmea eri tyyppiä, jotka on esitetty kuvassa 1. Keskipakopumppujen ominaiskäyrä on yleensä tyyppiä a tai b.

Ratkaisemalla (3.9) saadaan

$$Q = -\sqrt{\frac{B + B^2 - 4A(C - \Delta H)}{2A}} \quad (3.10)$$

ja $Q = 0$ jos $H > C$.



Kuva 1. Pumppujen ominaiskäyriä.

Pumppu oletetaan mallissa varustetuksi takaiskuventtiilillä, jolloin virtaamalle annetaan arvo nolla, jos virtaus kääntyy otaksutusta pumppaus suunnasta päinvastaiseksi.

Paineenalennusventtiilit

Paineenalennusventtiili voidaan esittää olettamalla, että solmujen i ja j välillä solmuun i yhtyvänä on venttiili, joka säätää paineen solmussa i vakioksi $= H_{PRV}$. Tällöin on jokin seuraavista ehdoista voimassa.

- a) Jos $H_i \geq H_{PRV} \geq H_j$, niin paineenalennusventtiili vähentää paineen solmussa i H_{PRV} suuruiseksi. Virtaama on solmusta i solmuun j ja painehäviö on $H_{PRV} - H_j$.
- b) Jos $H_j > H_{PRV}$, niin $Q = 0$. Toisin sanoen paineenalennusventtiili sulkeutuu, eikä takaisinvirtausta tapahdu.
- c) Jos $H_i < H_{PRV}$ ja $H_j < H_{PRV}$, paineenalennusventtiili toimii putken tavoin ja painehäviö on $H_i - H_j$.

Tapauksessa a) virtaamiksi saadaan $Q_{ij} = R_{ij}^{-0,54} |H_{PRV} - H_j|^{0,54}$ (3.11)

Säiliöt

Säiliöiden vedenpinnan korkeus otaksutaan muuttumattomaksi jokaisen poikkeileikkausajankohdan ratkaisussa. Vedenpinnan korkeuden muutos säiliössä poikkileikkausajankohtien välillä voidaan laskea, jos tunnetaan säiliön ominaisuuksista riippuva vedenkorkeus - vesitilavuus-suhde. Jos virtaama säiliöstä aika-askelella Δt on q (m^3/s), niin vesitilavuuden muutos säiliössä ajanjakson t kuluttua on $\Delta V = q \Delta t$. Vedenkorkeus/tilavuus-suhde annetaan ohjelmalle seuraavasti:

$$V = (R_1H^3 + R_2H^2 + R_3H), \text{ jossa} \quad (3.12)$$

R_1, R_2, R_3 ovat laskennollisesti säiliön geometrian perusteella saatuja arvoja

V = säiliön vesitilavuus

H = vedenpinnan korkeus säiliön ollessa tyhjä

Yksisuuntaventtiilit

Yksisuuntaventtiilit estävät johdoissa tapahtuvan takaisinvirtauksen. Jos solmujen i ja j välillä on yksisuuntaventtiili, niin

$$Q_{ij} = f(H_i - H_j), \text{ jos } H_i > H_j$$

$$Q_{ij} = 0 \quad , \text{ jos } H_i \leq H_j$$

Säätöventtiilit

Vesisäiliöt varustetaan usein säätöventtiileillä, jolloin säiliöön tulevaa ja säiliöstä lähtevää virtaamaa voidaan säätää ja välttyä säiliöiden ylivuodoilta ja tyhjentymiseltä. Venttiilin sulkeutumista säätää yleensä säiliön vedenpinnan korkeus, kun taas avautumista ohjaa tavallisimmin verkoston paine.

3.2 Kulutus

Verkon piirissä esiintyy ajasta ja jakelualueen luonteesta riippuva veden tarve. Solmujen veden tarpeen vaihtelu (kulutuskuvio) riippuu kulutuksen tyypistä. Seuraavanlaiset kulutuskuviot ovat tyyppillisiä:

- a) Asutuksen kulutus, joka voidaan jakaa edelleen alalajeihin, kuten taaja-asutus, maaseutu-asutus yms.
- b) Liikekeskusten kulutus
- c) Teollisuuden kulutus
- d) Yleinen kulutus, kuten puistojen kastelu yms.

Yleensä jokaiseen solmupisteeseen kuuluu useita edellä esitettyjä kulutusmuotoja. Niiden prosentuaalista osuutta voidaan arvioida mm. tehtyjen liitäsopimusten perusteella.

Kulutuskuvio annetaan simulointimallissa seuraavasti:

$$C_i(t) = \sum_j L_{ij} S_j(t) \quad (i = 1, 2, \dots, N)$$

missä L_{ij} = keskimääräinen kulutus solmussa i kulutustyyppille j
 $S_j(t)$ = kulutustyyppin j keskiarvoon normeerattu arvo hetkellä t
 $S_j(t) = 1$, mikäli ajanhetkellä t on keskimääräinen kulutus

Stokastiset tekijät (lämpötilan muutos, sääolosuhteet yms.) aiheuttavat muutoksia kulutuskuvioidiin, samoin esiintyy viikkovaihteluita ja pitkien ajanjaksojen trendimäistä vedenkulutuksen muutosta.

Yleensä luotettavia tietoja ei ole saatavilla kaikkien solmupisteiden kustakin kulutustyyppistä. Tällaisessa tapauksessa yleensä otaksutaan, että solmulla on vain yhdentyyppistä kulutusta, joka on kaikkien kulutustyyppien yhdistelmä.

Simuloinnissa tulee antaa alkuarvoina solmujen keskimääräinen vedenkulutus kyseessä olevalta ajanjaksolta ja kulutuksen vaihtelu tarkasteluajanjakson sisällä.

Edellä esitettyjen kulutusten lisäksi on mallissa mahdollista kussakin solmussa ottaa huomioon poikkeuksellisen suuret kulutukset. Poikkeuksellisen suuret kulutukset voivat johtua sammutusveden tarpeesta tai laitteiden rikkoutumisesta. Simuloitaessa jakelujärjestelmän käyttäytymistä poikkeuksellisen suuren kulutuksen aikana on alkuarvoina annettava häiriön alkamisajankohta, kesto ja kulutuksen suuruus.

3.3 Syöttösolmut ja säädettävät laitteet

Syöttösolmut ovat pohjavedenottamoita, ylävesisäiliöitä, korkeapainepumppuja sekä paineenkorotuspumppuja, jotka pumppaavat vettä jakelujärjestelmään. Pohjavedenottamoiden ja korkeapainepumppujen peruspainetaso, josta painekorkeus lasketaan, on sama kuin annettu maanpinnan taso.

Paineenkorotuspumput pumppaavat vettä painepiiristä toiseen. Näiden pumppujen pumppauskorkeus oletetaan vakioksi simulointiaskeleen aikana, mutta se voi vaihdella siirryttäessä simulointiaskeleesta toiseen. Mikäli painepiirin rajalla on painenalennusventtiili, toimii tämä kuten vakioaineella toimiva syöttösolmu.

Pumppujen ja venttiilien säädön on oletettu olevan ON-OFF-tyyppistä. Niitä säädetään kun kyseinen säätöraja on ylitetty tai alitettu. Tällaisena rajana voi olla paineraja (yläsäiliön painekorkeus) tai kyseessä voi olla aikakellosäätö. Simulointimallille voidaan antaa säätökaavio, jolloin säätö tapahtuu vaadittuna aikana tai vaaditussa painetasossa.

4. VERKON STAATTISEN TILAN RATKAISU NEWTON-RAPHSON-ITERAATIOILLA

Kun johtoelementtien ominaisuudet ja geometria, kulutussolmujen virtaamat sekä syöttösolmujen painekorkeus tai virtaama tunnetaan, on vesijohtoverkon staattinen tila yksikäsitteisesti määritelty, jos tuntemattomat painekorkeudet ratkaistaan. Nämä voidaan ratkaista solmuyhtälöistä:

$$\sum_{\substack{j \neq i \\ j=1}}^N Q_{ij} + C_i = f_i \quad (i = 1, 2, \dots, N) \quad (4.1)$$

Q_{ij} = virtaama solmusta i solmuun j

C_i = kulutus solmussa i

f_i = solmusta lähtevä tai solmuun tuleva virtaama

Koska $H_{ij} = f(Q_{ij})$, on $Q_{ij} = g(H_{ij})$. Tällöin käytettäessä esimerkiksi Hazen-Williamsin kaavaa muuttuu yhtälö (4.1) muotoon:

$$\sum_{\substack{j \neq i \\ j=1}}^N \frac{H_i - H_j}{|H_i - H_j|^{0,46} R_{ij}^{0,54}} + C_i = f_i \quad (4.2)$$

Olettamalla kaikki painetasot H tunnetuksi, voidaan ratkaista näiden korjaukset ΔH_i yhtälöstä (4.2) ja näin päätyä iteratiivisesti todellisten painekorkeuksien arvoihin. Myös muut kuin johtoelementit voidaan sisällyttää yhtälöön (4.2) ratkaisemalla $Q_{ij} = f(H_{ij})$. Vesijohtoverkon tasapainotilaa kuvaavat yhtälöt voidaan yleisesti esittää muodossa:

$$\Phi(H, R, C) = 0, \text{ jossa} \quad (4.3)$$

H = painekorkeuksien joukko $(1, \dots, N)$

R = johtovastusten joukko $(1, \dots, NP)$

C = solmukulutusten joukko $(1, \dots, N)$

Yhtälössä 4.3 on $(2N + NP)$ muuttujaa $NP =$ putkien lukumäärä ja N solmujen lukumäärä. Muuttujina ovat painekorkeudet ja kulutukset N solmussa ja putkivastukset NP putkessa. Jotta yhtälöt voisi ratkaista saa tuntemattomia olla vain N kappaletta. Tuntemattomina voivat olla painekorkeudet, johtovastukset, solmukulutukset, pumpujen toimintapisteet yms. tietyin rajoituksin. Olkoon tuntemattomien joukko X . Apksimoitaessa $\Phi(X)$:n nollakohtaa X pisteeseen X^0 piirretyn tangenttitason ja nollatason leikkauksella saadaan:

$$\Phi(X^0) + \Phi'(X^0) (X - X^0) = 0 \quad (4.4)$$

Tämä voidaan ratkaista lineaarisen yhtälöryhmän (4.5) avulla.

$$\Phi'(X^0) \Delta X = -\Phi(X^0), \text{ missä} \quad (4.5)$$

$\Delta X = X - X^0$ ja $\Phi'(X^0)$ on funktion $\Phi(X)$ Jacobin matriisi pisteessä X^0 . Yhtälöryhmän (4.5) ratkaisu on $\Delta X = \Phi'(X^0)^{-1} \Phi(X^0)$.

Tämä voidaan ratkaista iteratiivisesti seuraavasti:

$$X_{k+1} = X_k + \Phi'(X_k)^{-1} \Phi(X_k) \quad (4.6)$$

Numeerisessa ratkaisussa iteraation konvergenssi tarkistetaan joka iteraatiokierroksella. Iteraation päättämisen kriteerinä pidetään sitä, miten paljon jokin arvoista $\Phi(X_k)$ eroaa nolasta. Tämä merkitsee, että:

$$\text{Maksimi } |\Phi_j^k| \leq \varepsilon, \text{ missä} \quad (4.7)$$

$\varepsilon =$ ennalta määrätty maksimivirhe jossakin solmussa

ε -arvolla on suoranainen vaikutus iteraatiokierrosten lukumäärään.

Jotta iteraatio etenisi moitteetta, täytyy kahden seuraavan ehdon olla voimassa:

- a. $\Phi(X_k)^{-1}$ täytyy olla olemassa eikä se saa olla singulaarinen
- b. $\Phi(X_k)$:lla täytyy olla tasaisesti rajoitetut toiset osittaisderivaatat X_j :n ($X_j \in X$) suhteen X :n ympäristössä.

5. AIKASIMULOINNIN KULKU

Verkoston aikasimulointi koostuu sarjasta stationäärisen tilan ratkaisuja, jotka suoritetaan ennalta määrättyin välein. Vesisäiliön (vesitorni) tyhjentymisen ja täyttymisen dynamiikkaa sekä pumppujen ja venttiilien säätöarvoja käytetään päivittämään stationäärisen tilan syöttötiedot kullekin aikavälille.

Simulointi koostuu seuraavista askeleista:

- a) Ajanhetkellä k seuraavien tietojen on oltava käytettävissä:
 - Säiliöiden vedenpintojen tasot $H_r(k)$, missä $r \in R$ ja R on säiliöiden joukko.
 - Verkoston solmujen kulutukset $d_j(k)$, missä $j \in N$ ja N on solmujen joukko.
 - Säiliöiden tilavuudet $y_r(k)$, missä $r \in R$.
- b) Verkon tasapaino saavutetaan ajanhetkellä k stationäärisen tilan ratkaisun avulla. Tämä ratkaisu määrittää paineet ja säiliövirtaamat $q_r(k)$, $r \in R$.
- c) Kun virtaama $q_r(k)$ oletetaan vakioksi välillä $(k, k+1)$, säiliön tilavuuden muutokseksi saadaan

$$Q_r(k, k+1) = q_r(k)\Delta t, \quad (5.1)$$

missä Δt on aika-askelten pituus välillä $k, k+1$.

- d) Säiliöiden tilavuuksien nettomuutokseksi saadaan

$$\bar{Q}_r = \sum_{r \in R} q_r(k)\Delta t \quad (5.2)$$

Samaten verkon rajalla olevien elementtien virtaamien nettomuutokseksi saadaan

$$\bar{Q}_S = \sum_{s \in S} q_s(k) \Delta t \quad (5.3)$$

missä tiedot q_s :stä saadaan verkon simuloinnista.

e) Simuloitavan alueen kulutuskuviokäyrän avulla saadaan välin $(k, k+1)$ kokonaiskulutus $\xi(k, k+1)$. ξ saadaan sovittamalla polynomimuotoinen käyrä tai ositettu kolmannen asteen käyrä keskimääräisiin kulutustietoihin.

f) Verkon massatasapainon virhe ennustetaan $E_p(k, k+1)$:ksi, missä

$$E_p(k, k+1) = \sum_{r=R} q_r(k) \Delta t + \sum_{s \in S} q_s(k) \Delta t + \xi(k, k+1) \quad (5.4)$$

missä alaindeksi p viittaa ennustettuun virheeseen. Tätä virhettä sovelletaan r :nnelle säiliölle virtausnopeuksien suhteessa.

$$e_{rp}(k, k+1) = \frac{q_r(k)}{\sum_{r \in R} q_r(k)} \times E_p(k, k+1) \quad (5.5)$$

g) Saadun tiedon avulla ennustetaan säiliöiden tilavuudet hetkellä $(k+1)$.

$$y_{rp}(k+1) = y_r(k) + q_r(k) \Delta t + e_{rp}(k, k+1) \quad (5.6)$$

h) Ennustettua tilavuutta $y_{rp}(k+1)$ käytetään sitten laskettaessa ennustettua painetta $h_{rp}(k+1)$ ajanhetkellä $(k+1)$.

i) Ajanhetkellä $(k+1)$, kun h_{rp} , d_j , H_s ja y_{rp} ovat annetut, verkon tasapaino määritetään, jotta saataisiin $q_r(k+1)$ kaikille $r \in R$.

j) Systeemi tarkistetaan ennalta asetettujen venttiileiden ja pumpujen säätöarvojen suhteen. Jos jokin näistä on kytkeytynyt aikavälillä $(k, k+1)$, niin seuraava askel on askel m ; muuten massatasapainon virhe lasketaan uudestaan käyttämällä uusia virtaamia $q_r(k+1)$:

$$E_c(k, k+1) = \sum_{r \in R} \{q_r(k) + q_r(k+1)\} \frac{\Delta t}{2} + \sum_{s \in S} \{q_s(k) + q_s(k+1)\} \frac{\Delta t}{2} + \xi(k, k+1) \quad (5.7)$$

Alaindeksi c E_c :ssä merkitsee korjausta. Tätä virhettä sovelletaan uudestaan säiliöihin:

$$e_{rc}(k, k+1) = \frac{q_r(k) + q_r(k+1)}{\sum_{r \in R} q_r(k) + \sum_{r \in R} q_r(k+1)} \times E_c(k, k+1) \quad (5.8)$$

