

## **TAVASE OY**

Vehoniemen – Isokankaan harjuaalueen tekopohjavesilaitoksen  
yleissuunnitelma

Virtaustekninen toiminnallinen suunnitelma

**Sisältö**

<b>1</b>	<b>YLEISTÄ</b>	<b>3</b>
1.1	TARKOITUS	3
1.2	Yleiset mitoituskriteerit ja lähtötiedot	3
1.2.1	Vesimäärät	3
1.2.1.1	Raakavesi	3
1.2.1.2	Imeytys	3
1.2.1.3	Tekopohjaveden pumppaus	3
1.2.1.4	Varausten mukainen pumppaus kulutukseen	3
1.2.2	Putkilinjat	4
1.2.3	Vesipinnat	4
1.2.4	Maanpinnat	4
1.2.5	Painetason tarve imetysalueilla	4
<b>2</b>	<b>RAAKAVEDEN PUMPPAUS</b>	<b>5</b>
2.1	Laitteet	5
2.1.1	Pumput	5
2.1.2	Pumppaamon venttiilit, pumppujen paineputkissa	5
2.1.3	Raakavesipumppaamon imuallas	5
2.1.4	Paineiskun vaimennus	5
2.1.5	Varoventtiilit	5
2.1.5.1	Putki	5
2.1.5.2	Ilmanpoisto	6
2.2	Periaatekaavio raakaveden jakelusta	6
2.3	Imuputki	7
2.3.1	Epävakaa tila	7
2.4	Pumppausprosessi	8
2.4.1	Vakaa tila	8
2.4.2	Epävakaa tila	8
2.4.2.1	Sähkökatkon aiheuttama paineiskutilanne	8
2.4.2.2	Virtaaman/paineen säätö (perustuu DN1000 runkolinjaan)	13
<b>3</b>	<b>TEKOPOHJAVEDEN PUMPPAUS</b>	<b>16</b>
3.1	Yleistä	16
3.2	Tarkastelu – pohjaveden runkolinjat betonivuorattuina SG- putkia	17
3.2.1	Vakaa tila	17
3.2.1.1	Pumput ja kaivokohtaiset putket	17
3.2.1.2	Painetasot	17
3.2.2	Epävakaa tila	18
3.2.2.1	Järjestelmässä ei ole paineiskun vaimennusta	19
<b>4</b>	<b>ARVIOITA JOS POHJAVEDEN RUNKOLINJAT OLISIVAT MUOVIPUTKIA</b>	<b>22</b>

**Liitteet**

Liite A

Laitetunnukset ja prosessikaavioiden merkinnät

## 1 YLEISTÄ

### 1.1 TARKOITUS

Virtaustekninen toiminnallinen suunnittelu on tarkoitettu siirtojärjestelmien komponenttien mitoittamiseksi sekä perustiedoksi laitos-, linja-, koneisto-, sähkö- ja automaatio suunnittelua varten.

Asiakirjaa täydennetään ja tarkennetaan suunnittelun kuluessa toteutussuunnittelun päättymiseen asti.

Kaikki seuraavassa esitetyt laskelmat ja niistä johdetut tulokset, toimintatavat, laitteiden kapasiteetti- ja jne. ovat yleissuunnitelmataason tarkkuudella tehtyjä ja ne tulee tietojen täsmennyttyä toteutussuunnittelun yhteydessä tarkistaa.

### 1.2 Yleiset mitoituskriteerit ja lähtötiedot

#### 1.2.1 Vesimäärät

##### 1.2.1.1 Raakavesi

- tekopohjavedenoton mitoitus tilanne 70 000 m<sup>3</sup>/d, 2 920 m<sup>3</sup>/h
- maksimitilanne 92 000 m<sup>3</sup>/d, 3 830 m<sup>3</sup>/h

##### 1.2.1.2 Imeytys

Mitoitus tilanne ... maksimitilanne:

- Tuotantoalue 1 917...1 205 m<sup>3</sup>/h
- Tuotantoalue 2 1 167...1 533 m<sup>3</sup>/h
- Tuotantoalue 3 833...1 095 m<sup>3</sup>/h
- Yhteensä 2 920...3 830 m<sup>3</sup>/h

##### 1.2.1.3 Tekopohjaveden pumppaus

- Tuotantoalue 1, kaivoalue 1 22 000 m<sup>3</sup>/d, kaivoja 7 kpl
- Tuotantoalue 2, kaivoalue 2 28 000 m<sup>3</sup>/d, kaivoja 7 kpl
- Tuotantoalue 3, kaivoalue 3 20 000 m<sup>3</sup>/d, kaivoja 10 kpl

##### 1.2.1.4 Varausten mukainen pumppaus kulutukseen

- Tampereelle 46 000 m<sup>3</sup>/d
- Valkeakoskelle 15 300 m<sup>3</sup>/d
- Kangasalle 4 850 m<sup>3</sup>/d yhteensä
- Yhteensä 66 150 m<sup>3</sup>/d

## 1.2.2

### Putkilinjat

- Raakaveden imuputki PEH 1200 PN10
- Raakaveden paineputki harjulle betonipinnoitettua SG –putkea DN1000
- Imeytysalueelle 1.1 johtava putki betonipinnoitettua SG –putkea DN600
- Imeytysalueille 2.1-2.4 johtava putki betonipinnoitettua SG –putkea DN1000/700
- Imeytysalueille 4.1-4.4 johtava putki betonipinnoitettua SG –putkea DN600
- Pohjavesiputki kaivoalueelta 1 betonipinnoitettua SG –putkea DN500
- Pohjavesiputki kaivoalueelta 2 betonipinnoitettua SG –putkea DN600
- Pohjavesiputki kaivoalueelta 3 betonipinnoitettua SG –putkea DN600

## 1.2.3

### Vesipinnat

- Raakaveden otto NW+83,46, HW+84,61
- Kaivoalue 1 +79 m (+84,2 m Q=0)
- Kaivoalue 2 +96,5 m (+98,5 m Q=0)
- Kaivoalue 3 +83,5 m (+88,5 m Q=0)
- Siirtopumppaamon säiliö +137...140.5 m

## 1.2.4

### Maanpinnat

- Tuotantoalue 1
  - IA1.1 +120...141 m
  - IA1.2 +97...114 m
- Tuotantoalue 2
  - IA2.1 +110...121 m
  - IA 2.2 +150...154 m
  - IA2.3 (varalla) +147...153 m
  - IA2.4 (varalla) +150...156 m
- Tuotantoalue 3
  - IA4.1 +124...152 m
  - IA4.2 +126...136 m
  - IA4.3 +112...128 m
  - IA4.4 +119...131 m
  - IA4.5 +131...147 m

## 1.2.5

### Painetason tarve imeytysalueilla

Alla on esitetty arvio tarvittavasta painetasot ennen imeytyskaivoa / allasta / sadetinta:

- Tuotantoalue 1 +142 m
- Tuotantoalue 2
  - IA2.1...2.4 +157 m
- Tuotantoalue 3
  - IA4.1 +153 m
  - IA4.2...4.5 +148 m

## **2 RAAKAVEDEN PUMPPAUS**

### **2.1 Laitteet**

#### **2.1.1 Pumput**

- Tunnukset HA\_RV-PU01...04
  - 4 kpl uppomoottoripumppuja a' 1 280 m<sup>3</sup>/h x 9 m, joista yksi on varayksikkö
  - pumput varustetaan taajuusmuuttajakäytöillä
  - sähkömoottoriteho alustavasti 55 kW / pumppu
- Tunnukset HA\_RV-PU05...08
  - a' 1 280 m<sup>3</sup>/h x 85 m, joista yksi on varayksikkö
  - pumput varustetaan taajuusmuuttajakäytöillä
  - sähkömoottoriteho alustavasti 500 kW / pumppu

#### **2.1.2 Pumppaamon venttiilit, pumppujen paineputkissa**

- Tarkempi erittely toteutussuunnittelun yhteydessä
- Imeytispumppujen takaiskuventtiileiden tyyppi on valittava painesäiliöiden suuri energiapotentiaali huomioiden
  - Takaiskuventtiileiksi tulee valita virtaussuunnan vaihtumiseen nopeasti reagoivat takaiskuventtiilit (kuten ”suutintyyppiset” takaiskuventtiilit)

#### **2.1.3 Raakavesipumppaamon imuallas**

- poikkipinta-ala vähintään 50 m<sup>2</sup>, (altaan pinnanvaihtelu sähkökatkon ja käynnistyksen yhteydessä)

#### **2.1.4 Paineiskun vaimennus**

- 4 kpl vaimennussäiliöitä a' 7 m<sup>3</sup>, PN10, säiliön halkaisija 2 400 mm
- Tunnukset HA\_RV-PS01...04
- 2 kpl paineilmakompressoreita säiliöineen HA\_RV-KO01...02, mitoitus toteutussuunnittelun yhteydessä
- säiliöiden yhteysputket ja varustelut mitoitetaan toteutussuunnittelun yhteydessä

#### **2.1.5 Varoventtiilit**

Varoventtiileitä tarvitaan mahdollisesti suojaamaan pumppaamon putkistoa ja laitteita ylipaineelta venttiileiden virheellisten sulkeutumisten varalta sekä painesäiliöiden ilmanlisäysautomaatiikan vikatilanteissa.

