

**Tilaaaja:**

Loviisan kaupunki/ Tilapalvelut  
PL 11  
07901 Loviisa

**Tilaaajan yhteyshenkilö:**

Antti Kinnunen  
tilapalvelupäällikkö  
Puh. +358 440 555 412  
E-mail [antti.kinnunen@loviisa.fi](mailto:antti.kinnunen@loviisa.fi)

**Konsultti:**

Tapani Moilanen  
ryhmäpäällikkö, rakennusterveysasiantuntija, rkm  
Puh. 044 427 9321  
E-mail [tapani.moilanen@sitowise.com](mailto:tapani.moilanen@sitowise.com)

Johanna Tamminen  
asiantuntija, insinööri (AMK)  
Puh. 044 427 9339  
E-mail [johanna.tamminen@sitowise.com](mailto:johanna.tamminen@sitowise.com)

**Kohde:**

Harjunteen koulukeskus  
Ratakatu 1  
07900 Loviisa

**Tutkimusajankohdat:**

- tutkimukset kohteessa 7.11. – 8.12.2017

**SISÄILMAN LAATUUN LIITTYVÄ SELVITYSTYÖ****1. TAUSTATIEDOT**

Tämän tutkimuksen kohteena oli Loviisan kaupungin Harjunteen koulukeskuksen uusi osa, joka on valmistunut 2014. Tutkimusten avulla haluttiin selvittää koulun henkilökunnan ja oppilaiden kokemien hajujen ja terveysoireilujen syytä.

Kiinteistössä työskentelevät henkilöt ovat kokeneet oireita, joiden aiheuttajaksi on epäilty kiinteistön sisäilman laatua.

**2. TEHDYT TUTKIMUKSET (WISE GROUP FINLAND OY)**

- tilojen aistinvaraiset tarkastukset
  - ulkopuoliset rakenteet
  - tuulettuva alapohja
  - alakattotilat

- katto ja yläpohjatilat
- rakenneliittymien toteutus
- pintakosteusmittaukset Gann Hydromette Compact LB 70
- rakenteiden tiiveyden tarkastelu Dräger virtausilmaisimella
- rakenteiden tiiveyden tarkastelu merkkiainekokeilla Kimo DF110 -merkkiaineen havainnointilaite, merkkiainekaasu 5 % vety
- kosteusmittaukset
  - viiltomittaukset sekä kosteudet onteloiden sisällä Vaisala SHM40
- paine-eromittaukset ulkovaipan yli sekä tuulettuvan alapohjan ja sisätilojen välillä datalogger Tinytag

### 3. PERUSTIEDOT KIINTEISTÖSTÄ

Tarkastettu rakennuksen osa on kolmikerroksinen, vuonna 2014 valmistunut laajennusosa.

### 4. AISTINVARAISET HAVAINNOT

#### 4.1 Ulkopuoliset rakenteet

- sokkelissa oli havaittavissa kosteusjälkiä/härmää tilojen 113-116 ja esikoulun kohdalla. Valumajäljet johtuvat todennäköisesti alapohjan ontelolaattojen kosteuden siirtymisestä rakenteessa
- maanvaraisen laatan kohdalla sokkelissa ei ollut havaittavissa kosteuden aiheuttamia jälkiä
- alumiini-ikkunaelementtien vesipellin ja sokkelipinnan välissä oli vesimärkä kumikaistale/räminänauha
- alumiini-ikkunaelementtien vesipeltien alapinnalla oli tiivistynyttä kosteutta. Kosteus nousee sokkelipalkista, tiivistyy vesipellin alapintaan ja kastelee myös vesipellin alla olevan räminänauhan
- vesipeltien ja ikkunalistojen tiivistyksissä oli puutteita
- maanvastainen vedeneristys/patolevy puuttui osittain
- tiiliverhouksen tuuletus vain toiseksi alimmassa tiilirivissä
- tiiliverhouksen tuuletusrakojen väli vaihteli. Välillä rako oli joka kolmannessa saumassa, välillä joka neljännessä saumassa
- alimmassa tiilirivissä oli havaittavissa muutamissa kohdissa irtonaisia tiiliä
- kylmäporras 119 kohdalla (alimman tiilirivin irtonaisen tiilen takaa) havaittiin, että tiiliverhouksen takana on riittävä tuuletusrako ja ilma kiertää tiiliverhouksen takana

#### Valokuvia



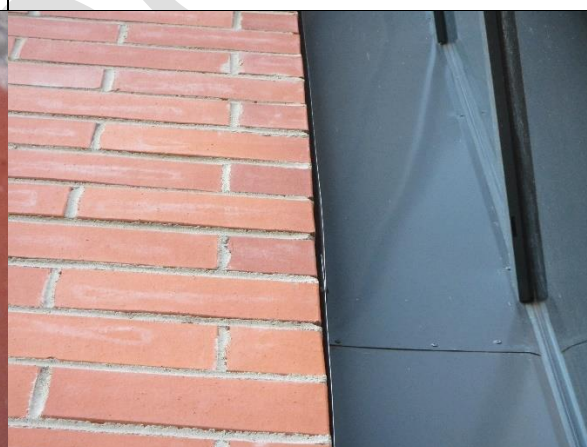
1. Kosteusjälkiä/härmää länsipuolen sokkelissa



2. Epätiivis ikkunan vesipellin ja seinän liittymäkohta



3. Epätiivis ikkunan ja seinän välinen liitoskohta



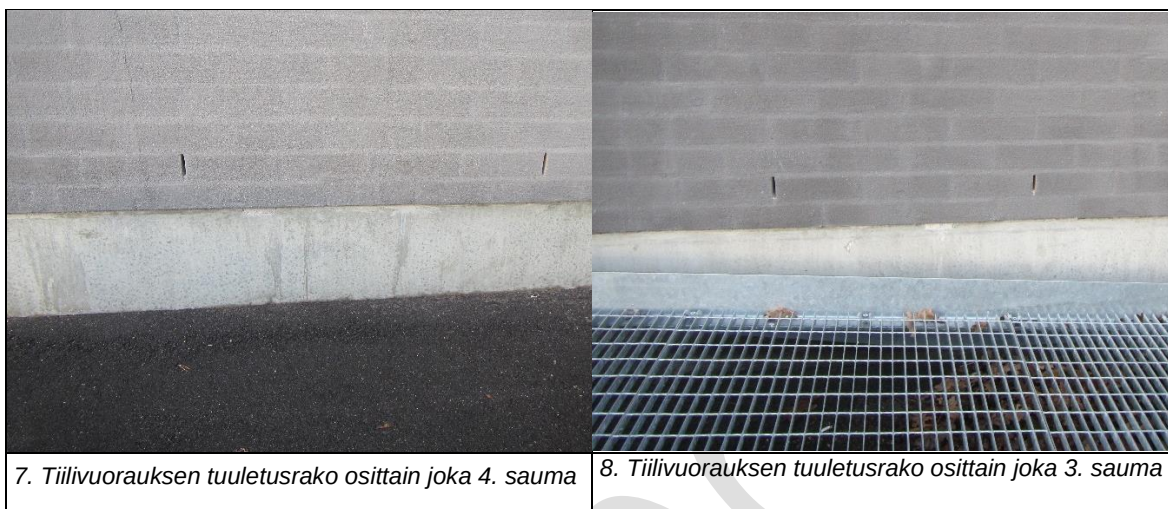
4. Epätiivis ikkunaelementin ja seinän välinen liitos



5. Epätiivis vesipellin ja seinän liitoskohta



6. Epätiivis vesipellityksen liitoskohta



7. Tiilivuorauksen tuuletusrako osittain joka 4. sauma

8. Tiilivuorauksen tuuletusrako osittain joka 3. sauma

## 4.2 Alapohja

- alapohja on tuulettuva (paitsi liikuntasalin ja ruokalan kohdalla)
- alapohjassa sijaitsevien ilmanvaihtokoneiden suodattimet olivat likaisia ja tukkeessa
- aistinvaraisesti oli havaittavissa, että tuulettuvan alapohjan ryömintätila oli ylipaineinen 1. kerroksen sisätiloihin nähden
- alapohjan ryömintätilaan johtavien tarkistusluukkujen tiivistykset olivat puutteelliset ja alapohjasta oli havaittavissa ilmavirtausta luukkujen kohdalta 1. kerroksen sisätiloihin päin. Mm. 1. kerroksen musiikkiluokassa havaittu "märän betonin haju" tulee tilaan todennäköisesti alapohjan ryömintätilasta luokan varastotilassa sijaitsevan epätiivin alapohjaan johtavan tarkistusluukun kautta. Lähellä samaista tarkistusluukua alapohjassa havaittiin ontelolaatassa kosteutta/vettä
- ryömintätilassa sijaitseva IV -putken liitos oli auki ja roikkui. Liitos tulisi korjata ja kannakoida
- olosuhteet olivat yleisesti kunnossa tuulettuvan alapohjan ryömintätilassa
- paikoin alapohjassa havaittiin onteloiden vedenpoistoreikien kohdilla vettä eristeen pinnalla, vedenpoistoreiän ympäristössä sekä alapuolisen Leca -sorakerroksen pinnalla tummina kohtina
- alapohjan ontelolaatoissa havaittiin muutamia ns. vedenpoistoreikiä, jotka eivät lävistäneet ontelon pohjaa tai olivat osittain tukkeessa
- valvomon kohdalla alapohjassa yhdestä ontelon kuivatusreiästä virtasi vettä ulos kymmeniä litroja, kun tukkeutunut reikä avattiin merkkiainekokeen suorittamista varten. Kosteus voi pidemmällä aikavälillä aiheuttaa rakenteissa ongelmia, kuten mikrobikasvustoa ja/tai VOC -päästöjä. Rakenteiden epätiiviyyskohtien kautta ilmavirtojen mukana nämä epäpuhtaudet voivat päätyä sisäilmaan ja aiheuttaa tilojen käyttäjille terveysoireilua.

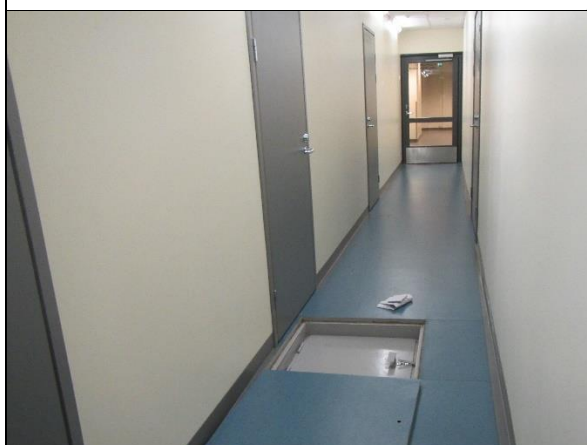
## Valokuvia



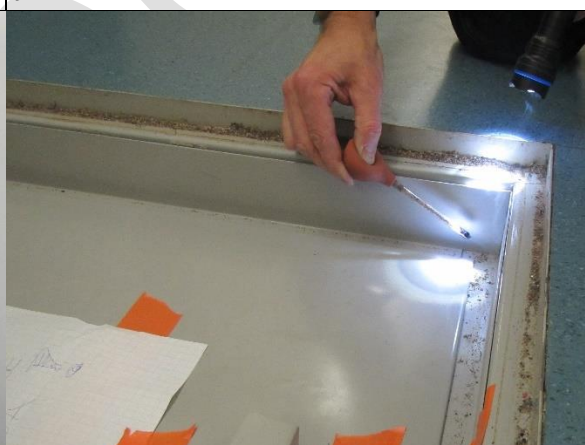
9. Alapohjan ryömintätilassa sijaitseva IV -kone



10. Alapohjan ryömintätilan likainen IV -koneen suodatin



11. Alapohjan ryömintätilaan johtava epätiivis tarkistusluukku



12. Ilmavuotoa alapohjan tarkistusluukun kannen raosta



13. Ryömintätilassa sijaitseva avoin IV -putken liitos



14. Märkä eristeen alapinta ryömintätilassa käytävän kohdalla



15. vesimärkä eristeen alapinta ryömintätilassa



16. Vettä alapohjan ontelolaatan alapinnan ja eristeen välissä



17. Alapohjan ontelolaatan avatusta kuivatusreiästä valuvaa vettä

#### 4.3 1.krs tilat

- tarkastetuissa tiloissa oli aistittavissa kemikaalimaista hajua
- tilojen yleissiisteys oli hyvällä tasolla
- aistinvaraisesti oli havaittavissa, että uusi puoli on alipaineinen verrattuna vanhaan puoleen
- useissa tiloissa havaittiin aistinvaraisesti voimakasta ali- tai ylipainetta käytävätiloihin nähden
- liikuntasalin nurkassa, noin keskikohdassa seinää, havaittiin pinnoitevaurio. Kohdasta mitattiin pintakosteudentunnistimella poikkeava tulos. Tulokseen ovat mahdollisesti vaikuttaneet vääristävästi rakenteen sisällä olevat metallirakenteen. Pinnoitevaurion syynä on todennäköisesti joko pinnoitteen huono tartunta alustaansa tai rakenteen eläminen
- esikoulun tiloissa havaittiin pintakosteudentunnistimella lattiassa kohonneita lukemia tiloissa 109 – 112
- alumiinielementti-ikkunaseinän kohdalla epätiivelyskohtia seinien liittymäkohdissa
- uuden ja vanhan puolen rakenteiden liittymä oli epätiivis

- porrashuoneen alimmalla tasolla oli jäänteitä irti revityistä akustiikkalevyistä ja eriste-villajätettä. Paljaasta villaeristeestä voi irrota sisäilmaan villakuituja, jotka voivat ai-heuttaa terveysoireita

### Valokuvia



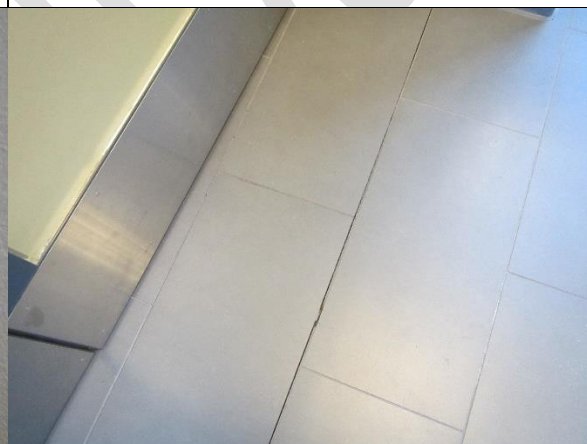
18. Pinnoitevaurio liikuntasalin seinässä



