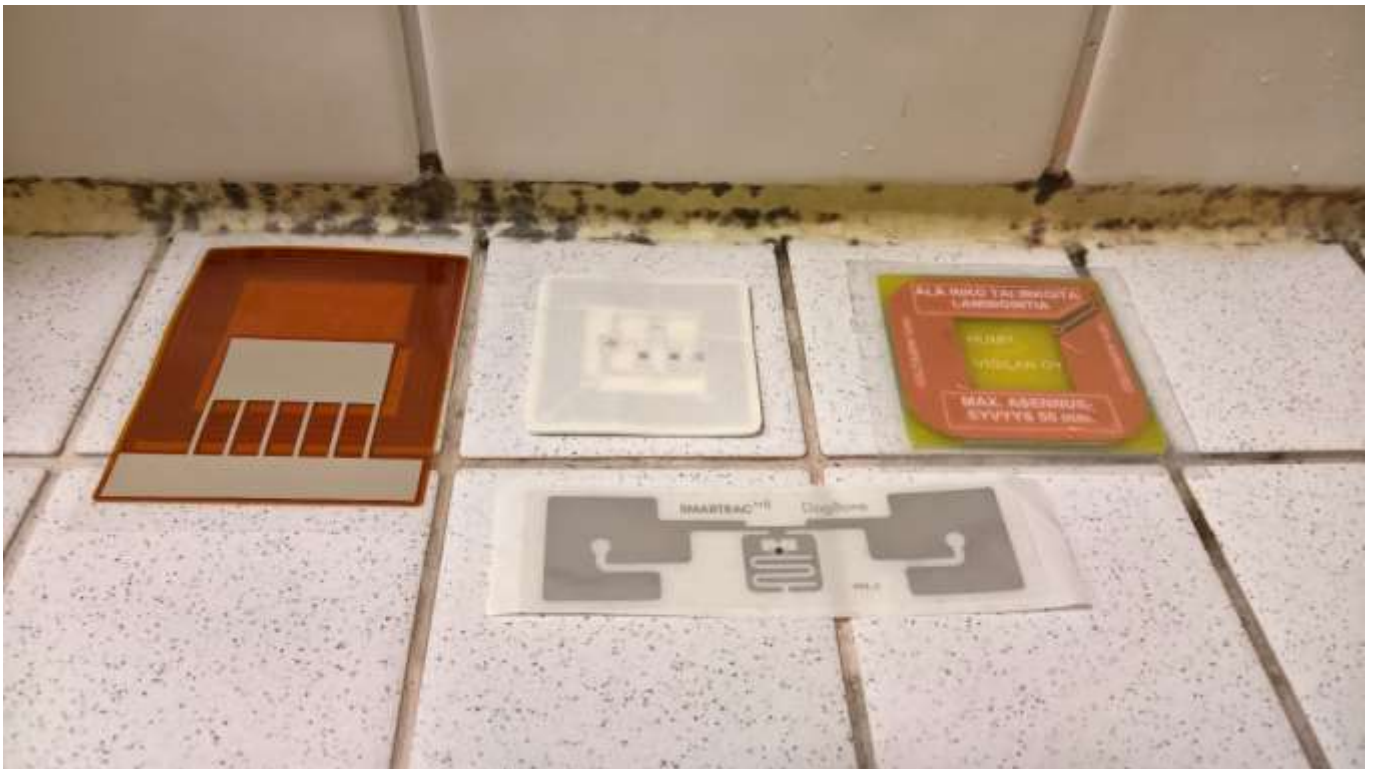


Metropolia AMK

Loppuraportti

Passiivi-RFID anturit rakennuksen kosteusvalvonnassa



Jarmo Tuppurainen
25-5-2018

Sisällysluettelo

Johdanto	2
Hankkeen toteuttaminen	2
Osallistujien yhteystiedot	2
Näkyminen	2
Anturit ja lukulaitteet.....	3
Smartrac ja NordicID	3
InviSense	4
Vigilan	5
Siltanet	6
Testirakenteet ja anturien testaaminen	6
Anturien kosteustesti	6
Kipsiseinärakenteet	6
Betonirakenteet	8
Ulkoseinärakenne.....	11
Anturien testaaminen todellisissa käyttöympäristöissä	12
Omakotitalo	13
Metropolian Myyrmäen kampuksen laajennus	15
Anturien toiminta ja rajoitukset	17
Smartrac ja Nordic-ID	17
InviSense ja M&E-Management	18
Vigilan	18
Siltanet	18
Drone lukijana.....	19
Käytössä olevat liiketoimintamallit	19
Smartrac/Nordic ID	19
M&E Management/InviSense	20
Vigilan	20
Yhteenveto anturien käytettävyydestä.....	20
Suositukset	21