Tarveharkinta ja mitoitus toteutussuunnittelun yhteydessä

##### **2.1.5.1 Putki**

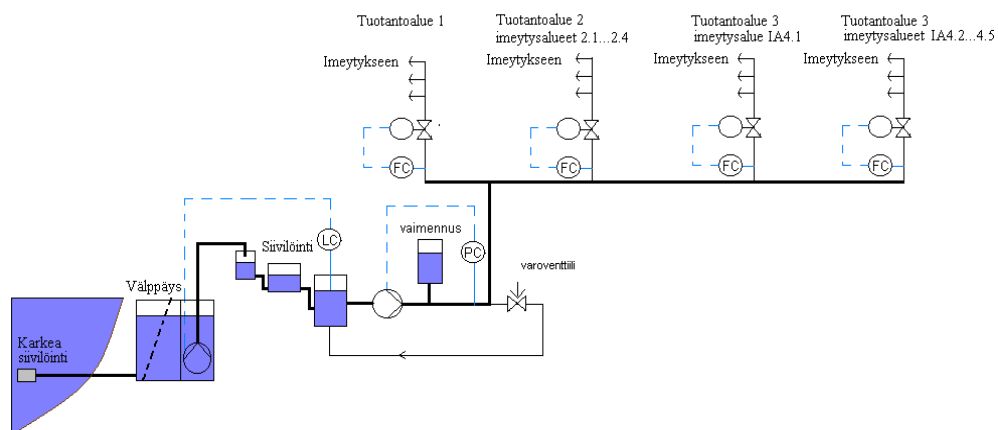
Putkilinjat ovat pääosin sisäpuolisesti betonilla pinnoitettua SG- putkea. DN400 ja pienemmät putket PEH (pois lukien raakaveden imuputki PEH1200 PN4).

### 2.1.5.2 Ilmanpoisto

Tarveharkinta, tyyppi, sijoittelu ja mitoitus toteutussuunnittelun yhteydessä

## 2.2 Periaatekaavio raakaveden jakelusta

Alla olevassa kuvassa on esitetty yksinkertaistettu virtauskaavio raakaveden johtamisesta imeytykseen.



Kuva 2.1 Periaatekaavio raakaveden jakelusta

## 2.3 Imuputki

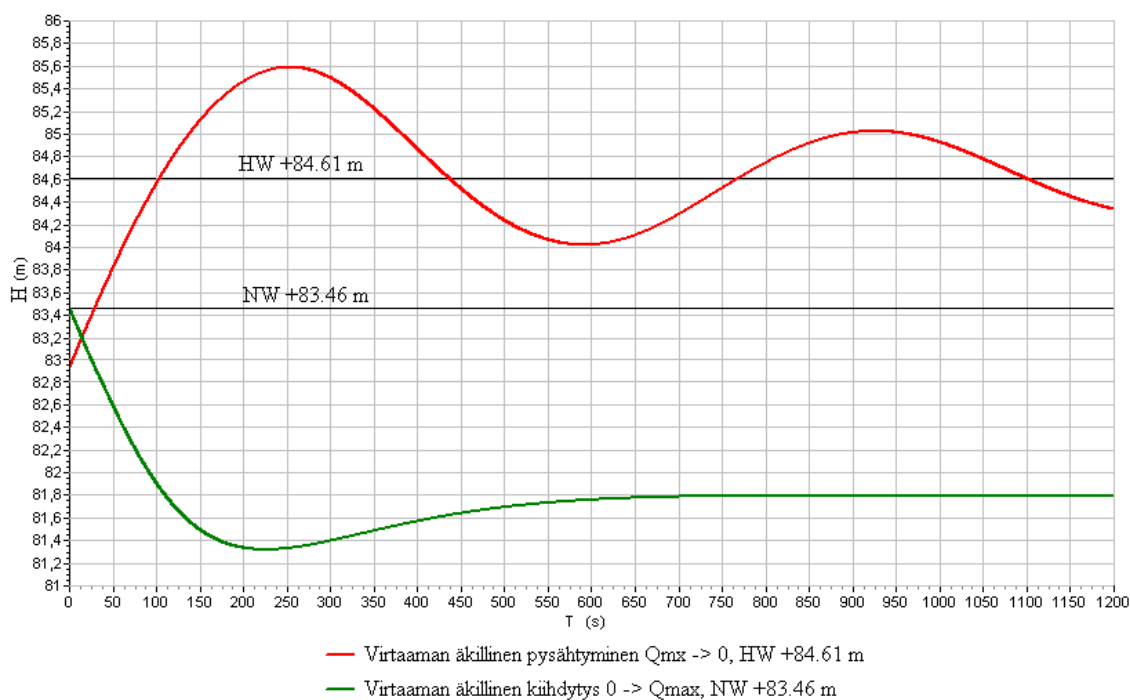
### 2.3.1 Epävakaa tila

Imuputken osalta on huomioitava ns. massaoskillaatiotilanne imuputken ja raakavedenpumppaamon välppä-/imuallastilan välillä äkillisissä virtaaman muutostilanteissa.

Em. tilanteita ovat pumppujen äkillinen pysähtyminen maksimipumppaustilanteessa HW vesipinnalla (+84.61 m) ja virtaaman äkillinen kiihdyttäminen maksimipumppaustilanteeseen NW vesipinnalla (+83.46 m).

Alla olevassa kuvassa on esitetty edellä esitettyjen epävakaiden tilanteiden massaoskillaatio, eli vesipinnan vaihtelu raakavedenpumppaamon välppä-/imuallastilassa. Raakavedenpumppaamon aaltoilupinta-ala on n. 59 m<sup>2</sup> (välppätila + imuallastila).

Imuputken laen ollessa tasolla n. +79.50 m ja imualtaan yläpohjan tasolla n. +86.10 m, voidaan tilanteen todeta olevan hallittu. Jos jatkosuunnittelussa tai toteutuksessa aaltoilutilaa pienennetään, tulee vaikutukset toiminnallisiin vesipintoihin arvioida.



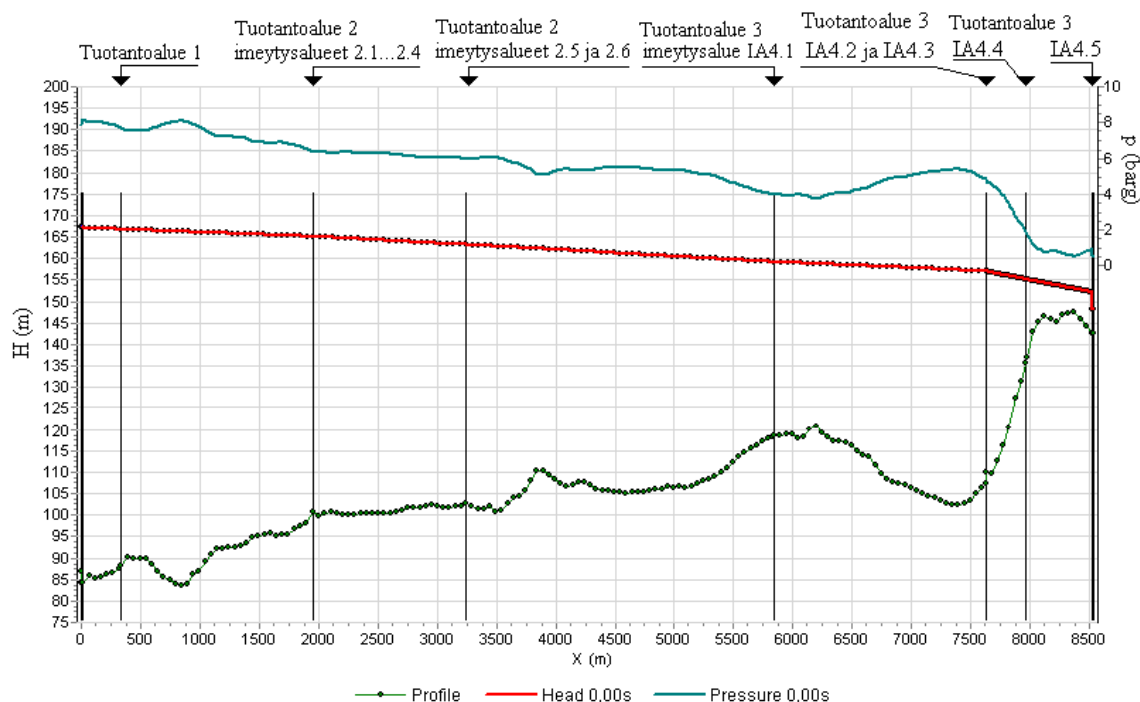
Kuva 2.2 Imuputken ja imuallastilan massaoskillaatio



## 2.4 Pumppausprosessi

### 2.4.1 Vakaa tila

Vakaan tilanteen paineviivat kuvan 2.3 mukaan.