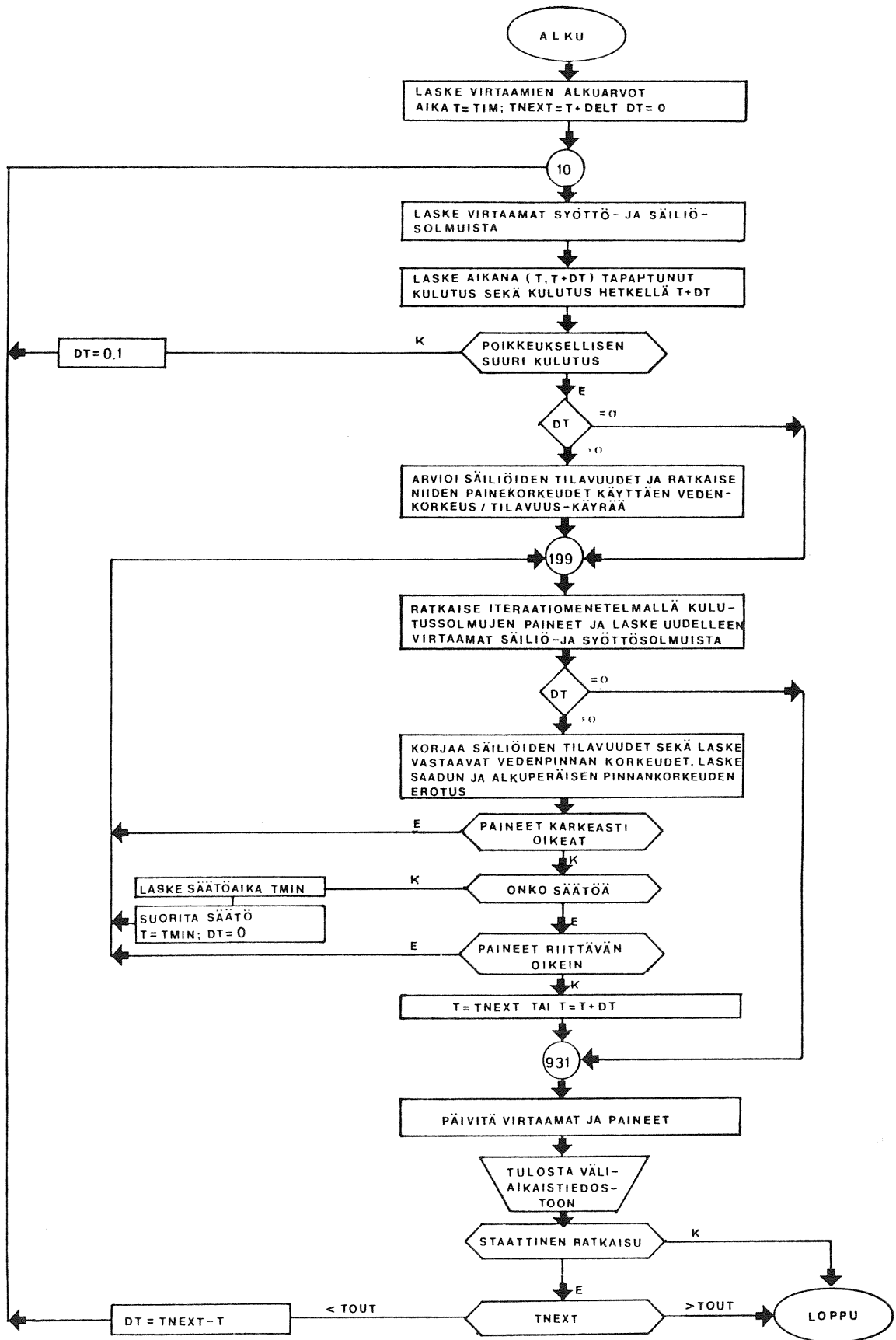
k) Säiliötilavuudet korjataan käyttäen korjausyhtälöä:

$$y_{rc}(k+1) = y_r(k) + \{q_r(k+1) + q_r(k)\} \frac{\Delta t}{2} + e_{rc}(k, k+1) \quad (5.9)$$

Näiden korjattujen säiliöiden tilavuuksien avulla tasot $h_{rc}(k+1)$ lasketaan uudestaan yhtälöstä $f_r(h, y) = 0$.

- l) Ennustettujen ja korjattujen paineiden ero määräävät lisäiteraation tarpeen. Jos $|h_{rp}(k+1) - h_{rc}(k+1)| = \eta_r$, niin η_r :ää verrataan säiliön virhekkriteeriin λ_r . Jos $\eta_r \leq \lambda_r$, niin $h_{rc}(k+1)$ asetetaan $h_{rp}(k+1)$:ksi ja $y_{rc}(k+1)$ $y_{rp}(k+1)$:ksi. Ennustus - korjaus integraatioaskel toistetaan samalla aika-askelilla. Muutoin siirrytään seuraavaan ajankohtaan, jolla toistetaan sama proseduuri.
- m) Siinä tapauksessa, että välillä $(k, k+1)$ tapahtuu pumpun tai venttiilin säätö, tapahtuma-aika ζ ($k < \zeta < k+1$) määritetään. Tällöin aikaväli Δt välillä $(k, k+1)$ saa arvon $\Delta t = \zeta - k$. Stationäärisen tilan ratkaisu suoritetaan ζ :ssä, ja ohjelma palaa c :hen.

Simuloinnin lohkokaavio on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Simuloinnin kulku.

6. OHJELMISTON KUVAUS

6.1 Yleistä

WATSIM 2 on segmentoitu ohjelma, jonka aliohjelmat kommunikoivat keskenään yhteisten tietorakenteiden ja kahden tilapäisen suorasaantitiedoston kautta. Tiedostoja ei tarvitse varata eksplisiittisesti, vaan käyttöjärjestelmä huolehtii tilan varauksesta. Kuvassa 3 on esitetty ohjelmiston segmentointi ja kuvassa 4 ohjelma-kaavio.

Ohjelman koko ts. suurimman samaan aikaan muistissa olevan segmenttiyhdistelmän koko on 54 kilosanaa.

6.2 Aliohjelmien kuvaus

COMP

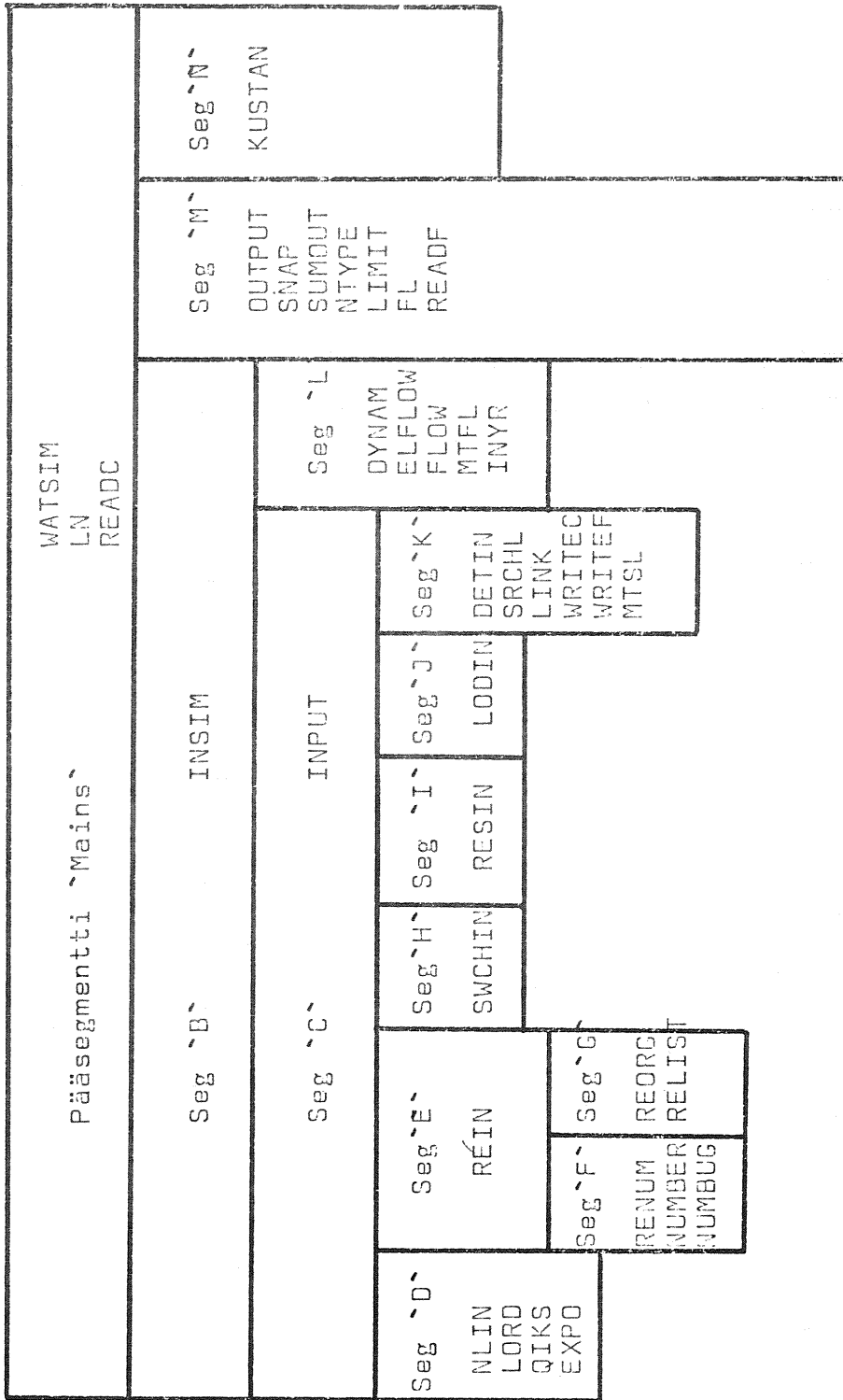
Tätä aliohjelmaa käytetään apuna lajiteltaessa aakkoselliset solmu- ja painepiiritunnukset numeerisiksi. Tämä aliohjelma ei ehkä ole välttämätön käytettäessä WATSIM 2:sta muulla kuin UNIVAC 1108 -tietokoneella.

DETIN

DETIN lukee detail- ja snapshot-tulostuskortit. Se tarkastaa, että detail-kortti on sallittua tyyppiä (DN, DL, DT tai DS) ja että solmujen ja/tai putkien määrä, joita varten yksityiskohtaista tulostusta vaaditaan, ei ylitä sallittua tulostettavien elementtien määrää.

Korttityypeillä DN ja DS kutakin solmua varten kutsutaan aliohjelma SEARCH, joka etsii solmun numeron, jos solmua ei löydy, tulostetaan ilmoitus ja seuraava solmu otetaan käsiteltäväksi. LINK kutsutaan siirtämään solmun numero linkitettyyn listaan. Jos kortti on tyyppiä DS, myös kaikki solmuun liittyvät putket siirretään linkitettyyn listaan.

Jos kortti on tyyppiä DL tai DT, kukin solmupari ja putki niiden



Kuva 3. WATSIM 2 - ohjelmiston segmentointi.

välillä käsitellään yhdessä. Kutakin solmua varten kutsutaan SEARCH kuten edellä, ja jos solmua ei löydy, tulostetaan ilmoitus ja seuraava solmupari otetaan käsittelyyn. Kaikkien ensin ilmoitetusta solmusta lähtevien putkien joukosta etsitään se, joka päättyy jäljempänä ilmoitettuun solmuun. Tämän jälkeen kutsutaan LINK siirtämään putki linkitettyyn listaan.

DYNAM

DYNAM suorittaa varsinaisen simuloinnin. Aliohjelman haarautumislogiikkaa ohjaavat muuttujat T, DT ja TNEXT, jotka ovat simuloitujen aika-arvoja tunneissa. T edustaa hetkellistä aikaväliä ja TNEXT aikaa aika-askeleen päätyttyä. T initialisoidaan syöttöarvoon TIN, ja simulointi päättyy, kun se saa arvon TOUT. Vakioiden laskenta kulutuskuvioiden ekstrapoloimista varten suoritetaan initialisointivaiheessa.

Iteraatioprosessin alussa arvioidaan hetken TIN säiliöön/säiliöstä pois tapahtuvien virtaamien avulla säiliön vedenpinnan korkeus hetkellä $T + DT$. Prosessissa käytetään useita modifiointitermejä.

Kun paineet kulutussolmuissa on saatu, virtaamat säiliöistä hetkellä $T + DT$ lasketaan uudelleen. Tämän perusteella lasketaan korjattu vedenpinnan korkeus, virtaama säiliöstä hetkellä T ja systeemin korjattu staattinen tila.

Suurin säiliöiden vedenpinnan painekorjaus tarkistetaan vertaamalla sitä karkeaan suppenevuuskriteeriin ja jos korjaus on tätä suurempi, jatketaan iterointia korjatuilla säiliöiden vedenpinnan korkeuksilla.

Seuraavaksi suoritetaan säätötarkistus. Säädot tarkistetaan, jotta nähtäisiin, onko säätötapahtumia aikavälillä T, $T + DT$: Jos näitä on, DT:tä pienennetään siten, että systeemiä simuloidaan T:stä TMIN:iin. TMIN on aikavälin ensimmäisen säädön ajankohta. Mikäli useita säätöjä tapahtuu aikavälin EPS5T sisällä, nämä kaikki yhdistetään ensimmäisen säädön kanssa samaan aikaan tapahtuvaksi. Kun

ajanhetkellä suoritettavat säädöt on otettu huomioon, tarkastetaan säiliöiden vedenpinnan muutos. Jos muutos on suurempi kuin EPS4N, suoritetaan staattinen ratkaisu kyseisenä ajankohtana ja korjataan säiliöiden paineet.

Kunakin aika-askeleen lopussa päivitetään säiliöiden virtaamat, T saa uuden arvon ja paineet ja virtaamat talletetaan aliohjelman WRITEF avulla apumuistiin.

ELFLOW

ELFLOW laskee verkon elementissä tapahtuvan virtaaman. ELFLOW kutsutaan ohjelmasta DYNAM. Elementin tyyppi määritetään ja kutsutaan elementtityyppiä käsitellään erikseen.

EXPO (MULT. IC)

Funktioaliohjelma EXPO paikallistaa (käyttäen binääristä hakua) muuttujan MULT arvon taulukossa ALPHA ja asettaa EXPO:n arvoksi POWER:in vastaavan arvon. Jos MULT on 1, 2, 3, ..., 9, EXPO saa arvon 10^{-1} , 10^{-2} , ..., 10^{-9} . Jos MULT on 10, 11, ..., 18, EXPO on 10^{-2} , ..., 10^{-9} . Jos MULT on nolla tai tyhjä, EXPO saa arvon 1. Jos EXPO on jotakin muuta kuin edellä, tulostuu virheilmoitus ja ajo päättyy.

INPUT

INPUT lukee ohjelman parametrikortit, initialisoi muuttujat ja kutsuu sen jälkeen muut lähtötieto-ohjelmat (NLIN, REIN, SWCHIN, RESIN, LODIN ja DETIN), jotka lukevat kaikki syöttötiedot. Sen jälkeen se kutsuu aliohjelman WRITEC, joka kirjoittaa syöttömuuttujat apumuistiin. Kun kaikki yllä mainitut aliohjelmat on kutsuttu, tarkastetaan onko aliohjelman suorituksen aikana tapahtunut virheitä. Jos virheitä on ilmennyt, lopetetaan ajo. Jos halutaan ainoastaan staattinen ratkaisu, ei säiliö-, kulutus- eikä detail-tulostuskortteja lueta. Tällöin ei myöskään kutsuta aliohjelmia RESIN, LODIN ja DETIN.

LIMIT (N, SMAX, SMIN)

LIMIT määrittää solmun minimi- ja maksimipaineen ja vastaavasti elementin minimi- ja maksimivirtausnopeuden. Muuttujat ovat CMIN ja CMAX. Edelleen LIMIT tutkii muuttujaa LIMCHG, joka ilmoittaa onko ko. solmun paineilla tai elementin virtausnopeudella erityisiä rajoja.

LINK

DETIN kutsuu tämän aliohjelman, joka siirtää linkitettyyn listaan ne luvut, joille on annettu painerajoja sekä ne johdot, joille on annettu virtausnopeusrajoituksia. Se tarkastaa, onko näitä määriteltyjä solmuja ja/tai putkia liian paljon. Jos näin on, tulostuu virheilmoitus. Linkitetty lista koostuu solmunumeropareista (johtonumeropareista) ja solmun (johdon) sijaintia ilmaisevasta tiedosta.

LN

Tämä aliohjelma määrittelee KN1:n ja KN2:n, jotka ovat elementin N kummankin pään solmut. Kaikkien johtojen ($N > 0$) KN1 ja KN2 talletetaan taulukoihin NORG(N) ja NDEST(N).

