

LoRE-projekti

Long Range Environmental Monitoring Network

Vesistöarakenteiden tarkkailua IoT:n avulla

LoRe-projektissa toteutettiin patoaltaiden suotoveden pinnankorkeuden mittausjärjestelmä



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus

Yhteystiedot:

Ilkka Kivelä

Jyväskylän yliopisto

Kokkolan yliopistokeskus Chydenius

Sisällysluettelo

1.	Projektin tiivistelmä	2
2.	Projektin toteutus ja käyttökokemukset	3
3.	Järjestelmän arkkitehtuuri.....	4
4.	Mittauskohteet	5
	LoRaWAN-teknologia.....	5
4.1	Veteli, Patanan tekojärvi N63° 18,096' E023° 58,769'.....	6
4.2	Halsua, Venetjoen tekojärvi N63° 31.698' E024° 11.761'.....	7
	Laitteiston kuvaus	8
3.1	CiNet-noodi & Sensorilevy.....	11
3.2	Paristokotelo	13
3.3	Paineanturit.....	14

1. Projektin tiivistelmä

LoRE-projektissa on tavoitteena aikaansaada digitalisoinnin avulla kustannus- ja energiatehokkaampi konsepti laajan alueen ympäristön monitorointiin, jota tullaan ensivaiheessa pilotoimaan ympäristöviranomaisten seurannan tarpeisiin. Konseptia tullaan myöhemmin hyödyntämään mm. kaivos-, ja teollisuustoiminnan ympäristön monitorointiratkaisuissa. Hyvin helposti asennettavan ja laajalle ulottuvan monitorointiverkon tuottaman tieto tukee vähähiilisempiä toimintatapojen kehittämistä hyödyntämällä uusimpia pitkän kantaman langattomia teknologioita. Järjestelmän tavoitteena on tuottaa rikkaampaa reaaliaikaista informaatiota suuremmalta alueelta keräten kaikki informaatio keskitetysti samaan systeemiin, jolloin niiden keskinäiset vaikutukset ovat suoraan vertailtavissa. Projektissa on tarkoituksena hyödyntää tiedonsiirrossa uusia pitkän radiokantaman mahdollistamia tekniikoita, joista esimerkiksi LoRa-teknologia on varteenotettava vaihtoehto. Digitalisaatioon siirtymisessä oleellista on tiedonsiirron kustannustehokkuus, myös pitkällä tähtäimellä. Onnistuneiden pilotointien suorittaminen projektissa vaatii tietämyksien yhdistämistä eri toimialoilta ja onnistuneiden pilotointien avulla saadaan järjestelmän vahvuudet ja edut tuotua asiakkaiden ja viranomaisten tietoisuuteen. Onnistuneet pilotoinnit mahdollistavat uuden järjestelmän hyväksymisen yleisellä tasolla käyväksi mittausjärjestelmäksi ja sitä kautta myös mahdollisen kaupallistamisen.

LoRe-projektissa digitalisoitiin ELY-keskuksen ylläpitämien patoaltaiden suotovesien pinnankorkeus mittaukset.

2. Projektin toteutus ja käyttökokemukset

Projektin alkuvaiheessa toteutettiin pienimuotoinen teknologiakartoitus, jonka tuloksena päädyttiin käyttämään tiedonsiirrossa Digitan ylläpitämää Lorawan-verkkoa, joka ominaisuuksiin kuuluu yli 12km langaton tiedonsiirto erittäin pienellä virrankulutuksella. Pilottikohteena olevien tekojärvien patoihin oli kairattu suotoveden tarkkailuputkia melko lähekkäin, eikä kaikkien putkien varustamista Lora-radiolla nähty järkevänä kustannuksiltaan. Konseptin tiedonsiirrossa päädyttiin hybridiratkaisuun, jossa käytetään yhdessä IEEE802.15.4- ja Lora-radioita. Tarkkailuputkien mittaukset kootaan IEEE802.15.4-radiolla gateway-laitteelle, jossa Lora-radio lähettää tiedot tukiasemalle. Pinnankorkeuteen soveltuvien antureiden kartoituksessa päädyttiin käyttämään paineantureita, joka ilmoittaa vesipatsaan korkeuden. Anturit käyttävät SDI-12 väylää, joka on suunniteltu digitaaliseen tiedonsiirtoon ympäristön monitoroinnin sovelluksissa. Lisäksi SDI-12 väylä on yleistynyt tiedonsiirtoväylä useissa antureissa, jotka soveltuvat ympäristömittauksiin. Kartoituksessa hankittiin 4 eri valmistajan antureita, joita testattiin laboratorioon rakennetussa vesiputkessa. Testeissä mitattiin heräämisviive virrankytkeksen jälkeen. Tällä mittauksella pyrittiin optimoimaan anturin virrankulutusta, koska konseptista haluttiin tehdä mahdollisimman kustannus- ja energiatehokas. Laitteistojen koteloinnissa käytettiin sekä kaupallisia kotelointeja että omaa suunnittelua ja 3d-tulosteita. Koska tarkkailuputkista tehtäisiin manuaalisia referenssimittauksia, piti putken päähän asennettavan kotelo pystyä nostamaan kätevästi paikaltaan, kuitenkin häiritsemättä laitteistoa. Tätä varten hankkeessa suunniteltiin kotelo, joka tulostettiin 3d-tulostimella.