Kuva 2.3 Vakaan tilanteen paineviivat,  $Q = 92\,000\text{ m}^3/\text{d}$  ( $3\,830\text{ m}^3/\text{h}$ ), DN1000 painelinja

### 2.4.2 Epävakaa tila

Seuraavassa tarkastellaan:

- sähkökatkon aiheuttamaa paineiskutilannetta ilman vaimennuslaitteita
- putkilinjan suunnanmuutoksiin vaikuttavia voimia
- sähkökatkon aiheuttamaa paineiskutilannetta, kun vaimennus on mukana

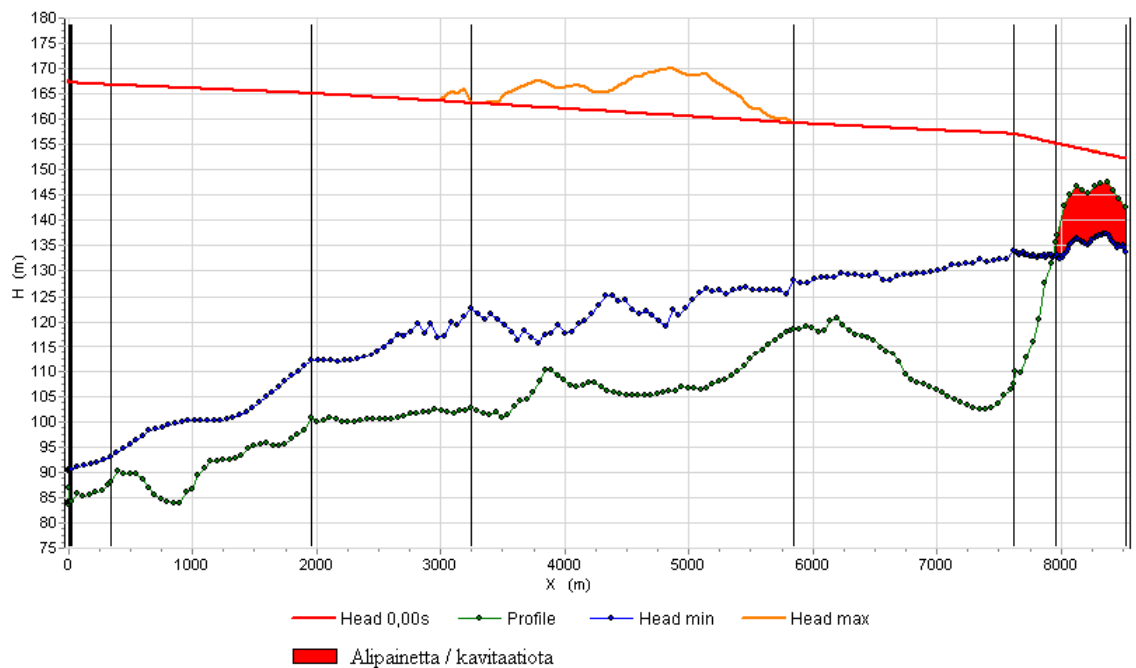
#### 2.4.2.1 Sähkökatkon aiheuttama paineiskutilanne

##### Ilman vaimennusta

Ilman vaimennusta sähkökatko aiheuttaa paikallisesti ns. putkistokavitaatiota, joka liittyy läheisesti paineiskuilmioon. Paine laskee alle höyrystymispaineen, jonka johdosta tapahtuu ns. vesipatsaan katkeaminen ja syntyy kylläisen höyryn muodostama onkalo. Onkalon täyttyminen johtaa paineen nousuun, joka on sitä suurempi, mitä nopeammin vesimassat kohtaavat. Oheinen kuva 2.4 esittää painetasot pitkin linjaa (raakavesipumppaamo-alue 4). Kuvasta voidaan todeta linjan joutuvan osittain täyden alipaineen alaiseksi ja linjaan syntyy jonkin verran kavitaatiota. Putkiston paineluokka PN10 riittäisi sähkökatkotilanteen varalta vaikei linjaa varustettaisikaan

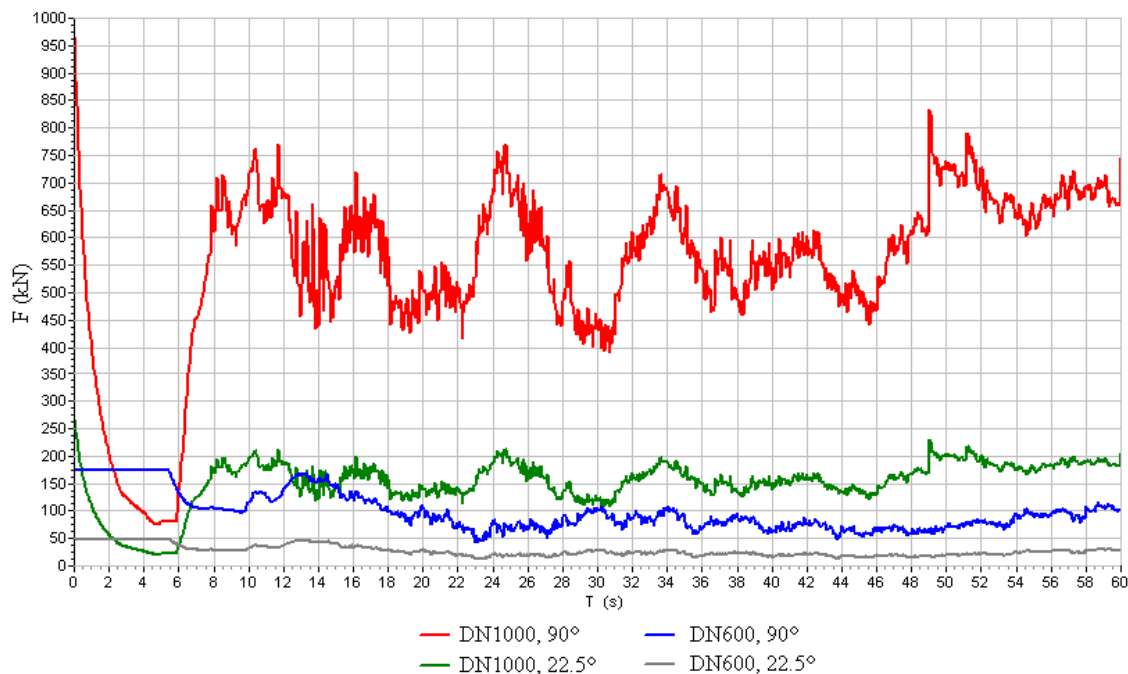
vaimennussäiliöillä. Kuitenkin vaimennussäiliöiden käyttöä suositellaan **harkittavaksi** lähinnä seuraavista syistä:

- valtaosa putkistosta on muhwillista SG- valurautaa ( $\pm$  kuormitus rasittaa itse muhvien lisäksi kulmatuentoja kuten kuvasta 2.5 voidaan todeta)
- tuentojen ja liitosten kannalta on edullista pitää kuormituksen vaihtelu samanmerkkisenä (tykyttävänä)
- painesäädön kannalta on edullista varustaa järjestelmä painetta/muutoksia tasaavilla säiliöillä
- kaikkia mahdollisia häiriötilanteita ei tässä yhteydessä ole tutkittu (esim. pumppujen uudelleen käynnistyminen tilanteessa, jossa linjalla on vielä alipainetta ja/tai ilmaa, imeytysalueiden säätöventtiilien virheellinen toiminta, esim. sulkeutuminen kesken pumppausta, ...)
- Huom. Riippumatta siitä varustetaanko pumppaamo vaimennussäiliöllä vai ei, täytyy pumppujen uudelleen käynnistys sähkökatkon jälkeen suorittaa vaiheistetusti mahdollisen ilman poistamiseksi
  - Toimintajärjestys sähkökatkon jälkeen: imeytysalueiden säätöventtiileiden sulkeminen, ilman poisto hallitusti, imeytyksen jatkaminen
- kavitaation jälkeisen höyryonkalon romahtamisesta johtuvien paineiskujen, ja painevasteista johtuvien voimavaikutusten tarkka mallintaminen on parhaimmillaankin vähintään haasteellista



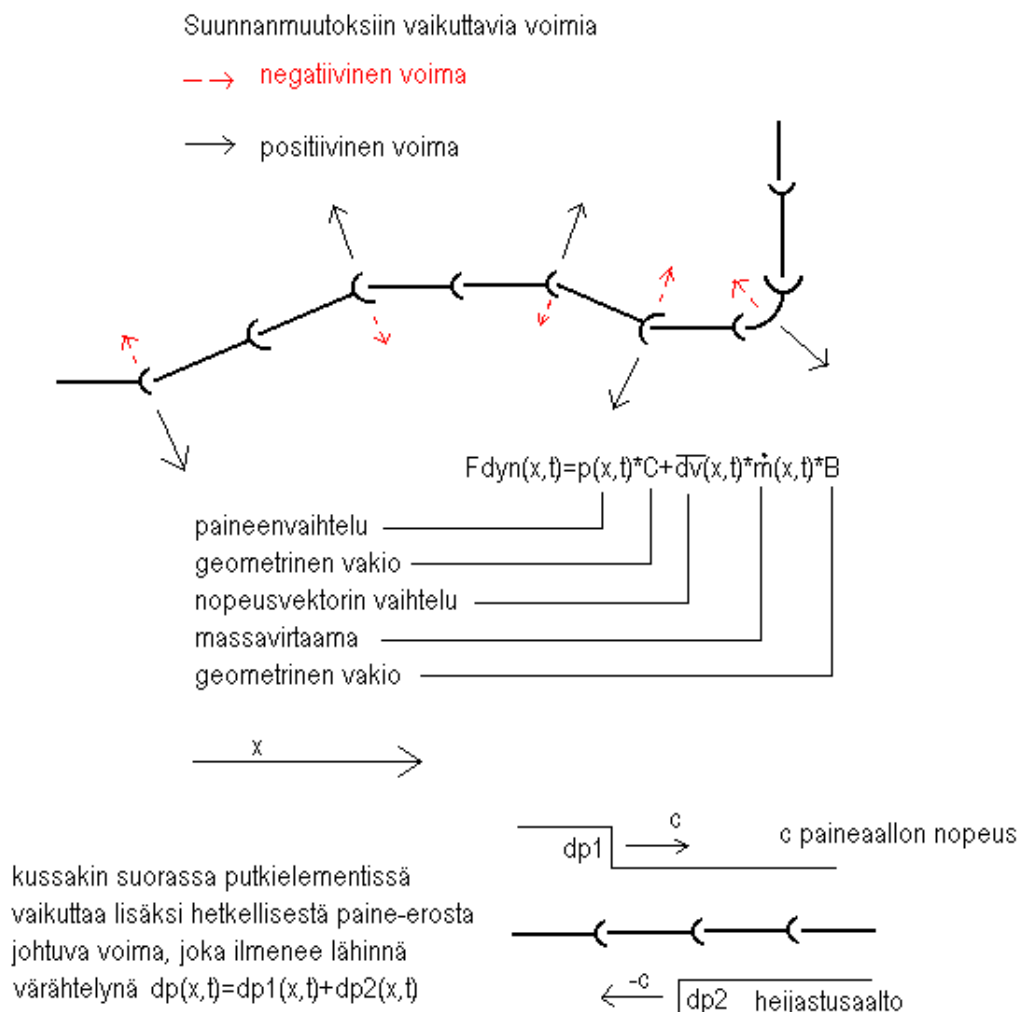
Kuva 2.4 Painesot välillä raakavesipumppaamo-alue 4; ilman vaimennusta