Johdanto

Rakennusten kosteus- ja homeongelmat ovat merkittävä taloudellinen ja terveydellinen ongelma. 20-50% suomalaisista taloista kärsii vakavasta kosteusvauriosta. Suuri osa kosteusongelmista on piileviä ja ne tulevat esiin vasta silloin, kun vaurio on niin pitkälle kehittynyt, että huoneilmassa on terveydelle haitallisia aineita ja ihmiset alkavat sairastella mitä moninaisimmin ja epämääräisin oirein. Kosteusvaurioiden todentaminen niiden alkuvaiheessa on hankalaa, koska pelkän pikkuepäilyksen takia ei mielellään lähdetä rikkomaan rakenteita ja porailemaan reikiä vesieristeen läpi.

Hankkeen toteuttaminen

Rakennuksen kosteusvaurioiden nopean havainnoinnin ja paikallistamisen tarve on kasvava trendi ja sen ratkaisemiseksi tarvitaan rakennuksissa digitaalisia elinkaarenaikaisia kosteusvaurioiden tunnistamismenetelmiä. Projektin tavoitteena oli kokeilla ja testata soveltuuko edulliset passiivi RFID anturit rakennuksen kosteusvaurioiden tunnistamiseen varsinkin rakennuksen käytön aikana.

Hankkeen toteuttajana oli Metropolia ammattikorkeakoulu ja sen rahoittajana oli Ympäristöministeriön KIRA-Digi, hallituksen kärkihanke.

Hanke käynnistettiin aluksi Smartracin ja Nordic-ID:n kanssa mutta pian hankkeen alkamisen jälkeen mukaan saatiin myös InviSense/M&E Management, Vigilan ja Siltanet. Käytännössä hankkeeseen siis osallistuivat kaikki Suomessa passiivisia RFID kosteusantureita tarjoavat yritykset. Yrityskumppanit antoivat hankkeen käyttöön antureitaan ja niille lukijalaitteet.

Antureita testattiin erilaisilla testirakenteilla sekä asentamalla niitä kahteen erilaiseen todelliseen käyttöympäristöön, joita olivat oppilaitos-uudisrakennus ja 1950-luvun omakotitalo.

Anturien toimintaa seurattiin säännöllisesti viikoittain koko hankkeen kestoajan ja hankkeen jälkeen anturit jäivät luonnollisesti paikoilleen mahdollista myöhempää hyödyntämistä varten.

Testirakenteiden avulla selvitettiin anturien toimintaa eri materiaaleissa ja käyttöoloissa sekä niiden soveltuvuutta eri käyttökohteisiin. Selvitetiin anturien tarkkuutta, asentamista ja lukemisen rajoitteita sekä dronen, eli nelikopterin sopivuutta lukemisen apuvälineenä.

Osallistujien yhteystiedot

- Metropolia ammattikorkeakoulu Oy: www.metropolia.fi
- Smartrac www.smartrac-group.com/
- InviSense <http://invisense.se/>
- M&E Management <https://me-management.fi/>
- Vigilan www.vigilan.fi
- Siltanet www.siltanet.fi

Näkyminen

Hankkeen aikana pyrittiin viestimään mahdollisimman aktiivisesti ja tuomaan passiivista RFID kosteusanturitekniologiaa tunnetummaksi. Hankkeesta kirjoitettiin blogitekstejä ja julkaistiin Youtube-videoita. Osallistuttiin Korjausneuvonnan vuosipäiville ja Asuntomarkkinat 2018 tapahtuman showroomiin. Hankkeesta julkaistiin kolme lehtijuttua (Helsingin Sanomat, Metro-lehti ja Aamuset-lehti). Hankkeen lopuksi tulokset julkaistaan Youtube-videona.



Helsingin Sanomat 12.9.2017



Korjausneuvonnan IX vuosipäivä 2017



Asuntomarkkinat 2018



Aamuset

Anturit ja lukulaitteet

Anturit ovat kaikki pieniä, kokoluokaltaan noin 6 x 6 cm ja Vigilania lukuun ottamatta ne ovat ohuita ja tarramaisia. Ne sijoitetaan rakennusvaiheessa rakenteen sisään eivätkä ne näy päällepäin millään tavalla. Tyypillisiä käyttökohteita ovat wc- ja suihkutilat sekä kaikki muut rakenteet, joihin saattaa tunkeutua kosteutta rakennuksen käytön aikana, kuten seinien ja katon eristemateriaalit, ulkokuoren läpiviennit ja lattiapinnoitteet märkätilojen kulkujen lähettyvillä.