LODIN

LODIN lukee kulutustiedot. Se lukee kulutuskuviokortit ja tarkastaa, että korttien lukumäärä ei ylitä kulutuskuviotiedoille varattua tilaa. Samoin tarkastetaan, että korttityyppi on sallittu (LC, LS, ES ja HS). Kulutuskuvioiden luennan yhteydessä tarkastetaan, että kulutuskuvioarvoja on yhtä paljon kuin tarkastelujaksossa poikkeileikkausajankohtia. Kulutuskuvioparametrit talletetaan muuttujaan PARLD ja kulutustyyppi muuttujaan LDTP. Ohjelma lukee kulutuksen allokointikortit ja suorittaa eräitä allokointiin liittyviä tarkistuksia.

Aliohjelma SEARCH kutsutaan kutakin solmua varten etsimään solmun numero. Solmun tyyppi tarkastetaan kulutustyyppin mukaan (HS tyyppi vastaa ainoastaan NH tyyppin solmuja; LC, LS ja ES vastaavat ainoastaan NQ tyyppin solmuja). Solmun kulutusallokointitiedot siirretään

linkitettyyn listaan, joka lajitellaan nousevan kulutuskuviionumeron ja solmunumeron mukaan. Sen jälkeen, kun kaikki kulutusallokointikortit on luettu, lista muunnetaan taulukoiksi (LNODE solmunumeroil- le ja ALD keskikulutuksille) ja muodostetaan osoitinvektori (LDPT), joka ilmoittaa annetun kulutuskuviotyypin solmulistan alun taulu- kossa LNODE.

LORD (LL, LIMXL, KOUNT, IOLD, INEW)

Tämä aliohjelma numeroi uudelleen ne elementit, joille on määriteltä ääriarvoja. Sen kutsuu ohjelma NLIN.

NLIN

NLIN lukee solmu- ja linjatiedot.

1. Se lukee kaikki solmukortit ja lopettaa ajon, jos solmuja on enemmän kuin sallittu maksimimäärä. Se tarkastaa, että solmu- tyyppi on joko NH tai NQ ja siirtää kaikki solmutiedot (lukuun ottamatta ääriarvoja) taulukoihin. Ääriarajat siirretään linki- tettyyn listaan, joka lajitellaan aakkosellisesti painepiirin ja/tai solmun tunnuksen mukaan. Tämän listan alkio koostuu solmun numerosta, paineen alarajasta, paineen ylärajasta ja seuraavan aakkosjärjestyksessä pienemmän solmun numeron sijain- nista. Sen jälkeen, kun kaikki solmut on luettu, kaikki listan solmujen numerot sijoitetaan vektoriin LIMCHG ja paineiden ala- ja ylärajat sijoitetaan vektoreihin BDLO ja BDHI. Vektorin LIMCHG viimeistä solmunumeroa seuraava alkio saa arvon nolla.

Aliohjelma QIKS kutsutaan lajittelemaan solmut aakkosjärjestyk- seen ja tarkastetaan, että yksikään solmu ei esiinny useammin kuin kerran.

2. Kaikki johtokortit luetaan ja tarkastetaan, että niitä ei ole yli sallitun ja että korttityypit ovat sallittuja. Elementin tyyppi määrätään vertaamalla tunnuksen kumpaakin merkkiä vektor- iin PTP, joka koostuu luvallisista tyyppiyhdistelmistä. Kaikki elementtiedot siirretään taulukoihin siten, että putkitiedot

talletetaan taulukoiden ensimmäisestä alkiosta viimeiseen ja laitteet viimeisestä ensimmäiseen. Aliohjelma SEARCH kutsutaan määrittämään elementin alku- ja loppusolmun numerot. Johtovirtaamien sallitut suurimmat virtausnopeudet siirretään linkitettyyn listaan. Lista lajitellaan elementin päätesolmujen mukaan aakkosjärjestykseen seuraavasti: elementin numero, alkusolmun numero, loppusolmun numero, virtaaman maksiminopeus ja aakkosjärjestyksessä seuraavan elementin numero.

Kun kaikki putkitiedot on luettu, maksimivirtausnopeuksien arvot sijoitetaan vektoriin LIMCHG ja suoritetaan eräitä elementtien järjestelyjä.

NTYPE (K)

Tämä funktioaliohjelma antaa elementin aakkosellisen tyyppin kyseisen elementin numeerisen tyyppin koodin perusteella.

NUMBER

Aliohjelman tarkoitus on järjestää solmut uudelleen siten, että sparsiteivisuus säilyy lineaaristen yhtälöiden ratkaisussa.

OUTPUT

Tällä ohjelmalla on kolme tehtävää:

1. Se lukee verkoston määrittelevät ja tulostusta varten tarvittavat muuttujat tilapäistiedostosta.
2. Se lukee kullakin aika-askeleella kaikkien solmujen painekorkeudet ja kaikkien elementtien virtaamat tilapäistiedostosta ja tallettaa tarvittavat muuttujat halutussa tulostuksessa.
3. Edellisessä kohdassa talletettuja muuttujia käyttäen ohjelma tulostaa halutut taulukot.

Tulostukseen liittyvästi on seuraavat piirteet syytä huomioida:

1. Common blokit G1, G4 ja G10 on talletettu tilapäistiedostoon ja READC kutsutaan lukemaan ne. Kaikkien tarvittavien vektorien ja muuttujien initialisointi suoritetaan myös tässä vaiheessa. Jos dump-tulostus halutaan, tulostetaan solmujen ja elementtien sisäisen järjestyksen muunnostaulu.
2. Kutakin aika-askelta varten on tilapäistiedostossa yksi tietue, jossa ovat kaikkien solmujen painekorkeudet ja kaikkien elementtien virtaamat. READF lukee nämä tietueet, ja jos dump-tulostus halutaan, ne myös tulostetaan samassa järjestyksessä. Kullakin aika-askeleella kunkin solmun yhteydessä tehdään seuraavaa: Aliohjelma FL kutsutaan laskemaan virtaama kaikissa solmuissa, kun kaikkien elementtien virtaama ja verkoston topologia on annettu. LIMIT kutsutaan määrittämään solmussa sallitut minimi- ja maksimipaineet. Tällöin käytetään systeemille annettua minimiä ja maksimia tai annettuja rajoja. Kunkin solmun painetta verrataan em. rajoihin ja jos raja alitetaan tai ylitetään, tapaus merkitään muistiin.

Vastaavasti kullakin aika-askeleella kunkin solmun yhteydessä tehdään seuraavaa: Virtausnopeus lasketaan kyseisessä elementissä ja kutsutaan ohjelma LIMIT määrittämään elementissä sallittu maksimivirtausnopeus. Tällöin käytetään systeemille annettua maksimivirtausnopeutta tai erityistä elementille annettua maksimivirtausnopeutta. Virtausnopeutta verrataan sallittuun maksimiin, ja jos se on ylitetty, tapaus merkitään muistiin.

3. Erilaiset listaukset tulostetaan yksi kerrallaan.

3.1 Yhteenveto

Jos halutaan yhteenvetotulostus (DUMP-tulostus), se tulostetaan siten, että solmutiedot tulevat ensiksi ja sen jälkeen elementtiedot.

3.2 Yksityiskohtainen tulostus

Jos halutaan yksityiskohtainen tulostus, tulostetaan kaikkia sol-

muja ja elementtejä koskevat viisi erilaista listausta (solmujen painekorkeudet, virtaamat ja paineet sekä elementtien virtaamat ja virtausnopeudet).

3.3 Paineiden ja virtausnopeuksien raja-arvojen ylitykset ja/tai alitukset

Yhteenvetoelementtejä koskevien rajoitusten rikkomiset tulostetaan jokaisessa ajossa. Siinä on kaksi osaa.

3.31 Solmujen painerajoitusten rikkominen

Kutakin solmua varten kutsutaan aliohjelma SUMOUT. Se etsii, onko solmun sallittuja painerajoja ylitetty tai alitettu simulointiperiodin aikana ja tallettaa ne paineet sekä ajankohdat, jolloin ylityksiä tai alituksia on esiintynyt. Tällaisten solmujen osalta tulostetaan solmun minimi- ja maksimipaine, solmun numero, painepiirin numero sekä kyseinen paine ja tapahtumisajankohta.

3.32 Elementtien sallittujen maksimivirtausnopeuksien ylitykset

Menettely on yllä kuvattujen periaatteiden mukaista.

Sellaisten elementtien osalta, joissa on tapahtunut ylityksiä, tulostetaan elementin tyyppi, kummankin pään solmun numerot ja painepiirit, minimi- ja maksimivirtausnopeudet ja kaikki ne ajankohdat, jolloin ylityksiä on tapahtunut.

3.4 Snapshot-tulostus

Lopuksi aliohjelma SNAP tulostaa kaikkina haluttuina simulointijakson poikkileikkausajankohtina painekorkeudet solmuissa ja virtaamat johdoissa.

QIKS

Tämä aliohjelma tuottaa solmujen ns. osoitinlistan järjestettynä sekä identifiointitunnuksen mukaan aakkosjärjestykseen että aakkosjärjestykseen painepiirin sisällä. Se on eräs lajitteluohjelman sovellutus.

READC

Aliohjelma lukee tulostusta varten kaikki common blokit, jotka sisäänlukuvaiheessa on kirjoitettu tilapäistiedostoon.

READF (TIME, MTPO)

Aliohjelma lukee kaikkien solmujen painekorkeudet ja kaikkien elementtien virtaamat annetuilla aika-askeleilla. Nämä muuttujat on kirjoitettu tilapäiseen tiedostoon kunakin ajankohtana suoritettun aikasimuloinnin staattisen ratkaisun yhteydessä.

RELIST

RELIST suorittaa staattisessa ratkaisussa käytettävän Jacobiaanin elementtien uudelleen järjestelyn.

RENUM

Aliohjelman RENUM tarkoitus on muodostaa verkon niiden solmujen topologia, joiden painekorkeus on tuntematon.

REORG

Tämä aliohjelma järjestää kaikki solmu- ja elementtitiedot aliohjelman RENUM mukaiseen järjestykseen ja virittää osoitinstringit.

RESIN

RESIN lukee säiliökortit ja tallettaa säiliötiedot. Se tarkastaa korttien määrän ja tyyppin oikeellisuuden ja kutsuu aliohjelman SEARCH hakemaan säiliösolmun numeron.

SEARCH (MID, MZN, K)

Tämä aliohjelma käyttää akkosjärjestykseen lajiteltua osoitinlistaa NRDALF suorittaakseen binäärihaun solmulle.

SRCHL (L)

SRCHL etsii elementin numeroa L vastaavan osoitteen aakkosjärjestyksessä olevasta elementtilistasta LRDALF. DETIN käyttää sitä löytämään elementin sijainnin aakkosjärjestykseen lajitellusta listasta, kun kyseiselle elementille halutaan yksityiskohtaista tulostusta.

SNAP (IT)

OUTPUT kutsuu tämän aliohjelman haluttuna simulointijakson ajanhetkenä. SNAP kutsuu aliohjelman READF, joka lukee apumuistista tänä ajankohtana solmujen painekorkeudet ja elementtien virtaamat. Sen jälkeen se kutsuu aliohjelman FL, joka määrittää kunkin solmun virtaaman ja tulostaa täydellisen tilannekuvan kyseisenä ajankohtana.

SUMOUT (NP, MP, NVIOL, VIOL, V, T, M, K, NEM)

Tämä aliohjelma käy läpi vektorin VIOL ja etsii kaikki annettujen paine- tai virtausnopeusrajojen rikkomiset, jotka ovat tapahtuneet simulointijaksolla solmussa tai elementissä. Todetut elementtikoh-
taiset ylitykset ja/tai alitukset sekä kyseinen ajankohta talletetaan vektoriin V.

SWCHIN

Aliohjelma lukee säätökortit ja tallettaa säätötiedot. Se tarkastaa korttien oikeellisuuden määrän ja tyyppin suhteen sekä kutsuu aliohjelman SEARCH määrittämään kaikkien säädössä esiintyvien solmujen numerot. Se tallettaa solmujen numerot sekä säätöjen raja-arvot. Ohjelma suorittaa lisäksi eräitä tarkastuksia, määrittelyjä ja laskennan esivalmisteluja.

WRITEC

Tämä aliohjelma kirjoittaa kaikki lähtötietojen antamisen ja tulostuksen yhteydessä käytettävät common blokit tilapäistiedostoon.

WRITEF (T, MTPO)

Aliohjelma kirjoittaa tilapäistiedostoon kaikkien solmujen painekorkeudet ja kaikkien elementtien virtaamat annetulla aika-askeleella. Muuttujat on kirjoitettu tilapäistiedostoon ratkaisuaskeleen aikana ja luetaan tiedostosta tulostusta varten.

KUSTAN

Aliohjelma laskee simulointiajanjakson aikana pumppaamoilla käytetyn energian määrän ja vastaavan kustannuksen. Kustannuslaskennassa aliohjelma käyttää kullekin pumpulle seuraavaa kaavaa:

$$K = \sum_{i=1}^{NT} \frac{Q \Delta H \Delta T_i k}{367 \eta} \delta_i$$

Q = pumpun läpi menevä vesivirta

ΔH = pumpun nostokorkeus

ΔT_i = simulointiaskeleen pituus

η = hyötysuhde = $AQ^2 + BQ + C$

δ_i = 1, kun pumppu toimii, muutoin nolla

NT = simulointiaskelten lukumäärä

A, B, C ovat mittauksin saatuja vakioita

k = kilowattitunnin hinta

7. OHJELMAN KÄYTTÖ

7.1 Lähtötietojen syöttö

Kortti-ryhmä	Format	Kortti-sarakkeet	Kuvaus
1	I 1	1	Käytettävä virtaamayksikkö = 1; l/s
	I 1	2	Käytettävä painehäviökaava = 0; Colebrookin kaava = 1; Hazen-Williamsin kaava
	I 1	3	Laskennan laatu = 1; staattinen ratkaisu = 0; aikasimulointi
	I 1	4	Tulostusasun ohjaus = 1; File Dump -tulostus (ks. liite 2/1) = 0; muutoin
	I 1	5	Tulostusasun ohjaus = 1; Yhteenveto-tulostus (ks. liite 2/2) = 0; muutoin
	I 2	6 - 7	Kulutuskuvioiden pisteiden lukumäärä vuorokaudessa 1)
	I 3	8 - 10	Simulointiaskeleen pituus minuuteissa ²⁾
	F 5.2	11 - 15	Simuloinnin alkamisajankohta (h ja min)
	F 5.2	16 - 20	Simuloinnin lopetusajankohta (h ja min)
	F 5.0	21 - 25	Suurin sallittu virtausnopeus (m/s) oletusarvo = 3 m/s
	F 5.0	26 - 30	Järjestelmän minimipaine (m) oletusarvo 30 m
	F 5.0	31 - 35	Järjestelmän maksimipaine (m) oletusarvo 70 m

Huom.

- 1) Jos muuttujalle annetaan arvo 12, niin kulutus annetaan 2 tunnin välein.
- 2) Täytyy sopia yhteen edellisen arvon kanssa. Esim. jos kulutus on annettu 2 tunnin välein, täytyy tämän muuttujan arvon olla jokin luku, jolla 120 voidaan jakaa tasan.

Kortti-ryhmä	Format	Kortti-sarakkeet	Kuvaus
2			Tällä kortilla ilmoitetaan sähkön hinta sekä kulutuskerroin
	F 4.0	1 - 4	Päiväsähkön hinta mk/kWh
	F 4.0	5 - 8	Yösähkön hinta mk/kWh
	F 5.2	9 - 13	Päivähinnan alkamisajankohta (h ja min)
	F 5.2	14 - 18	Yöhinnan alkamisajankohta (h ja min)
	F 5.3	19 - 23	Kulutuskerroin; kaikki kulutuskeskiarvot kerrotaan tällä luvulla. Oletusarvo = 1,0.
3	20 A 4	0 - 80	Otsakekortteja annetaan 2 kpl Alfanumeerista tietoa ajon identifioimiseksi
	20 A 4	0 - 80	Alfanumeerista tietoa ajon identifioimiseksi
4			Solmukortit, kortit toistetaan jokaiselle solmulle
	A 2	1 - 2	Solmutyyppi NQ = kulutus tunnettu, paine tuntematon NH = kulutus tuntematon, paine tunnettu
	A 4	7 - 10	Solmutunnus ¹⁾
	A 4	13 - 16	Painepiiritunnus ¹⁾
	F 7.0	17 - 23	Syöttö verkostoon (l/s) ²⁾
	A 1	24	Skaalaustekijä ¹ seur. sivulla)
	F 7.0	25 - 31	Maapinnan korkeusasema (m)
	A 1	32	Skaalaustekijä ¹ seur. sivulla)
	F 7.0	33 - 39	Painekorkeus solmussa (m) Välttämätön NH-solmuille Arvio NQ-solmuille (valinnainen) ³⁾

1) Voi olla mikä tahansa nelipaikkainen alfanumeerinen merkkijono.