Kuvassa 2.5 on esitetty painelinjalla vaikuttavat voimat sähkökatkon aiheuttamassa tilanteessa ilman vaimennusjärjestelmiä. Toteutussuunnittelun yhteydessä on tutkittava erilaisten häiriötilanteiden vaikutuksia ja suunniteltava varojärjestelmiä/turvalukituksia.



**Kuva 2.5 Suunnanmuutoksiin kohdistuvia voimia pumppaamolla (DN1000 runkolinja) ja tuotantoalueen 3 imeytysalueen IA4.1 haarassa (DN600 runkolinja); ei vaimennusta.**

Kuvassa 2.6 on esitetty dynaamisten voimien periaatetta putkiston suunnanmuutoksissa.



**Kuva 2.6 Dynaamisten voimien periaate**

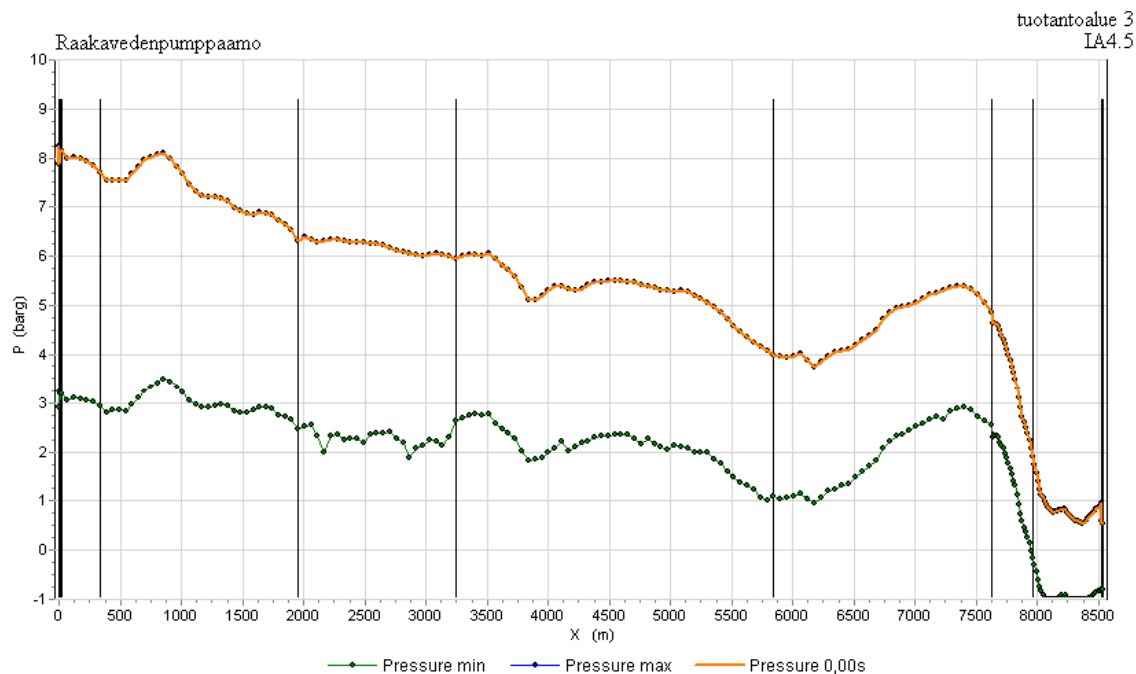
### Vaimennus mukana

Oheinen kuva 2.7 esittää painetasot kuvaa 2.4 vastaavassa tilanteessa, kun järjestelmä on varustettu vaimennussäiliöillä ( $V_{tot} 28 \text{ m}^3$ ). Painetasot ovat selvästi pienemmät ja alipainetilanteita ei runkolinjalla esiinny.

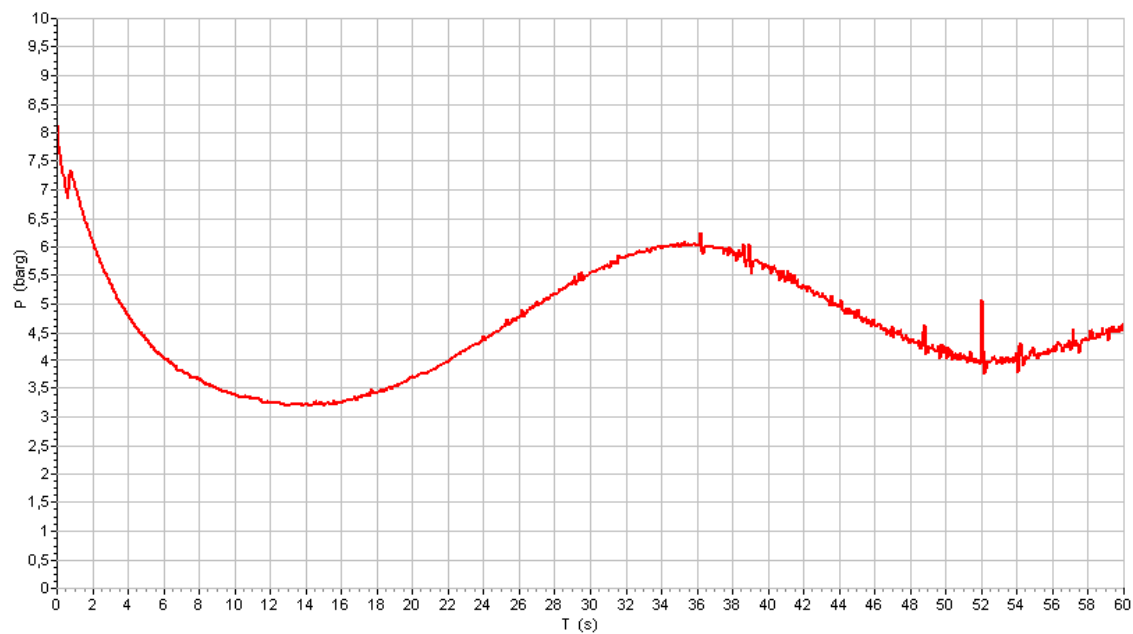
Kuva 2.8 esittää paineenvaihtelun pumppaamolla. Kuvaa voidaan verrata kuormituskuvaan 2.5 siten, että on helposti todettavissa paineenvaihtelun amplitudin ja taajuuden ”rauhoittuminen”. Putkistoon kohdistuvat kuormitukset muuttuvat vastaavasti. Toteutussuunnittelun yhteydessä on kuitenkin laadittava linjasuunnittelijaa varten dynaamiset kuormitustaulukot etenkin, jos putkimateriaaliksi valitaan SG- putki (muhviliitokset).

Vaikka liitokset tehtäisiinkin ns. vetoa kestäviksi, on linjasuunnittelijan huomioitava kuormitustilanne, jotta voidaan mitoittaa alueet joilla vetoa kestäviä liitoksia tulee

käyttää. Aiottu liitostapa (normaali muhviiliitos tai vetoa kestävä muhviiliitos), mikäli riittävää mitoituskuormituksen suhteen ei tehdä, voi muodostua riskitekijäksi siirtolinjassa, jossa tapahtuu suuria kuormitusvaihteluita.



Kuva 2.7 Painetasot, vaimennus mukana



Kuva 2.8 Paineenvaihtelut pumppaamolla, vaimennus mukana

### 2.4.2.2 Virtaaman/paineen säätö (perustuu DN1000 runkolinjaan)

Imetyksen tarkoituksenmukaisen toiminnan varmistamiseksi eri tilanteissa tarvitaan painesäätöä, jotta imetykseen johtavien putkilinjojen säätöventtiilit toimisivat stabiilisti (ei säätöhuojuntaa).