Anturit ryhmäkuvassa: Ylimpänä Smartrac. Alhaalla vasemmalta InviSense, Vigilan ja Siltanet

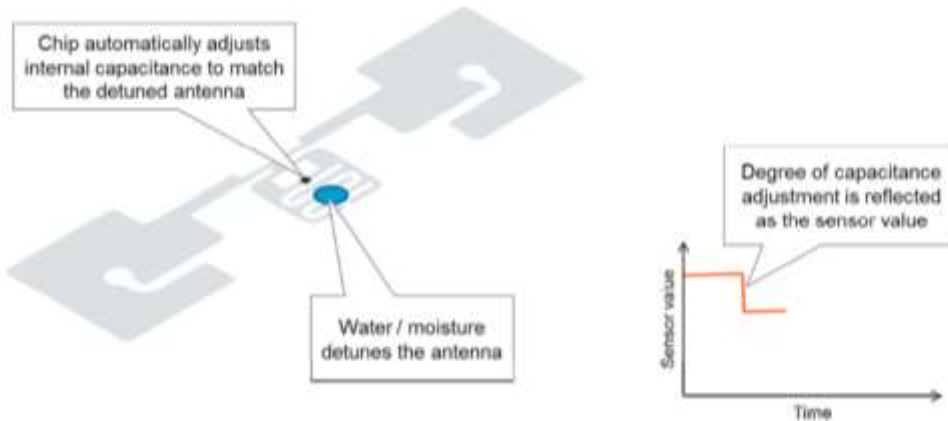


Lukijat: InviSense, Siltanet, Vigilan, NordicID ja referenssimittarina käytetty Vaisala

Smartrac ja NordicID

Smartrac passiivinen anturi toimii EPC UHF protokollalla, joka on avoin kansainvälinen standardi. Lukuetäisyys antureilla on lukulaitteesta riippuen parista metristä jopa kymmeneen metriin ja antureita voidaan lukea suuri määrä (kymmeniä) yhtäaikaaisesti. Kullakin anturilla on oma yksilöllinen ID, joten tiedon siirto ja jatkokäsittely on hyvin helppoa.

Vesi tunnetusti muuttaa RFID antennin viritystaajuutta muuttaen antennin imbedanssia kosteuden funktiona. Smartracin antureilla on kyky säätää sisäistä kapasitanssiaan vastaamaan mahdollisimman hyvin antennin muuttunutta kapasitanssia. Kapasitanssin säätäminen ilmaistaan sensorin arvona, mikä vaihtelee välillä 0 - 31.0. Kosteuden lisääntyessä anturin arvo pienenee.



Smartrac anturin toimintaperiaate

Lukulaitteena kokeiluhankkeessa käytettiin Nordic ID Merlin UHF RFID cross dipole -käsilukijaa. Tällä lukijalla saavutettiin noin kahden metrin lukuetaisyys. Tästä uudempi versio (one-sarja) kaksinkertaistaa lukuetaisyyden.



Nordic ID Merlin UHF RFID cross dipole



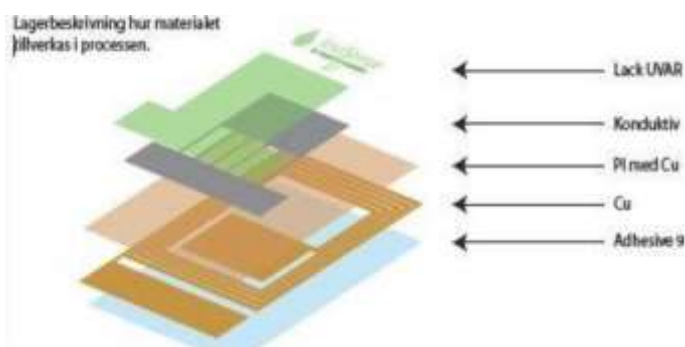
NordicID/Smartrac lukuetaisyys käytännössä

InviSense

Hankkeen aikana oli käytössä kaksi erilaista lukijaa. Alkuperäinen lukija vaihdettiin uudempaan versioon hankkeen puolivälissä. Käytännössä molemmat lukijat toimivat samalla tavalla, mutta uudemmassa oli myös tiedonsiirtomahdollisuus.



Uudempi InviSense lukija



InviSense anturin rakenne

InviSense anturi on antennirakenne ja sen toiminta perustuu kosteuden imeytymiseen kahden metallifolion väliin. Kosteus muuttaa kondensaattorirakenteen sähköisiä ominaisuuksia mikä vaikuttaa anturin resonanssitaajuuteen. Lukija pyyhkäisee taajuusalueen ja tunnistaa anturin viritystaajuuden. Taajuuden perusteella määrittyy myös anturin kosteus. InviSense ei tarkkaan ottaen ole RFID teknologiaa, vaan induktiivinen mittausmenetelmä.