19. Uuden ja vanhan puolen epätiivis liitoskohta 1. krs



20. Halkeama nurkassa uuden ja vanhan liitoskohdassa



21. Halkeama uuden ja vanhan puolen liitoskohdassa lattiassa



22. Porrashuoneen akustiikkalevyjen jäänteitä



23. Akustiikkalevyistä peräisin olevaa villajätettä

#### 4.4 2.krs tilat

- tarkastetuissa tiloissa havaittiin kemikaalimaista/muovimaton hajua
- ikkunaseinän alumiinielementin ja seinän välistä oli havaittavissa ilmavuotoa sisätiloihin päin
- alumiinielementti-ikkunaseinien alaosien alumiinilevyjen raoista oli havaittavissa ilma-  
vuotoa sisätiloihin päin. Levyjen takana oli paljasta eristevillapintaa ja levyjen saumat  
olivat epätiivittä. Tämän seurauksena sisäilmaan saattaa päätyä eristetilasta epäpuh-  
tauksia/villakuituja
- yläkäytävän (silta 224) ikkunaseinän kulmassa oli peltistä auki huonetilaan. Listan ta-  
kana oli paljasta eristevillaa ja listan raosta oli havaittavissa ilmavirtausta huonetilaan  
päin.
- vanhan ja uuden puolen seinärakenteen liittymäkohta oli epätiivis ja liittymäkohdista oli  
havaittavissa voimakasta ilmavirtausta sisätiloihin päin. Rakenteiden sisältä voi ilmavir-  
tauksen mukana kulkeutua sisäilmaan epäpuhtauksia
- vanhan ja uuden puolen liittymäkohdassa yläpohjan höyrynsulkumuovia ei ole liitetty  
tiivisti seinärakenteisiin ja liittymä on avoin yläpohjan eristetilaan, liittymästä ilmavuotoa  
sisätilojen suuntaan
- vanhan ja uuden puolen liittymäkohdassa muovimatto oli irti alustastaan ja alapuoli-  
sessa ontelolaatassa oli kahdessa kohdassa poikittaissuunnassa halkeama
- vanhan ja uuden puolen liittymäkohdassa oli ikkunaelementin ja seinän välisen pysty-  
peltiastian välistä havaittavissa voimakasta ilmavirtausta sisätiloihin päin
- vanhalle puolelle johtavan liitoskäytävän kapeilta ikkunapenkeiltä mitattiin poikkeuksel-  
lisen alhaisia pintalämpötiloja muihin tilan pintalämpötiloihin verrattuna. Matalat lämpö-  
tilat johtuivat ikkunaelementin ja rakenteiden tiiveyspuutteista. Tiiveyspuutteet pystyttiin  
havaitsemaan tutkimuskäynnin aikana myös aistinvaraisesti
- Luokka 208
  - o luokan ikkunassa havaittu tiivistynyt kosteus oli ikkunan uloimmalla ulkopinnalla.  
Kosteuden tiivistyminen ikkunalasien ulkopinnalle ei ole epätavallista ja liittyy sää-  
olosuhteisiin sekä ikkunalasitusten hyvään lämmöneristävyyteen
  - o lattialistan nurkka ulkoseinien liittymäkohdassa oli epätiivis ja kohdassa oli ha-  
vaittavissa ilmavirtausta rakenteesta luokkatilaan päin
  - o alakaton yläpuoliset tilat voitiin tarkastaa vain tarkastusluukkujen kautta, koska  
alakattorakenne oli rakennettu kiinteäksi ponttilevyllä
  - o alakaton yläpuolisten IV -kanavien päällä oli havaittavissa rakennusaikaista pö-  
lyä ja alakattolevyjen päällä hieman alakattolevyjen eristevillaleikkausjätettä.  
Alakaton yläpuolisesta tilasta saattaa päätyä ilmavuotokohtien kautta epäpuh-  
tauksia luokan sisäilmaan
  - o alakaton yläpuolisen eristetyn kanavan eristeiden liitossaumat olivat teippaa-  
matta ja eristeessä oli useita avoimia villapintoja saumakohdissa. Villakuituja  
saattaa päätyä tilan sisäilmaan ilmavirtausten mukana.
  - o ontelolaattojen päissä oli havaittavissa asiaankuuluvat kuivatusreiät. Kaikkia  
kohtia ei voitu tarkastaa tarkastusluukkujen kautta

- o aiemmin tilassa on tapahtunut vuoto yläpohjan ontelolaatasta (n. 1 vuosi valmistuksen jälkeen). Vauriokohtaa ei päästy tarkastamaan kiinteän alakattorakenteen vuoksi. Vuotokohdan kosteusvaurioituneet alakattolevyt on vaihdettu havaitun vuodon jälkeen.

## Valokuvat



24. Elementti-ikkunaseinää 2. kerroksen sillalla



25. Ilmavuotoa ikkunaelementtien alumiinisten peitelevyjien takaa, elementin sisällä paljasta eristevillaa

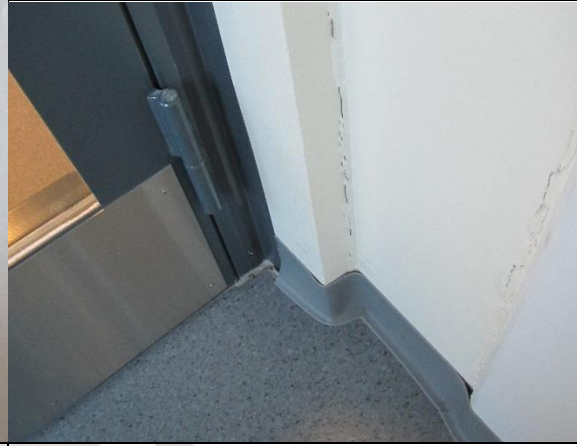


26. Yläkäytävän/silta kulma, jossa epätiivis liitoskohta



27. Ilmavuotoa sisätiloihin päin kulman listan takaa



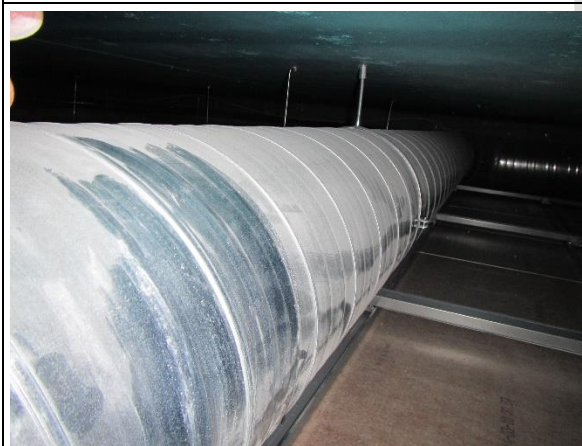
|                                                                                     |                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>28. Kulman eristetilasta on suora ilmayhteys sisätiloihin</p>                    | <p>29. Halkeama vanhan ja uuden puolen seinäliittymän kohdassa</p>                   |
|    |    |
| <p>30. Halkeaman kautta tapahtuu ilmavuotoa rakenteesta sisätiloihin päin</p>       | <p>31. Epätiivis uuden ja vanhan liitoskohta</p>                                     |
|   |   |
| <p>32. Liittymäkohdasta on ilmayhteys rakenteen sisältä sisätiloihin</p>            | <p>33. Yläpohjan avoin höyrysulkumuovin reuna</p>                                    |
|  |  |
| <p>34. Halkeama lattiapinnoitteessa ja alustassa liitoskohdassa</p>                 | <p>35. Liitöskäytävän portaikon puoleisen pään avoin höyrysulkumuovi</p>             |



36. Luokassa 208 havaittiin ilmavuotoa lattialistan takaa rakenteesta sisätilaan päin



37. Luokan 208 alakaton yläpuolisia avoimia eristepintoja sekä avoin sähkösyöttökaapelin suojaputken pää



38. Rakennusaikaista pölyä IV -kanavan päällä alakaton yläpuolisissa tiloissa, luokka 208



39. Villajätettä alakattolevyjen päällä, luokka 208

#### 4.5 3.krs tilat

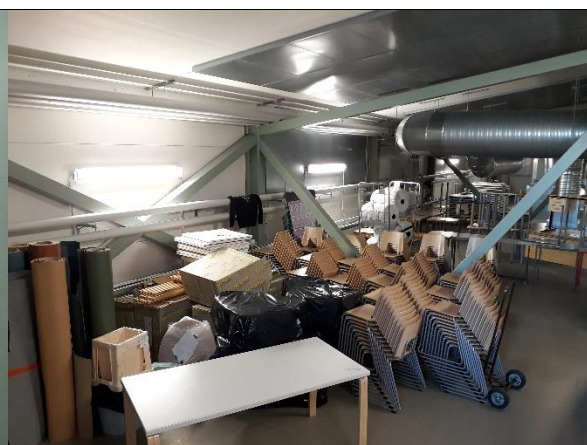
- 3. kerroksen aula/käytävätilassa oli havaittavissa heikko poikkeuksellinen haju
- 3. kerroksen tiloihin johtavien porraskäytävien palo-ovet olivat auki ja ilmavirta kulki 3. kerroksen tiloista porraskäytäviin päin
- ilmavuotoa oli havaittavissa hätäpoistumisportaikon pystysivujen peltilistojen alta sisätilaan päin. Lisäksi rakenteessa oli kohtia, joissa uretaanieristettyjä kohtia ei oltu tiivistetty kittaamalla
- IV -konehuone 312
  - o tilassa oli havaittavissa voimakas IV -konehuoneille tyypillinen haju
  - o IV -konehuoneen ja käytävän välinen ovi oli epätiivis ja epätiivisyyden kautta oli havaittavissa ilmavirtausta käytävään päin. Tämän seurauksena IV -konehuoneessa esiintyvää voimakasta hajua saattaa esiintyä myös muissa 3. kerroksen tiloissa, kuten käytävässä
  - o tilassa oli varastoituna tavaraa ja kalusteita. Tilan epäpuhtaudet ja hajut voivat kulkeutua muihin tiloihin varastoitujen tavaroiden mukana

- tilassa oli tarkastuskäynnin aikana eristevillajätettä IV -koneen koteloinnin päällä
- tilan lattialla oli muutamissa kohdin kosteusjälkiä, jotka olivat peräisin IV -koneesta
- tilassa havaittiin yksi heikosti vuotava putkiliitos
- hissikuilusta oli havaittavissa ajoittain ilmavirtausta käytävään päin
- käytävässä luoteispuolella sijaitsevan alumiini/lasiseinämän kohdalla oli useita ilmavuotokohtia, joista ilma virtasi sisätiloihin päin
  - ikkunoiden alapuolisten metalliverhoilulevyjen välistä (elementin sisältä) oli havaittavissa ilmavuotoa sisätiloihin päin. Levyjen takana on paljasta eristevillaa, jolloin ilmavirran mukana sisätiloihin saattaa päätyä eristeestä peräisin olevia epäpuhtauksia
  - ikkunaseinän alumiinisten pystypeitelistöjen välistä oli havaittavissa ilmavirtausta sisätiloihin päin
  - jalkalistan takaa saumakohdasta ja nurkasta oli havaittavissa ilmavuotoa sisätiloihin päin
  - alakaton yläpuolisissa tiloissa oli yläpohjan, seinän ja alumiinisen ikkunaelementin välisissä liittymäkohdissa tiivistämättömiä rakoja/liitoskohtia, joiden kautta oli havaittavissa voimakasta ilmavirtausta sisätiloihin päin
- alakaton yläpuolisten IV -kanavien päällä oli runsaasti pölyä ja likaa. Epäpuhtaudet voivat kulkeutua epätiiviskohtien kautta sisäilmaan
- Luokka 307
  - ulkoseinän jalkalistan saumakohdasta oli havaittavissa ilmavuotoa sisätiloihin päin. Rakenteen epätiiviskohtien kautta rakenteesta voi kulkeutua epäpuhtauksia sisäilmaan
  - luokan nurkassa lattialistan kulmassa oli etätiivis tiivistys, jonka kautta oli havaittavissa ilmavuotoa rakenteesta sisätiloihin päin
- Luokka 310
  - sijaitsee luokan 208 yläpuolella
  - tilassa havaittiin voimakas muovimattomainen haju
  - pintakosteuden tunnistimella havaittiin pistemäisiä poikkeuksellisia lukemia luokan takaosassa, ikkunan edessä. Kohta on suunnilleen sama, kuin alla olevassa luokassa 208 katto-ontelosta peräisin oleva vesivuotokohta
- Luokka 313
  - luokan katossa, ulkonurkassa, opettajan pöydän kohdalla havaittiin kosteuden aiheuttama pinnoitevaurio

## Valokuvat



40. IV -konehuoneen epätiivis ovi



41. IV -konehuoneeseen varastoitua tavaraa



42. Eristevillajätettä IV -koneen päällä



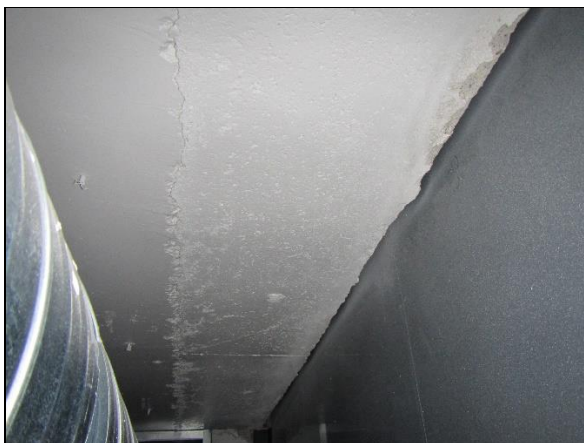
43. Vuotava putkiliitos IV -konehuoneessa



44. Ilmavuotokohta 3. krs käytän ikkunaelementin ja seinän liittymäkohdassa



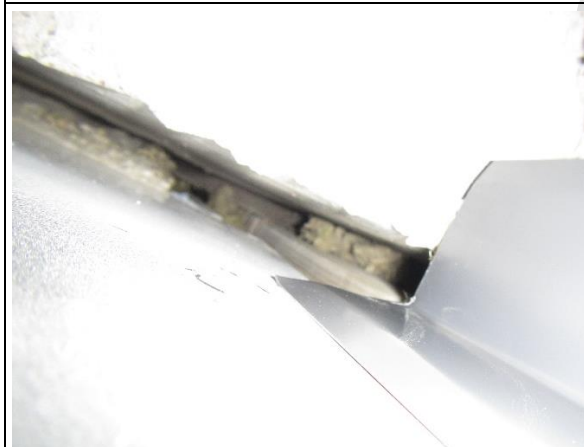
45. Ilmavuotoa ikkunaelementin paneelin takaa



46. Käytävän alakaton yläpuolella epätiivis alumiini-ikkunaelementin ja yläpohjan liittymä



47. Epätiivisyyskohdat alakaton yläpuolisissa rakenteiden liittymäkohdissa olivat suuria



48. Epätiivisyyskohta alakaton yläpuolella



49. Käytävän alakaton yläpuolella sijaitsevien IV -kanavien päällä oli runsaasti rakennusaikaista pölyä



50. Luokassa 307 epätiivis lattialistan sauma



51. Luokassa 307 epätiivis lattialistankulma



52. Kohta luokassa 310, jossa havaittiin poikkeuksellisia kosteuskokkeuksia lattiassa



53. Katossa oleva kosteusvaurio luokassa 313

#### 4.6 Yläpohja

- yleisesti kunnossa
- aluskatetta ei ole nostettu koteloituja läpivientejä vasten ja läpivienneissä oli puutteellisia tiivistyksiä
- putkien läpivientien kohdilla oli vain reiät aluskatteessa

#### Valokuvat



54. Aluskatetta ei ole nostettu koteloinnin reunoille



55. Puutteellisesti tiivistetty läpivienti aluskatteessa



56. Puutteellisesti tiivistetty läpivienti aluskatteessa



57. Aluskatteen reikä putkiläpiviennin kohdalla

#### 4.7 Vesikatto

- läpivientien/laatikoiden kohdilla oli jonkin verran lammikoitunutta vettä sekä vettä/roskia kerääviä saumoja. Joissain kohdin oli havaittavissa vaurioille riskialttiita kohtia konesaumoissa
- viemärin tuuletus oli lähellä tuloilman sisääntuloa
- itäpuolen porrashuoneen bitumihuopakatteen päällä oli lammikoitunutta vettä (ja roskaa)
- poistoilman hajottajien reunoilla oli lammikoitunutta vettä
- paikoin oli havaittavissa epätiiveyskohtia katon ylösnoston ja tiiliverhoilun liittymäkohdissa

#### Valokuvat



58. Lammikoitunutta vettä IV -laatikon kohdalla



59. Lammikoitunutta vettä



60. Vaurioriskikohta konesaumassa



61. Lammikoitunutta vettä porrashuoneen bitumi-huopakatteen päällä



62. Lammikoitunutta vettä poistoilman hajottajan reunalla



63. Vesilammikko poistoilman hajottajan reunalla



64. Puutteellisesti tiivistetty liitoskohta



65. Puutteellisesti tiivistetty ylösnosto

## 5. KOSTEUSMITTAUKSET

Tiloissa suoritettiin kosteusmittauksia sekä pintakosteudentunnistimella, viiltomittauksina muovimaton alta sekä puikolla betonionteloiden sisältä. Onteloiden kosteutta mitattiin sekä alapohjan ryömintätilasta (1. kerroksen alapohja) sekä 3. kerroksen yläpohjasta. Mittauspisteet on merkitty paikannuskuvaan, joka on liitteenä 1-3.