Painesäätönä tutkitaan seuraavaa tilannetta:

- suora pumppaus harjulle
- raakavesipumppaamo on varustettu vaimennussäiliöillä, kokonaistilavuus 28 m<sup>3</sup>
- vakiopainetta pyritään ylläpitämään raakavesipumppaamon paineputkessa (raakavesipumppaamolla)
- pumput ovat taajuusmuuttajakäyttöisiä
- säädön tutkimiseksi kuvitellaan seuraava tilanne:
  - alueille 1, 2 ja 4 johdetaan vakiovirtaamaa 750, 960 ja 1 040 m<sup>3</sup>/h ja alueen 1 virtaamaa muutetaan kuvan 2.8 mukaisesti
  - alue 1, DN 300, läppäventtiili, toimiaika 0...100 % (ramppi) on 25 s
  - alue 2, DN 400, läppäventtiili, toimiaika 0...100 % (ramppi) on 25 s
  - alue 4, DN 400, läppäventtiili, toimiaika 0...100 % (ramppi) on 25 s

#### Säädön tutkimisen kuvaselostus:

- kuva 2.9; aiheutettu virtaaman vaihtelu alueella 1 (aiheutettu häiriö)
- kuva 2.10; paineviivan vaihtelu pumppaamolla ja alueen 4 säätöventtiilin ylävirtapuolella
- kuva 2.11; alueiden 2, 3 ja 4 virtaaman vaihtelut häiriön jälkeen
- kuva 2.12; alueiden 2, 3 ja 4 venttiiliasennot häiriön jälkeen
- kuva 2.13; kierroslukusäätöisten pumppujen toiminta

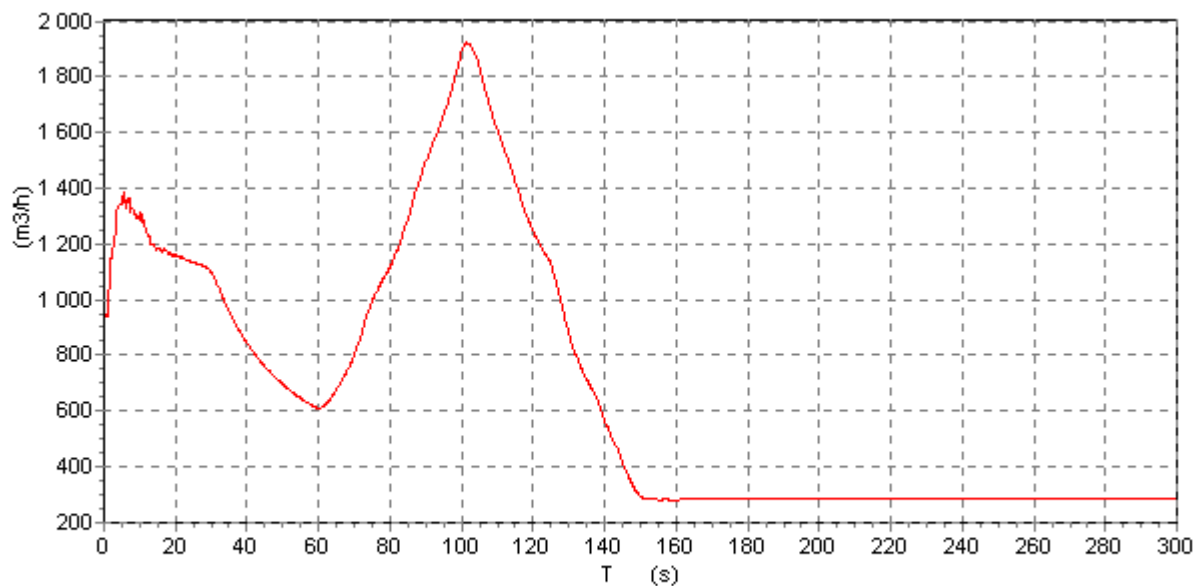
#### Tutkitun tilanteen säätöparametrit

Säätötapa; **PID**-säätö (P = suhteellinen; Proportional, I = summaava; Integrating, D = muutosta ennakoiva; Differentiating/Derivating)

Parametrit:

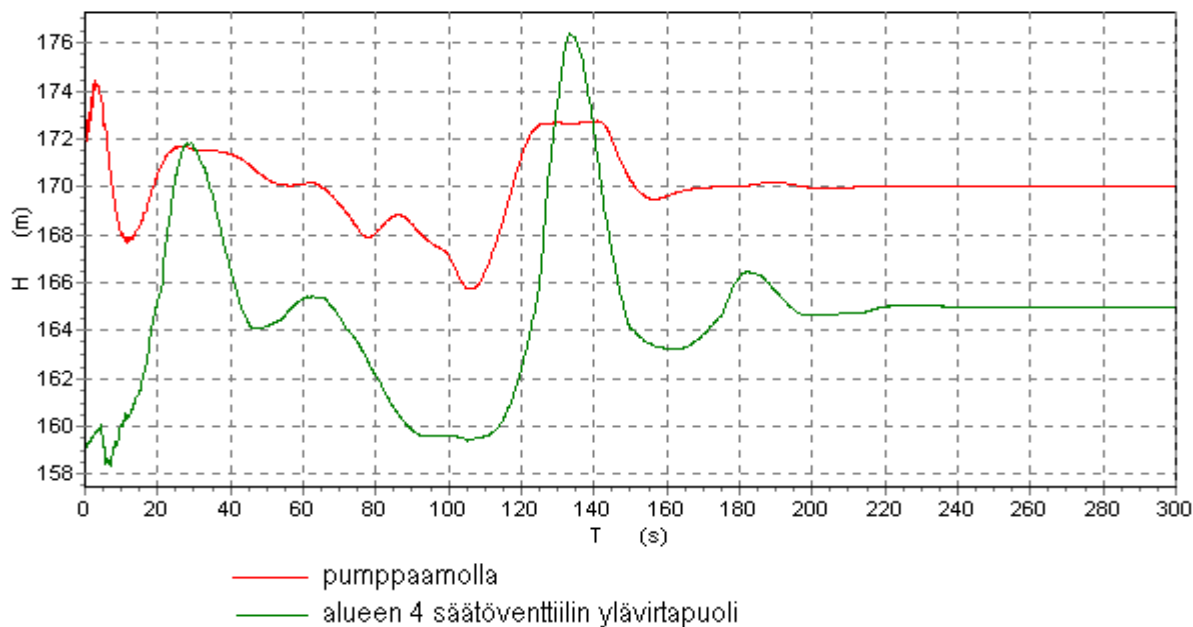
- asetusarvo pumppaamolla +170 (paineviivataso)
- vahvistuskerroin G = -0,1
- mittaajakso dt = 0,2 s
- summauksen dt = 0,2 s
- ennakoinnin dt = 0 (tarkoittaa käytännössä PI- säätöä)
- ylin sallittu kierrosluku 160 rad/s (1530 r/min)
- muutosnopeus (ramppi) 15,7 rad/s<sup>2</sup>

Esitetyt parametrit tarkistetaan/viritetään käyttöönotossa ja käytännön kokemusten perusteella.