Intensiivisen kehittämistyön jälkeen ensimmäinen pilotti asennettiin Patanan tekojärvelle. Patanan tekojärven padon tarkkailuputkista valittiin 6 putkea, jotka ELY-keskuksen valitsemina soveltuivat pilottiin. Näihin asennettiin kolmen eri valmistajan paineanturit, jotka kaikki mittasivat sekä lämpötilan että vesipatsaan korkeuden. Noodit ohjelmoitiin tekemään mittaukset 3 tunnin välein, ja välittämään mittaukset (lämpötila, veden korkeus, pariston taso) lora-gatewayn kautta palvelimelle. Asennus sujui kokonaisuudessa hyvin.

ELY-keskuksen toinen pilottikohde sijaitsi Halsuan Venetjoen tekojärvellä. Neljään tarkkailuputkeen asennettiin paineanturit sekä noodit lähettämään tiedot 3 tunnin välein palvelimelle. Halsualla kaksi tarkkailuputkea sijaitsi etäällä, jonne IEEE802.15.4-radion kantama ei riitä. Tähän tarpeeseen projektissa muokattiin kehitysalustasta versio, jossa noodiin liitettiin Lorawan-radio, jonka kantama riitti mitausten tiedonsiirtoon. Näin konsepti pysyi yksinkertaisena, kun pysyttiin käyttäessä samaa teknologiaa. Yhteensä Halsuan Venetjoen tekojärvellä oli siis 6 mittapistettä(putkea).

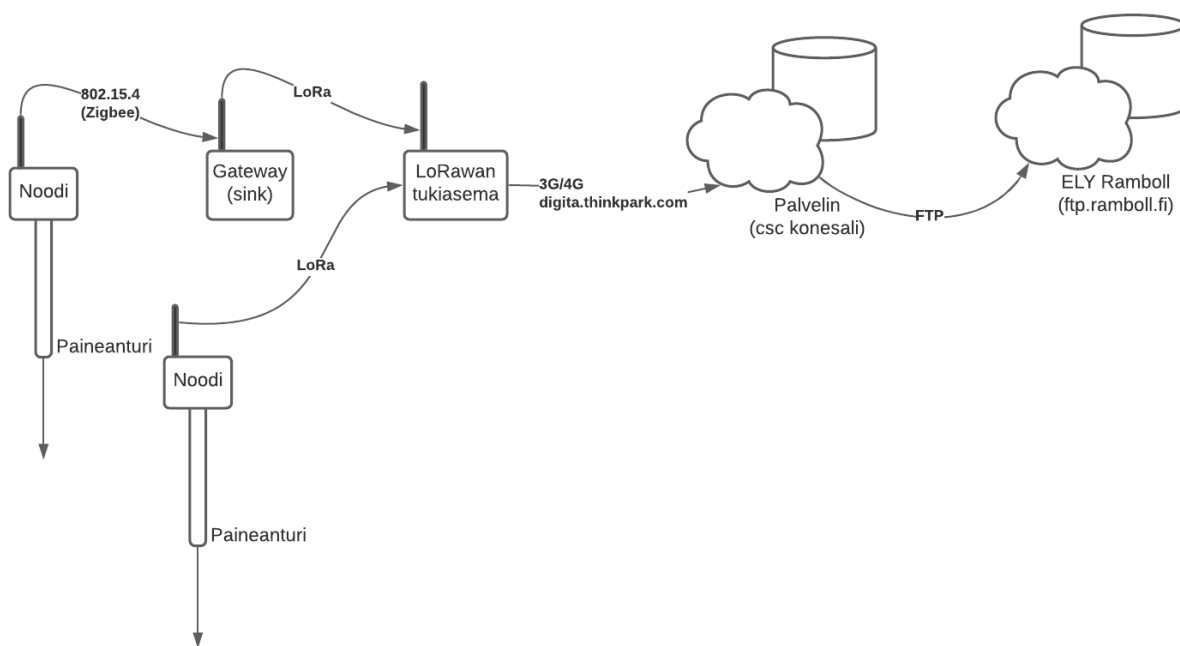
Ensimmäisen puolen vuoden aikana ilmeni muutamia sähkökatkoja gateway-laitteelle, jotka aiheuttivat tiedonsiirtoon katkoja. Sähkökatkot johtuivat vialliset ulkopistorasiasta ja sähkölinjan päälle kaatuneesta puusta. Mittausten luotettavuutta arvioitiin vertaamalla manuaalisia mittauksia järjestelmän mittaamiin. Luotettavuuden todettiin olevan hyvällä tasolla, eikä eroja juuri löytynyt.