## 5.1 Viiltomittaukset

Kosteutta mitattiin Vaisalan puikolla liikuntasalin seinän tasoitteen alta sekä viiltomittauksena neljästä eri mittauspisteestä muovimaton alta 10.11. ja 14.11.2017. Mittaustulokset on esitetty taulukossa 1.

**Taulukko 1. Kosteusmittaustulokset liikuntasalin seinä sekä muovimattojen alta (RH %= suhteellinen kosteus, T °C= lämpötila, Td °C= kastepiste, a g/m³ = absoluuttinen kosteus)**

| Tunnus    | Tila                 | Mitattava rakenne                                 | Tulos       |             |             |             |
|-----------|----------------------|---------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|           |                      |                                                   | RH %        | T °C        | Td °C       | a g/m³      |
| <b>V1</b> | 146 liikuntasali     | Seinärakenne, tasoitteen alta(tasoitekerros irti) | 44,6        | 19,1        | 6,8         | 7,4         |
|           |                      | Sisäilma                                          | 41,2        | 19,8        | 5,9         | 7,0         |
| <b>V2</b> | 112, 1 krs esiopetus | Muovimaton alta                                   | <b>84,2</b> | <b>25,3</b> | <b>22,4</b> | <b>19,8</b> |
|           |                      | Sisäilma                                          | 24,7        | 21,9        | 0,5         | 4,6         |
| <b>V3</b> | 111, 1 krs esiopetus | Muovimaton alta                                   | <b>83,4</b> | <b>20,2</b> | <b>17,4</b> | <b>14,7</b> |
|           |                      | Sisäilma                                          | 23,2        | 22,0        | 0,0         | 4,5         |
| <b>V4</b> | 116, 1 krs lukusali  | Muovimaton alta                                   | <b>76,5</b> | 21,5        | 17,2        | 14,5        |
|           |                      | Sisäilma                                          | 23,9        | 20,8        | - 0,6       | 4,3         |
| <b>V5</b> | 310, 3 krs luokka    | Muovimaton alta                                   | <b>84,1</b> | <b>22,1</b> | <b>19,3</b> | <b>16,5</b> |
|           |                      | Sisäilma                                          | 40,1        | 21,6        | 7,4         | 7,7         |

Monitoimisali/liikuntasalin 146 seinän vauriokohdassa tasoitteen alta ei mitattu poikkeuksellisen korkeaa kosteuspitoisuutta. Pintakosteudentunnistimen antama kohonnut lukema on johtunut todennäköisesti virhelähteestä rakenteessa. Seinän pinnoitevaurio johtuu joko tasoitteen alun perin huonosta tartunnasta tai rakenteiden liikkumisesta.

Ensimmäisen kerroksen esiopetuksen tiloista 112 ja 111 mitattiin muovimaton alta korkeita kosteuspitoisuuksia. Tulokset ylittivät selvästi suhteellisen kosteuspitoisuuden 75 %, joka on maksimi kosteuspitoisuus muovimaton asennusvaiheessa. Esiopetustiloista mitatut tulokset olivat **RH 84,2 % ja 83,4 %**.

Lukusalin 116 muovimaton alta mitattu kosteuspitoisuus RH 76,5 %ylitti myös RH 75 %.

Kolmannen kerroksen luokan 310 muovimaton alta mitattiin huomattavan korkea kosteuspitoisuus **RH 84,1 %**. Kohta sijaitsee luokan 208 yläpuolella, jonka yläpohjan ontelolaatasta oli aiemmin tapahtunut vesivuotoa alakattotilaan.

Muovimattojen alla oleva kosteus on todennäköisesti lähtöisin ontelolaattoihin jääneestä vedestä. Ensimmäisessä kerroksessa oleva lattialämmitys parantaa omalta osaltaan tilan-

netta ja tasoittaa kosteutta kuivempia rakenteita kohti. Lattialämmityksestä johtuen ensimmäisen kerroksen tiloissa ei päästy tekemään tarkempia kosteusmittauksia porareikämenetelmällä.

Muovimaton alla oleva korkea kosteuspitoisuus voi aiheuttaa hajoamistuotteina VOC -yhdisteiden emissioita pintamateriaaleista- ja kerroksista. Edelleen sisäilmassa VOC -yhdisteet voivat aiheuttaa tiloissa oleskeleville terveysoireita.

## 5.2 Kosteusmittaukset yläpohjan ontelolaatat

Yläpohjan onteloiden suhteellista kosteuspitoisuutta selvitettiin 10.11.2017 mittaamalla onteloiden kosteutta kahdesta kolmannen kerroksen tilasta (310 ja 313) yhteensä neljästä mittauspisteestä. Mittauspisteet on merkattu paikannuskuvaan, joka on liitteenä 1-3. Tulokset on esitetty taulukossa 2.

**Taulukko 2. Kosteusmittaustulokset 3. kerroksen yläpohjalaatan onteloiden sisältä (RH % = suhteellinen kosteus, T °C = lämpötila, Td °C = kastepiste, a g/m³ = absoluuttinen kosteus)**

| Tunnus | Tila              | Mitattava rakenne      | Tulos |      |       |        |
|--------|-------------------|------------------------|-------|------|-------|--------|
|        |                   |                        | RH %  | T °C | Td °C | a g/m³ |
| PO1    | 310, 3 krs luokka | yläpohjalaatta, ontelo | 54,1  | 20,5 | 10,9  | 9,7    |
| PO2    | 310, 3 krs luokka | yläpohjalaatta, ontelo | 40,1  | 20,3 | 6,3   | 7,1    |
|        | 310               | Sisäilma               | 40,1  | 21,6 | 7,4   | 7,7    |
| PO3    | 313, 3 krs luokka | yläpohjalaatta, ontelo | 84,0  | 20,0 | 17,2  | 14,5   |
| PO4    | 313, 3 krs luokka | yläpohjalaatta, ontelo | 42,5  | 20,0 | 6,9   | 7,4    |
|        | 313               | Sisäilma               | 40,4  | 21,4 | 7,3   | 7,6    |

Kolmannen kerroksen luokan 310 yläpohjan ontelolaatan onteloiden kosteutta mitattiin kahdesta kohdasta. Kummassakaan mittauspisteessä ei mitattu onteloiden sisältä poikkeuksellisia kosteuspitoisuuksia.

Viereisen luokan 313 onteloiden kosteuspitoisuutta mitattiin myös kahdesta mittauspisteestä, jotka sijaitsivat noin 40 cm etäisyydellä toisistaan. Ensimmäinen mittauspiste sijaitsi kohdassa, jossa oli kosteuden aiheuttama pinnoitevaurio. Ontelon sisältä mitattiin poikkeuksellisen korkea kosteuspitoisuus, RH 84 %. Toisen mittauspisteen kosteuspitoisuus ei ollut poikkeava. Ontelon korkea kosteuspitoisuus on todennäköisesti rakennusaikaista kosteutta.

Tulosten perusteella voidaan todeta, että onteloiden kosteuspitoisuudet voivat vaihdella hyvinkin lyhyellä etäisyydellä toisistaan samassa ontelolaatassa, eikä yksittäisen mittauspisteen tuloksen perusteella voida päätellä kaikkien onteloiden tai laajemman alueen onteloiden kosteuspitoisuutta. Periaatteessa tämä tarkoittaa sitä, että jos halutaan saada selville kaikki poikkeuksellisen korkeat kosteuspitoisuudet onteloissa, tulisi mittaus suorittaa jokaisesta ontelosta.

### 5.3 Kosteusmittaukset alapohjan ontelolaatat

Alapohjan onteloiden kosteutta mitattiin 14.11. ja 17.11.2017 yhteensä kahdeksasta eri mitauspisteestä tuulettuvasta alapohjatilasta. Mittauspisteet on merkattu paikannuskuvaan x. Tulokset on esitetty taulukossa 3.

**Taulukko 3. Kosteusmittaustulokset alapohjalaattojen onteloiden sisältä (RH % = suhteellinen kosteus, T °C = lämpötila, Td °C = kastepiste, a g/m³ = absoluuttinen kosteus)**

| Tunnus | Tila | Mitattava rakenne | Tulos |      |       |        |
|--------|------|-------------------|-------|------|-------|--------|
|        |      |                   | RH %  | T °C | Td °C | a g/m³ |
| AP1    |      |                   | 55,6  | 17,4 | 8,4   | 8,3    |
| AP2    |      |                   | 96,3  | 20,4 | 19,7  | 17,1   |
|        |      | Sisäilma          | 64,7  | 16,7 | 10,0  | 9,2    |
| AP3    |      |                   | 97,1  | 19,2 | 18,7  | 16,1   |
| AP4    |      |                   | 98,6  | 19,6 | 19,4  | 16,7   |
| AP5    |      |                   | 98,4  | 18,7 | 18,4  | 15,8   |
|        |      | Sisäilma          | 68,5  | 17,2 | 11,2  | 10,0   |
| AP6    |      |                   | 98,0  | 19,6 | 19,2  | 16,6   |
| AP7    |      |                   | 96,6  | 17,0 | 16,4  | 14,0   |
|        |      | Sisäilma          | 63,2  | 15,9 | 8,9   | 8,6    |
| AP8    |      |                   | 82,9  | 19,4 | 16,4  | 13,9   |
|        |      | Sisäilma          | 60,5  | 17,5 | 9,7   | 9,0    |

Ainoastaan yhdessä mitauspisteessä ontelon sisältä mitattiin alhainen kosteuspitoisuus. Mittauspisteen kuivatusreiästä oli aistinvaraisesti havaittavissa ilmvirtausta ontelon sisältä alapohjaan päin. Muissa mitauspisteissä suhteelliset kosteuspitoisuudet vaihtelivat välillä 82,9 – 98,6 %. Korkeita kosteuspitoisuuksia oli myös sellaisissa mitauspisteissä, joissa alapuolisen eristeen pinnalla tai alla olevassa kevytsora -kerroksessa ei ollut havaittavissa näkyviä kosteusjälkiä.

Tulokset viittaavat siihen, että alapohjan ontelolaattojen korkeita kosteuspitoisuuksia esiintyy laajalla alueella. Se kuinka laajasta ongelmasta on kyse, tulisi selvittää nopeasti ja aloittaa kuivatus mahdollisimman pian. Pitkällä aikavälillä korkea onteloiden kosteuspitoisuus luo suotuisat olosuhteet terveydelle haitallisten mikrobin kasvulle. Rakenteiden poikkeuksellinen kosteuspitoisuus voi aiheuttaa myös terveydelle haitallisia VOC -päästöjä.

## 6. PAINE-EROMITTAUKSET ULKOVAIPAN YLI

Paine-eromittauksia ulkovaipan yli suoritettiin kahden eri mittausjakson aikana yhteensä 12 mitauspisteestä. Mittauksia suoritettiin jokaisessa kerroksessa rakennuksen eri puolilta luokkatiloista. Mittalaitteisto asennettiin tiloihin tuuletusikkunan kohdalle.

14.-21.11.2017 välisenä aikana mitattiin paineroa ulkovaipan yli tiloista 101, 112, 116, 208, 214 ja 310. Seuraavaksi paine-eromittarit asennettiin 21.-28.11.2017 väliseksi ajaksi tiloihin 122, 205, 215, 304, 307 ja 314.

Til numerot ovat luokkien ovien ulkopuolella esiintyvät numerot. Mittauspisteet on merkattu paikannuskuvaan, joka liitteenä 1 – 3. Mittauskäyrät ovat liitteinä 4 - 18.

## 6.1 1.kerros

Tila 101, toi -luokka (P 1)

Luokasta katkaistiin sähköt ilta- ja yöajaksi 14.-17.11. välisenä aikana. Lopun mittausjakson ajan sähköt olivat päällä normaalisti.

- viikonlopun aikana paine-ero ka. – 11 Pa ulkoilmaan verrattuna
- käyttö aikana(arkena) paine-ero ka. – 8 Pa ulkoilmaan verrattuna
- tila selvästi alipaineinen koko mittausjakson ajan ulkoilmaan verrattuna

Tila 112, esikoulu (P 2)

- viikonlopun aikana paine-ero ka. – 8 Pa ulkoilmaan verrattuna
- käyttö aikana(arkena) paine-ero ulkoilmaan verrattuna heittelee merkittävästi
  - aamulla, ennen opetuksen alkua alipaine on tasolla ka. – 20 Pa
  - samoin iltapäivällä, kun opetus on päättynyt
- yöaikaan paine-ero on ka. - 10 Pa
- tila selvästi alipaineinen koko mittausjakson ajan ulkoilmaan verrattuna

Tila 116, lukusali (P 3)

- viikonlopun aikana paine-ero ka. – 8,0 Pa ulkoilmaan verrattuna
- käyttö aikana(arkena) paine-ero ka. – 8 Pa ulkoilmaan verrattuna
- tilan paine-ero kuvaaja on hyvin samankaltainen kuin tilan 112 kuvaaja
- tila selvästi alipaineinen koko mittausjakson ajan ulkoilmaan verrattuna

Tila 122, musiikkiluokka (P4)

- viikonlopun aikana paine-ero ka. – 12,0 Pa ulkoilmaan verrattuna
- käyttö aikana(arkena) paine-ero ka. – 14 Pa ulkoilmaan verrattuna
- yöaikaan paine-ero ka. – 12,0
- tilan paine-ero kuvaaja on hyvin samankaltainen kuin tilan 112 kuvaaja
- tila selvästi alipaineinen koko mittausjakson ajan

Tilojen 101, 112 ja 116 paine-erokuvaajat ovat hyvin samankaltaisia keskenään. Tilan 122 kuvaaja on myös samankaltainen mutta tilan paine-ero ulkoilmaan verrattuna sahaa arkipäivien käyttöaikana huomattavasti enemmän.

Tilat 101, 112, ja 116 ovat saman IV koneen (TK 5) palvelualueella. Tilan 122 kuluu TK 2 palvelualueeseen. Koneet käynnistyvät normaalikäytölle arkipäivinä n. 6.40 ja yö käyttö alkaa n. klo 17.00

## 6.2 2.kerros

Tila 205, luokka (P 5)

- viikonlopun aikana tilan paine-erot heittelevät välillä – 50 Pa - + 50,0
- tilan ilmanvaihdossa tapahtuu viikonlopun aikana jotain todella ihmeellistä

Tila 208, luokka (P 6)

- viikonlopun aikana tila on selvästi ylipaineinen + 5,0 Pa ulkoilmaan verrattuna
- aamulla ilmanvaihdon käynnistyminen aiheuttaa selvän alipaine piikin, joka tasoittuu jonkin ajan kuluttua
- käyttöaikana paine-ero on ka. – 5,0 Pa ulkoilmaan verrattuna
- ilta ja yöaikaan paine-ero on ka – 3,0 Pa ulkoilmaan verrattuna

Tila 215, opettajien huone (P 7)

- viikonlopun aikana tila on selvästi alipaineinen ka. – 8,0 Pa ulkoilmaan verrattuna
- käyttöaikana paine-ero ka. – 7,0
- ilta ja yöaikaan paine-ero ka – 8,0 Pa

Tila 214, musiikkiluokka (P 8)

- tila on koko mittausjakson lievästi alipaineinen ulkoilmaan verrattuna
- tilan ilmanvaihto toimii niin kuin sen toiminta on suunniteltu

Tilojen 208 ja 215 paine-erokuvaajat ovat hyvin samankaltaisia keskenään. Tilojen paine-ero ulkoilmaan verrattuna ei ole kuitenkaan sama. Tilan 205 kuvaaja on myös samankaltainen mutta tilan paine-ero viikonloppuna heittelee + / - 50 Pa.