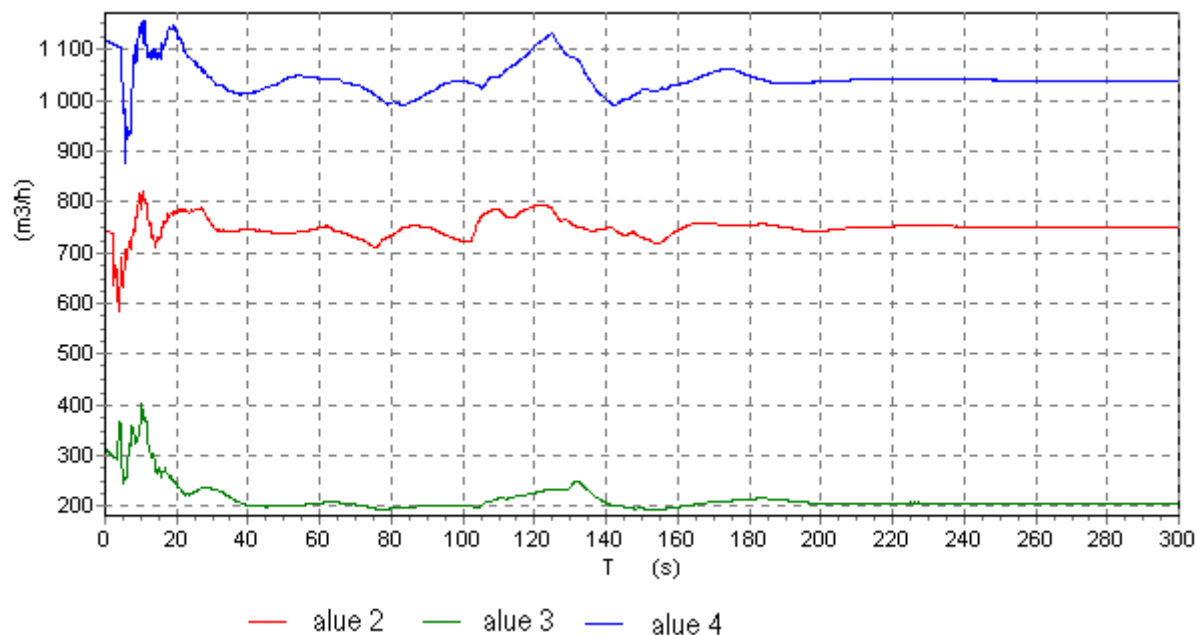


alueella I aiheutettu virtaamavaihtelu

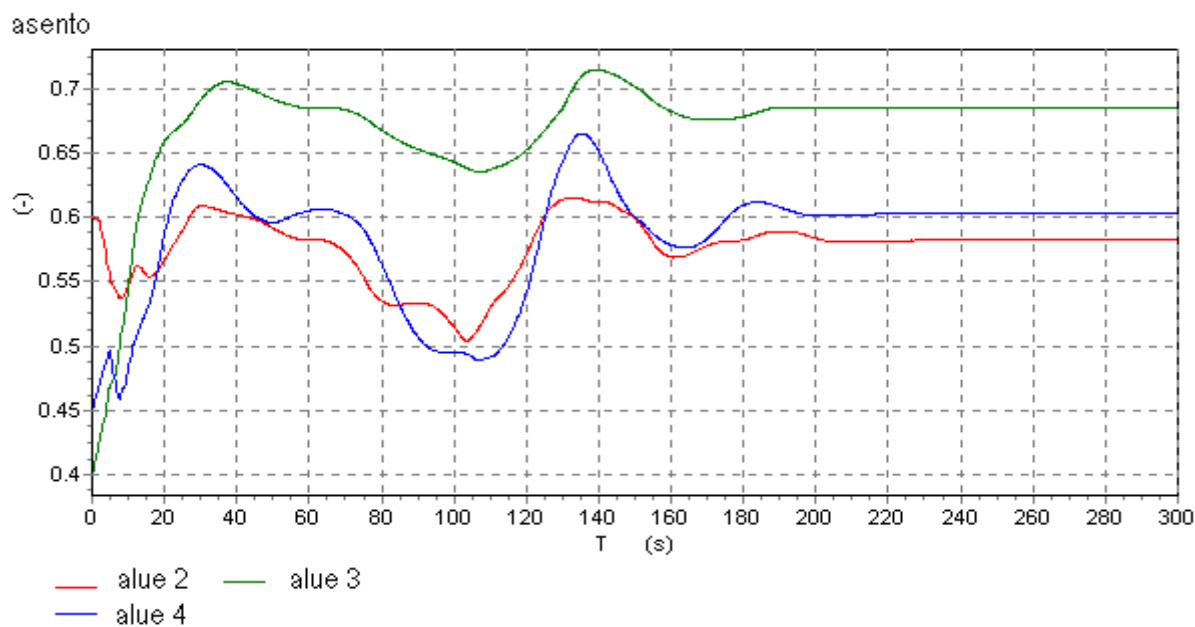
**Kuva 2.9 Alueella I aiheutettu virtaamanvaihtelu**



**Kuva 2.10 Paineviivan vaihtelut raakavesipumppaamolla ja alueella 4, tavoitepainetaso + 170 m raakavesipumppaamolla**



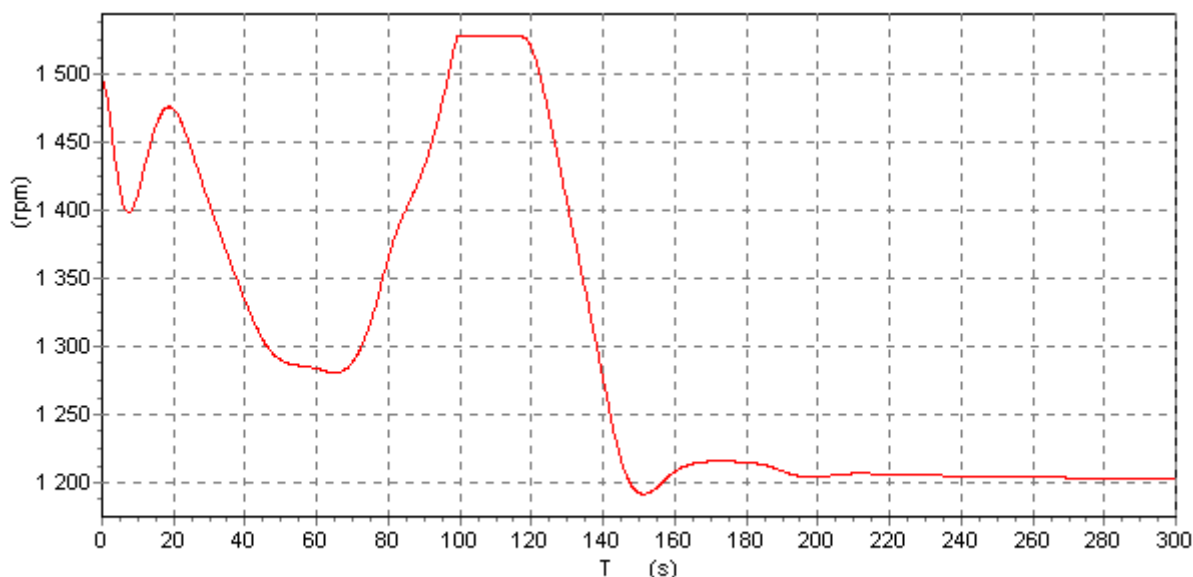
**Kuva 2.11 Alueiden 2, 3 ja 4 virtaaman vaihtelut häiriön jälkeen**



**Kuva 2.12 Alueiden 2, 3 ja 4 venttiiliasennot häiriön jälkeen \*)**

\*) 1 = täysin kiinni oleva venttiili, 0 = täysin auki oleva venttiili





**Kuva 2.13 Kierroslukusäätöisten pumppujen toiminta (lievä ylitaajuus sallitaan)**

### Yhteenveto säädöstä

Tarkastelun perusteella voidaan todeta, että painesäätö raakavesipumppaamolla sopivalla haluttua kokonaisvirtaamaa vastaavalla pumppuyhdistelmällä onnistuu.

Säädön onnistumista kuvaa nopea palautuminen asetusarvoihin häiriötilanteen lakattua/muutoksen vakiinnuttua.

## 3 TEKOPOHJAVEDEN PUMPPAUS

### 3.1 Yleistä

Tekopohjaveden pumppaus Tampereelle Ruskon laitokseen ja Valkeakoskelle Tyrynlahden säiliöön on ajateltu toteutettavaksi siirtopumppaamosta, jonka vesipintataso on +137...+140.5 m.

Toteutussuunnitteluvaiheessa on kuitenkin suositeltavaa optimoida korkeusasema siten, että kokonaisenergian kulutus minimoituu. Reunaehdot, jotka vaikuttavat säiliön korkeusasemaan ovat:

- riittävä korkeus, jotta vesi virtaa painovoimaisesti Valkeakoskelle
- riittävä korkeus, jotta paineviivat eri tilanteissa eivät aiheuta ongelmia Valkeakosken linjalla
- riittävä korkeus, jotta pohjavesipumppausten paineviivat suhtautuvat ongelmattomasti harjun korkeusprofiiliin eri tilanteissa

Oikean korkeusaseman määrittäminen on tehtävä kokonaistoimintasuunnittelun yhteydessä. Kangasalle vesi pumpataan kaivoalueelta 1 ”erotetuilla” pumpuilla.

Lopullinen siirtopumppaamon korkeusasema vaikuttaa mm:

- pohjavesipumppausten ja laitteistojen mitoitukseen
- siirtopumppujen HA\_SP-PU01...PU05 mitoitukseen
- Tampereen ja Tyrynlahden vastaanottojärjestelmien mitoitukseen
- Kangasalan suuntaan tapahtuvien säiliöstä lähtevien järjestelmien mitoitukseen
- Kangasalan pohjavesipumppausten mitoitukseen ja siihen kuinka niitä voidaan käyttää tarvittaessa pumpata joko siirtopumppaamoon tai suoraan siirtolinjoihin

### **3.2 Tarkastelu – pohjaveden runkolinjat betonivuorattuja SG- putkia**

#### **3.2.1 Vakaa tila**

##### **3.2.1.1 Pumput ja kaivokohtaiset putket**

###### **Kaivokohtaiset putket:**

Putkimateriaali PEH-10 mittauskaivoon saakka, kaivoissa nousuputket ruostumatonta terästä.