Projektin jälkimmäisellä puolella konseptia laajennettiin sadantamittarilla ja järviveden lämpötila-anturilla. Sadantamittari ja lämpötila-anturi asennettiin Halsuan Venetjoen tekojärvelle. Mittarin lukemisessa voitiin käyttää samaa noodia, mikä oli kehitetty hankkeessa SDI-12-väylän lukemiseen.

Järjestelmän on edelleen käytössä ja tuottaa automaattisia mittauksia.

3. Järjestelmän arkkitehtuuri

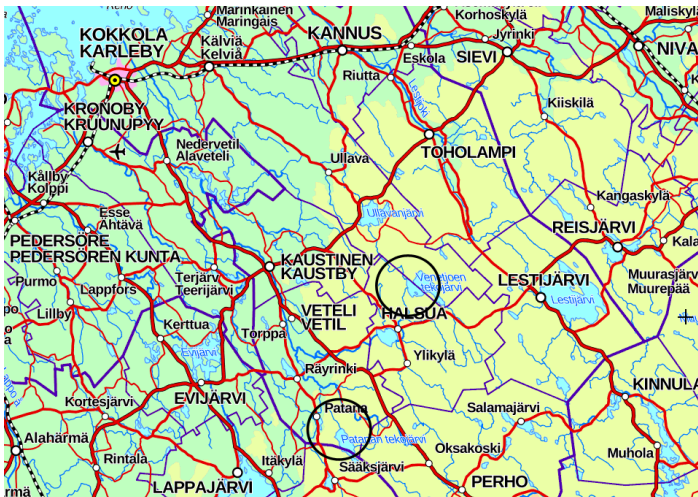
Järjestelmä koostuu paineantureista, Cinet-noodeista, gateway-laitteista, sekä Lorawan-tukiasemista. Cinet-noodi ja Gateway-laitteet on Kokkolan yliopistokeskus Chydeniuksen suunnittelemia ja ohjelmoimia. Järjestelmässä Cinet-noodi lähettää mittaukset gatewayn ja Lorawan-tukiaseman kautta palvelimelle. Palvelin tallentaa mittaukset, muuntaa ne oikeaan mitta-asteikkoon ja lähettää ftp-protokollalla ELYn järjestelmään. Projektissa toteutettiin Cinet-noodin SDI-12-väyläadapteri, joka soveltuu eri valmistajien SDI-12 yhteensopivien antureiden lukemiseen. Cinet-noodissa on IEEE802.15.4. (ja Zigbee) yhteensopiva radio (Atmel AT86RF212). Cinet-noodit lähettävät antureiden mittaustiedot Gateway-laitteelle, joka koostuu Cinet-noodista ja LoRa-radiosta. Gateway ottaa vastaan Cinet-noodien tekemät mittaukset ja lähettää ne edelleen LoRaWAN-verkon kautta eteenpäin. Palvelinohjelmisto tallentaa mittaukset tietokantaan, muuntaa mittaukset N43-korkeusjärjestelmään sekä laskee päiväkohtaisen keskiarvon. Lasketut arvot siirretään ftp:llä csv-muodossa Rambolin palvelimelle. Projektissa toteutettiin Cinet-noodi, johon integroitiin sekä SDI-12 väylän adapteri sekä LoRa-radio. Tällä laitteistolla mittaukset voidaan lähettää suoraan LoRaWAN-verkkoon.



Kuva 1 Järjestelmän arkkitehtuuri

4. Mittauskohteet

Projektin pilottikohteet ovat kahdessa eri paikassa. Ensiksi asennettu kohde on Vetelissä Patanan tekojärvellä. Toinen pilottikohde on Halsualla Venetjoen tekojärvellä. Molempiin pilottikohteisiin on DIGITA Oy asentanut Lorawan-tukiasemat projektin tiedonsiirtotarpeisiin.