Tilat 205, 208 ja 2015 ovat saman IV koneen (TK 5) palvelualueella. Tilan 214 kuuluu TK 2 palvelualueeseen. Koneet käynnistyvät normaalikäytölle arkipäivinä n. 6.40 ja yö käyttö alkaa n. klo 17.00

## 6.3 3.kerros

Tila 304, luokka (P 9)

- viikonloppuna alipaine ka. – 2 Pa ulkoilmaan verrattuna
- muina aikoina lievästi alipaineinen
- IV koneiden käynnistys aiheuttaa selvän alipaineipiikin n. klo 6.40 aamulla, joka kestää n. klo 8.40 saakka

Tila 307, luokka (P 10)

- viikonloppuna alipaine ka. – 4 Pa ulkoilmaan verrattuna
- aamupäivällä paine-ero sahaa yli- ja alipaineen välillä
- iltapäivä, ilta ja yö paine-ero ka. – 5 Pa
- IV koneiden käynnistys aiheuttaa selvän alipaineepiikin n. klo 6.40 aamulla, joka kestää n. klo 8.40 saakka

#### Tila 310, luokka (P 11)

- viikonloppuna paine-ero 0-tason molemmin puolin
- käyttöaikana tila selvästi ylipaineinen ka + 5 Pa
- ilta ja yö aikaan paine-ero ka. - 0-2 Pa
- IV koneiden käynnistys aiheuttaa selvän alipaineepiikin n. klo 6.40 aamulla, joka kestää n. klo 8.40 saakka

#### Tila 314, luokka (P 12)

- viikonloppuna alipaine tasainen ka. - 3,0Pa
- aamupäivällä tila on ylipaineinen + 3 Pa ulkoilmaan verrattuna
- iltapäivällä tilan muuttuu lievästi 2-4 Pa alipaineiseksi ulkoilmaan verrattuna
- yö ja ilta-aikaan tila lievästi alipaineinen – 1,5 Pa
- IV koneiden käynnistys aiheuttaa selvän alipaineepiikin n. klo 6.40 aamulla, joka kestää n. klo 8.40 saakka

Tilojen 307, 310 ja 314 paine-erokuvaajat ovat hyvin samankaltaisia keskenään. Yöaikaan tilat ovat lievästi alipaineisia

Kaikki kolmannen kerroksen tilat ovat saman IV koneen (TK 6) palvelualueella. Koneet käynnistyvät normaalikäytölle arkipäivinä n. 6.40 ja yö käyttö alkaa n. klo 17.00

### **Yhteenveto paine-eromittausten tuloksista**

Yhtä poikkeusta lukuun ottamatta kaikissa tiloissa esiintyi paine-erojen vaihteluita suhteessa ulkoilman paineeseen. Mittauskäyristä voitiin havaita, että käytön aikana esiintyi sekä ali- että ylipainetta.

Voimakkaimmillaan alipaine on 1. krs tiloissa, paikoin jopa – 20 Pa alipaine.

Voimakasta vaihtelua paine-eroihin aiheuttavat tilojen käytön mukaan tilakohtaisesti säätyvät ilmanvaihdon säätöpellit sekä aiemmin tehty ilmanvaihdon tehostamissäädöt. Ilmanpaineiden vaihteluun vaikuttavat myös tilojen ovien ja ikkunoiden availu sekä kerrosten välillä liikkuvan hissin aiheuttamat muutokset ilmanpaineessa. Paine-erojen vaihteluun vaikuttavat lisäksi ulkoiset olosuhteet, kuten tuuli.

Voimakkaan alipaineen vaikutuksesta sisäilmaan saattaa kulkeutua epäpuhtauksia tai hajuja epätiiveyskohtien kautta rakenteiden sisältä, tuulettuvasta alapohjasta sekä toisista tiloista.

## 7. PAINE-EROMITTAUKSET TUULETTUVAN ALAPOHJAN JA SISÄTILOJEN VÄLILLÄ

Tuulettuvan alapohjan- ja sisätilojen välistä paine-eroa mitattiin 28.11-8.12.2017 välisenä aikana kolmesta mittauspisteestä. Mittauspisteet sijaitsivat alapohjaan johtavien tarkistusluukkujen kohdilla käytävällä, valvontakopissa 128 sekä musiikkiluokan 122 varastossa.

Mittauspisteet on merkitty paikannuskuvaan, joka on liitteenä 1. Mittauskäyrät ovat liitteinä 1-3.

Kaikkien mittauspisteiden kuvaajat ovat yhteneviä muodoltaan, joskin paine-erossa on suuria poikkeamia. Enimmillään alapohjan tuuletustila on ka. 15 Pa ylipaineinen verrattuna sisätiloihin.

Tilan 122 yhteydessä oleva varaston osalla paine-ero oli ka. 15 Pa. Tämä merkittävä paine-ero oli havaittavissa selvänä ilmavuotona alapohjasta sisätilojen suuntaan.

Itsenäisyyspäivän aikana paine-ero pysyi kaikkien mittauspisteiden osalla vakiona koko IV järjestelmän normaalina käyttöaikana. Tämä osoittaa selvästi sen, että alapohjan alipaineistus sisätiloihin verrattuna ei ole riittävä. Sisätilojen paineenvaihtelut vaikuttavat merkittävästi paine-eroon sisätilojen ja alapohjan tuuletustilan välillä. Hissin kulku ylös ja alas vaikuttaa hetkelliseen paine-eroon n. 10 Pa.

Ensimmäisen kerroksen sisätilojen suuri paine-ero (alipaine) ulkovaipan yli vaikuttaa osaltaan myös paine-eroon alapohjarakenteen ja sisätilojen välillä.

## 8. MERKKIAINEKOEET

Tutkimuksien yhteydessä suoritettiin merkkiainekokeita rakenteiden läpi tapahtuvien ilmavirtauksien selvittämiseksi. Merkkiainekaasu syötettiin alapohjan ontelolaatan ontelon sisään alapohjan ryömintätilasta. Merkkiainetta havainnoitiin sekä rakennuksen sisä- että ulkopuolelta. Merkkiaineen havainnointi suoritettiin Kimo DF110 -merkkiaineen havainnointilaitteella ja merkkiainekaasuna oli 5 % vety.

Ensimmäinen merkkiainekoe (ME 1) suoritettiin laskemalla merkkiainekaasua alapohjan onteloon tilan 116 alapuolelta. Merkkiaineen havainnointilaitteella ei tehty havaintoja merkkiainekaasusta rakennuksen sisä- eikä ulkopuolelta.

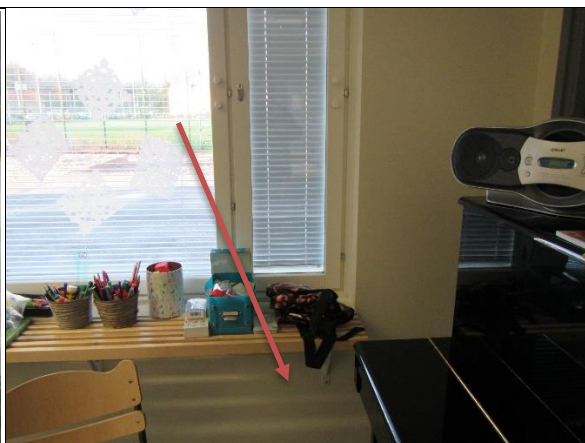
Toinen merkkiainekoe (ME 2) suoritettiin laskemalla merkkiainekaasua alapohjan onteloon tilan 113 alapuolelta. Rakennuksen ulkopuolelta ei havaittu merkkiaineen havainnointilaitteella merkkiainetta. Sisäpuolelta havaittiin vähäistä ilmavuotoa 1. kerroksen tilan 113 nurkassa, tilojen 113 ja 115 välissä sijaitsevan pienryhmätilan 114 nurkasta sekä tilan 115 nurkassa.

Merkkiainekokeiden tulosten perusteella voidaan päätellä, että tuulettuvasta alapohjasta sekä betoniontelolaattojen onteloista on olemassa ilmavuotoreittejä sisätiloihin. Vuotokohden kautta voi sisäilmaan päätyä epäpuhtauksia sekä tuulettuvasta alapohjasta että kosteista onteloista. Merkkiaineen syöttö- ja vuotokohdat on merkitty paikannuskuvaan, joka on liitteenä 1.

## Valokuvat



54. Merkkiaineen syöttö alapohjassa



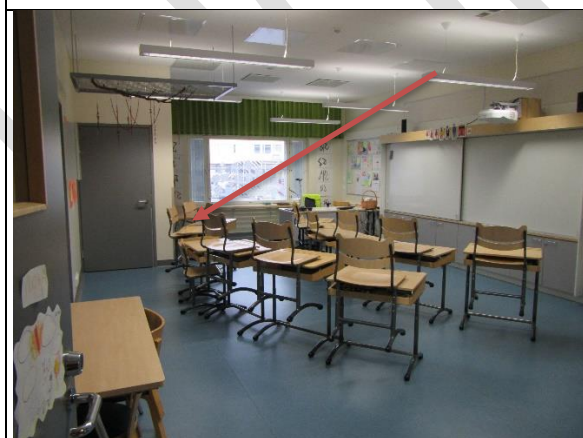
55. Merkkiaineen havaintokohta luokassa 113



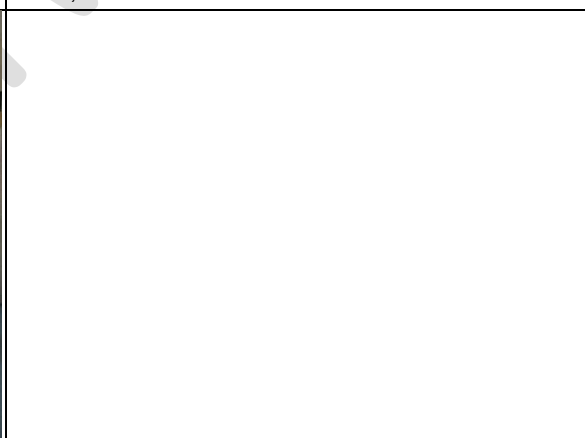
56. Merkkiaineen havaintokohta tilassa 114



57. Merkkiainetta havaittiin lattialistan epätiivistä nurkasta, tila 114



56. Merkkiaineen havaintokohta luokassa 115



## 9. RAKENNUSAIKAINEN LAADUNVARMISTUS

### Ulkoseinärakenteet

Kohteessa on suoritettu rakennuttajan valvontaa ja ulkopuolinen kuivausurakoitsija on suorittanut kohteessa ulkoseinärakenteen lämmöneristeiden kosteusmittauksia. Lisäksi rakennuttaja on teettänyt ulkopuolisella kuivausurakoitsijalla lämmöneristekerroksen kosteusmittaukset erikseen.

Urakoitsijalta ja rakennuttajalta saatujen tietojen mukaan ulkoseinärakenteen lämmöneristeen asennuksia ei ole tehty vesisateen aikana. Sateen aikana eristystyö on keskeytetty ja eristeiden yläpinta on suojattu muovilla keskeytyksen ajaksi. Eristekerroksen pintakerroksena on tuulensuojavilla, jonka pinta on suojattu hyvin vettä sietävällä tuulensuojakalvolla. Tämä kalvo päästää molekyylimuotoisen (vesihöyryn) kosteuden helposti läpi.

Osa julkisivu töistä on tehty sääsuojattuna.

Urakoitsijalta ja rakennuttajalta saatujen tietojen mukaan kaikki eristeasennukset on katselmoitu ennen muuraustöiden aloittamista. Tässä katselmuksessa havaitut märät eristeet on vaihdettu ennen muuraustyön suorittamista. Myös katselmuksien yhteydessä on annettu ohjeita suojausten parantamisesta ja korjaamisesta.

Ulkoseinärakenteen lämmöneristeestä on tehty muuraustyön valmistumisen jälkeen tehty kosteusmittaukset. Ensimmäiset mittaukset on tehty Cramo Oy:n toimesta 3.4.2014. Rakennuttaja on teettänyt vertailumittaukset E-S Kuivaus Oy:llä 23.4.2014.

Ulkoseinärakenteen lämmöneristeen kosteusmittauspisteitä on Cramo Oy:n suorittamissa mittauksissa ollut kaikkiaan 18 kpl. Mittauspisteet ovat ympäri rakennusta ja määrältään riittävät. Mittaustuloksissa yhdessä mittauspisteessä havaittiin selvästi ulkoilmaa korkeampi kosteuden RH% pitoisuus. Tämä mittauspiste sijoittui kaakkois-sivulle, väestösuojan kohdalle. Tämä korkeampi kosteuspitoisuus voi olla peräisin väestösuojan massiivisten betoni-rakenteiden hitaammasta kuivamisesta.

Rakennuttajan referenssimittauksissa havaittiin ulkoilman kosteudesta korkeampia kosteuspitoisuuksia kolmessa mittauspisteessä. Nämä kaikki mittauspisteet sijoittuvat samalle alueelle kuin Cramo Oy:n tekemässä mittauksessa havaittiin kohonnutta kosteuspitoisuutta ulkoseinärakenteen lämmöneristeessä (kaakkois-sivu).

### Ala- ja välipohjarakenteet

Rakennuksen rakenteet ovat pääosin elementtirakenteisia. Valitusta tuotantomenetelmästä johtuen rakennuksen runkovaiheen työt on tehty ilman sääsuojauksia. Tästä johtuen ala- ja välipohjan ontelolaataston päälle on saattanut rakennusaikana päästä sadevettä.

Ontelolaattoihin on elementtitehtaalla porattu vedenpoistoreiät. Reiät ovat laattojen päädissä, n. 600 mm etäisyydellä päästä. Näitä reikiä on urakoitsijalta ja valvonnalta saatujen tietojen mukaan avattu myös työmaalla. Reikien avaaminen työmaalla on normaalia laadunvarmistusta. Avaamista on saatujen tietojen mukaan tehty useita kertoja rakennusaikana.

Ala- ja välipohjarakenteille on tehty rakennuttajalta ja urakoitsijalta saatujen tietojen mukaan kattavat kosteusmittaukset ennen kuin lattiapinnoitteet on asennettu. Näiden tietojen mukaan pinnoitteita ei ole asennettu rakenteille, jotka eivät ole täyttäneet yleisesti hyväksyttyjä/tunnettuja/materiaalivalmistajien asettamia vaatimuksia.

## 10. YHTEENVETO TUTKIMUSTULOKSISTA

Tutkimuksissa havaittiin ja mitattiin korkeita suhteellisia kosteuspitoisuuksia muovimattojen alta sekä ontelolaattojen onteloista. Kosteus on todennäköisesti onteloihin jäänyttä rakennusaikaista kosteutta. Korkeat kosteuspitoisuudet voivat aiheuttaa rakennusmateriaaleista kemiallisia (VOC) päästöjä. Pidemmällä aikavälillä olosuhteiden jatkuessa poikkeuksellisen kosteina myös mikrobivaurioiden mahdollisuus rakenteissa kasvaa.