2) Tarvitaan vain staattisen ratkaisun yhteydessä, syttö positiivinen, kulutus negatiivinen.

3) Suositellaan arvon antamista.

Kortti-ryhmä	Format	Kortti sarakkeet	Kuvaus
4	A 1	40	Skaalaustekijä ¹⁾
	F 7.0	41 - 47	Alaraja (m)
	A 1	48	Skaalaustekijä ¹⁾
	F 7.0	49 - 55	Yläraja (m)
	A 1	56	Skaalaustekijä ¹⁾
5A			Johtokortit, kortti toistetaan jokaiselle johdolle
	A 2	1 - 2	Johtotyyppi ²⁾ = L tavanomainen johto = C suljettu putki = V yksisuuntaventtiili = R paineenalennusventtiili = P vakionostokorkeudella toimiva pumppu = PP pumppu, jolla on pumppukäyrä ³⁾
	A 4	7 - 10	Alkusolmun tunnus ⁴⁾
	A 4	13 - 16	Alkusolmun painepiiritunnus
	A 4	19 - 22	Loppusolmun tunnus
	A 4	25 - 28	Loppusolmun painepiiritunnus
	A 4	29 - 32	Rinnakkaisuuden osoitin (valinnainen)
	F 7.0	33 - 39	Johdon pituus (m) tai A ⁵⁾
	A 1	40	Skaalaustekijä
	F 7.0	41 - 47	Johdon halkaisija (m) tai B ⁵⁾

¹⁾ Edellinen muuttuja kerrotaan luvulla $10^{-1}, 10^{-2}, \dots, 10^{-9}$ kun skaalaustekijä saa arvot 1, 2, ..., 9 sekä vastaavasti luvulla $10^1, 10^2, \dots, 10^9$ kun skaalaustekijä saa arvot A, B, ..., I.

²⁾ Säädetävät elementit on ilmoitettu kaksipaikkaisella koodilla. Esim. LP on pumppu tai johto.

³⁾ Jos jotain elementtiä säädetään PP-pumpun kanssa, niin tämä elementti saa toiseksi tunnuskirjaimeseen kirjaimen S, jolloin PP-pumppu ilmoitetaan seuraavalla kortilla.

⁴⁾ Pumput (P) ja paineenalennusventtiilit (R) ovat johdon alkupäässä. Yksisuuntaventtiilissä virtaus on alkusolmusta loppusolmuun.

⁵⁾ Pumppukäyrä annetaan muodossa $H = A Q^2 + B Q + C$; $H = m$; $Q = 10 \text{ l/s}$.

Kortti-ryhmä	Format	Kortti-sarakkeet	Kuvaus
5 A	A 1	48	Skaalaustekijä
	F 7.0	49 - 55	Johdon karkeuskerroin ³⁾ tai C ^{ed.} sivulla 5)
	A 1	56	Skaalaustekijä ^{ed.} sivulla 1)
	F 7.0	57 - 63	P-tyypille nostokorkeus (m) R-tyypille paineraja (m) L-tyypille erityinen nopeusraja (m/s)
	A 1	64	Skaalaustekijä ^{ed.} sivulla 1)
5 B			Tällä kortilla annetaan P ja PP-tyypisille pumpuille hyötysuhde, joka on virtaaman funktio. Kortti asetetaan ko. pumpun määrittäneen kortin jälkeen.
	E 10.5	1 - 10	A kerroin ¹⁾
	E 10.5	11 - 20	B kerroin
	E 10.5	21 - 30	C kerroin
6			Säätökortit annetaan jokaiselle säädettävälle elementille
	A 2	1 - 2	Säädön tyyppi PS = painesäätö TS = aikäsäätö
	A 4	7 - 10	Ohjaavan solmun solmutunnus ²⁾
	A 4	13 - 16	Em. solmun painepiiritunnus ²⁾
	F 7.0	17 - 23	Alapaineraja tai aika (m tai h ja min)
	F 7.0	25 - 31	Yläpaineraja tai aika (m tai h ja min)
	A 4	35 - 38	Säädettävän elementin alkusolmun tunnus
	A 4	41 - 44	Em. solmun painepiiritunnus
	A 4	47 - 55	Säädettävän elementin loppusolmun tunnus

1) Hyötysuhdekäyrä annetaan muodossa $\eta = A + BQ + CQ^2$
 $\eta = 0, \dots, 1,0$ ja $Q = 1/s$.

2) Ei anneta jos TS-tyyppinen säätö.

3) Colebrookin kaavan yhteydessä laatuna on mm.

Kortti-ryhmä	Format	Kortti-sarakkeet	Kuvaus
	A 4	53 - 56	Em. solmun painepiiritunnus
	A 1	58	Elementin ala-asento ¹⁾
	A 1	59	Elementin ylä-asento ¹⁾
	A 1	60	Elementin alkuasento ¹⁾
7			Säiliökortit; annetaan jokaiselle vesisäiliölle
	A 2	1 - 2	Kortin tyyppimerkki; aina RC
	A 4	7 - 10	Säiliösolmun solmutunnus
	A 4	13 - 16	Säiliösolmun painepiiritunnus
	F 10.0	17 - 26	Säiliön pohjan korkeus (m)
	F 10.0	27 - 36	R 1
	F 10.0	37 - 46	R 2
	F 10.0	47 - 56	R 3
			Tilavuus annetaan kaavalla $V = R_1H^3 + R_2H^2 + R_3H$ $V = 1000 \text{ m}^3$ $H = m$
8			Kulutuskuvio kortit; näillä korteilla annetaan vuorokautiset kulutusjakautumat
	A 2	1 - 2	Kulutuskuvion tyyppi LC = seuraavan aikajakson keskimääräinen kulutus LS = vastaa ajankohdan alkuhetken kulutusta HS = antaa säiliön vedenpinnan korkeuden vaihtelut ES = diskreettinen kulutuskuvio; sovelletaan esim. sammutusveteen
	I 2	4 - 5	Kulutuskuvion numero; 1, ..., 50 käyttäjän valittavissa
	I 2	7 - 8	Kortin numero; annetaan jos kuviossa yli 12 pistettä

1)

L, C, R, V tai P

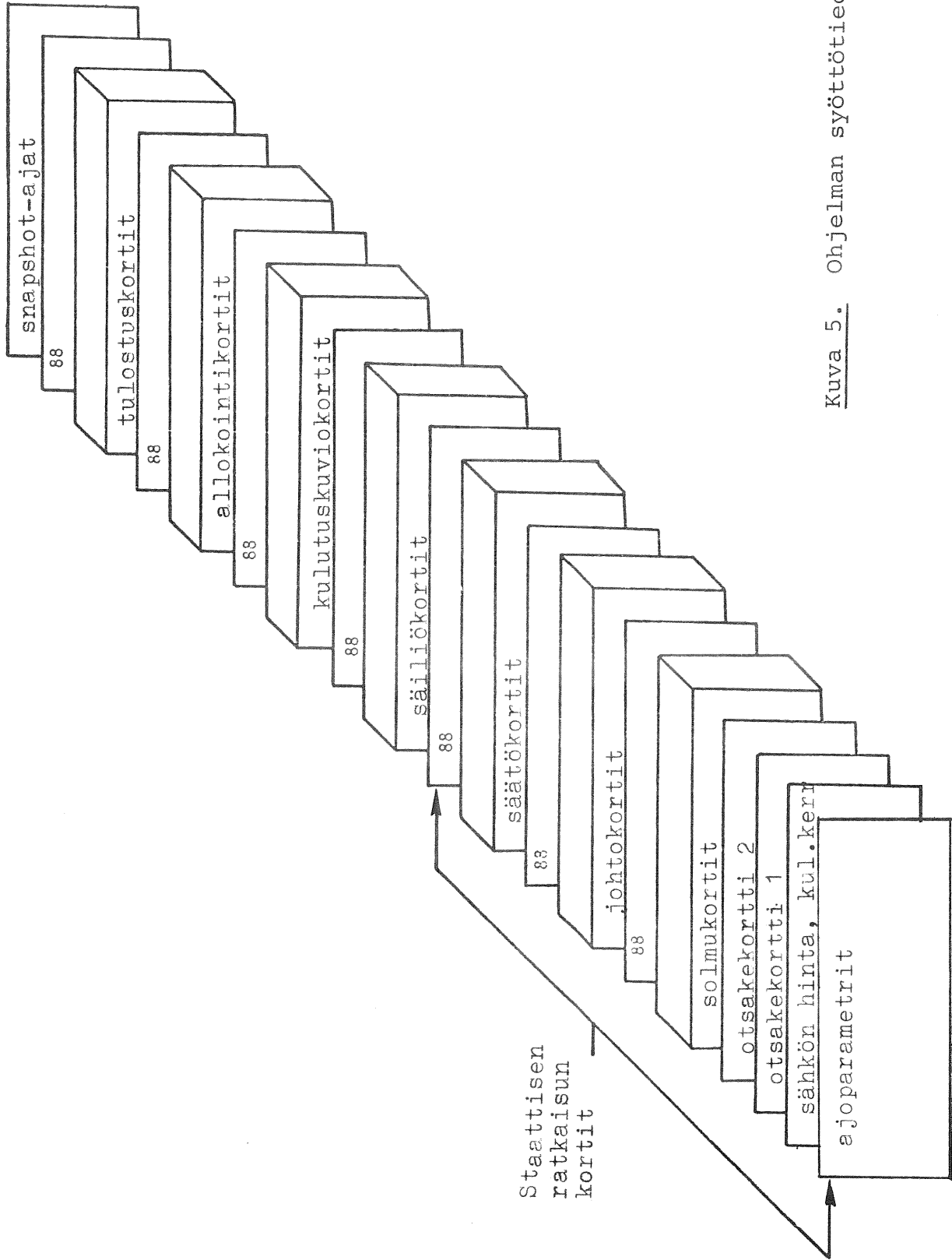
Kortti-ryhmä	Format	Kortti-sarakkeet	Kuvaus
8	F 6.0	9 - 14	Kulutuskuvion numeeriset arvot, desimaaliosia keskimääräisestä kulutuksesta
	F 6.0	15 - 20	
		-	
	F 6.0	75 - 80	
9			Kulutuksen allokointikortit; korteilla annetaan kunkin kulutuspisteen keskimääräinen kulutus sekä ilmoitetaan minkä numeroisia kulutuskuvioita käytetään
	A 2	1 - 2	Korttityyppi; aina LA
	I 2	4 - 5	Käytettävän kulutuskuvion numero
	A 4	8 - 11	Kyseisen kulutussolmun tunnusnumero
	A 4	14 - 17	Em. solmun painepiiritunnus
	F 6.0	18 - 23	Keskimääräinen kulutus (l/s)
		24 - 41	Lävistetään jos samaa kulutuskuviota käytetään useammalle solmulle. Formaattit samoin kuin sarakkeissa 6 - 23
		42 - 59	
		60 - 77	
10	A 2	1 - 2	Tulostusasua säätelevät kortit Korttityyppi DN = tulostaa tiedot ko. solmusta DS = tulostaa tiedot myös ko. solmuun liittyvistä elementeistä DL = tulostaa tiedot elementeistä, jotka ovat solmuparien välillä DT = tulostaa tiedot myös elementtien päätesolmuista
	A 4	7 - 10	Solmun tunnus
	A 4	13 - 16	Em. solmun painepiiritunnus
	A 4	19 - 28	
	A 4	31 - 40	Täytetään samoin kuin sarakkeet 7 - 16

Kortti-ryhmä	Format	Kortti-sarakkeet	Kuvaus
10	A 4	43 - 52	
	A 4	55 - 64	
	A 4	67 - 76	
11			Snapshot-ajat ilmoittava portti
	10 F 8.2	1 - 80	Spanpshot-ajat

Kuvassa 5 on esitetty korttien syöttöjärjestys sekä taulukossa 1 on esitetty NDIAG-optioiden merkitys. NDIAG-optioilla voidaan ohjelmasta tulostaa erilaisia välituloksia.

Taulukko 1. NDIAG-optioiden merkitys. NDIAG-optiot ilmoitetaan ajo-parametrikortilla sarakkeissa 61-74 esim. NDIAG(1) ilmoitetaan sarakkeessa 16, NDIAG(2) sarakkeessa 62 jne.

NDIAG(I)-muuttujan arvo				
Aliohjelma				
*I	1	2	3	
1	RENUM	Numerointi	number-aliohjel- massa käytetyt arvot	sisäisen nume- roinnin tulos- tus
2	REIRG	Verkoston taulukot		
3	NLIN	Solmukortit	taulukot	
4	NLIN	Johtokortit	taulukot	
5	DETIN	Tulostuskortit	taulukot	
6	DETIN	Snapshot-ajat	taulukot	
7	LODIN	Kulutuskuviot	taulukot	
8	LODIN	Allokointikortit	taulukot	
9	RESIN	Säiliökortit	taulukot	
10	SWCHIN	Säätökortit	taulukot	
11	ELFLOW	Muuttujat G 16:sta		
12	DYNAM	Kulutustiedot		
13	DYNAM	Tiedot ratkaisui- sta		
14	DYNAM	Tiedot säätötapahtumista		



Kuva 5. Ohjelman syöttötiedot.

7.2 Ohjelman antamat virheilmoitukset

1. TOO Many NODES - NLIN-aliohjelman virheilmoitus, joka tulostuu, jos yritetään antaa alkuarvona ohjelmalle solmuja enemmän kuin lähtötietoina ohjelmassa on määritelty. Virheilmoitus aiheuttaa välittömän ohjelman keskeytyksen. Korjaus: Tarkista ajettavan työn edellyttämät ja ohjelman sallimat solmujen lukumäärät ja muuta joko työn edellyttämää tai ohjelman sallimaa solmujen lukumäärää.
2. NODE ____ UNKNOWN TYPE - NLIN-aliohjelman virheilmoitus. Ilmoitus tulostuu, kun solmukorteissa on jonkin solmun tyyppikoodi väärin (2 ensimmäistä saraketta). Aiheuttaa ajon keskeytyksen, kun kaikki solmu- ja putkikortit on luettu. Korjaus: Vaihda koodikenttä oikean muotoiseksi.
3. FIXED HEAD NODE - DOES NOT HAVE EXCEPTIONAL LIMITS - NLIN-aliohjelman virheilmoitus. Ilmoitus tulostuu, kun solmukortti on NH-tyyppiä ja sarakkeet 41 - 55 ovat tyhjiä, ts. solmu on säiliösolmu, josta puuttuvat säiliön pohjan sekä ylävedenpinnan korkeusasema. Virheilmoitus aiheuttaa ajon keskeytyksen, kun kaikki solmu- ja putkikortit on luettu. Korjaus: Vaihda solmu-tyyppi tai anna säiliön korkeusasema.
4. DUPLICATE CARDS FOR NODE ____ CARDS NUMBERS ARE ____ - NLIN-ohjelman virheilmoitus. Ilmoitus tulostuu, kun kahdella solmulla on samat solmu- ja painepiiritunnukset. Aiheuttaa ajokeskeytyksen, kun kaikki putkikortit on luettu. Korjaus: Vaihda jomankumman solmun solmunumero tai ota toinen kortti pois.
5. THERE ARE NO NODE CARDS - NLIN-aliohjelman virheilmoitus. Ilmoitus tulostetaan, kun solmukortteja ei ole (tai 88-kortti on välittömästi parametrikorttien jäljessä). Aiheuttaa välittömän ajon keskeytyksen. Korjaus: Lisää puuttuvat kortit tai pane kortti 88 oikealle paikalleen.

6. TOO MANY LINES - NLIN-aliohjelman virheilmoitus. Ilmoitus tulostuu, kun yritetään lukea useampia johtokortteja kuin ohjelmassa on määritetty. Virheilmoitus aiheuttaa ohjelman välittömän keskeytyksen. Korjaus sama kuin ilmoituksessa n:o 1.
7. LINE ____ UNKNOWN TYPE - NLIN-aliohjelman virheilmoitus. Ilmoitus tulostuu, kun elementti ei ole sallittua tyyppiä. Ajo keskeytyy, kun kaikki putkikortit on luettu. Korjaus: Sama kuin ilmoituksessa n:o 2.
8. LINE ____ PR TYPE ILLEGAL - NLIN-aliohjelman virheilmoitus. Ilmoitus tulostuu, kun jokin putki on PR-tyyppinen, joka on väärä tyyppimerkintä. Ajo keskeytyy kun kaikki putkikortit on luettu. Korjaus: Sama kuin ilmoituksessa n:o 3.
9. SECOND CARD MISSING AFTER SWITCHABLE LINE - NLIN-aliohjelman virheilmoitus. Ilmoitus tulostuu, jos elementti on muotoa XS (X on jokin tyyppimuoto) ja tätä korttia ei seuraa PP-tyyppinen putkikortti. Ajo keskeytyy, kun kaikki putkikortit on luettu. Korjaus: Vaihda putkityyppi tai lisää yksi PP-tyyppinen kortti.
10. LINE ____ UNKNOWN END NODE - ilmoitus tulostuu, kun elementin toista päätesolmua ei löydy solmuluettelosta. Joko solmun tai painepiirin tunnusnumerot eivät täsmää. Ajo keskeytyy, kun kaikki putkikortit on luettu. Korjaus: Tarkista lähtöarvot, korjaa virhe ja aja uudelleen.
11. THERE ARE NO LINE CARDS - NLIN-aliohjelman virheilmoitus. Ilmoitus tulostuu, jos putkikortteja ei ole (88-kortti seuraa välittömästi solmukorttien luvun lopettanutta 88-korttia). Ajo päättyy välittömästi. Korjaus: Sama kuin ilmoituksessa n:o 5.
12. NO LINES FROM NODE _____. Ilmoitus tulostuu, kun jokin solmu ei kuulu mihinkään elementtiin. Yleensä syy on lävistyksessä. Aiheuttaa yhden tai useamman tyyppiä n:o 10 olevaa virheilmoitusta.