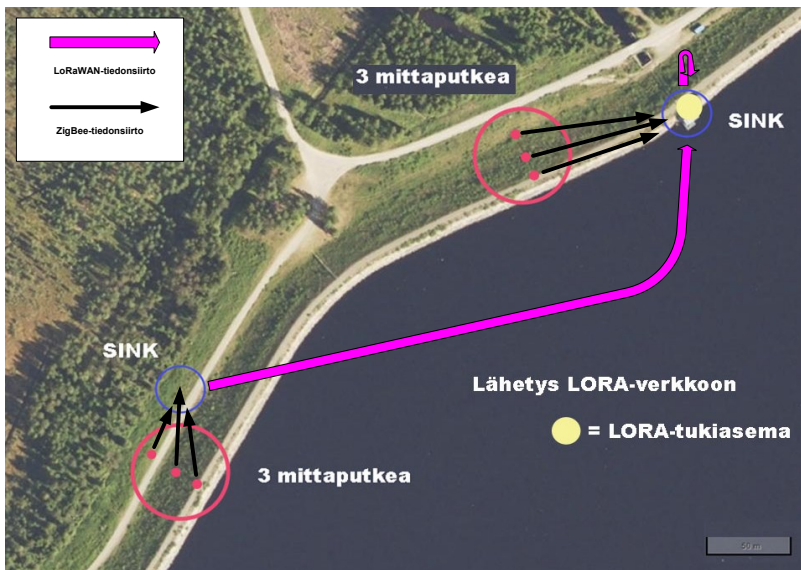
Kuva 2 Pilottien sijainti

LoRaWAN-teknologia

LoRaWAN on spesifinen tiedonsiirtoverkko, joka on tarkoitettu langattomaan ja nopeaan mutta vähätehoiseen tiedonsiirtoon. LoRaWAN-verkko sopii erityisesti pienten datamäärien lähettämiseen ja vastaanottamiseen. Sen tärkeimpiä ominaispiireitä ovat kaksisuuntainen tiedonsiirto, liikuteltavuus, paikannuspalvelut ja helppo käyttöönotto. LoRaWAN on globaali ja avoin standardi, joka muodostuu LoRa-päätelaitteista ja -reitittimistä sekä taustalla toimivista palvelimista ja sovelluksista. LoRa eli Long Range on yksittäinen rf-modulaattoriratkaisu, jota päätelaitteet ja reitittimet käyttävät kommunikoidessaan keskenään.

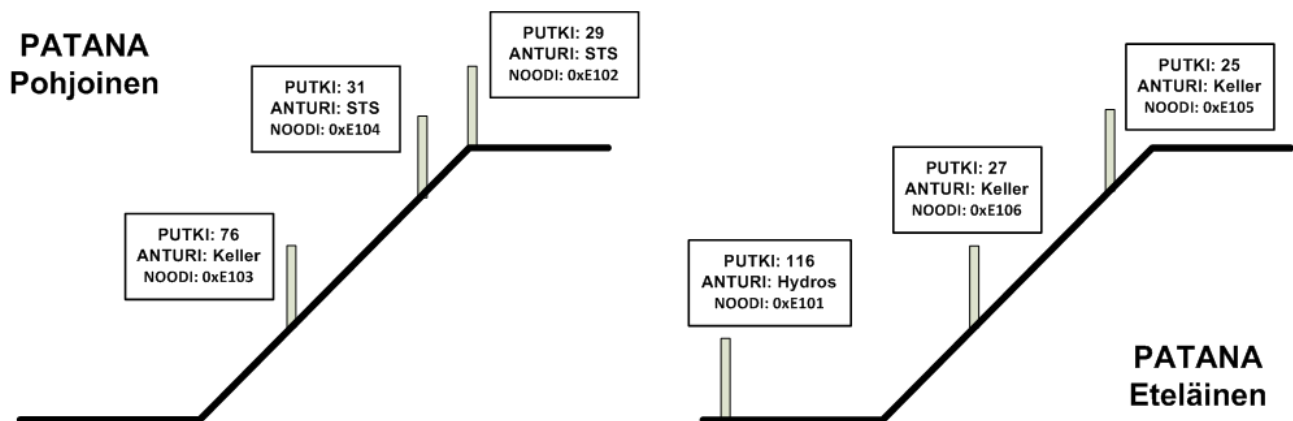
Digita tarjoaa LoRa-yhteensopivaa IoT-verkkoa koko Suomen alueella.

4.1 Veteli, Patanan tekojärvi N63° 18,096' E023° 58,769'



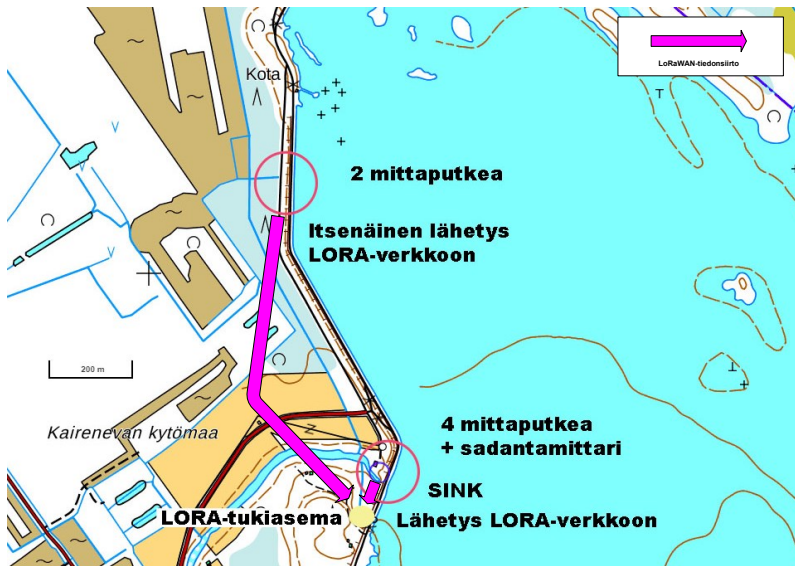
Kuva 3 Putkien ja SINK-laitteen sijanti Patanan tekojärvellä