Vigilan

Vigilanilla on samasta anturista useita myyntiversioita, alkaen erikoislaastilla kiinnitettävistä antureista valun eri syvyyksiin asennettaviin esivalettuihin antureihin. Vigilanin anturin toiminta perustuu erikoismentin sähköjohtavuuden mittaamiseen ja induktiiviseen lukemiseen.



Humi 1-kosteusanturisarja



Esivalettu betonivalun kuivumisseuranta-anturi



Valussa olevan anturin lukeminen



Anturin asentaminen erikoismentillä

Siltanet

Siltanetilta saatiin hankkeeseen NFC kosteusantureita, joiden valmistaja on Identiv. NFC -antureita pystyy lukemaan tavallisella älykännykällä mutta lukuetaisyys on enimmilläänkin vain pari senttiä. Anturin rakenne on sellainen, että sitä on vaikea käyttää rakennuksen kosteusvalvonnassa, joten tämän anturin kokeileminen jäi marginaaliseksi.

Testirakenteet ja anturien testaaminen

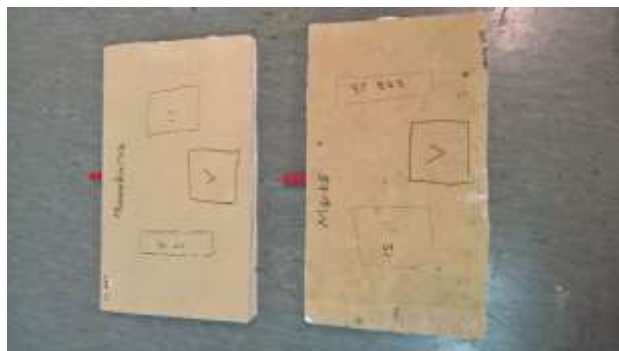
Laboratorio-olosuhteissa kokeiltiin antureita lukuisissa eri käyttösovelluksissa ja erilaisilla testirakenteilla. Testirakenteet kuivattiin aluksi minkä jälkeen niitä alettiin kostuttaa jäljitellen kosteusvaurion syntymistä. Antureita luettiin ja tulosten kehittymistä seurattiin. Kaikki anturit reagoivat rakenteen kosteuden muutoksiin.

Anturien kosteustesti

Aluksi antureita kokeiltiin sijoittamalla ne kahden kipsilevyn väliin. Toinen testipaketti annettiin olla huonekuivana ja toista kostutettiin vähitellen. Näin todettiin anturien toimivuus kosteuden mittaamisessa. Kostutuksen myötä todettiin kaikkien anturien käyttäytyvän johdonmukaisen lineaarisesti kosteuden lisääntymisen mukaisesti. Vastaavasti anturien arvot muuttuivat kostutetun rakenteen jälleen kuivuessa.



Anturien toiminnan kokeilua kipsilevyrakenteessa. Vasemmata Smartrac, Vigilan ja InviSense



Huonekuiva ja homepilkkuinen märkä testirakenne

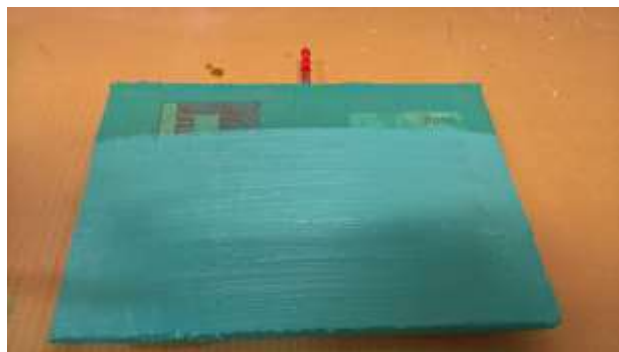
Kipsiseinärakenteet

Kipsiseinärakenteina valmistettiin useita kylpyhuoneen/märkätilan seinää mallintavia rakenteita, joissa kokeiltiin anturien asentamista eri tavoilla ja kokeiltiin anturien toimintaa rakenteiden kostuessa.