Tiloissa esiintyi tutkimusajakohtina voimakkaita paine-eroja sekä ulko-, alapohja- että sisätilojen välillä. Tiloissa havaittiin myös erilaisia rakenteiden epätiiveyskohtia, joiden kautta sisäilmaan voi päätyä sekä kuitumaisia, mikrobiperäisiä ja kemiallisia epäpuhtauksia tai hajuja. Voimakkaat paine-erot tehostavat epätiiveyskohtien kautta tapahtuvaa ilmavuotoa ja samalla myös mahdollisten epäpuhtauksien kulkeutumista sisäilmaan.

Sisäilman epäpuhtauksille altistuminen voi aiheuttaa tiloissa oleskeleville terveysoireilua.

## 11. JATKOTUTKIMUKSET

Tehtyjen tutkimusten ja tarkastusten perusteella suosittelemme jatkotutkimuksia seuraavasti:

- ontelolaattojen onteloiden (ala-, väli- ja yläpohjat) RH% kosteusmittaukset kattavasti koko kiinteistön alueella
- tiloissa havaittujen poikkeuksellisten muovimattojen alaisten kosteuspitoisuuksien tarkempi selvittäminen 1. kerroksessa näytepalamittauksena ja muissa kerroksissa porareikämittauksina

## 12. TOIMENPIDE-EHDOTUKSET

Tehtyjen tutkimusten ja mittausten perusteella suosittelemme seuraavia toimenpiteitä:

- alapohjan ontelolaattojen vedenpoistoreikien suurentaminen koko laatastons alueella
- märkien/kosteiden onteloiden kuivatus
- luokan 313 yläpohjarakenteen kosteusvaurioituneiden pintarakenteiden poisto ja uusiminen
- puutteellisesti tiivistettyjen ja avoimien rakenneliittymien tiivistäminen (uuden- ja vanhanpuolen liittymäkohdat, alumiini-ikkunaelementtien liitoskohdat, alumiini-ikkunaelementtien vuotokohdat, alakattojen yläpuoliset epätiiveyskohdat)
- alakattojen yläpuolisten tilojen kanavien ym. rakenteiden pintojen puhdistaminen
- alakattojen yläpuolisten tilojen tarkastaminen kattavasti koko kiinteistön alueella
- ilmanvaihdon uudelleen säätäminen ja tasapainottaminen
- IV -konehuoneen ja 3. kerroksen tilojen paine-eron säätäminen niin, että konehuoneesta ei virtaa ilmaa käytävä ja luokkatilojen suuntaan
- IV -konehuoneen ja 3. kerroksen käytävän välisen oven tiivistäminen
- IV -konehuoneen vuotavan putkiliitoksen korjaaminen
- IV -konehuoneen käyttäminen varastotilana lopetettava
- porrashuoneen ensimmäisen kerroksessa tasanteen akustiikkalevyjen jäänteet poistettava
- yläpohjan aluskatteiden läpivientien tiivistäminen

- sokkelielementin varassa olevien vesipeltien muutokset niin, että vesipeltien alapuolinen tuulettuminen toimii
- tiilimuurauksen tuuletusaukkojen lisääminen niin, että niitä on myös alimmassa tiilirivissä
- vesikaton IV laatikkojen läpivientien korjaukset niin, että vettä ei lammikoidu ulospuhallushajottajien juureen
  - o vaihtoehtoisesti seuraava menettely:
    - huolto-ohjelmaan merkintä juurikittausten tarkistamisesta vähintään 2x vuodessa
    - aina kun havaitaan vuotava liitos, niin laatikon kansi muutetaan siten, että lammikoitumista ei pääse tapahtumaan

Lappeenrannassa 12.12.2017

Wise Group Finland Oy



Tapani Moilanen  
ryhmäpäällikkö, korjausrakentaminen  
rakennusterveysasiantuntija, rkm  
VTT-C 8467-26-12

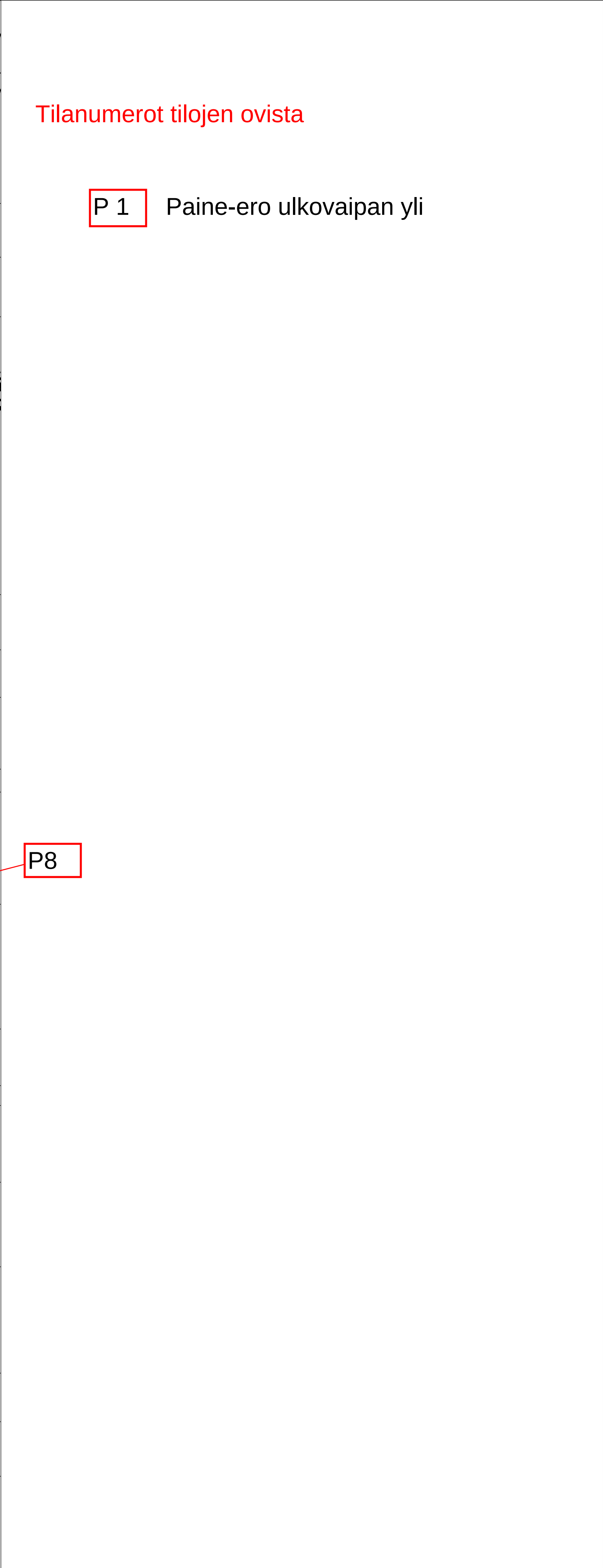


Johanna Tamminen  
asiantuntija, korjausrakentaminen  
ympäristötekniikan insinööri (AMK)

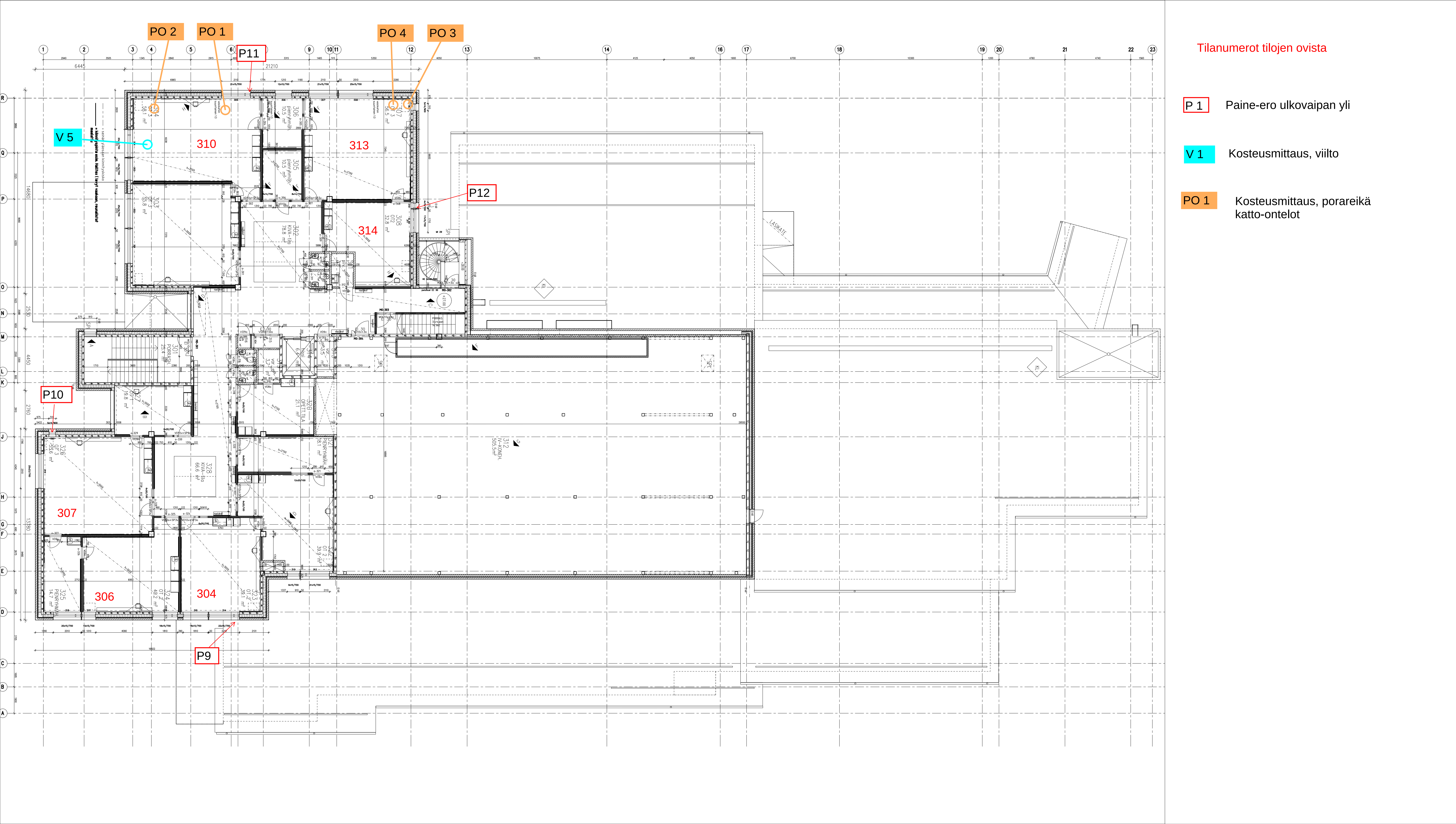
## LIITTEET

liitteet 1 - 3 paikannuspiirustus  
liitteet 4 – 18 paine-ero kuvaajat

## AP 1 Kosteusmittaus, puikko alapohjan ontelo



P 1 Paine-ero ulkovaipan yli

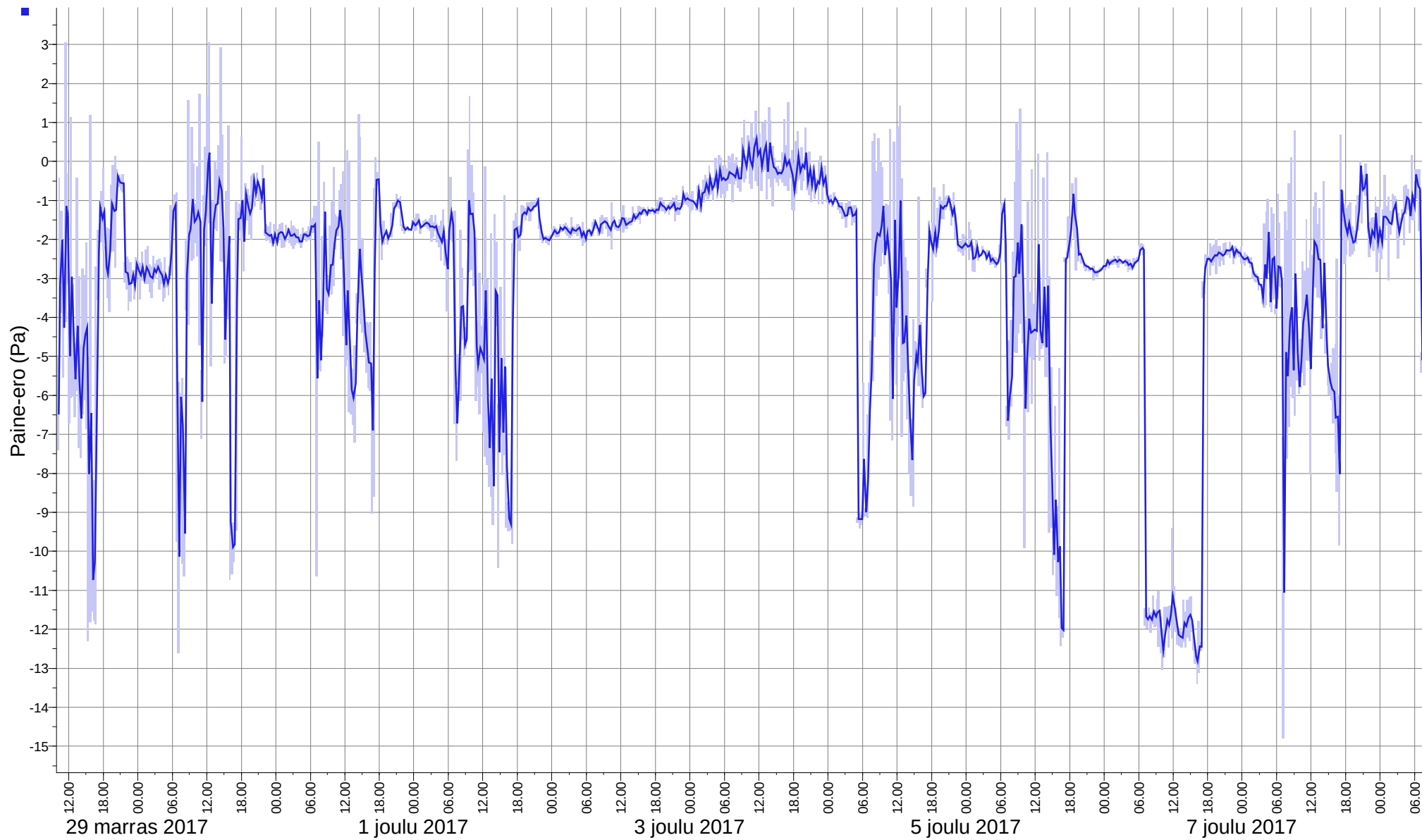


Tilanumerot tilojen ovista

- P 1 Paine-ero ulkovaipan yli
- V 1 Kosteusmittaus, viilto
- PO 1 Kosteusmittaus, porareikä katto-ontelot