Ajo keskeytyy, kun kaikki putkikortit on luettu. Korjaus:
Sama kuin ilmoituksessa n:o 10.

13. WRONG TYPE FOR DETAIL CARD NO. ____ - DETIN-aliohjelman virheilmoitus. Ilmoitus tulostuu, kun tulostuskortin tunnus ei ole DN, DL, DS tai DT. Ajo keskeytyy, kun kaikki tulostuskortit on luettu. Korjaus: Muuta tunnus oikeaksi ja aja uudelleen.
14. ERROR IN DETAIL CARD NO. ____ NODE ____ DOES NOT EXIST IN ZONE ____ - DETIN-aliohjelman virheilmoitus. Ilmoitus tulostuu, kun tulostuskortissa mainittu solmu ei ole solmuluettelossa tai solmun tunnusnumero/painepiiri ei täsmää. Ajo keskeytyy, kun kaikki tulostuskortit on luettu. Korjaus: Tarkista syöttötiedot (virhe on joko solmukorteissa tai tulostuskorteissa), korjaa virhe ja aja uudelleen.
15. NO LINE EXIST BETWEEN NODE ____ IN ZONE ____ AND NODE ____ IN ZONE ____ . DETAIL CARD NUMBER ____ - DETIN-aliohjelman virheilmoitus. Ilmoitus tulostuu, kun tulostuskortti on DL tai DT-muotoa ja ilmoitettujen solmujen välissä ei ole johtoa johtokorteissa. Ajo keskeytyy, kun kaikki tulostuskortit on luettu. Korjaus: 1. Korttityypin pitää olla DN tai DS
2. Jompikumpi solmu on väärin määritelty
3. Tulostuskorttia vastaava johtokortti puuttuu.
Tee tarvittava korjaus ja aja uudelleen.
16. THERE ARE NO DETAIL CARDS - DETIN-aliohjelman virheilmoitus. Ilmoitus tulostuu, kun tulostuskortteja ei ole (88-kortti välittömästi edellisen 88-kortin jälkeen). Tämä on vain diagnostic-virhe, ajo jatkuu keskeytyksettä. Korjaus: Ei korjausta.
17. TOO MANY DETAIL LISTINGS REQUIRED - LINK-aliohjelman virheilmoitus. Ilmoitus tulostuu, kun yritetään saada tulostus useammasta solmusta (ja/tai elementistä) kuin ohjelmassa on sallittu. Ajo päättyy, kun kaikki tulostuskortit on luettu. Korjaus: Tarkista lukumäärä ja muuta joko tulostussolmujen määrää tai sallittujen tulostettavien solmujen ja/tai elementtien lukumäärää.

18. SNAPSHOT TIME ____ IS OUT OF THE SIMULATION TIME RANGE.
DETIN-aliohjelman virheilmoitus. Ilmoitus tulostuu, kun snapshot-tulostusta pyydetään ajankohtana, joka ei kuulu simuloinnin piiriin. Tämä on vain diagnostic-virhe ja ajo jatkuu keskeytyksettä, mutta mitään snapshot-tulostusta ei tietenkään voida tulostaa kyseisenä ajankohtana. Korjaus: Vaihda seuraaviin ajoihin joko snapshot-tulostuksen aikaa tai simuloitivälin pituutta.
19. THERE ARE TOO MANY LOAD SHAPE CARDS - DETIN-aliohjelman virheilmoitus. Ilmoitus tulostuu, kun yritetään lukea useampia kulutuskuvioita kuin ohjelmassa on sallittu. Aiheuttaa ajonvälittömän keskeytyksen. Korjaus: Tarkista kulutuskuvioiden lukumäärä sekä ohjelman dimensiot (vektorit LOTP, LDPT ja PARLD) ja korjaa lähtöarvoja tai ohjelman dimensioita.
20. WRONG CURVE TYPE IN LOAD SHAPE CARD N.O. ____ - LODIN-aliohjelman virheilmoitus. Ilmoitus tulostuu, kun kulutuskuviolla on väärä tyyppikoodi (2 ensimmäistä saraketta). Virheilmoitus aiheuttaa ajon keskeytyksen, kun kaikki kulutuskuviot ja allokointikortit on luettu. Korjaus: Muuta koodikenttää kulutuskuviokortilla halutun muotoiseksi ja aja uudelleen.
21. DUPLICATE LOAD SHAPE CARDS FOR CURVE NUMBER ____ - LODIN-aliohjelman virheilmoitus. Ilmoitus tulostuu, kun sama kulutuskuvionumero annetaan kahdesti. Virheilmoitus aiheuttaa ajon keskeytyksen, kun kaikki kulutuskuviokortit on luettu. Korjaus: Tarkista lähtötiedot ja joko poista ylimääräinen kortti tai korjaa kulutuskuvion numero.
22. THERE ARE NO LOAD SHAPE CARDS - LODIN-aliohjelman virheilmoitus. Ilmoitus tulostuu, jos kulutuskuviokortteja ei ole (88-kortti seuraa välittömästi edellistä 88-korttia). Virheilmoitus aiheuttaa välittömästi ajon keskeytyksen. Korjaus: Tarkista syöttötiedot, laita kulutuskuviokortit oikeaan paikkaan ja aja uudelleen.

23. THERE ARE TOO MANY LOAD ALLOCATION CARDS - LODIN-aliohjelman virheilmoitus. Ilmoitus tulostuu, kun yritetään lukea useampia allokointikortteja kuin ohjelmassa on määritelty. Virheilmoitus aiheuttaa ajon välittömän keskeytyksen. Korjaus: Tarkista korttien lukumäärä ja ohjelman sallima allokointien lukumäärä (vektorit LNODE ja ALO). Suorita muutos joko ohjelmaan tai lähtötietoihin ja aja uudelleen.
24. WRONG TYPE FOR LOAD ALLOCATION CARD NUMBER ____ - LODIN-ohjelman virheilmoitus. Ilmoitus tulostuu, kun allokointikortilla ei ole tyyppikoodina LA (kaksi ensimmäistä saraketta). Aiheuttaa ajon keskeytyksen, kun kaikki allokointikortit on luettu. Korjaus: Muuta koodikenttä oikeaksi tai vaihda kortti oikeaan paikkaan ja aja uudelleen.
25. WRONG CURVE NUMBER ____ IN LOAD ALLOCATION CARD ____ - LODIN-aliohjelman virheilmoitus. Ilmoitus tulostuu, kun allokointikortilla on kulutuskuviion numerona negatiivinen luku, nolla tai luku, jolla ei ole määritelty mitään kulutuskuviota. Aiheuttaa ajon keskeytymisen, kun kaikki allokointikortit on luettu. Korjaus: Tarkista lähtötiedot ja joko muuta kulutuskuviion numeroa tai anna halutun numeroinen kulutuskuviokortti ja aja uudelleen.
26. NO NODE ____ IN ZONE ____ LOAD ALLOCATION CARD ____ - LODIN-aliohjelman virheilmoitus. Ilmoitus tulostuu, kun solmuluettelosta ei löydy sellaista solmua, joka on mainittu allokointikortilla. Joko solmu- tai painepiiritunnus ei täsmää. Aiheuttaa ajon keskeytymisen, kun kaikki allokointikortit on luettu. Korjaus: Tarkista lähtötiedot, korjaa virhe ja aja uudelleen.
27. NODE TYPE AND LOAD SHAPE TYPE DO NOT MATCH. NODE ____ IN ZONE ____ HAS LOAD CURVE ____ WITH CURVE CODE ____ IN LOAD ALLOCATION CARD ____ - LODIN-aliohjelman virheilmoitus. Ilmoitus tulostuu, kun NH-tyyppiselle solmulle on allokointikortilla annettu kulutuskuvio, joka on muotoa LC, LS tai ES tai kun

NQ-tyyppiselle solmulle on annettu kulutuskuvio, joka on HS-tyyppiä. Ajo keskeytyy, kun kaikki allokontikortit on tarkastettu. Korjaus: Tarkista lähtöarvot, vaihda solmutyyppiä, solmunumeroa allokontikortilla, kulutuskuviota numeroa allokontikortilla tai kulutuskuviota tyyppimerkintää.

28. THERE IS NOT ENOUGH SPACE IN THE LINKED LIST FOR ALL ALLOCATION CARDS - DETIN-aliohjelman virheilmoitus. Ilmoitus tulostuu, kun yritetään käyttää useampia allokontitietoja useammalle solmulle kuin ohjelmassa on määritetty. Aiheuttaa ajon välittömän keskeytyksen. Korjaus: Tarkista dimension suuruus (vektori MT) ja niiden solmujen lukumäärä, joille allokontitiedot on annettu. Muuta tehtävän asettelua tai vektorin MT dimensiota.
29. THERE ARE NO LOAD ALLOCATION CARDS - LODIN-aliohjelman virheilmoitus. Ilmoitus tulostuu, kun 88-kortti seuraa välittömästi edellistä 88-korttia. Aiheuttaa ajon välittömän keskeytyksen. Korjaus: Tarkista lähtötiedot, aseta allokontikortit oikealle paikalleen ja aja uudelleen.
30. TOO MANY SWITCH CARDS - SWCHIN-aliohjelman virheilmoitus. Ilmoitus tulostuu, kun yritetään lukea useampia säädettäviä elementtejä kuin ohjelmassa on määritetty. Aiheuttaa ajon välittömän keskeytyksen. Korjaus: Sama kuin virheilmoituksessa n:o 1.
31. WRONG TYPE IN SWITCH CARD ____ - SWCHIN-aliohjelman virheilmoitus. Ilmoitus tulostuu, kun säätökorteilla on väärä koodityyppi vektorissa WTP. Aiheuttaa ajon keskeytyksen, kun kaikki säätökortit on luettu. Korjaus: Sama kuin virheilmoituksessa n:o 2.
32. NODE NOT FOUND BY SEARCH SWITCH CARD ____ - SWCHIN-aliohjelman virheilmoitus. Ilmoitus tulostuu, kun jonkin säädettävän elementin jompaakumpaa päätesolmua ei löydy solmuluettelosta.

Joko solmu- tai painepiiritunnus ei täsmää. Aiheuttaa ajon keskeytyksen, kun kaikki säätökortit on luettu. Korjaus: Tarkista lähtöarvot, korjaa virhe ja aja uudelleen.

33. NO LINE EXISTS BETWEEN NODE ____ IN ZONE ____ AND NODE ____ IN ZONE ____ SWITCH CARD ____ - SWCHIN-aliohjelman virheilmoitus. Ilmoitus tulostuu, kun kyseistä elementtiä ei löydy putkikorteilta. Aiheuttaa ajon keskeytyksen, kun kaikki säätökortit on tarkistettu. Korjaus:
1. Jompikumpi solmuista (joko solmu- tai painepiiritunnus) on väärä
 2. Lisätään putkikortti, joka määrittelee kyseisen elementin solmujen välille.
34. LINE CORRESPONDING TO SWITCH CARD ____ DOES NOT HAVE A SWITCHABLE TYPE - SWCHIN-aliohjelman virheilmoitus. Ilmoitus tulostuu, kun säätökortilla mainittu elementti ei ole säädettävää tyyppiä. Aiheuttaa ajon keskeytyksen, kun kaikki säätökortit on luettu. Korjaus: Muuta elementin tunnusta joko säätö- tai putkikortilla ja aja uudelleen.
35. WRONG DEVICE TYPE SWITCH CARD ____ - SWCHIN-aliohjelman virheilmoitus. Ilmoitus tulostuu, kun jokin säätöelementin tyyppi-koodeista (sarakkeet 58 ja 59) ei ole sallittua tyyppiä (L, V, R, P, C). Aiheuttaa ajon keskeytyksen, kun kaikki säätökortit on luettu. Korjaus: Korjaa virhe ja aja uudelleen.
36. WRONG STATES FOR DEVICE ON SWITCH CARD ____ aa STATES FOR DEVICE ARE bb - SWCHIN-aliohjelman virheilmoitus. Ilmoitus tulostuu, kun säädettävän elementin tilamäärittelyt eivät vastaa putkikortilla määriteltyä elementtityyppiä. aa on tunnus säätökortilla ja bb putkikortilla. Aiheuttaa ajon keskeytyksen, kun kaikki säätökortit on luettu. Korjaus: Korjaa elementin tunnus joko säätö- tai putkikortilla.
37. INITIAL STATE DOES NOT MATCH HIGH OR LOW SWITCH CARD ____ -

SWCHIN-aliohjelman virheilmoitus. Ilmoitus tulostuu, kun elementin alkutila (sarake 60) ei ole kumpikaan elementin säätötiloista. Aiheuttaa ajon keskeytyksen, kun kaikki säätökortit on luettu. Korjaus: Korjaa virhe ja aja uudelleen.

38. NO SWITCH CARDS - SWCHIN-aliohjelman virheilmoitus. Ilmoitus tulostuu, kun 88-kortti on välittömästi edellisen 88-kortin jälkeen. Tämä on diagnostic-tyyppinen virhe ja ajo jatkuu normaalisti.
39. TOO MANY RESERVOIRS - RESIN-aliohjelman virheilmoitus. Ilmoitus tulostuu, kun yritetään lukea useampia säiliösolmuja kuin ohjelmassa on määritelty. Aiheuttaa ajon välittömän keskeytyksen. Korjaus: Tarkista säiliöiden lukumäärä ja ohjelman sallima säiliöiden maksimilukumäärä. Muuta tehtävän asettelua tai dimensioiden määrää.
40. WRONG TYPE ____ FOR RESERVOIR CARD ____ - RESIN-aliohjelman virheilmoitus. Ilmoitus tulostuu, kun säiliökortin tunnus ei ole RC. Ajo keskeytyy, kun kaikki säiliökortit on luettu. Korjaus: Tarkista, ovatko kaikki kortit oikealla paikallaan. Järjestä kortit uudelleen tai muuta korttityyppiä.
41. NODE NOT FOUND FOR RESERVOIR CARD ____ - RESIN-aliohjelman virheilmoitus. Ilmoitus tulostuu, kun jokin solmu esiintyy säiliökorteilla mutta ei solmukorteilla. Joko solmu- tai painepiiritunnus ei täsmää. Aiheuttaa ajon keskeytyksen, kun kaikki säiliökortit on luettu. Korjaus: Tarkista syöttötiedot, korjaa solmutunnus joko säiliö- tai solmukortilla.
42. NODE IS NOT FIXED HEAD IN RESERVOIR CARD ____ NODE ____ IN ZONE ____ - RESIN-aliohjelman virheilmoitus. Ilmoitus tulostuu, kun säiliökortilla mainittu solmu on solmukortilla määritelty NQ-tyyppiseksi. Virheen vaikutus ja korjaus samoja kuin virheilmoituksessa 41.

43. NO RESERVOIR CARDS - RESIN-aliohjelman virheilmoitus. Ilmoitus tulostuu, kun säiliökortteja ei ole. Tämä on diagnosticvirhe ja ajo jatkuu normaalisti. Korjaus sama kuin virheilmoituksessa 38.

8. OHJELMALLA LASKETTU MALLIESIMERKKI

Laskettu malliesimerkki on esitetty liitteiden 1 ja 2 avulla. Liitteissä on esitetty käytetty lähtötietotiedosto (liite 1/1) sellaiseen sekä ohjelman antama tulostuslista. Liitteissä 1/2 - 1/10 on esitetty ohjelman tulostamat alkuarvot sekä liitteissä 2/1 - 2/9 varsinaiset tulostuslistaukset. Seuraavassa on malliajtoa selostettu yksityiskohtaisemmin.