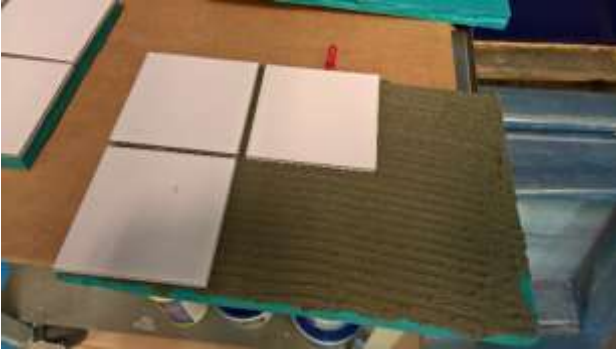
Rakenteet valmistettiin täysin aitoa rakennetta vastaavaksi eli kipsilevyn päälle laitettiin tasoite, jonka päälle siveltiin kerros Kiilto primeria ja sen jälkeen kaksi kerrosta Kiilto Kerafiber-vesieristettä. Laatat kiinnitettiin Kiilto laattalaastilla ja ne saumattiin Kiilto-saumauslaastilla.



Vigilanin anturi jää tasoiteen alle



Anturit peittyvät vesieristeen alle



Testirakenteen laatoittaminen



Laatoituslaastin kesteleminen - suihkussa käynnin simulointi

Smartracin ja InviSensen anturit ovat äärettömän helppoja asentaa. Niissä on valmiina tarrapinta ja ne vain liimataan asennuskohteeseen, käytännössä tasoitteen ja vesieristeen väliin. Vigilanin anturi on työläämpi asentaa, koska se kiinnitetään alustaan erikoislaastilla, mikä aiheuttaa myös anturirakenteen paksuuntumisen reiluun puoleen senttiin, mikä vaatii kipsiseinärakenteessa matalan kolon nävertämisen, ettei anturi jää koholle muusta pinnasta.

Rakenteita kostutettaessa vesivauriomaisesti kaikki anturit toimivat hyvin ja ne ilmaisivat kosteuden kohoamisen, samoin rakenteiden jälleen kuivumisen.

InviSensen anturi imee itseensä vesiohenteisen kosteussulun märkyyttä vesieristysvaiheessa, joten mittausarvoa ei ole mahdollisuutta saada ennen, kuin anturi on jälleen kuivunut ympäristön kosteuteen. Tämä kuivuminen kestää anturin rakenteesta johtuen pitkään, jopa viikkoja. Smartracin ja Vigilanin anturit ovat käyttökelpoisia heti vesieristeen kuivumisen jälkeen.

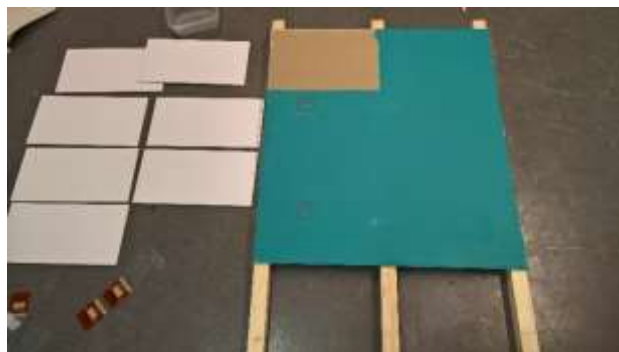
Suihkussakäyntisimulaatiossa havaittiin muutamilla testirakenteilla InviSensen kohdalla ilmiö, että kosteusarvot nousivat hyvin korkealle laattojen kiinnityslaastin kastuessa läpimäräksi. Tämä johtunee siitä, että vesieriste ei ehkä ollut riittävän paksu anturitarran kohdalla huolimatta primerista ja kahdesta vesieristeen sivelykerrasta. Anturin muovinen pinta käyttäytyi eri tavalla kuin huokoinen tasoite.

Smartracin anturia ei pystynyt lukemaan lainkaan silloin, kun laattojen kiinnityslaasti oli täysin märkää. Laastin sisältämä vesikerros vaimentaa signaalia liian paljon estäen näin lukemisen. Käytännössä Smartracia voidaan lukea suunnilleen samoissa oloissa kuin pintakosteusmittariakin, eli kun pinnan kastelusta on kulunut riittävän kauan ja laattalaasti on ehtinyt kuivua. Vigilan on täysin tunteeton laattalaastin ja pinnan märkyydelle, joten Vigilanin antureita voi lukea vaikka heti suihkun jälkeen.

Alla olevissa kuvissa esitetty iso seinärakenne on jaettu vaakasuunnassa kahtia, jolloin puolet rakenteesta voidaan kastella toisen puolen ollessa koko ajan kuiva. Tätä demorakennetta käytettiin mm. Asuntomarkkinat 2018 tapahtumassa.