Kohteessa yhteensä 6 mittaputkea kahdessa eri paikassa. Eteläisemmällä kohteella on kolme mittaputkea, joiden laitteet lähettävät mittausarvot lyhyen kantaman 802.15.4-radiolla lähellä olevaan sähköpylväaseen kiinnitettyn SINK-noodiin 3 kertaa vuorokaudessa. SINK-laite välittää datan taustajärjestelmään läheisen LoRaWAN-tukiaseman kautta. Pohjoisemmalla kohteella on myös kolme mittaputkea, joiden mittadata lähetetään samalla tekniikalla voimalaitosrakennuksen vieressä olevalle SINK-laitteelle, joka puolestaan lähettää vastaanottamansa datan eteenpäin taustajärjestelmään samassa paikassa olevan LoRaWAN-tukiaseman kautta.



Kuva 4 Mittausputkien järjestys Patanan tekojärvellä

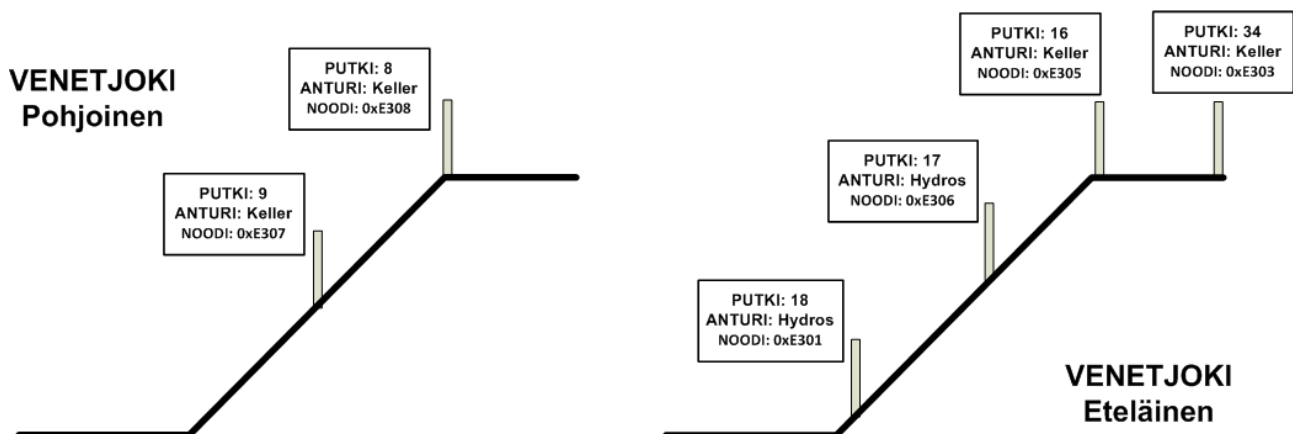
4.2 Halsua, Venetjoen tekojärvi N63° 31.698' E024° 11.761'



Kuva 5 Putkien sekä SINK-laitteen sijainti Halsuan Venetjoen tekojärvellä

Kohteessa yhteensä 6 mittaputkea sekä sadantamittari kahdessa eri paikassa. Eteläisemmällä kohteella on neljä putkea ja sadantamittari, jotka lähettävät mittausarvot Cinet-noodin avulla lähellä olevaan sähköpylvääseen kiinnitettyyn SINK-noodiin 8 kertaa vuorokaudessa. SINK-laite lähettää kootusti vastaanottamansa datan taustajärjestelmään läheisen LORA-tukiaseman kautta LoRaWAN-verkkoa käyttäen.

Pohjoisemmalla kohteella on kaksi mittaputkea, joiden asennettiin mittalaitteet lähettävät mittausdatansa LoRaWAN-tekniikalla suoraan LORA-tukiaseman kautta taustajärjestelmään.



Kuva 6 Mittausputkien järjestys Venetjoen tekojärvellä

Laitteiston kuvaus

Laitteisto koostuu kolmesta erillisestä laitekokonaisuudesta.