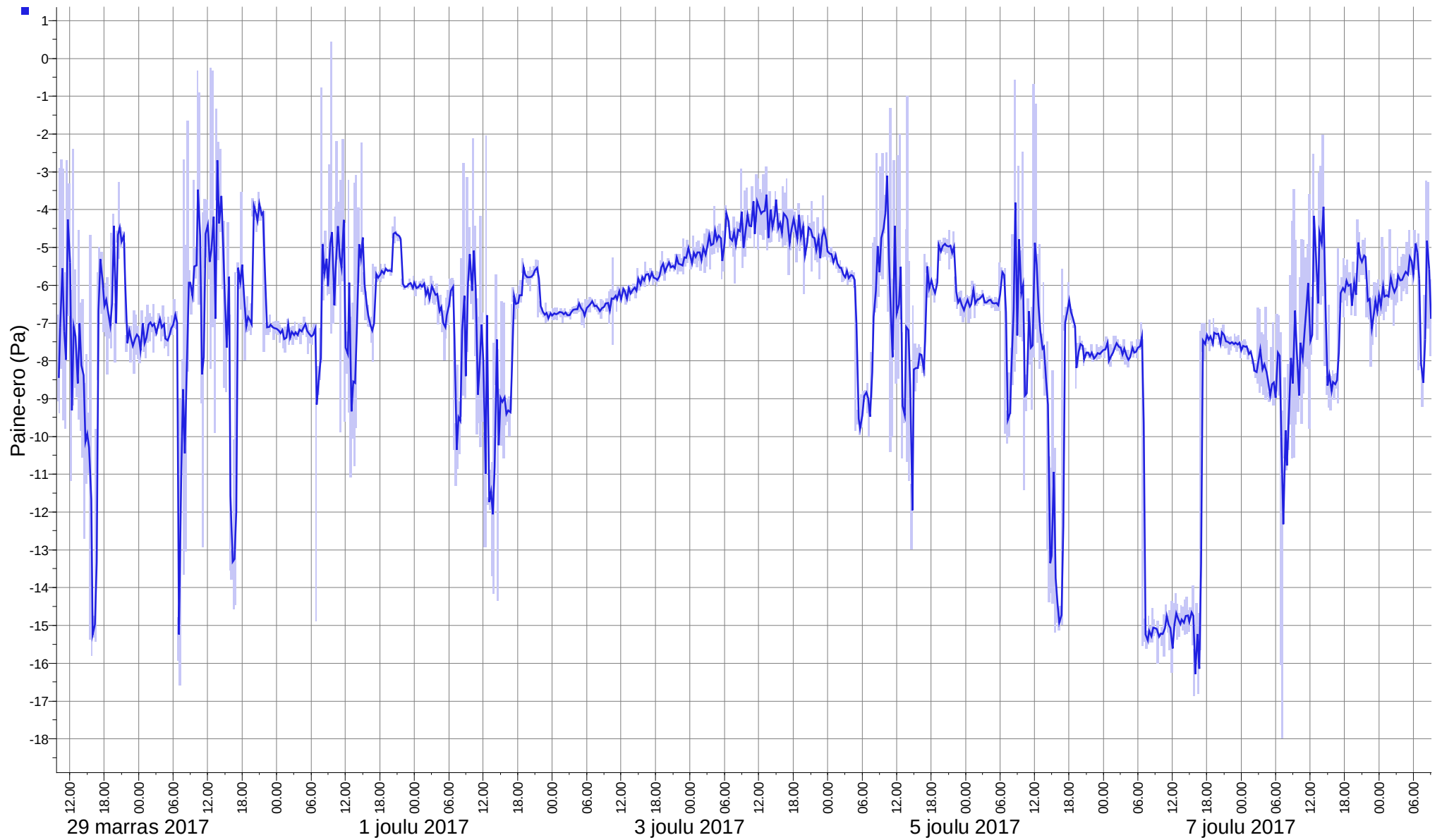
# Paine-ero, käytävä/alapohja

■ 799574 Paine-eromittaus



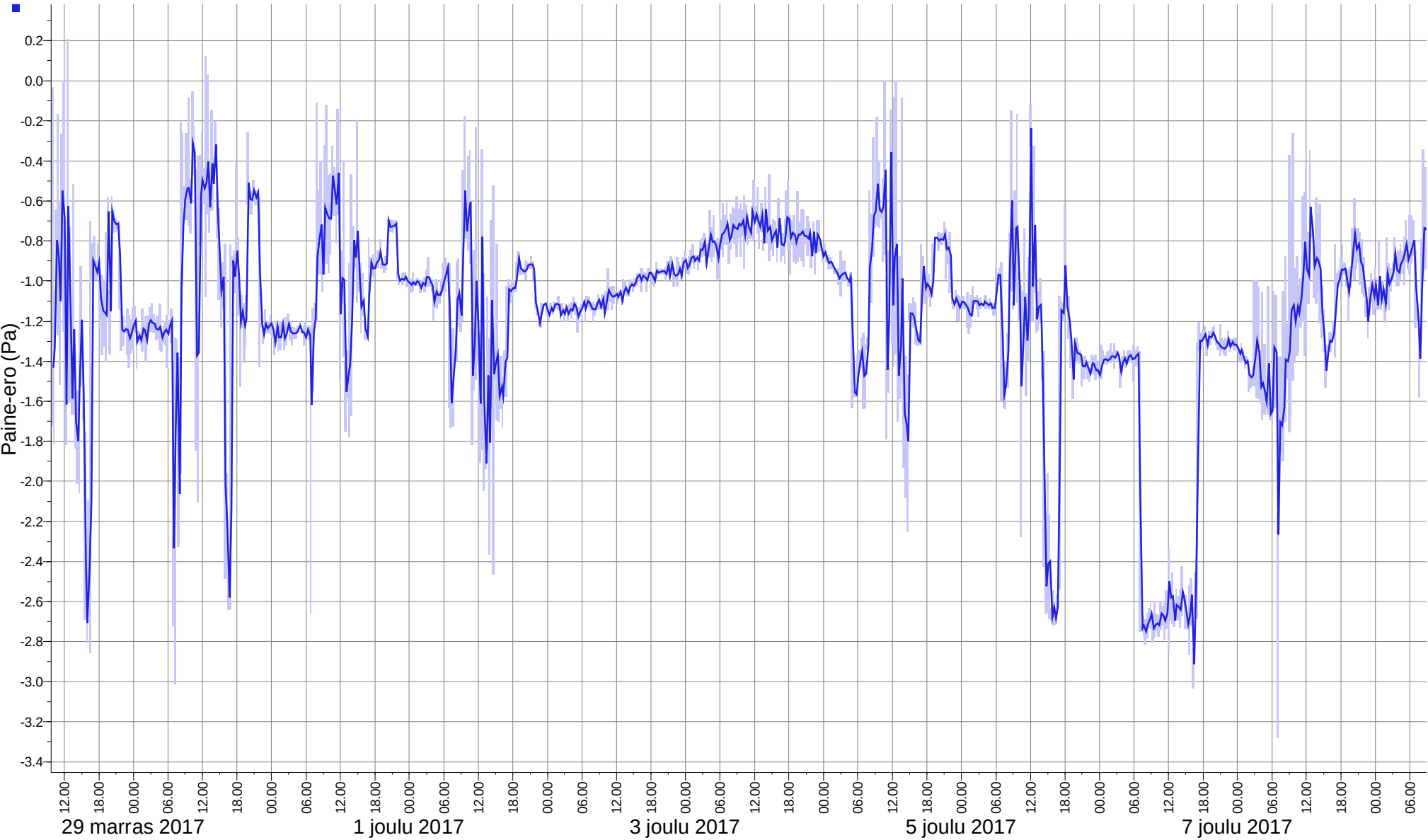
# Paine-ero, musiikkiluokan varasto/alapohja

■ 793980 Paine-ero



Paine-ero, valvomo/alapohja

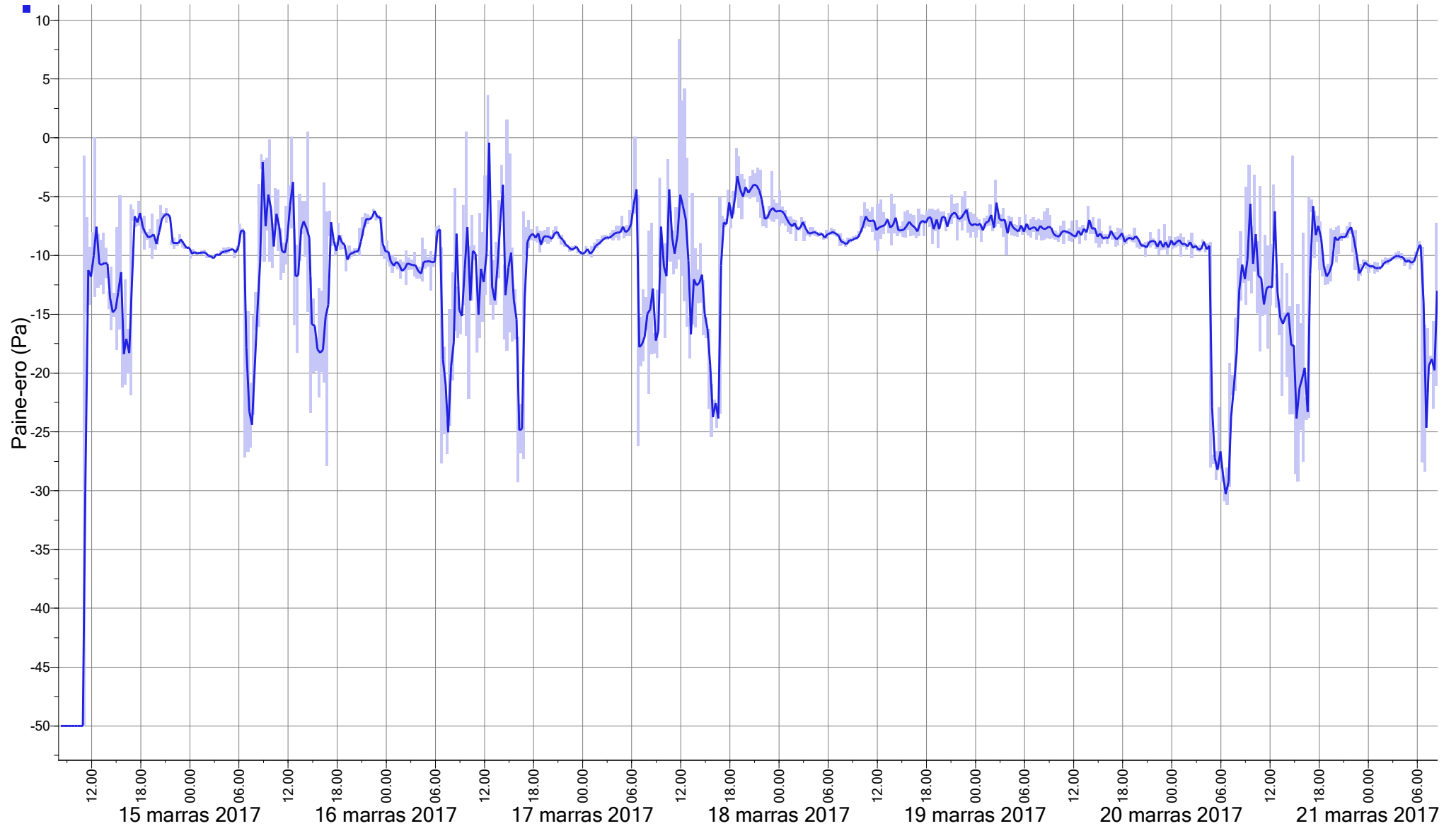
■ 799584 Paine-ero



luokka 101

The graph displays the variation of Paine-ero (Pa) over a six-day period. The y-axis represents pressure in Pascals (Pa), ranging from -50 to 10. The x-axis shows dates from 15 to 21 November 2017, with time markers at 12:00, 18:00, and 00:00. The data shows a sharp increase from -50 Pa to around -10 Pa on 15 Nov, followed by fluctuations between -10 and -25 Pa until 17 Nov. On 17 Nov, it spikes to nearly 8 Pa, then fluctuates between -10 and -25 Pa until 20 Nov. On 20 Nov, it drops sharply to -25 Pa, then fluctuates between -10 and -25 Pa until 21 Nov.