Iso kylpyhuoneen seinän testirakenne



Testirakenne vesieristettynä



Saumausta vaille valmis



Kasteltu alaosa ja mittausputki referenssimittarille

Betonirakenteet

Betonirakenteina valettiin ensin kolme raudoitettua noin 10 cm:n paksuista betonilaattaa, jotka vastasivat tavanomaista valettua lattiarakennetta. Kukin laatta anturoitiin eri tavoilla siten, että pystyttiin kokeilemaan betonin kuivumisen seuranta ja käytönaikaista kosteudenvälvontaa.

Valettaessa märkään valuun sijoitettiin InviSense- ja Smartrac-antureita. Kumpaakaan anturia ei pystytty lukemaan heti asentamisen jälkeen, koska valun sisältämä vesi vaimensi anturien ja lukijoiden välisen signaalin.



Testilaattojen valaminen alkamassa



Antureita sijoitettiin eri syvyyksille betonivaluun

Laattojen annettiin kuivua huonetilassa pari kuukautta, kunnes niiden kosteus oli noin 80 %RH. Kuivumista seurattiin Vaisalan referenssimittarilla laatan paksuuden puolivälistä, noin 8 cm:n etäisyydellä laatan sivureunasta. Valujen kuivuttua riittävästi niiden pinta harjattiin puhtaaksi teräsharjalla ja asennettiin niiden pintaan lisää antureita, koska haluttiin kokeilla anturien toimintaa sekä tasoitteen alla,

että tasoitteen päällä. Vigilanin anturit asennetaan tasoitteen alle, koska antureilla on paksuutta puolisen senttiä. InviSense on tarkoitettu asennettavaksi tasoitteen päälle, mutta haluttiin kokeilla sitä myös tasoitteen alla. Smartracin antureille ei asennusohjeita rakennusten kosteudenmittauskäyttöön ole, joten niitä laitettiin kaikkiin mahdollisiin paikkoihin.



Valun kuivumisen odottelua



Antureita kuivuneiden valujen sisällä ja pinnalla

Laatan pintaan asennetut anturit peitettiin tasoitteella ja tasoitteen kuivuttua sen päälle laitettiin lisää antureita, minkä jälkeen koelaatat vesieristettiin Kiilto-materiaaleilla. Vesieristeen kuivapaksuuden tulee olla vähintään 0,5 mm. InviSensen anturin pinta hylkii lievästi vesieristettä, joten se voi vaatia ylimääräisen sivelykerran. Alla olevassa kuvassa näkyy, miten InviSensen ja Smartracin anturit kuultavat vesieristeen läpi. Smartracin anturin toiminnan kannalta tällä ei ole merkitystä koska anturin toiminta perustuu eri ilmiöön kuin InviSensen.



Tasoite, jonka alla ja päällä on antureita



Vesieristäminen, kaksi kerrosta

Kaksi testilaattaa päällystettiin erikokoisilla laatoilla. Laatat kiinnitettiin laattalaastilla. Kolmas testilaatta päällystettiin muovimatolla, joka liimattiin alustaan Kiillon liimalla. Laatoitukset saumattiin saumaustaastilla.

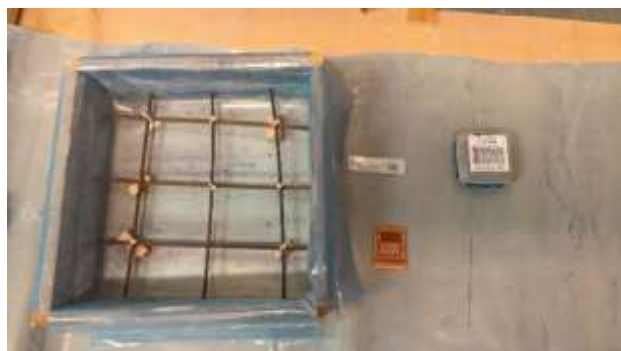


Testilaatat odottamassa pinnoitusta. Kesimmäiseen on jo levitetty liima muovimattoa varten.



Betonirakenteet pinnoitettuna Asuntomarkkinat 2018

Kolmea ensimmäistä laattaa valettaessa ei vielä ollut käytettävissä Vigilanin antureita, joten myöhemmin valettiin vielä neljäs laatta, johon asetettiin myös Vigilanin betonin kuivumisen seurantaan tarkoitettu anturi. Sen lisäksi laattaan tuli luonnollisesti myös InviSensen ja Smartracin antureita.