1. Cinet-noodi ja paineanturi
2. Sadantamittari
3. SINK-laitteet



1. Cinet-noodi ja paineanturi



2. Sadantamittari



3. SINK-laite

Mittausjärjestelmän osat sisältävät 3d-tulostettuja komponentteja sekä kaupallisia osia.

A = 3d tulostettu laitteistokotelon kansi

B = 3d tulostettu kansi laitteistokotelo

C = 3d tulostettu kiinnike kotelon ja asennusputken väliin

D = 3d tulostettu sovitin putken ja kiinnikkeen väliin (eri kokoisia, käytetään tarvittaessa)

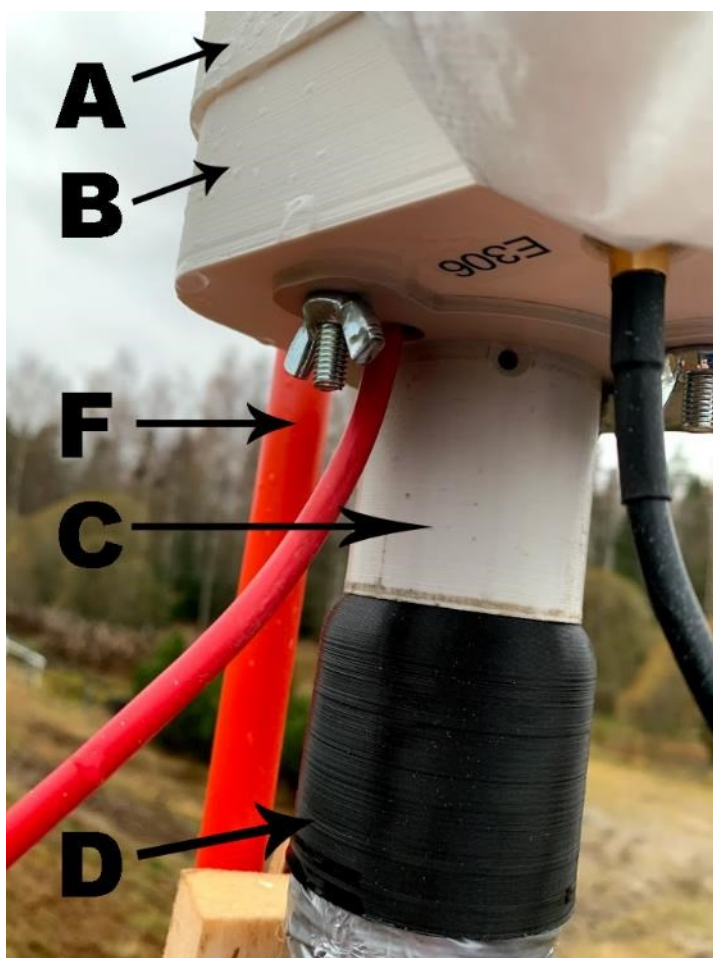
E = 3d tulostettu kiinnike antennin kiinnittämiseen mastokepin päähän

F = Kaupallinen mastokeppi (aurauskeppi)