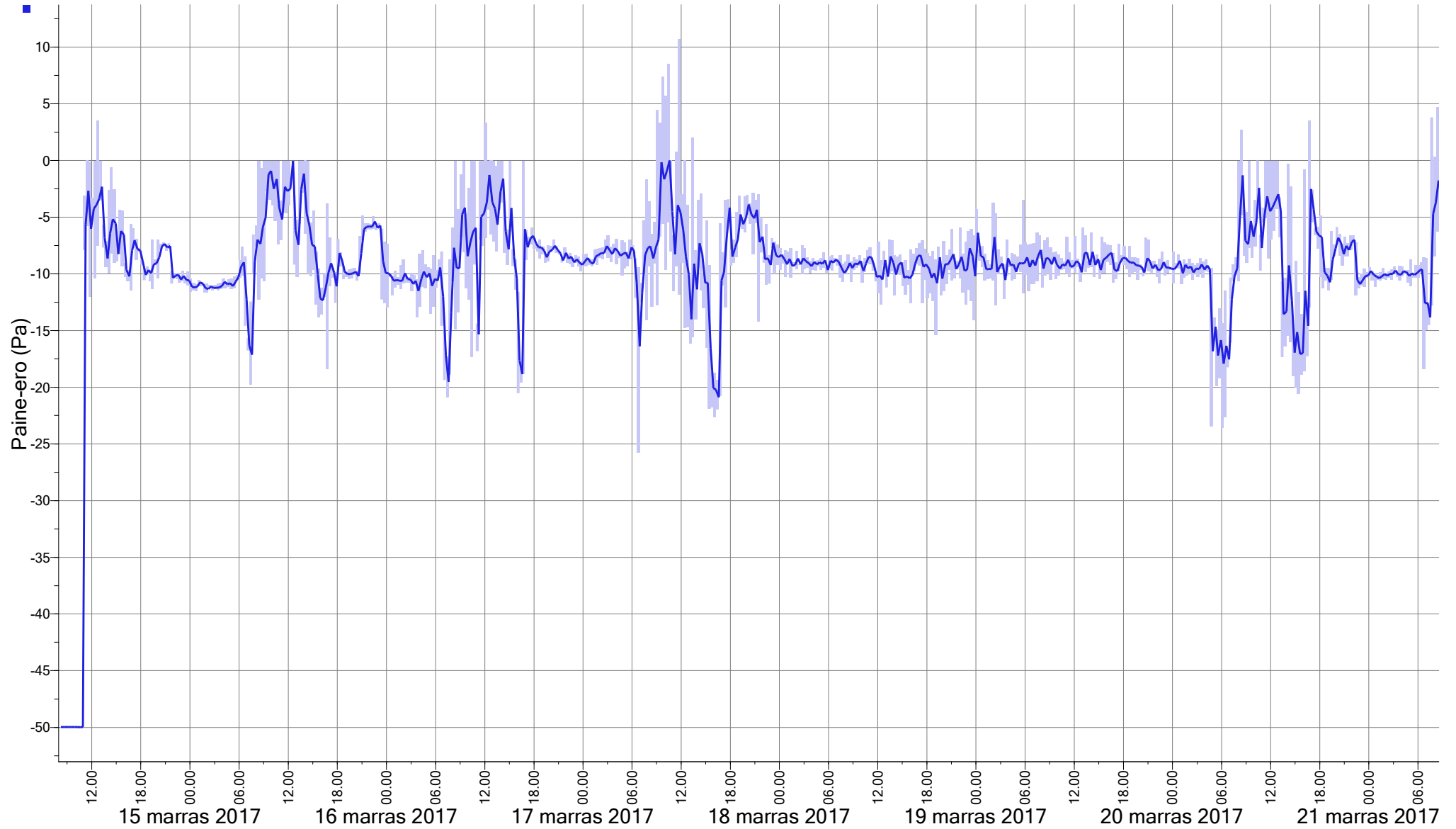
■ 799574 Paine-ero Paine-eromittaus



772637

luokka 116

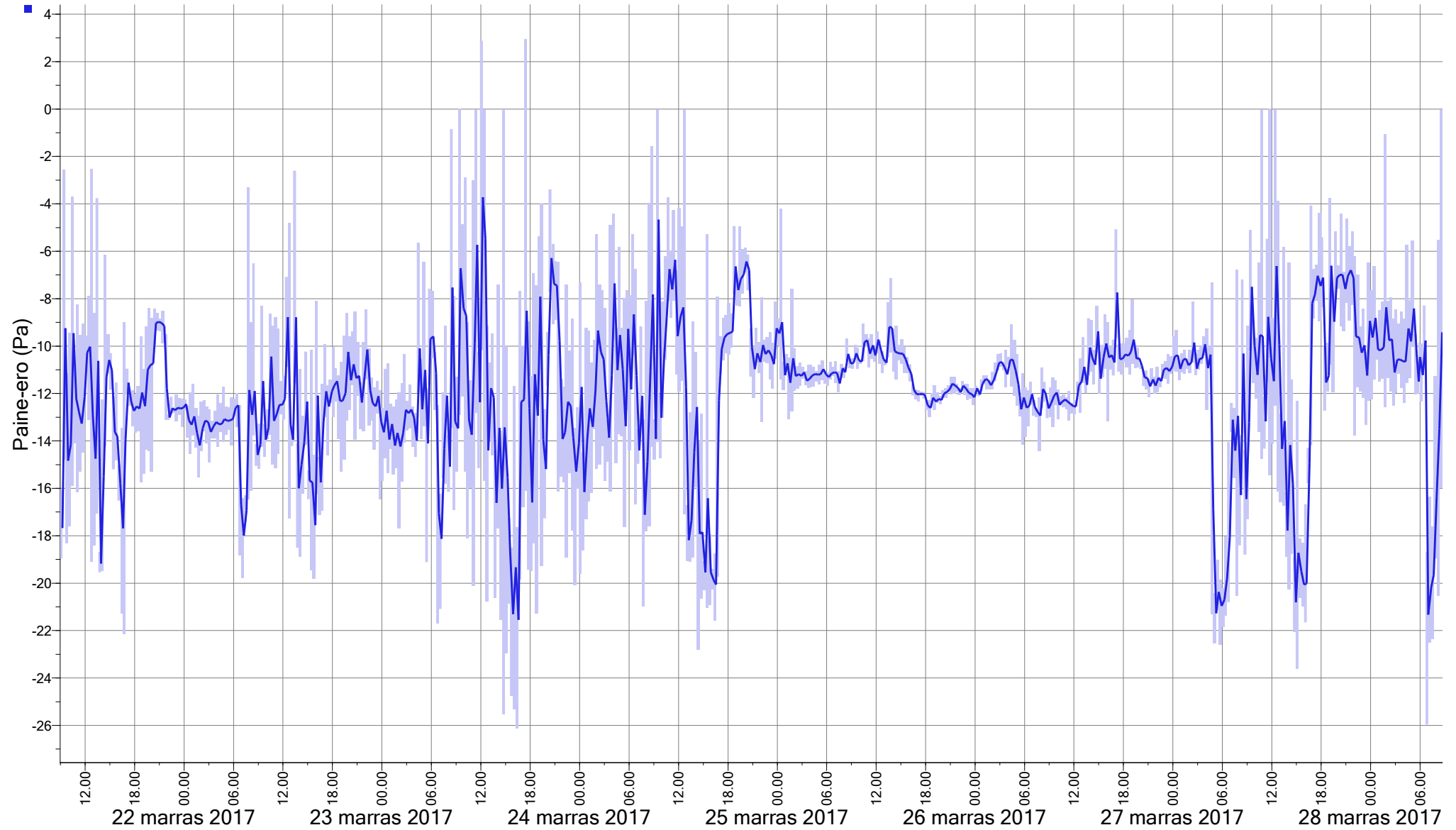
■ 772637 Paine-ero



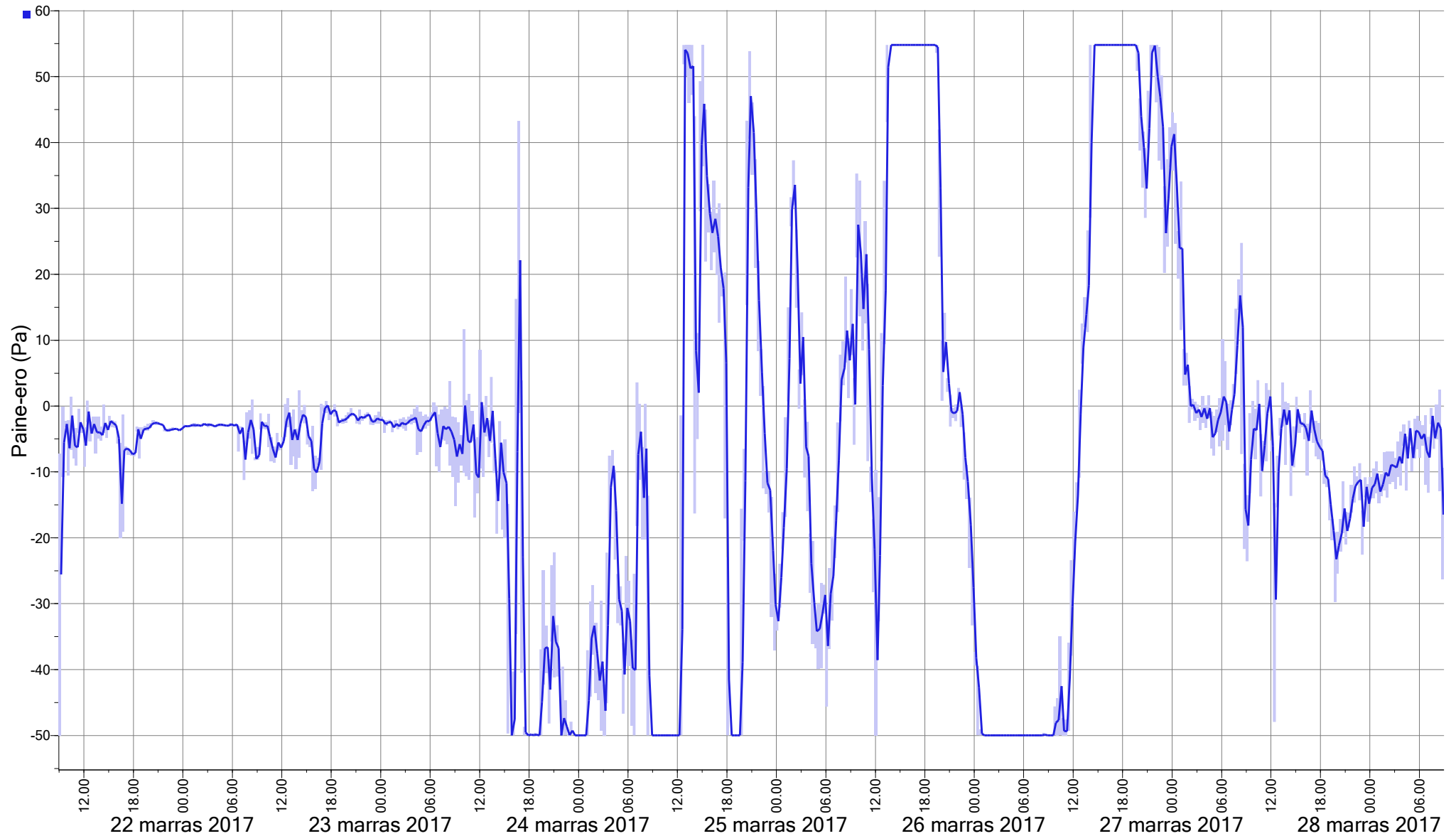
772637

luokka 122

■ 772637 Paine-ero



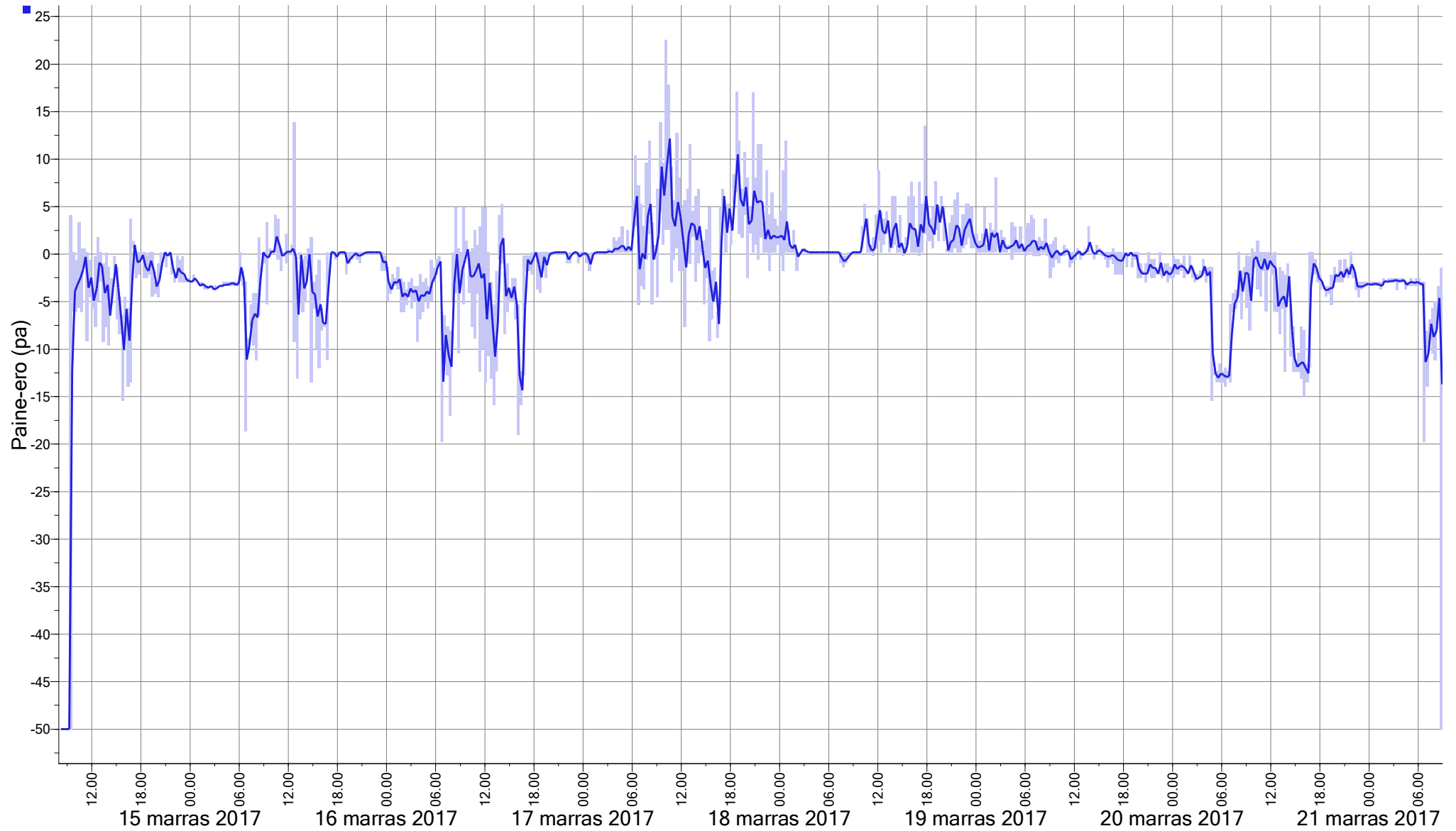
■ 799574 Paine-ero Paine-eromittaus



758462

luokka 208

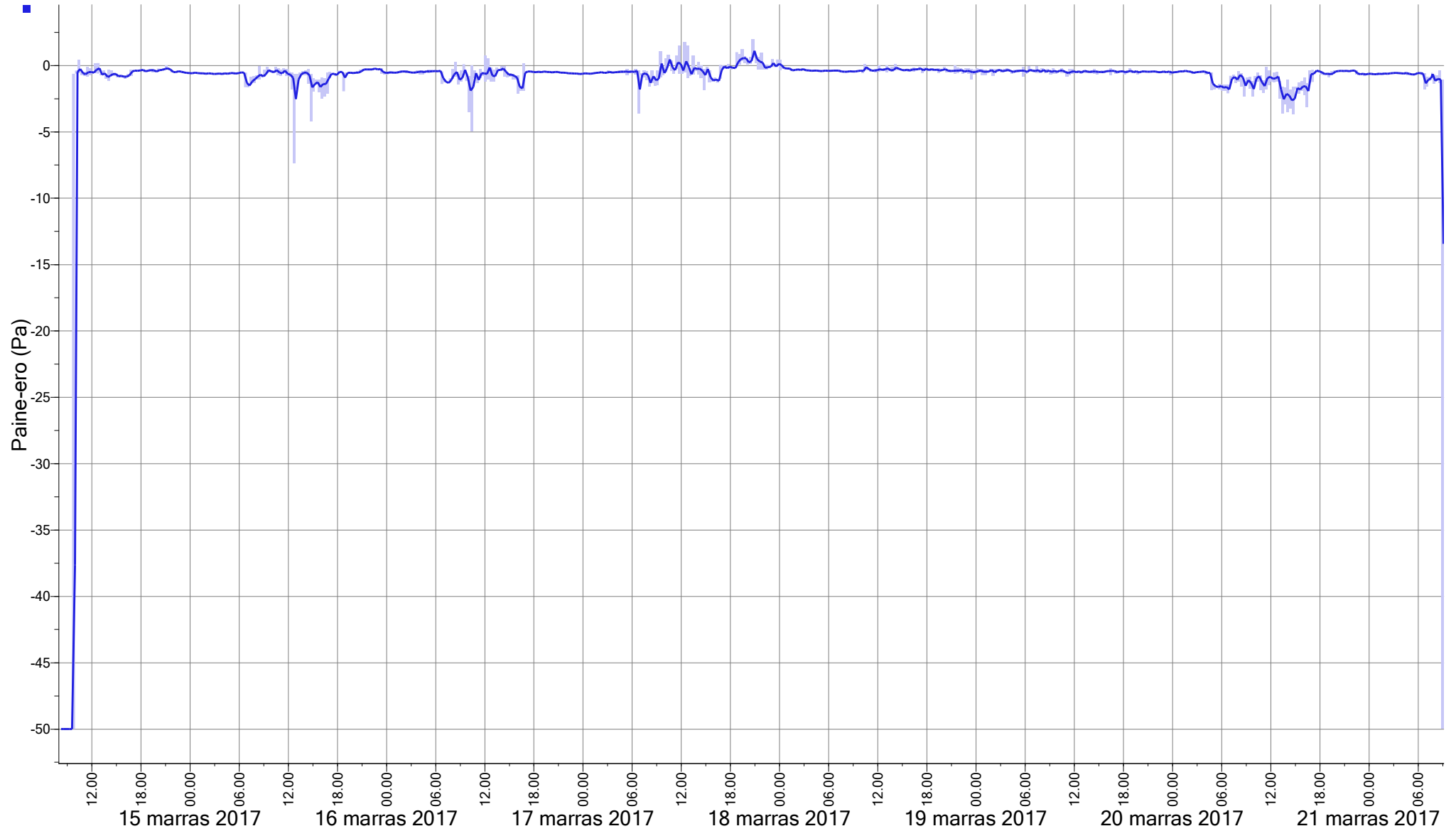
■ 758462 Paine-ero