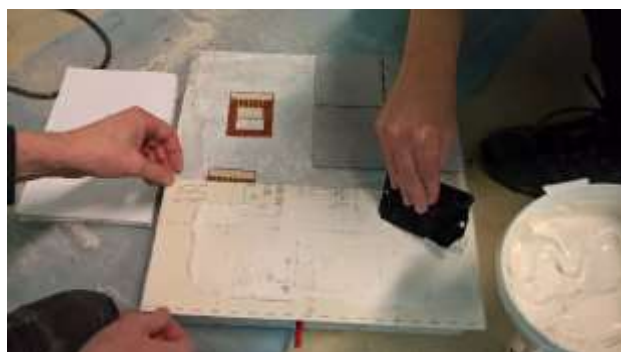


Neljännän laatan valu



Anturit sijoitettuna neljännän laatan valuuun. Oikealla ylhäällä Vigilanin betonin kuivumisen seuranta-anturi. Muovinen kehikko varmistaa oikean asennussyvyyden.

Neljäs laatta pinnoitettiin osittain muovimatolla ja keraamisella laattalla. ¼ laatasta jätettiin paljaaksi.



Neljännän testilaatan pinnoitus



Neljäs testilaatta valmiina

Betonilaattoihin asennettuja antureita testattiin antamalla laattojen kostua alhaalta päin, asettamalla ne noin sentin syvyyseen veteen. Vigilanin anturit toimivat kaikissa tilanteissa johdonmukaisesti. InviSensen anturien toiminta sen jälkeen, kun ne olivat kuivuneet rakenteen sisällä, oli myös hyvää. Valun sisään asennettujen InviSense anturien lukeminen oli epävarmaa. Smartracin anturien toiminta oli myös vähän epävarmaa betonirakenteilla, koska betonin sisältämä vesi vaimensi signaalia voimakkaasti. Etenkin valun sisään asennettuja antureita oli lähes mahdotonta lukea. Samoin kun laattojen kiinnityslaasti

kasteltiin, ei lukeminen onnistunut enää lainkaan veden vaimentaessa signaalin. Vigilanin betonin kuivumisen seuranta-anturia voi käyttää myös käytönaikeiseen kosteudenseurantaan.

Osa antureista tuli lähelle betoniraudotusta, mikä aiheutti virheellisiä lukemia. Suojaetäisyytenä metalleihin voidaan pitää noin 5 cm. Sitä lähempänä metalli voi aiheuttaa ongelmia lukemisessa ja virheellisiä mittausarvoja.

Asentaminen tasoitteen alle tai päälle ei aiheuttanut muutoksia InviSensen tai Smartracin antamiin lukemiin.

Ulkoseinärakenne

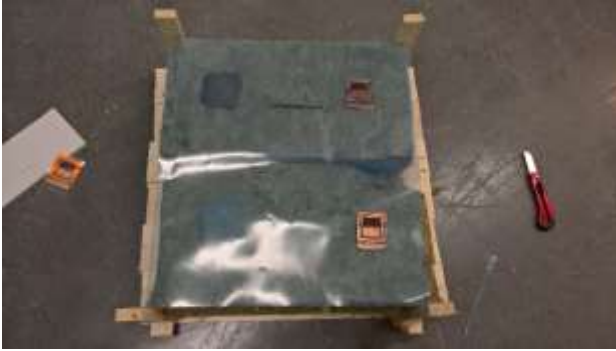
Ulkoseinärakenteeksi valittiin perinteinen puurakenne, missä ulkoapäin katsoen on ensin lautaverhoilu, tuuletusrako, tuulensuojalevy, eristevilla, höyrynsulkumuovi ja sisäverhouskipsilevy. Seinärakenne tehtiin kaksiosaisena siten, että puolet eristevilloista voitiin kokeilujen aikana kastella toisen puolen pysyessä kuivana.



Ulkoseinärakenne. Villat jaettu kahtia demojärjestelyä varten. Vigilanin esivaletut anturit vasemmalla.



Smartrac asennetaan eristevillan sisään



Ulkoseinärakenteen anturointia



Anturien paikat



Ulkoseinärakenne valmiina



Seinän rakenne sivulta

Ulkoseinärakenteessa kaikki anturit toimivat hyvin. Smartracin anturit pystyi lukemaan sekä seinärakenteen ulko- että sisäpuolelta, InviSensen ja Vigilanin sisäpuolelta, koska anturit oli sijoitettu lähelle seinärakenteen sisäpuolta. Anturit reagoivat odotetusti kosteuden muutoksiin.