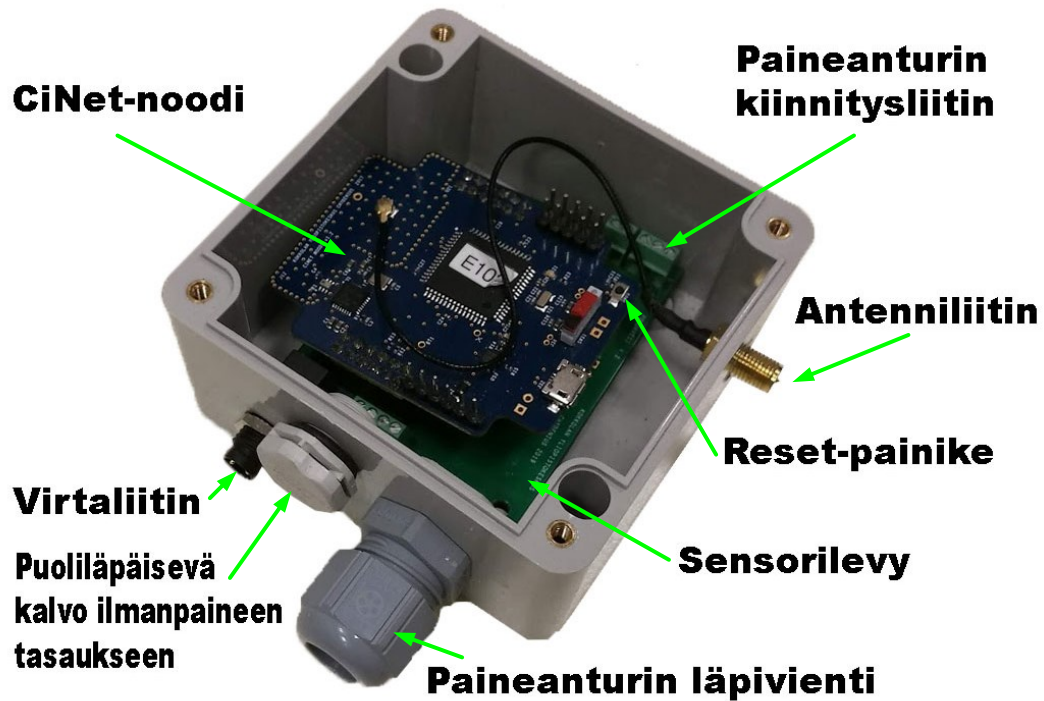




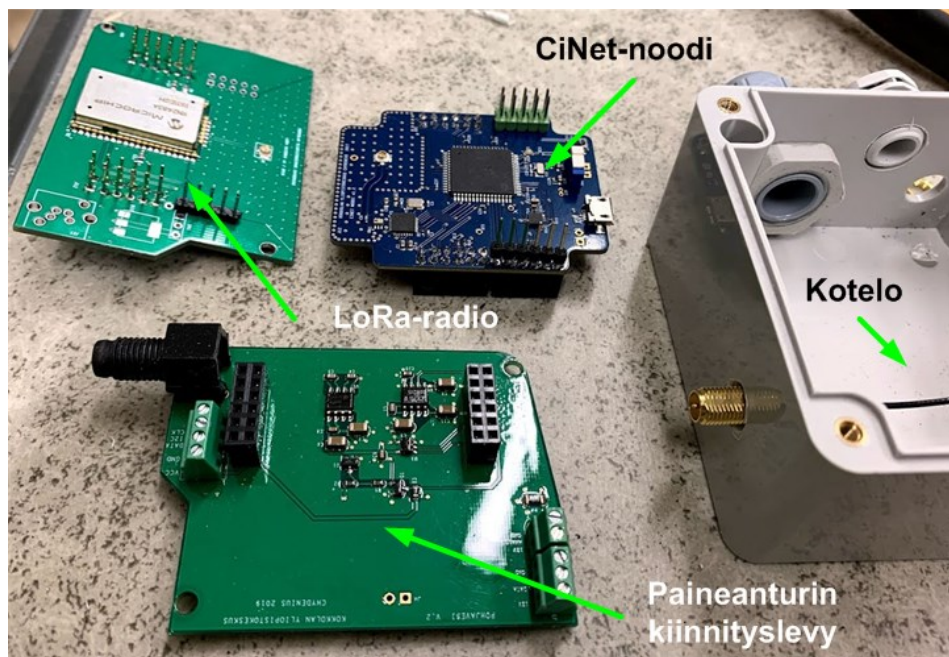
- A =** 3d tulostettu laitteistokotelon kansi
- B =** 3d tulostettu kansi laitteistokotelo
- C =** 3d tulostettu kiinnike kotelon ja asennusputken väliin
- D =** 3d tulostettu sovitin putken ja kiinnikkeen väliin (eri kokoisia, käytetään tarvittaessa)
- E =** 3d tulostettu kiinnike antennin kiinnittämiseen mastokepin päähän
- F =** auraskeppi



3.1 CiNet-noodi & Sensorilevy

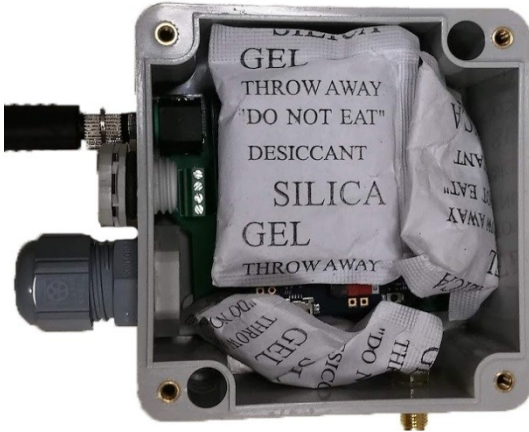


Mittalaitteen osat



LoRa-radiolla varustetun mittalaitteen osat

CiNet-noodi kiinnitetään sensorilevyn liittimiin. Mikäli laite on varustettu LoRa-radiolla, kiinnitetään se ensin sensorilevyyn ja CiNet-noodi kiinnitetään LoRa-radiopiirin päälle. Paineanturi kiinnitetään läpiviennin kautta sen kiinnityslittimeen (johtojen värit syytä tarkistaa, eri antureilla eri speksit). Laitteisto käynnistyy automaattisesti virtakotelon liittämisen jälkeen. Laitteen voi resetoida reset-painikkeella, joka on Cinet-noodissa.