799584

luokka 214

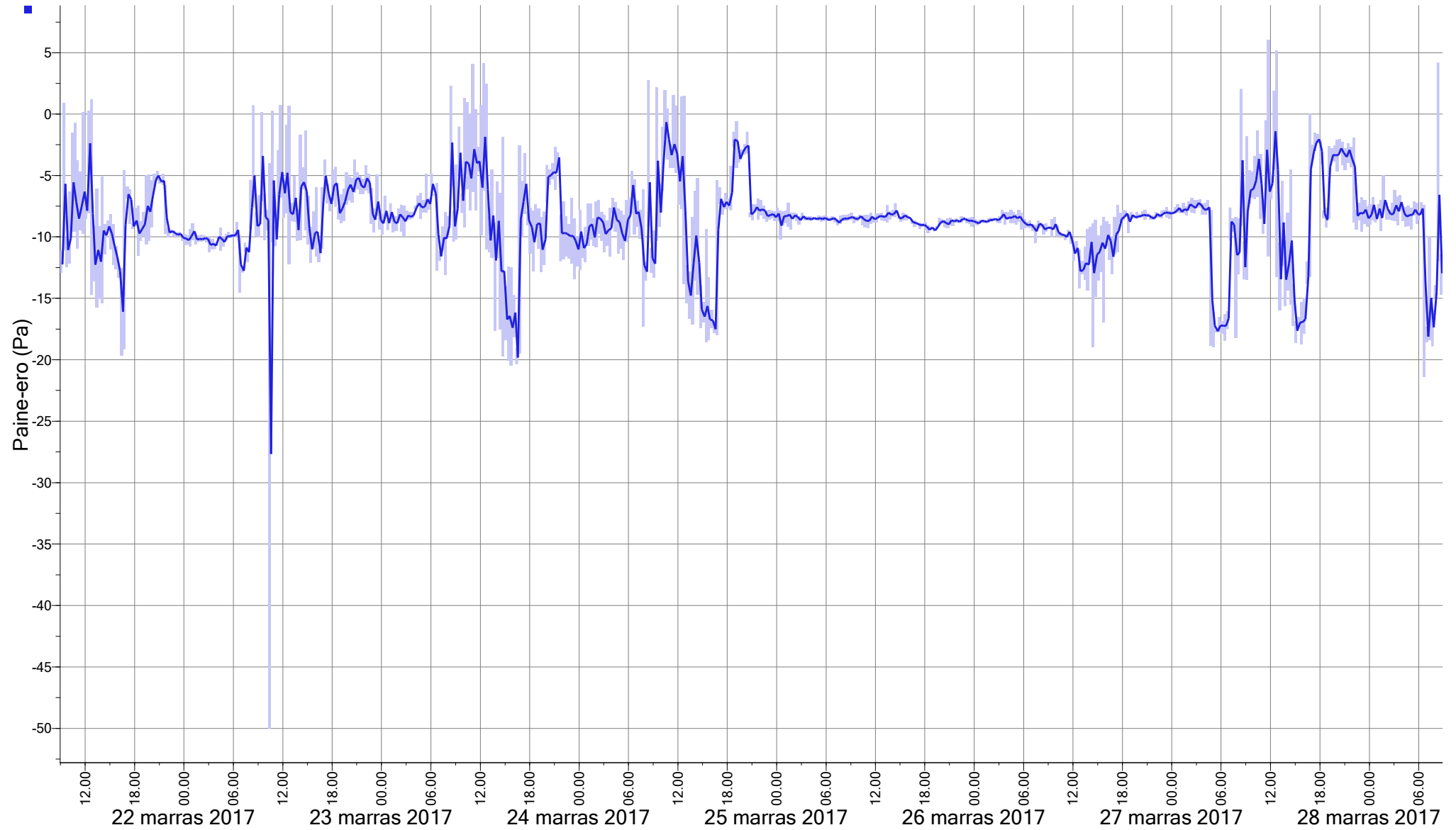
■ 799584 Paine-ero



793980

luokka 215

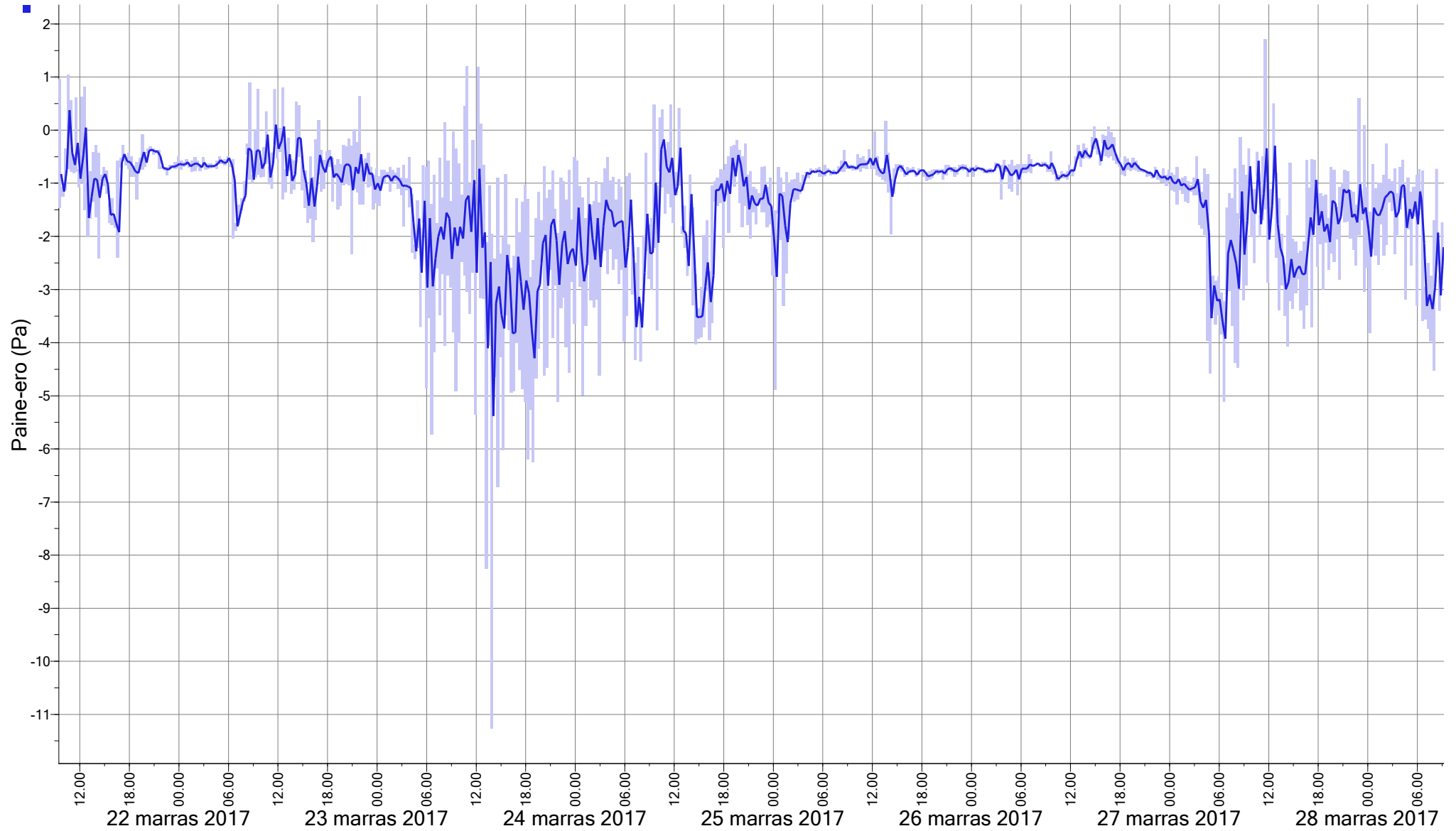
■ 793980 Paine-ero



799584

luokka 304

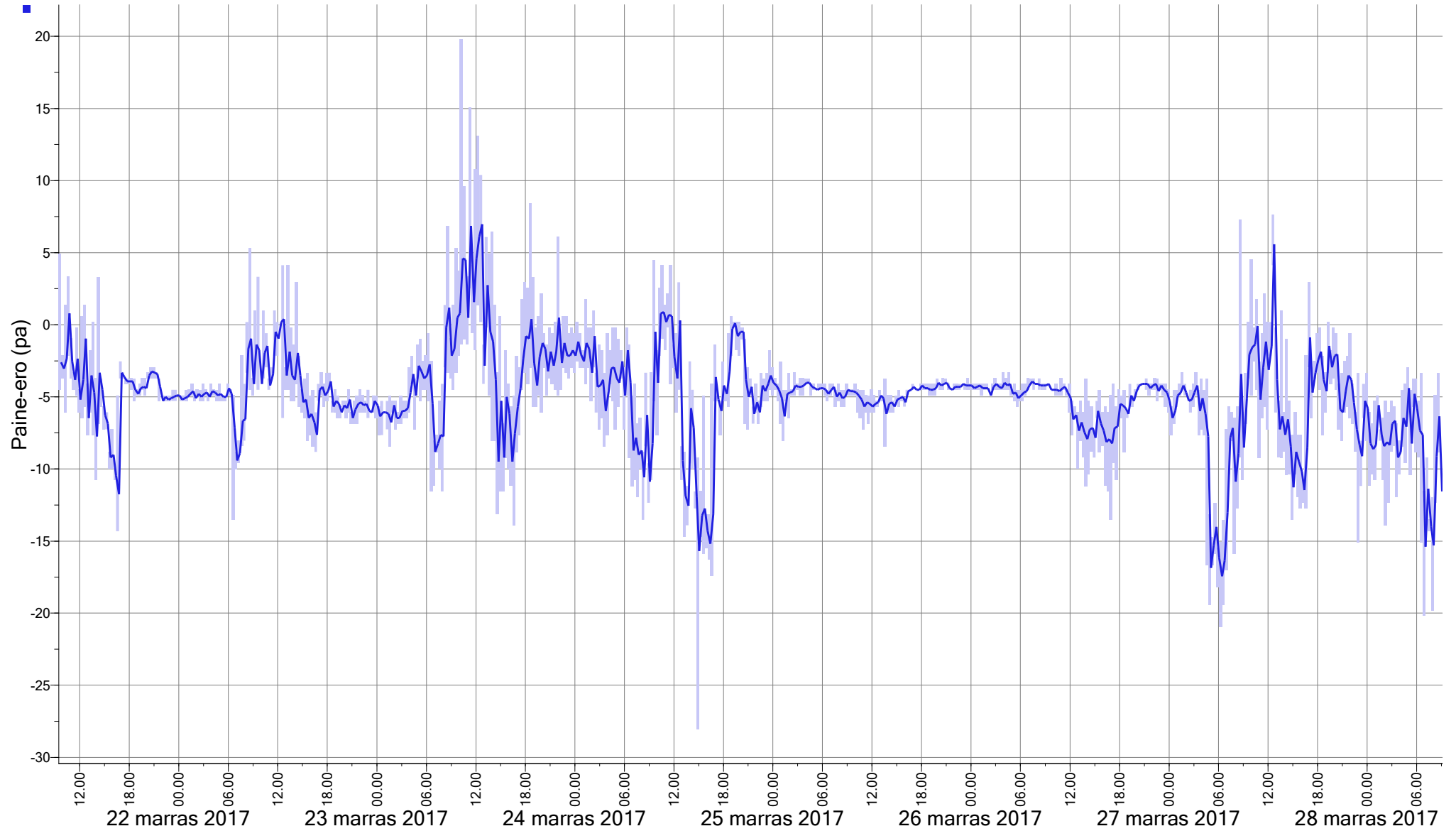
■ 799584 Paine-ero



758487

luokka 307

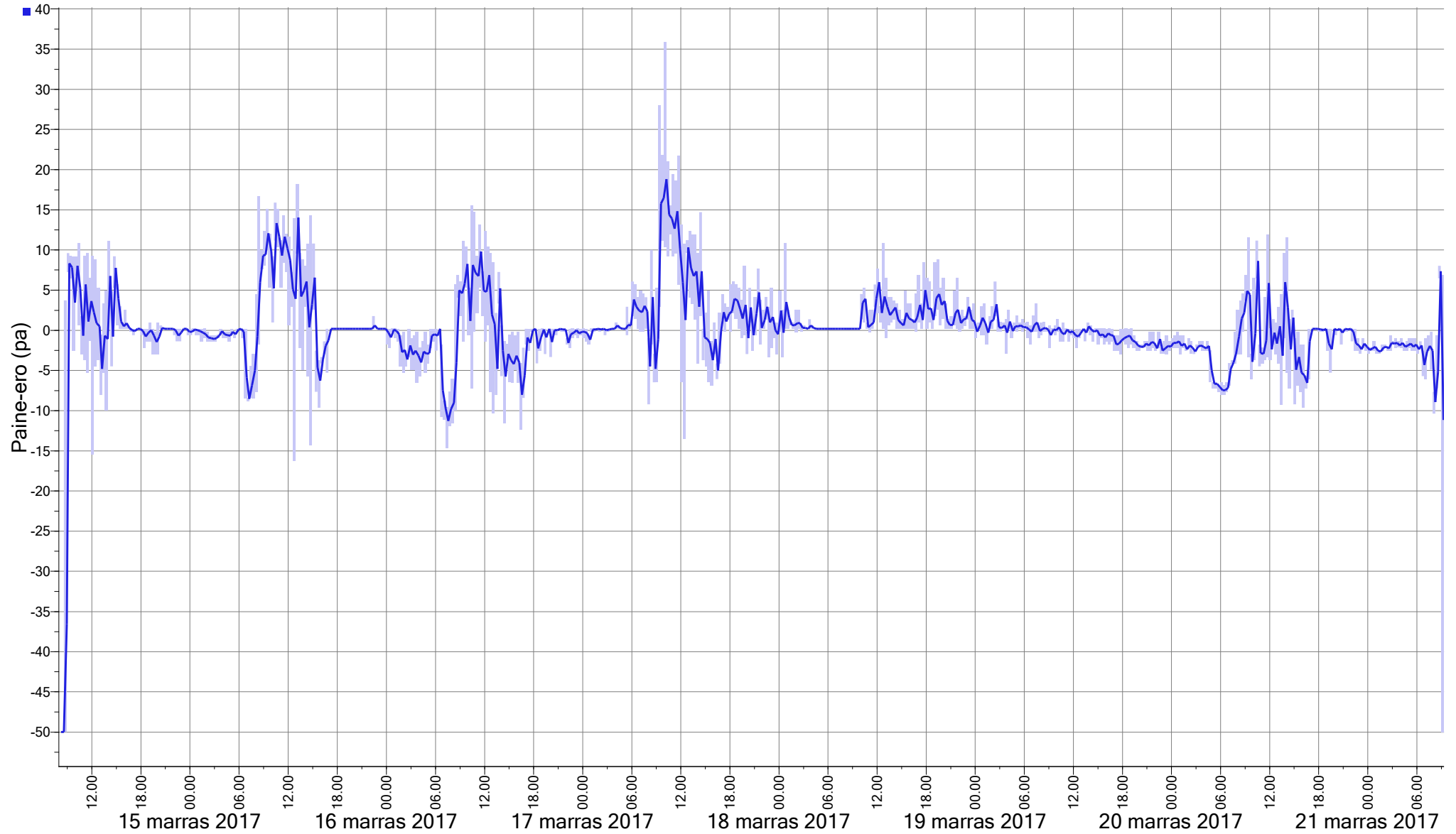
■ 758487 Paine-ero



758487

luokka 310

■ 758487 Paine-ero



758462

luokka 314

■ 758462 Paine-ero