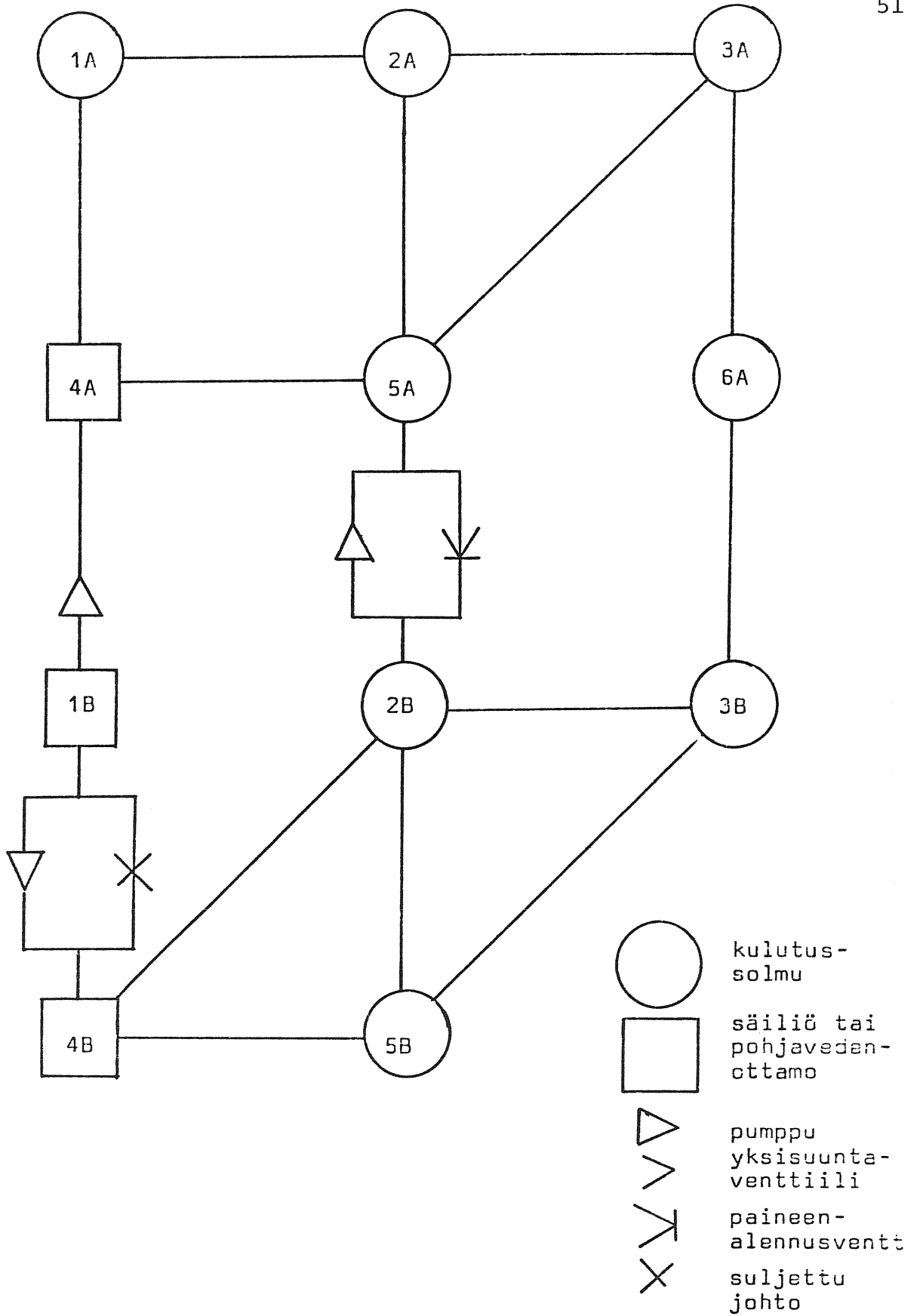
8.1 Malliverkon kuvaus

Kuvassa 6 on esitetty verkko, jonka avulla havainnollistetaan simuloitumallin syöttö- ja tulostustietoja. Esimerkki on hypoteettinen ja se on tehty yksinomaan testaamaan mallin ominaisuuksia. Siinä on kaksi painepiiriä A ja B, joille on annettu aivan erilainen kulutuskuva ja joilla kummallakin on oma säiliönsä (4A ja 4B). Näitä säiliöitä syötetään pohjavedenottamosta (1 B) pumpuilla, joiden nostokorkeus on vakio. Säiliötä 4 A syötetään kaivosta 1 B suhteellisen heikkotehoisella jatkuvasti käynnissä olevalla pumpulla. 4 A:n pintaa säädetään solmujen 5 A ja 2 B välissä olevalla paineenkorotuspumppu/paineenalennusventtiili-järjestelyllä. Kun säiliön 4 A vedenpinta on korkealla on kyseessä paineenalennusventtiili, joka syöttää vettä painepiiristä A painepiiriin B. Kun säiliön 4 A vedenkorkeuspinta on alhaalla on virtaus päinvastainen. Säiliötä 4 B syöttää pumpu, joka saa on- ja off-asentoja. Solmuun 6 A syötetään vesi kummastakin painepiiristä yhden yksisuunta-venttiilin ja yhden paineenalennusventtiilin kautta.

8.2 Syöttötietojen kuvaus

Solmukortit

Solmutietoina annetaan ensin solmun ja painepiirin identifiointitunnukset sekä solmunumero. Painerajat ovat kulutussolmuille valinnaisia. Jos niitä ei ole, ohjelma antaa painerajat. Syöttösolmujen painerajat kuvaavat säiliön ylä- ja alavesipintaa ja niiden antami-



Kuva 6. Pelkistetty verkko, jossa on kaksi painealuetta (A ja B).

nen on pakollista. Liitteessä 1/3 on esitetty malliverkon solmutiedot.

Putkitiedot

Putkikorteilla esitettävät peruselementit ovat tavanomainen putki, suljettu putki, yksisuuntaventtiili, paineenalennusventtiili ja vakionostokorkeudella toimiva pumppu sekä pumppukäyrällä varustettu pumppu. Elementit, joita säädetään, merkitään 2-paikkaisella koodilla. Jos elementtiä säädetään yhdessä pumppukäyrällä varustetun pumpun kanssa, niin tämä elementti saa toiseksi kirjaimekseen S:n. Tällöin em. pumppu ilmoitetaan seuraavalla kortilla. Esimerkin putkitiedot on esitetty liitteessä 1/4.

Säätökortit

Säätökortit määrittelevät säätörajat, säätötavan ja sen missä tilassa säädettävä elementti on. PS-tyyppisille säätöelementeille on annettava solmu, jonka paineen mukaan ohjaus tapahtuu. Säätöarvot ovat PS-tyypillä paineen ylä- ja alaraja ja TS-tyypillä säädön kytkentäajat. Säätöelementin alkutilan täytyy olla jommankumman säätötiloista ja se ilmoitetaan viimeisenä muttujana. Simuloinnin aikana elementti pysyy alkutilassa kunnes säätöohjeet toisin määräävät. PS-tyyppistä elementtiä voidaan ohjata useamman säiliön avulla ja tällöin samaa elementtiä koskevat kortit on annettava peräkkäin. Malliesimerkin säätökortit on esitetty liitteessä 1/5.

Säiliökortit

Säiliökortit määrittelevät säiliöiden vedenkorkeus/tilavuus-käyrän. Säiliösolmut ovat NH-tyyppiä. Tilavuus lasketaan kaavasta

$$V = R_1H^3 + R_2H^2 + R_3H, \text{ missä}$$

V = on säiliön tilavuus (1 000 m³)

R_1, R_2, R_3 ovat säiliöparametrejä

H on vedenpinnan korkeus säiliön pohjasta (m)

Malliesimerkin säiliökortit on esitetty liitteessä 1/6.

Kulutuskuvioiden antaminen

Kulutuskuvioiden avulla ilmoitetaan kulutuksen suhteellinen muuttuminen ajan suhteen. Samoin voidaan määritellä myös syöttösäiliöiden vedenpinnan korkeuden vaihtelu. Kulutuskuvio käsittää yhden vuorokauden vaihtelut keskiyöstä alkaen. Kulutukset ilmoitetaan vähintään kahden tunnin välein. Kulutuskuviolle annetaan tunnusnumero 1 - 50, joka on käyttäjän vapaasti valittavissa.

Kulutuskuvioita on neljää eri tyyppiä:

HS-tyyppi ilmoittaa vedenpinnan korkeusvaihtelut verkoston ulkopuolella, mutta verkkoa syöttävästä vesisäiliöstä. Kullakin säiliöllä on oma käyränsä.

ES-tyyppi ilmoittaa vedenkulutuksen poikkeuksellisen suuren kulutuksen aikana (sammutustilanne jne.). Tämän tyyppisen kulutuskuvioiden arvot ovat nolliä normaalitilanteen aikana. Se saa arvon 1 hätätilanteen alkaessa ja tilanteen palaututtua entiselleen annetaan arvo 0. Myös muut arvot ovat luvallisia hätätilan aikana ja niiden suuruus vastaa vedenkulutuksen vaihtelun suuruutta.

LS- ja LC-tyyppiset kulutuskuviot ovat jatkuvia käyriä. Kulutus on ilmoitettu desimaaliosina päivittäisestä keskimääräisestä kulutuksesta. Kulutus saa arvon yksi, jos se on yhtä suuri kuin keskimääräinen kulutus. LS-tyypin arvot vastaavat senhetkistä kulutusta, LC-tyypin arvot ovat seuraavan kulutusjakson keskimääräisiä arvoja.

Liitteessä 1/7 on esitetty malliesimerkin kulutuskuviokortit.

Kulutuskuvioiden allokointi

Allokointikorttien avulla kulutuskuviot annetaan solmuille. Jokaiselle allokointikortille voidaan antaa tietyn tyyppisen kulutuskuvioiden

muotoinen kulutus neljälle solmulle. HS-tyyppinen kulutuskuvio allokoidaan aina NH-solmulle ja muun tyyppiset kulutuskuviot NQ-solmuille. Yhdellä solmulla voi olla useamman tyyppistä kulutusta ja jollakin kulutuskuviolla voi olla useampia allokointikortteja. Kulutusarvona allokointikortteilla annetaan kulutuksen keskiarvo ao. solmussa. Liitteessä 1/8 on esitetty malliesimerkin allokointikortit.

Tulostusta ohjaavat kortit

Tulostuskortit määrittelevät ne solmut ja putket, joiden saamat arvot tulostetaan. Jokaisella kortilla määritellään 1 - 6 solmua tai 3 putkea päätesolmujen avulla. DN-kortit antavat tulostuksen solmuista ja DL-kortit johdoista. DT-kortit tulostavat ilmoitetut putket sekä niiden päätepisteet. DS-kortit tulostavat halutut solmut sekä kaikki niihin liittyvät johdot. Malliesimerkin tulostuskortit ovat liitteessä 1/9.

Snapshot-ajat

Liitteessä 1/10 on esitetty malliverkon snapshot-ajat.

8.3 Ohjelman antama tulostus

Painekorkeudet ja virtaamat

Tulostuksessa esitetään tarpeelliset tiedot, joiden avulla simuloinnin kulkua voidaan seurata. Otsakkeessa tulostuksella on "Solmujen painekorkeudet (m) ja elementtien virtaamat (l/s) kaikilta simulointijaksoilta".

Ensimmäinen rivi kunkin simulointiaskeleen tulostuksessa ilmoittaa kelloajan. Toinen rivi ilmoittaa solmujen painekorkeudet ohjelman sisäisessä solmujen järjestyksessä. Samalla tavalla tulostetaan virtaamat elementeissä. Lisäksi tulostetaan kooditaulukko, josta käy ilmi solmujen ohjelman sisäisen järjestyksen ja annetun koodi-

numeron vastaavuus. Malliverkon tulostus ilmenee liitteestä 2/1. Tämä tulostus muodostetaan haluttaessa.

Solmujen ja elementtien yhteenvetotulostus

Jokainen solmun numero ja painepiiri, maksimi- ja minimipaine ja maksimi- ja kokonaisvirtaama tulostetaan.

Jokaisen elementin tyyppi, päätesolmunumerot ja painepiirit, maksimi- ja kokonaisvirtaama ja suurin nopeus tulostetaan. Liitteissä 2/2 ja 2/3 on esitetty esimerkin tulostus.

Tämä tulostus muodostetaan haluttaessa.

Haluttujen solmujen ja elementtien yksityiskohtainen tulostus

Tietojen tulostus halutuista solmuista ja elementeistä simuloinnin aikana on valinnainen ja siinä on viisi osaa.

1. Solmujen painetasojen tulostus. Solmunumeron ja painepiirin jälkeen ilmoitetaan solmun painetaso simuloinnin aikana.
2. Solmuvirtaaman tulostus. Solmunumeron ja painepiirin jälkeen ilmoitetaan solmun virtaama kunkin simulointijakson aikana.
3. Solmupaineiden tulostus. Jokaisesta solmusta ilmoitetaan paine simulointijakson aikana (= paineviivan korkeus - maanpinnan korkeus).
4. Elementtivirtaamien tulostus. Jokaisesta halutusta elementistä ilmoitetaan elementin tyyppi, päätesolmujen solmunumerot ja painepiirit sekä vallitseva virtaama kunkin simulointijakson aikana.
5. Elementtien virtausnopeuden tulostus. Elementeistä ilmoitetaan elementtityyppi sekä päätesolmujen numerot ja painepiirit sekä virtausnopeus.

Liitteessä 2/4 on esitetty malliesimerkin tulostus.

Yhteenvetotulostus raja-arvojen ylityksestä

Tämä tulostus muodostetaan joka ajon jälkeen ja siinä on kaksi osaa.

1. Painerajojen ylitys ja alitus solmuissa. Solmusta ilmoitetaan solmunumero ja painepiiri sekä sallitut maksimi- ja minimipisteet. Kaikki painerajojen ylitykset ja alitukset sekä niiden kelloaika on ilmoitettu.
2. Nopeusrajojen ylitys elementeissä. Kustakin elementistä tulostetaan elementin tyyppi, päätesolmujen numerot ja sallitun virtauksen maksiminopeuden ylitykset samoin kuin tapahtuman kelloaika. Esimerkin tulostus on liitteissä 2/5 ja 2/6.

'Snapshot' -tulostus

Liitteessä 2/7 on esitetty malliesimerkin 'snapshot'-tulostus koko järjestelmän virtaustilasta.

Joka solmusta on tulostettu solmutiedot sekä tähän solmuun liittyvät elementtitiedot.

Snapshot-tulostuksia voidaan muodostaa 0 - 10 kpl eri kelloaikoina simuloinnin kestäessä.

Liitteissä 2/8 ja 2/9 on esitetty kustannusaliohjelman tulostus. Tulostuksessa on kaksi osaa, joista ensimmäinen ilmoittaa käytetyn energiakustannuksen kutakin pumppua kohden. Toisessa osassa tulostetaan kuluneiden kilowattituntien määrä tunneittain.