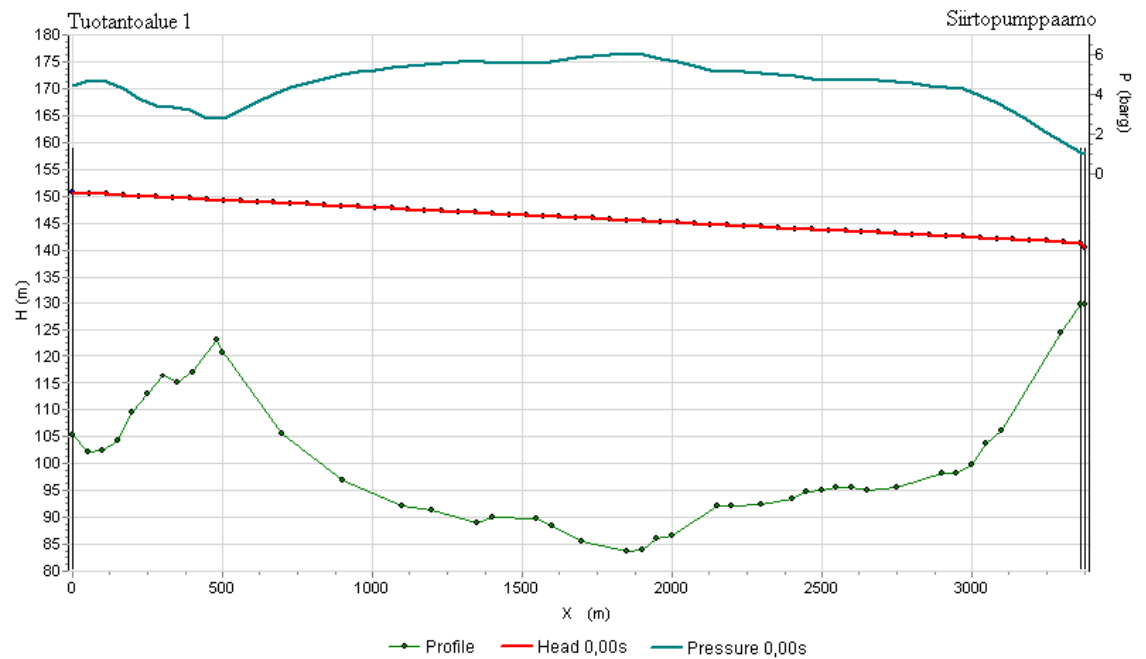
###### **Pumppujen nostokorkeudet**

Siirtopumppaamoon pumpattaessa alustavat nostokorkeudet ovat:

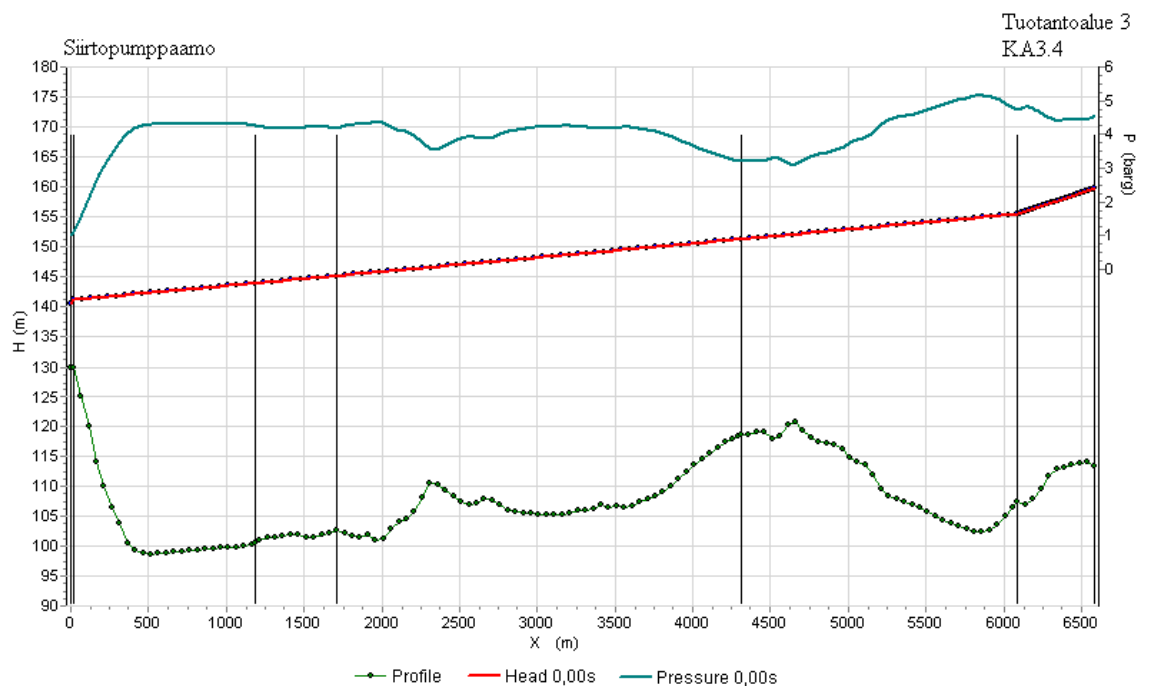
- kaivoalue 1 pumppujen nostokorkeus n. 75 m
- kaivoalue 2 pumppujen nostokorkeus n. 50 m
- kaivoalue 3 pumppujen nostokorkeus n. 80 m
- Kangasalan suuntaan kaivoalueelta 1; pumppujen/pumpun nostokorkeus määritetään ko. siirtoyhteyden suunnittelun yhteydessä

##### **3.2.1.2 Painetasot**

Kuvassa 3.1 ja 3.2 esitetään paineviivat ja painetasot pitkin linjaprofiilia kaivoalueilta 1 ja 3. Paineet pysyvät selvästi turvallisella tasolla. Kaivoalueen 2 ollessa siirtopumppaamon välittömässä läheisyydessä, ei paineiskulaskelmia tässä yhteydessä katsota tarpeellisiksi.



Kuva 3.1, vakaan tilan painetasot tuotantoalueen 1 ja siirtopumppaamon välillä ( $Q = 817 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $22\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ )



Kuva 3.2, vakaan tilan painetasot tuotantoalueen 3 ja siirtopumppaamon välillä ( $Q = 833 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $20\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ )

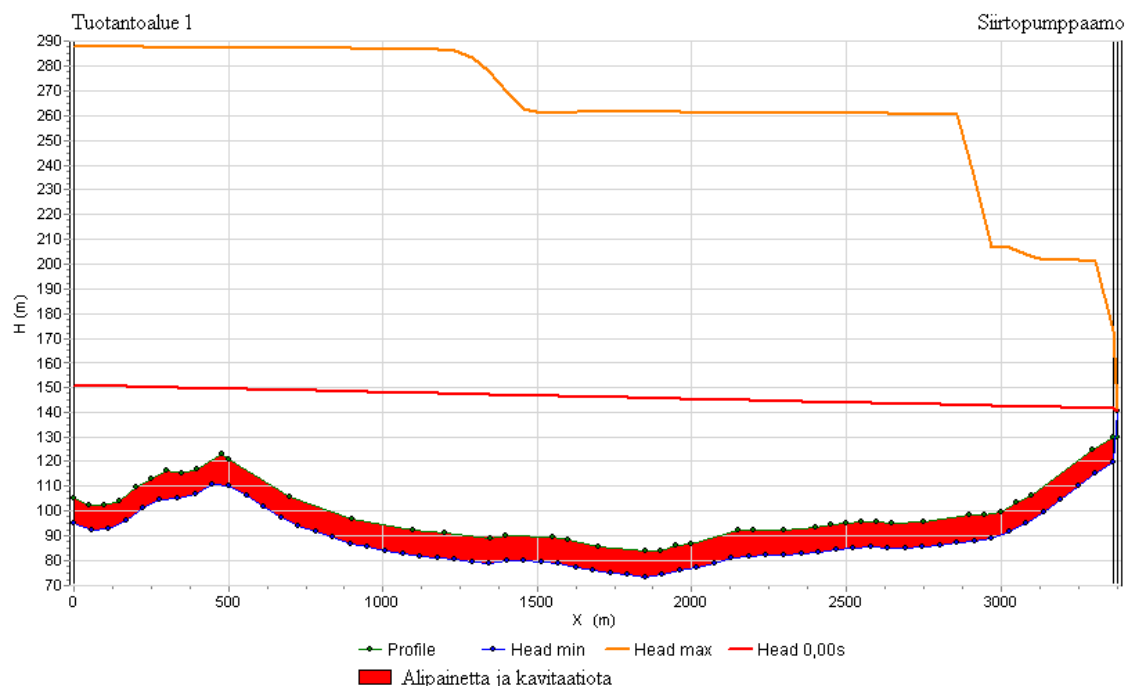
### 3.2.2 Epävakaat tila

Tässä yhteydessä epävakaat tilanteet tarkastellaan vain sähkökatkojen aiheuttamien paineiskutilanteiden osalta.

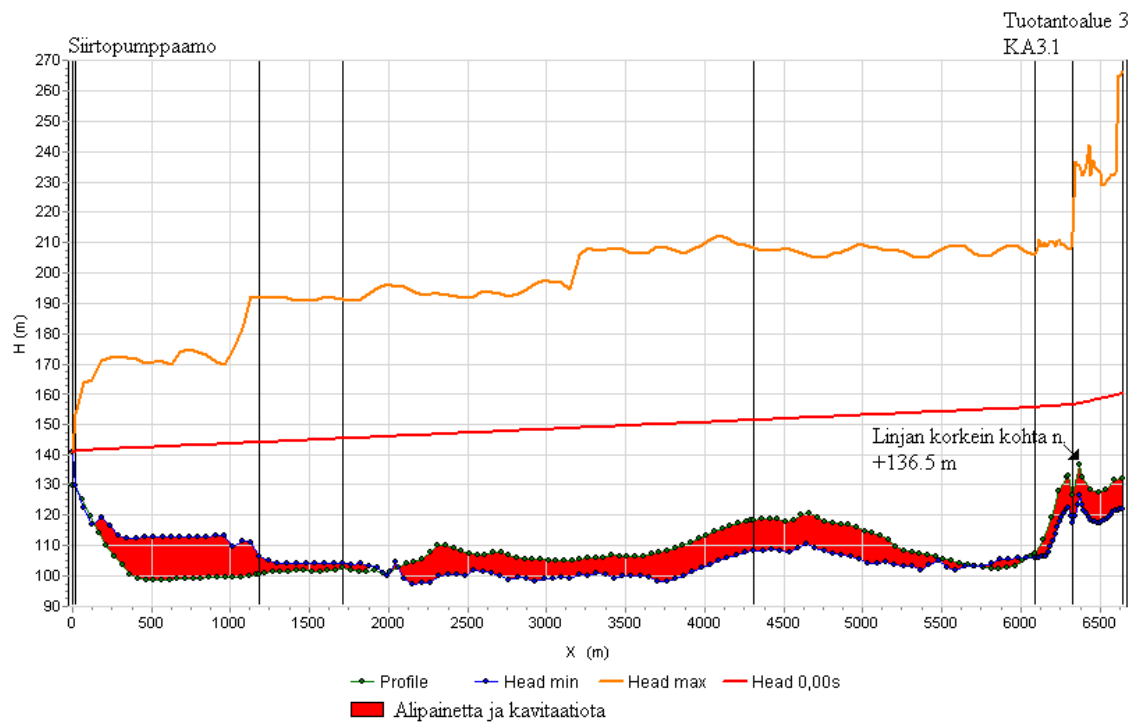
### 3.2.2.1 Järjestelmässä ei ole paineiskun vaimennusta