Mittalaitekoteloiden sisälle on laitettu 3 pientä silica-geeli pussia imemään mahdollista kondensiokosteutta pois laitteistolta.

Kosteutta imevät silica-pussit vaihdetaan tarpeen mukaan huoltokäyntien yhteydessä.

3.2 Paristokotelo



Kotelo on 3d tulostettu PLA muovista ja sisältää kannen sekä paristolevyn kotelon.

Järjestelmän virtalähteenä on 4 kpl rinnankytkettyä 3,6 voltin AA-kokoista litiumparistoa. Paristot kytketään virtaliitinjohdon kautta laitteelle.

Paristot asettaan telineeseen kuvan mukaisesti miinuspuoli jousta vasten.

Virtajohto kiinnitetään kotelon reiän läpi ruuvimeisselillä kiristäen liittimeen niin, että sininen johto on liitetty GND (maa -) -liittimeen ja ruskea johto VCC (käyttöjännite +) -liittimeen.

Mittalaitteet ovat kiinnitetty sopivilla sovittimilla mittaputkien päihin. Paineanturit on laskettu putkissa vedenpinnan alapuolelle. Paineanturi ilmoittaa sen yläpuolella olevan vesipatsaan korkeuden, jonka avulla lasketaan veden pinnan korkeus putken yläpäästä.

3.3 Paineanturit

Projektissa on asennettuna neljää erityyppistä paineanturia



**Keller
36Xi W**

Halkaisijat: 22 mm



**Meter Group
HYDROS 21**

34 mm



**STS
PTM/N/SDI-12**

24 mm



**Campbell
CS451**

21.34 mm

Valmistaja	Malli	Liitäntä	Hinta ALV 24%	Virransyöttö	Heräämisaika	Virrankulutus (aktiivivtila)	Tarkkuus paine	Tarkkuus lämpötila
STS	PTM/N/SDI-12	SDI-12	856 €	9 - 24 VDC	2000 ms	< 6mA	$\leq \pm 0,1$	$\leq \pm 0,3 / \leq \pm 0,5$ C
Meter Group	HYDROS 21	SDI-12	609 €	3,6 - 15 VDC	500 ms	0.5 mA during 300ms	$\pm 0,5\%$ FS @ 20 C	± 1 C
Keller	36Xi W	SDI-12 ja RS485	616 €	6 - 32 VDC	< 1000 ms	< 5,5mA	0,02 % FS	0,5 C
Cambell Scientific	CS451 Sensor	SDI-12	996 €	6-18 VDC	1000 ms	< 8mA	0,1%/FS	0,2 C

Jokaiselta paineanturilta tulee painearvon lisäksi tieto anturin ympärillä olevan veden lämpötilasta.

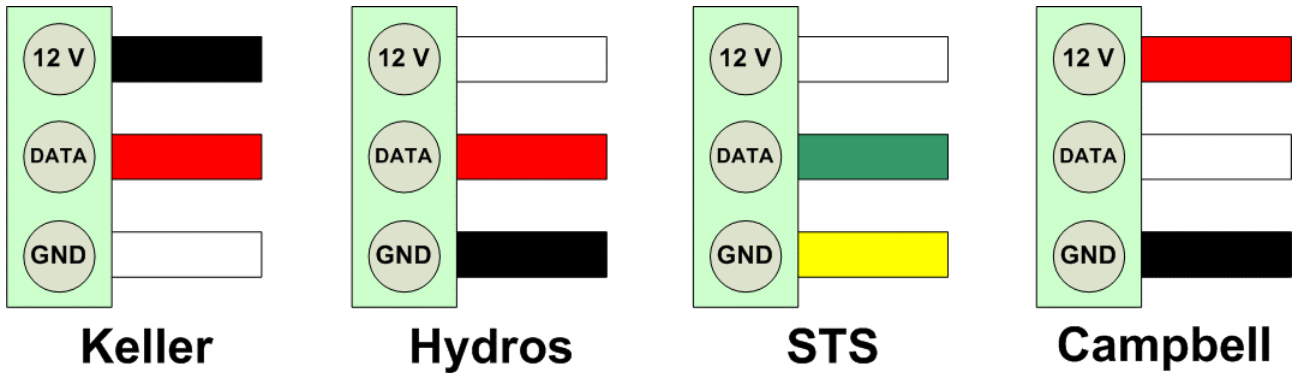


Keller Druck PR-33Xi



Meter Group HYDROS 21

Paineanturit kiinnitetään sensorilevyn liittimeen seuraavan johdotuskaavion mukaisesti.



STS paineanturin kiinnitys noodikotelon sisällä

Antureiden ilmanpaineen tasaavat kalvot/linjat tulee olla vedettynä kokonaisuudessaan anturilevykotelon sisälle läpivientireiän kautta. Läpivientiliitin tulee kiristää tiukasti kiinni.