ED,R TKKR10016*FWATS02.VARA
 READ-ONLY MODE
 CASE UPPER ASSUMED
 ED 14.02-12/02-14:47-(8,)
 EDIT

11111111

```

1:10 1112 60 0.0012.00
2: .14 .08 7.0021.00 1.09
3: VESTIJOHTOVERKON SIMULONTI
4: KOEVERKKO
5:NH 4 B 0.0 109.73 115.82 109.73 121.92
6:NH 1 B 438.08 60.96 60.96 57.91 64.
7:NH 4 A 0.0 140.21 146.30 140.21 152.4
8:NQ 1 A -43.81 91.44 129.54
9:NQ 5 B -87.62 60.96 99.06
10:NQ 2 B -43.81 60.96 99.06
11:NQ 5 A -43.81 91.44 129.54
12:NQ 2 A -43.81 76.2 114.3
13:NQ 3 B -43.81 45.72 83.82
14:NQ 6 A -87.62 60.96 99.06
15:NQ 3 A -43.81 76.2 114.3
16:88
17:L 1 A 4 A 914.4 .4064 .1524
18:L 1 A 2 A 914.4 .3048 .1524
19:L 2 A 3 A 609.6 .2540 .1524
20:L 2 A 5 A 609.6 .3048 .1524
21:L 4 A 5 A 609.6 .3048 .1524
22:L 5 A 3 A 609.6 .2540 .1524
23:L 2 B 3 B 609.6 .2540 .1524
24:L 2 B 5 B 609.6 .2032 .1524
25:L 4 B 5 B 609.6 .3048 .1524
26:L 4 B 2 B 1219.2 .2540 .1524
27:L 5 B 3 B 609.6 .2540 .1524
28:R 3 A 6 A 1219.2 .2032 .1524 109.73
29:PP 1 B 4 A -.04764 .0 91.44
30: .08E1
31:CP 1 B 4 B 304.8 .4064 .1524 65.53
32: .08E1
33:RS 5 A 2 B 304.8 .3048 .1524 118.87
34:PP 2 B 5 A -.00794 .0 60.96
35: .08E1
36:V 3 B 6 A 1219.2 .2032 .1524
37:88
38:PS 4 B 112.78 118.87 1 B 4 B PCC
39:PS 4 A 146.00 149.35 2 B 5 A PRR
40:88
41:RC 4 A 140.21 6.209
42:RC 4 B 109.73 .00594 .217152 1.325
43:88
44:LC 1 0.50 0.70 1.00 1.30 1.50 1.70 1.50 1.30 1.00 0.70 0.50 0.30
45:LC 2 1.50 1.30 1.00 0.70 0.50 0.30 0.50 0.70 1.00 1.30 1.50 1.70
46:ES 3 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 1.00 1.00 1.00 0.00 0.00 0.00
47:88
48:LA 1 1 A 54.76 2 A 54.76 3 A 32.86 5 A 32.86
49:LA 1 6 A 43.81 0.0
50:LA 2 2 B 43.81 3 B 43.81 5 B 87.62 6 A 43.81
51:88
52:DT 2 B 5 A
53:DS 6 A
54:DN 1 B 4 B 4 A
55:88
56: 7.00 29.00

```

SCAN:56
 EOF:56

V E S I J O H T O V E R K O S T O N S I M U L O I N T I

 AJOPARAMETRIIT

VESIJOHTOVERKON SIMULONTI
 KOEVERKKO

OHJELMA KYYTTÄX COLEBROOKIN KAAVAA
 VERKOSTOA SIMULOIDAAN AIKAVÄLILLÄ .000 JA 12.00 - 13 AIKA-ASKELTA 1.00 TUNTIA KUKIN
 KULLAKIN KULUTUSKUVTOLLA ON 12 ARVOA
 JÄRJESTELMÄN MINIMIPAINA ON 30. METRIÄ
 JÄRJESTELMÄN MAKSIMIPAINA ON 70. METRIÄ
 JÄRJESTELMÄN MAKSIMINOPEUS ON 3. M/S
 UC1 = .200
 ITERAATIOKIERROSTEN MAKSIMIMÄÄRÄ ON 40
 MAKSIMIVIRTAAMAERO ON .142 L/S
 VEDENPINNAN TOLERANSSI LASKETTAESSA SÄILIÖIDEN TILAVUUKSIA ON .030 METRIÄ
 PÄIVÄSÄHKÖN HINTA ON .14 MK/KWH JA YÖSÄHKÖN .08 MK/KWH
 HINNANMUUTOSAJAT OVAT 7.00 JA 21.00
 PRC-KERROIN ON 1.09
 NDIAG-OPTIOT OVAT 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

V E S I J O H T O V E R K O S T O N S I M U L O I N T I

S O L M U K O R T I I T
 V E S I J O H T O V E R K O N S I M U L O N T I
 K O E V E R K K O

TYYPPI	ID	PAINEP	VIRT	MAANPINTA	PAINEK	ALARAJA	YLARAJA
NH	4	B	0.	110.	116.	110.	122.
NH	1	B	438.	61.	61.	58.	64.
IN FIXED HEAD NODE 2 LO LIMIT IS LESS THAN NODE GROUND ELEVATION							
NH	15.	B	200.	190.	210.		
NH	4	A	0.	140.	146.	140.	152.
NQ	1	A	-44.	91.	130.	0.	0.
NQ	5	B	-88.	61.	99.	0.	0.
NQ	2	B	-44.	61.	99.	0.	0.
NQ	5	A	-44.	91.	130.	0.	0.
NQ	2	A	-44.	76.	114.	0.	0.
NQ	3	B	-44.	46.	84.	0.	0.
NQ	6	A	-88.	61.	99.	0.	0.
NQ	3	A	-44.	76.	114.	0.	0.

V E S I J O H T O V E R K O S T O N S I M U L O I N T I

JOHTOKORTIT

VESIJOHTOVERKON SIMULONTI
KOEVERKKO

TYYPPI	AL-ID	AL-PA	INEP	LO-ID	LO-PA	INEP	PAR.	PITUUS	HALKAISUUS	CHN	
L	1	A	4	A	914	.400002			.406400	.152400	.000000
L	1	A	2	A	914	.400002			.304800	.152400	.000000
L	2	A	3	A	609	.599998			.254000	.152400	.000000
L	2	A	5	A	609	.599998			.304800	.152400	.000000
L	4	A	5	A	609	.599998			.304800	.152400	.000000
L	5	A	3	A	609	.599998			.254000	.152400	.000000
L	2	B	3	B	609	.599998			.254000	.152400	.000000
L	2	B	5	B	609	.599998			.203200	.152400	.000000
L	4	B	5	B	609	.599998			.304800	.152400	.000000
L	4	B	2	B	1219	.199997			.254000	.152400	.000000
L	5	B	3	B	609	.599998			.254000	.152400	.000000
R	3	A	6	A	1219	.199997			.203200	.152400	.000000
PP	1	B	4	A		-.047640			.000000	91.440000	.000000
HYRTYSUHDEPARAABELIN KERTOIMET	OVAT				.000000				.800000	+00	
CP	1	B	4	B	304	.799999			.406400	.152400	65.530000
HYRTYSUHDEPARAABELIN KERTOIMET	OVAT				.000000				.800000	+00	
RS	5	A	2	B	304	.799999			.304800	.152400	118.870000
PP	2	B	5	A		-.007940			.000000	60.960000	.000000
HYRTYSUHDEPARAABELIN KERTOIMET	OVAT				.000000				.800000	+00	
V	3	B	6	A	1219	.199997			.203200	.152400	.000000

 V E S I J O H T O V E R K O S T O N S I M U L O I N T I

 SÄÄTÖKORTIT

TYYPPI	SOLMU ID	PAINEP	ALARAJA	YLXRAJA	ALKU ID	ALKU PAINEP	LOPPU ID	LOPPU PAINEP	LOPPU TILAT
PS	4	B	112.780	118.870	1	B	4	B	PCC
PS	4	A	146.000	149.350	2	B	5	A	PRR

V E S I J O H T O V E R K O S T O N S I M U L O I N T I

SÄILIKORTIT

TYYPPI SOLMU-ID PAINEP MAANPINTA K E R T O I M E T

RC	4	A	140.2	.0000	.0000	6.209
RC	4	B	109.7	.5980-02	.2172	1.325

V E S I J O H T O V E R K O S T O N S I M U L O I N T I

 K U L U T U S K U V I O K O R T I I T

KOODI	KÄYRÄ	KORTTI NRO	SUHTEELLINEN KULUTUS												
LC	1	0	.50	.70	1.00	1.30	1.50	1.70	1.50	1.30	1.00	1.00	.70	.50	.30
LC	2	0	1.50	1.30	1.00	.70	.50	.30	.50	.70	1.00	1.00	1.30	1.50	1.70
ES	3	0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	1.00	1.00	1.00	1.00	.00	.00	.00

V E S I J O H T O V E R K O S T O N S I M U L O I N T I

 K U L U T U S A L L O K O I N T I K O R T I T

TYYPPI	KAYRA	SOLMU-ID	PAINEP	KULUTUS	SOLMU-ID	PAINEP	KULUTUS	SOLMU-ID	PAINEP	KULUTUS	SOLMU-ID	PAINEP	KULUTUS
	NRC			L/S			L/S			L/S			L/S
LA	1	1	A	54.76	2	A	54.76	3	A	32.86	5	A	32.86
LA	1	6	A	43.81			.00			.00			.00
LA	2	2	B	43.81	3	B	43.81	5	B	87.62	6	A	43.81

 V E S I J O H T O V E R K O S T O N S I M U L O I N T I

HALUTUN TULOSTUKSEN MÄÄRITTELYKORTIT

TYYPPI	ID	PAINEP	ID	PAINEP	ID	PAINEP	ID	PAINEP	ID	PAINEP
DT	2	B	5	A						
DS	6	A	4	B						
DN	1	B			4					A

TILANNEKUVA-AJAT
7.00 29.00 .00 .00 .00 .00 .00 .00
SNAPSHOT TIME 29.00 IS OUT OF THE SIMULATION TIME RANGE

V E S I J O H T O V E R K O S T O N S I M U L O I N T I

SYÖTTÖTIETOJEN JA SISÄISEN JÄRJESTYKSEN MUUNNOSTAULU
VESIJOHTOVERKON SIMULONTI
KOEVERKKO

SOLMU SIS. JÄRJ.	NRO	SOLMU	PAINEP.	SIS. JÄRJ.	NRO	SOLMU	PAINEP.
1	A	1	A	1	A	1	A
2	A	2	A	2	A	2	A
3	A	3	A	3	A	3	A
4	A	4	A	9	A	4	A
5	A	5	A	4	A	5	A
6	A	6	A	5	A	6	A
7	B	3	B	10	B	1	B
8	B	2	B	7	B	2	B
9	B	5	B	6	B	3	B
10	B	4	B	11	B	4	B
11	B	4	B	8	B	5	B

ELEMENTTI SIS. JÄRJ.	NRO	SOLMU	PAINEPiIRI	SIS. JÄRJ.	NRO	SOLMU	PAINEPiIRI
1	A	4	A	2	A	1	A
2	A	2	A	1	A	1	A
3	A	3	A	3	A	2	A
4	A	5	A	4	A	2	A
5	A	4	A	6	A	3	A
6	A	5	A	16	A	3	A
7	B	2	B	5	B	4	A
8	B	5	B	15	B	4	A
9	B	4	B	13	B	5	A
10	B	4	B	12	B	6	A
11	B	5	B	14	B	3	B
12	A	3	A	7	B	1	B
13	A	2	A	10	B	2	B
14	B	4	B	8	B	2	B
15	A	1	A	11	B	3	B
16	A	6	A	9	A	4	B

V E S I J O H T O V E R K O S T O N S I M U L O I N T I

SOLMUJEN PAINEKORKEUDET (M) JA ELEMENTTIEN VIRTAAMAT (L/S)
KAIKILTA SIMULOINTIJAKSOILTA
VESIJOHTOVERKON SIMULONTI
KOEVERKKO

AIKA = .00
=====

SOLMUJEN PAINEKORKEUDET

144.240	138.014	136.547	137.145	95.058	106.954	113.692	108.229	146.300	60.960
115.820									

ELEMENTTIEN VIRTAAMAT

-131.110	109.218	39.172	48.152	-164.238	-24.306	-86.794	43.201	-149.162	-33.043
-36.369	-45.153	174.963	.000	-113.156	50.343				

AIKA = 1.00
=====

SOLMUJEN PAINEKORKEUDET

143.731	137.068	135.577	136.371	95.666	108.127	114.177	109.313	146.194	60.960
115.659									

ELEMENTTIEN VIRTAAMAT

-143.952	113.131	39.488	42.814	-170.290	-28.264	-82.097	40.669	-136.020	-27.254
-35.002	-46.255	166.353	.000	-114.132	49.252				

AIKA = 2.00
=====

SOLMUJEN PAINEKORKEUDET

143.244	136.182	134.653	135.617	96.123	109.022	114.530	110.131	146.078	60.960
115.511									

ELEMENTTIEN VIRTAAMAT

-154.871	116.588	40.029	38.267	-175.870	-31.364	-78.199	38.594	-124.917	-21.856
-33.766	-47.092	159.806	.000	-115.194	48.415				

AIKA = 2.37
=====

SOLMUJEN PAINEKORKEUDET

145.415	144.915	143.322	145.873	81.867	85.836	85.859	92.459	146.001	60.960
115.429									

ELEMENTTIEN VIRTAAMAT

-67.509	28.851	40.899	-50.699	-17.166	-52.380	-3.987	-47.660	-262.847	-130.023
-86.024	-25.416	-109.137	.000	-115.897	70.089				

AIKA = 3.00

=====

SOLMUJEN PAINEKORKEUDET

145.366	144.844	143.227	145.884	81.956	85.960	85.962	92.741	146.008	60.960
115.289									

ELEMENTTIEN VIRTAAMAT

-70.826	29.550	41.227	-52.951	-16.860	-53.512	-.932	-48.324	-260.377	-129.474
-87.078	-25.534	-114.350	.000	-115.834	69.973				

AIKA = 4.00
=====

SOLMUJEN PAINEKORKEUDET

145.176	144.573	142.878	145.915	82.308	86.449	86.347	93.776	146.024	60.960
114.913									

ELEMENTTIEN VIRTAAMAT

-82.146	31.918	42.267	-60.576	-15.699	-57.388	9.308	-50.672	-251.949	-127.742
-90.627	-25.991	-132.378	.000	-115.686	69.516				

AIKA = 5.00
=====

SOLMUJEN PAINEKORKEUDET

144.930	144.231	142.460	145.933	82.827	87.176	86.783	94.981	146.035	60.960
114.527									

ELEMENTTIEN VIRTAAMAT

-94.476	34.551	43.252	-68.626	-15.124	-61.542	19.399	-53.324	-242.092	-125.844
-93.636	-26.671	-150.979	.000	-115.592	68.836				

AIKA = 6.00
=====

SOLMUJEN PAINEKORKEUDET

144.596	143.777	141.928	145.936	83.554	88.205	87.313	96.454	146.038	60.960
114.130									

ELEMENTTIEN VIRTAAMAT

-108.727	37.614	44.238	-77.738	-15.149	-66.308	30.098	-56.412	-229.987	-123.672
-96.346	-27.634	-171.545	.000	-115.560	67.874				

AIKA = 7.00
=====

SOLMUJEN PAINEKORKEUDET

144.356	143.453	141.557	145.917	84.022	88.875	87.619	97.297	146.033	60.960
113.724									

ELEMENTTIEN VIRTAAMAT

-117.709	39.627	44.829	-83.286	-16.295	-69.273	36.083	-58.097	-221.550	-121.978
-97.379	-28.260	-183.108	.000	-115.604	67.247				

AIKA = 8.00
=====

SOLMUJEN PAINEKORKEUDET

144.129	143.148	141.212	145.885	84.423	89.456	87.864	97.972	146.023	60.960
113.304									

ELEMENTTIEN VIRTAAMAT

-125.453	41.400	45.326	-87.980	-17.829	-71.816	40.880	-59.414	-213.877	-120.373
-97.943	-28.803	-192.396	.000	-115.701	66.704				

AIKA = 9.00
=====

SOLMUJEN PAINEKORKEUDET

143.912	142.859	140.887	145.843	84.765	89.952	88.058	98.509	146.007	60.960
112.865									

ELEMENTTIEN VIRTAAMAT

-132.251	42.998	45.764	-92.024	-19.630	-74.036	44.813	-60.446	-206.807	-118.827
-98.177	-29.267	-199.970	.000	-115.846	66.240				

AIKA = 9.11
=====

SOLMUJEN PAINEKORKEUDET

143.850	142.776	140.796	145.833	84.871	90.108	88.121	98.682	146.003	60.960
112.781									

ELEMENTTIEN VIRTAAMAT

-134.159	43.429	45.875	-93.174	-20.015	-74.663	45.949	-60.774	-204.904	-118.465
-98.283	-29.413	-202.264	611.207	-115.883	66.094				

AIKA = 10.00
=====

SOLMUJEN PAINEKORKEUDET

143.445	142.259	140.241	145.827	85.799	91.478	88.739	100.379	145.985	60.960
113.096									

ELEMENTTIEN VIRTAAMAT

-146.257	45.797	46.322	-100.987	-19.199	-78.775	54.368	-63.899	-194.369	-117.715
-100.196	-30.694	-220.827	604.043	-116.045	64.813				

AIKA = 11.00
=====

SOLMUJEN PAINEKORKEUDET

143.296	142.081	140.059	145.819	86.148	92.001	88.977	101.072	145.956	60.960
113.467									

ELEMENTTIEN VIRTAAMAT

-149.837	46.382	46.373	-103.447	-17.818	-80.033	57.258	-65.175	-191.835	-118.047
----------	--------	--------	----------	---------	---------	--------	---------	----------	----------

-101.178	-31.183	-227.734	595.488	-116.304	64.324
<p style="text-align: center;">AIKA = 12.00 =====</p>					
SOLMUJEN PAINEKORKEUDET					
143.522	142.393	140.403	145.818	85.672	91.290
113.810					88.674
					100.349
					145.926
					60.960
ELEMENTTIEN VIRTAAMAT					
-142.123	44.624	45.983	-98.859	-15.664	-77.513
-101.105	-30.518	-219.220	587.484	-116.572	64.989
					53.084
					-63.998
					-200.110
					-119.634