SG- putken suuresta jäykkyydestä johtuen linjoille syntyy huomattavia paineiskuja ja lähes koko linjapituudelle täyttä alipainetta.

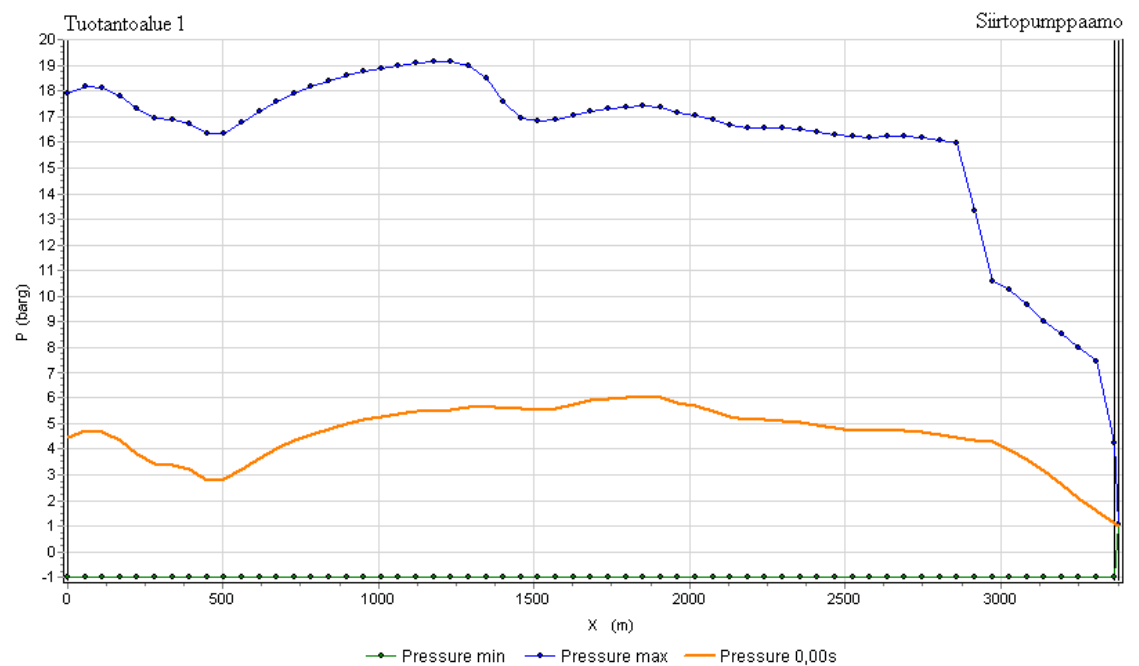
Kuvassa 3.3 ja 3.4 esitetään paineenvaihteluiden verhoikäyrät pitkin profiilia. Linjaosuudella tuotantoalue 3 (KA3.1) - siirtopumppaamo sijaitsee linjauksen korkein kohta, n. 136.5 m. Jatkosuunnittelussa ja toteutuksessa on lopullisessa linjauksessa ja siirtopumppaamon korkomaailmassa kiinnitettävä huomioita siihen, ettei linjan korkein kohta ole purkutason (siirtopumppaamon tulokammion vesipinta) yläpuolella.



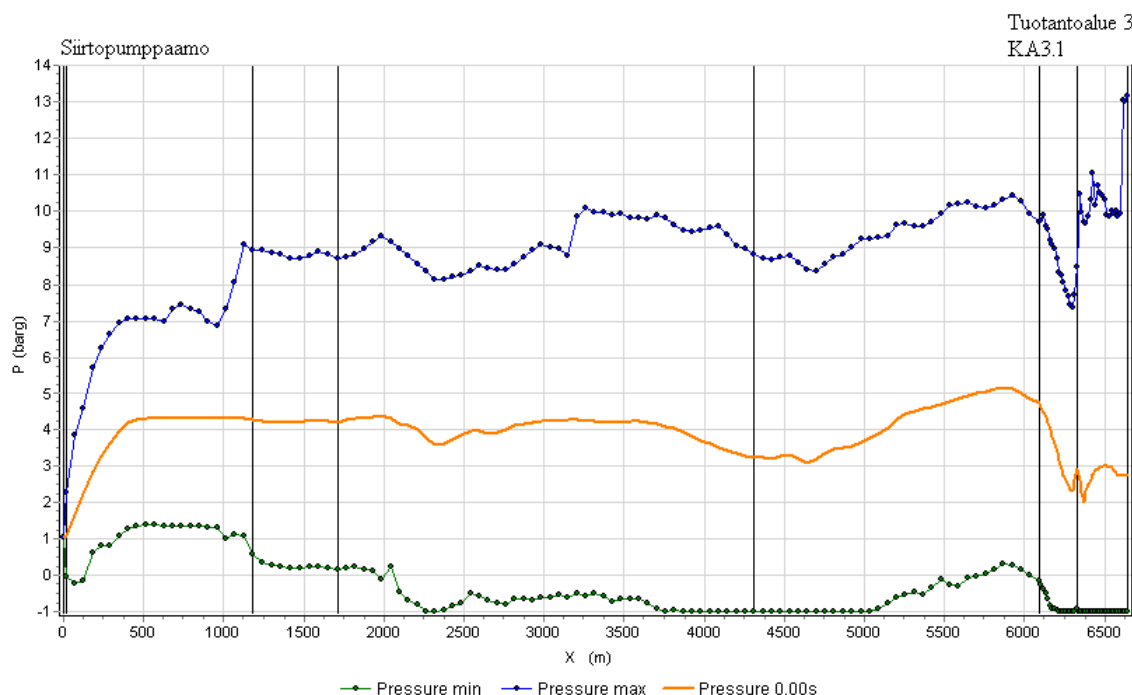
Kuva 3.3, paineiskutilanne tuotantoalueen 1 ja siirtopumppaamon välillä, paineviivat



Kuva 3.4, paineiskutilanne tuotantoalueen 3 ja siirtopumppaamon välillä, paineviivat



Kuva 3.5, paineiskutilanne tuotantoalueen 1 ja siirtopumppaamon välillä, painetasot



**Kuva 3.6, paineiskutilanne tuotantoalueen 3 ja siirtopumppaamon välillä, painetasot**

Painesäiliövaimennuksen käyttö paineiskujen vaimennuksessa on ongelmallista etenkin kaivoalue 3 – siirtopumppaamon välillä johtuen epäsuotuisasta linjaprofiilista. Painesäiliöiden asentaminen kaivoalueille vaatisi lisäksi huomattavia muutoksia kaivosuunnitteluun tilavaatimusten ja instrumenttien osalta.

#### Parannusehdotuksia:

- a) normaalikäytössä pumppausten pysäytys toteutetaan hidastetusti ja porrastetusti, pysäytysajat alustavasti vähintään 60 s (taajuusmuuttajiin asennettavat rampit), pumppujen pysähtyminen tapahtuu valitussa järjestyksessä porrastetusti (viive vähintään 60 s pysäytysten välillä)
- b) järjestelmä mitoitetaan kestämään sähkökatkon aiheuttamat paineiskut (sekä alipaineet)
- c) valitaan elastisempi putkimateriaali (PEH tai jatkuvakuituinen lujitemuovi)

Seuraavassa tarkastelua jatketaan b) kohdan mukaisella olettamuksella.

**4****ARVIOITA JOS POHJAVEDEN RUNKOLINJAT OLISIVAT MUOVIPUTKIA**

Koska muoviputki on elastisempaa kuin SG - putki, ovat odotettavissa olevat paineiskutkin pienempiä. Tämän vuoksi paineiskutilanteiden hallinta olisi yksinkertaisemmin toteutettavissa.

Kokemusperäisesti arvioiden (ilman vaimennussäiliöitä):

- maksimipaineet jäävät alle 10 bar
- alipaineita esiintyy huomattavasti vähemmän ja rajoitetummilla alueilla
- etenkin kaivopumppausten osalta putkilinjan toteuttaminen muoviputkillla on toiminnallisesti perusteltavissa ja suositeltavaa