V E S I J O H T O V E R K O S T O N S I M U L O I N T I

 SOLMUJEN JA ELEMENTTIEN YHTEENVETOTULOSTUS
 VESIJOHTOVERKON SIMULONTI
 KOEVERKKO

SOLMUYHTEENVETO		VESIJOHTOVERKON SIMULONTI			
-----		-----			
SOLMU	PAINEPiIRI	MINIMIPAINE (M)	MAKSIMIPAINE (M)	MAKSIMIVIR- TAAMA (L/S)	KOKONAISVIR- TAAMA (M**3)
1	A	51.804	53.975	103.46	-2878.61703
2	A	59.982	68.715	103.46	-2878.71219
3	A	58.453	67.122	62.08	-1727.40378
4	A	5.716	6.090	215.55	2585.66821
5	A	44.177	54.496	62.07	-1726.76041
6	A	20.907	35.163	95.51	-4125.43817
1	B	.000	.000	727.09	10925.95618
2	B	24.899	53.570	78.01	-1822.98172
3	B	40.116	63.302	78.01	-1822.44498
4	B	3.051	6.090	392.87	7115.61572
5	B	31.499	49.171	155.99	-3644.88174

ELEMENTTIYHTEENVETO

=====

ELEMENTTI

TYYPPI

=====

	AL KUSOLMU	LOPPUSOLMU	MAKSIMI-	KOKONAIS-	MAKSIMI-
	NUMERO	NUMERO	VIRTAAMA	VIRTAAMA	NOPEUS
	NUMERO	NUMERO	(L/S)	(M**3)	(M/S)
L	1	A	116.59	2436.88	2.44887
L	1	A	154.87	-5315.50	1.82981
L	2	A	46.37	1874.92	1.40262
L	2	A	103.45	-2316.75	2.17286
L	5	A	80.03	-2572.23	2.42071
R	3	A	70.09	-2719.74	3.31240
L	4	A	175.87	-2258.35	3.69407
PP	1	B	116.57	4988.18	3.0480
PP	2	B	227.73	6022.48	3.0480
V	3	B	47.09	1405.70	2.22558
CP	1	B	611.21	-5937.78	7.22145
L	2	B	86.79	323.20	2.62523
L	4	B	130.02	-4337.69	3.93275
L	2	B	65.17	-1519.47	3.08018
L	5	B	101.18	-3551.35	3.06030
L	4	B	262.85	-8715.70	5.52099

VESIJOHTOVERKOSTON SIMULONTI

HALUTTUJEN SOLMUJEN JA ELEMENTTIEN TULOSTUS
VESIJOHTOVERKON SIMULONTI
KOEVERKKO

SOLMUJEN PAINEKORKEUDET (M)		TULOSTUS												
4	A	146.30	146.19	146.08	146.01	146.02	146.03	146.04	146.03	146.02	146.01	145.98	145.9	
		145.93												
5	A	137.15	136.37	135.62	145.88	145.92	145.93	145.94	145.92	145.89	145.84	145.83	145.8	
		145.82												
6	A	95.06	95.67	96.12	81.96	82.31	82.83	83.55	84.02	84.42	84.76	85.80	86.1	
		85.67												
1	B	60.96	60.96	60.96	60.96	60.96	60.96	60.96	60.96	60.96	60.96	60.96	60.9	
2	B	113.69	114.18	114.53	85.96	86.35	86.78	87.31	87.62	87.86	88.06	88.74	88.9	
		88.67												
4	B	115.82	115.66	115.51	115.29	114.91	114.53	114.13	113.72	113.30	112.86	113.10	113.4	
		113.81												

SOLMUJEN VIRTAAMAT (L/S)		TULOSTUS												
4	A	182.19	200.11	215.55	-28.15	-17.84	-5.99	8.32	18.40	27.58	36.03	49.41	51.3	
		41.21												
5	A	-13.12	-18.49	-22.97	-24.75	-30.11	-35.93	-42.65	-46.84	-50.43	-53.54	-60.26	-62.0	
		-58.51												
6	A	-95.50	-95.51	-95.51	-95.51	-95.51	-95.51	-95.51	-95.51	-95.51	-95.51	-95.51	-95.5	
		-95.51												
1	B	113.16	114.13	115.19	115.83	115.69	115.59	115.56	115.60	115.70	115.85	115.85	111.7	
		704.06												
2	B	-78.01	-70.84	-64.87	-62.52	-55.34	-47.59	-38.64	-33.05	-28.27	-24.12	-15.15	-12.7	
		-17.50												
4	B	182.20	163.27	146.77	389.85	379.69	367.94	353.66	343.53	334.25	325.63	-291.96	-285.6	
		-267.74												

SOLMUJEN PAINE (M)		TULOSTUS												
4	A	6.09	5.98	5.87	5.80	5.81	5.82	5.83	5.82	5.81	5.80	5.77	5.7	
		5.72												
5	A	45.71	44.93	44.18	54.44	54.48	54.49	54.50	54.48	54.45	54.40	54.39	54.3	
		54.38												
6	A	34.10	34.71	35.16	21.00**	21.35**	21.87**	22.59**	23.06**	23.46**	23.80**	24.84**	25.1	
		24.71**												
1	B	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.0	
		.00												
2	B	52.73	53.22	53.57	25.00**	25.39**	25.82**	26.35**	26.66**	26.90**	27.10**	27.78**	28.0	
		27.71**												
4	B	6.09	5.93	5.78	5.56	5.18	4.80	4.40	3.99	3.57	3.13	3.37	3.7	
		4.08												

ELEMENTTIEN VIRTAAMAT (L/S)		TULOSTUS												
ELEMENTTI		LOPPUSOLMU												
TYYPPI		NRO PAINEP.												
R	3	A	6	A	-50.34	-49.25	-48.41	-69.97	-69.52	-68.84				
					-67.87	-67.25	-66.70	-66.24	-64.81	-64.32				
					-64.99									
PP	2	B	5	A	-174.96	-166.35	-159.81	114.35	132.38	150.98				
					171.54	183.11	192.40	199.97	220.83	227.73				

V	3	B	6	A	219.22	46.25	47.09	25.53	25.99	26.67
					45.15	28.26	28.80	29.27	30.69	31.18
					27.63					
					30.52					
<p>ELEMENTTIEN NOPEUDET (M/S)</p> <p>=====</p> <p>ELEMENTTI ALKUSOLMU LOPPUSOLMU</p> <p>TYYPPI NUMERO PAINEP. NUMERO PAINEP.</p>										
R	3	A	6	A	-2.38	-2.33	-2.29	-3.31**	-3.29**	-3.25**
					-3.21**	-3.18**	-3.15**	-3.13**	-3.06**	-3.04
					-3.07**					
V	3	B	6	A	2.13	2.19	2.23	1.21	1.23	1.26
					1.31	1.34	1.36	1.38	1.45	1.47
					1.44					

V E S I J O H T O V E R K O S T O N S I M U L O I N T I

RAJOITUSTEN YLITYKSET, YHTEENVETO
VESIJOHTOVERKON SIMULONTI
KOEVERKKO

SOLMUJEN PAINERAJOITUSTEN YLITYKSET

SOLMU	PAINEP	MINIMI (M)	MAKSIMI (M)	PAINE	AIKA	PAINE	AIKA	PAINE	AIKA	PAINE	AIKA	PAINE	AIKA
6	A	30.000	70.000	20.907	2.37	20.996	3.00	21.348	4.00	21.867	5.00	22.594	6.
				23.062	7.00	23.463	8.00	23.805	9.00	23.911	9.11	24.839	10.
				25.188	11.00	24.712	12.00						
2	B	30.000	70.000	24.899	2.37	25.002	3.00	25.387	4.00	25.823	5.00	26.353	6.
				26.659	7.00	26.904	8.00	27.098	9.00	27.161	9.11	27.779	10.
				28.017	11.00	27.714	12.00						

ELEMENTTIEN NOPEUSRAJOITUSTEN YLITYKSET
 =====
 ELEMENTTI ALKUSOLMU LOPPUSOLMU MAKSIMI
 =====

RECORDS EXCEEDING MAXIMUM LENGTH ARE FAULTY.
 THE FOLLOWING RECORD IS ERRONEOUS OR DOES NOT CORRESPOND TO FORMAT SPECIFICATIONS:

TYYPPI	NUMERO PAINEP.	NUMERO PAINEP. (M/S)	NOPEUS	AIKA	NOPEUS	AIKA	NOPEUS	AIKA	NOPEUS	AIKA	NOPEUS	AIKA	NOPEUS	AIKA	NOPEUS	AIKA	NOPEUS	AIKA
I/O CALLED AT SEQUENCE	NUMBER PAINEP.	NUMBER PAINEP. (M/S)	NOPEUS	AIKA	NOPEUS	AIKA	NOPEUS	AIKA	NOPEUS	AIKA	NOPEUS	AIKA	NOPEUS	AIKA	NOPEUS	AIKA	NOPEUS	AIKA
R	3	A	6	A	3.05	2.37	3.31	2.37	-3.31	3.00	-3.31	3.00	3.29	4.00	-3.29	4.00	3.25	5.00
L	4	A	5	A	3.05	7.00	3.18	7.00	-3.18	8.00	-3.15	8.00	3.13	9.00	-3.13	9.00	3.12	9.11
CP	1	B	4	B	3.05	12.00	3.07	12.00	-3.07	1.00	-3.58	1.00	3.69	2.00	-3.69	2.00	6.94	12.00
L	4	B	2	B	3.05	9.11	3.45	9.11	-3.45	10.00	-7.14	10.00	7.04	11.00	-7.04	11.00	3.81	5.00
L	2	B	5	B	3.05	7.00	3.93	2.37	-3.93	3.00	-3.92	3.00	3.86	4.00	-3.86	4.00	3.58	9.11
L	5	B	3	B	3.05	11.00	3.57	11.00	-3.57	12.00	-3.62	12.00	3.59	9.00	-3.59	9.00	5.09	5.00
L	4	B	5	B	3.72	11.00	3.08	11.00	-3.08	12.00	-3.06	12.00	5.29	4.00	-5.29	4.00	4.30	9.11
							5.52	2.37	-5.52	3.00	-5.47	3.00	4.34	9.00	-4.34	9.00	4.08	6.00
							4.65	7.00	-4.65	8.00	-4.49	8.00	4.20	12.00	-4.20	12.00	0.00	10.00
							4.03	11.00	-4.03	12.00	-4.20	12.00						

V E S I J O H T O V E R K O S T O N S I M U L O I N T I

TILANNE HETKELLÄ 7.00
VESIJOHTOVERKON SIMULONTI
KOEVERKKO

TYYPPI	SOLMU	PAINEP	PAR	VIRTAAMA L/S	PAINEKORK HXVI8(M)	PAINE (M) PAINE-ERO	MAANP (M) (PITUUS) HALK (M)	ALA--RAJAT--YLK HWC	RES	
NQ	1	A		-78.08	144.356	52.916	91.44			
L	2	A		39.63	.904		914.4	.30	.2	
L	4	A		-117.71	-1.677		914.4	.41	.2	
NQ	2	A		-78.08	143.453	67.253	76.20			
L	1	A		-39.63	-.904		914.4	.30	.2	
L	3	A		44.83	1.896		609.6	.25	.2	
L	5	A		-83.29	-2.464		609.6	.30	.2	
NQ	3	A		-46.86	141.557	65.357	76.20			
L	2	A		-44.83	-1.896		609.6	.25	.2	
L	5	A		-69.27	-4.360		609.6	.25	.2	
R	6	A		67.25	57.535	109.7	1219.2	.20	.2	
NH	4	A		18.40	146.033	5.823	140.21			
L	1	A		117.71	1.677		914.4	.41	.2	
L	5	A		16.29	.116		609.6	.30	.2	
PP	1	B		-115.60	-85.073	-.04763995	.00000	91.		
NQ	5	A		-46.84	145.917	54.477	91.44			
L	2	A		83.29	2.464		609.6	.30	.2	
L	3	A		69.27	4.360		609.6	.25	.2	
L	4	A		-16.29	-.116		609.6	.30	.2	
PP	2	B		-183.11	-58.298	-.00793999	.00000	61.		
NQ	6	A		-95.51	84.022	23.062	60.96	30.		70. LIMIT
R	3	A		-67.25	-57.535	109.7	1219.2	.20	.2	
V	3	B		-28.26	-4.854		1219.2	.20	.2	
NH	1	B		115.60	60.960	.000	60.96			
PP	4	A		115.60	85.073	-.04763995	.00000	91.		
C	4	B		.00	52.764		304.8	.41	.2	
NQ	2	B		-33.05	87.619	26.659	60.96	30.		70. LIMIT
PP	5	A		183.11	58.298	-.00793999	.00000	61.		
L	3	B		-36.08	-1.256		609.6	.25	.2	
L	4	B		-121.98	-26.105		1219.2	.25	.2	
L	5	B		-58.10	-9.678		609.6	.20	.2	

TYYPPI	SOLMU	PAINEP	PAR	VIRTAAMA	PAINEKORK	PAINE (M)	MAANP (M)	ALA--RAJAT--YLK
				L/S	HAYIØ(M)	PAINE-ERO	(PITUUS)	HWC
							HALK (M)	RES
NG	3	B		-33.04	88.875	43.155	45.72	
V	6	A		28.26	4.854		1219.2	.2
L	2	B		36.08	1.256		609.6	.2
L	5	B		-97.38	-8.422		609.6	.2
NH	4	B		343.53	113.724	3.994	109.73	
C	1	B		.00	-52.764		304.8	.2
L	2	B		121.98	26.105		1219.2	.2
L	5	B		221.55	16.427		609.6	.2
NG	5	B		-66.07	97.297	36.337	60.96	
L	2	B		58.10	9.678		609.6	.2
L	3	B		97.38	8.422		609.6	.2
L	4	B		-221.55	-16.428		609.6	.2

V E S I J O H T O V E R K O S T O N S I M U L O I N T I

PUMPPAUSKUSTANNUKSET AIKAVÄLILLÄ .00 - 12.00

LAITENUMERO	ALKUSOLMU	LOPPUSOLMU	KUSTANNUS
13	2	5	137.37
14	1	4	191.46
15	1	4	152.40
		A	YHTEENSÄ
			481.24

KULUTETTU ENERGIA AIKAJAKSOITTAIN

AIKAJAKSO	KILOWATTITUNNIT
.00 - 1.00	118.83
1.00 - 2.00	119.70
2.00 - 3.00	151.71
3.00 - 4.00	205.54
4.00 - 5.00	218.13
5.00 - 6.00	230.90
6.00 - 7.00	244.73
7.00 - 8.00	252.37
8.00 - 9.00	258.47
9.00 - 10.00	664.95
10.00 - 11.00	763.61
11.00 - 12.00	761.11

*FIN

RUNID: TKKIS ACCT: TKY052970 PROJECT: TKR10016

PSW	0.052	3.761	5	35
MAIL	0.009	5.181	3	27
AAA	5.902	14.265	56	91

TIME: TOTAL: 00:00:24.956

CPU: 00:00:05.967 I/O: 00:00:06.374
CC/ER: 00:00:12.614 WAIT: 00:00:00.378

MK: 24.37 MULT: 1.000 BL: 0:10

IMAGES READ: 63 PAGES: 29

START: 09:14:57 DEC 11.1975 FIN: 09:15:40 DEC 11.1975

VESIHALLITUKSEN
KIRJASTO

YVY-julkaisusarja

1. Vesihuollon taloudellisuus
2. Vedenkulutuksen vaihtelut
3. Vesijohtoverkon toiminnan luotettavuus
4. Jätevedenpuhdistamojen allastilojen kattaminen
5. Ammoniakin poisto pohjavedestä
6. Teurastamojen ja lihanjalostuslaitosten jätevesikuormitus ja jätevesien käsittelymahdollisuudet
7. Maidonjalostusteollisuuden jätevesikuormitus ja jätevesien käsittelymahdollisuudet
8. Vesi- ja jätehuollon laitteiden julkinen testaus
9. Jätehuollon esimerkkisuunnitelman laatiminen keskisuurille kunnille
10. Yhdyskuntien jätehuollon nykytilanne ja tulevaisuuden näkymät
11. Menetelmä taajamien vesihuollon toteuttamisasteen ja kehityksen arvioimiseksi
12. Kaatopaikat 1974
13. Viemärlaitoksen systeemianalyysi
14. Vesihuollon edellyttämä vesistötutkimus
15. Jäteveden puhdistamojen hydraulikan ja dynamiikan tutkiminen merkkiainetekniikalla
16. Vedenjakelujärjestelmän toiminnallinen suunnittelu
17. Vedenjakelujärjestelmän simulointimalli

ISBN 951-9250-66-2
ISSN 0355-1997

KYRIIRI OY 4047
Helsinki 1976