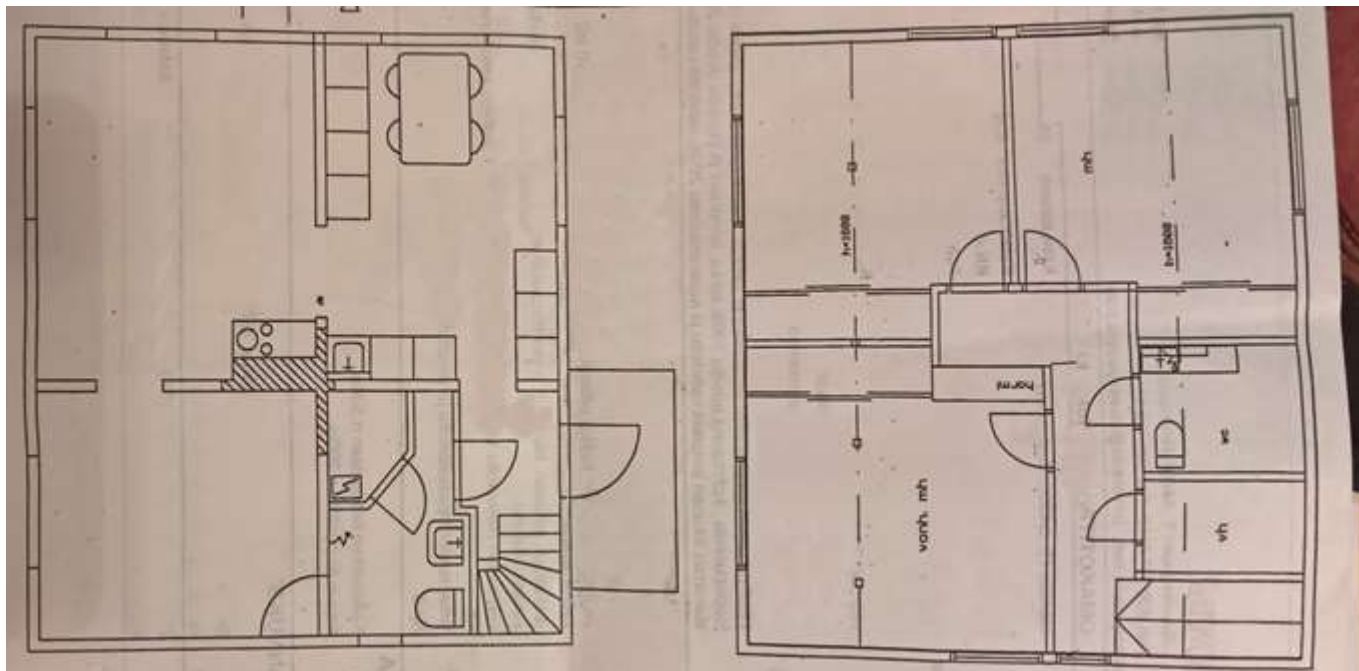
Anturien testaaminen todellisissa käyttöympäristöissä

Antureita asennettiin kahteen todelliseen käyttöympäristöön ja niitä mitattiin säännöllisesti koko hankkeen ajan. Anturit jäivät paikalleen hankkeen jälkeen ja niitä voidaan hyödyntää jatkossa esimerkiksi anturien pitkäaikaisluotettavuuden seurannassa.

Mittauskohteiden kosteus mitattiin omakotilokohteessa jokaisesta mittauspaikasta jokaisella anturien lukemiskerralla myös referenssimittarilla. Uudiskohteessa Metropolian Myyrmäen kampuksen laajennuksessa ei referenssimittauksena käytettyä porareikämittausta voitu suorittaa, koska uusia rakenteita ei haluttu vaurioittaa. Passiivisten anturien etuna onkin, että mittauksessa ei rakenteisiin tarvitse kajota, kun anturit on asennettu sisälle rakenteisiin.

Omakotitalo

Ensimmäisenä testikohteena oli vuonna 1955 rakennettu Tuusulassa sijaitseva kaksikerroksinen rintamamiestalo, jossa kellaritilassa oli havaittavissa kosteusvaurioiden jälkiä. Kellarissa oli aikaisempina vuosina ollut etenkin keväisin lattialla runsaasti vettä, seinäpinnat märät ja puuosien homehtumista johtuen puutteellisista viemäroinnistä ja tuuletuksesta. Hanketta edeltävänä kesänä kellarin asennettiin lattiakaivoon pumppu poistamaan kertyvää vettä ja kosteusanturilla ohjattu poistoilmahuuhallin pitämään kellarin ilma kuivana.



Pohjapiirros

Kellariin asennettiin antureita kahteen eri paikkaan. Paljaaseen betonipintaan sokkelimuuriin lähelle talon keskustaa sekä käytöstä poistettujen portaiden lautaverhoiluun sivuseinään lautaverhoilun alle. Talon asukas on aikeissa tulevaisuudessa purkaa kosteusvaurioitunut lautaverhoilu pois. Nämä jälkimmäiset anturit sijaitsevat kylpyhuoneen suihkun alapuolella.



Anturin asentaminen lautaverhoilun taakse



Kosteuden mittaaminen referenssimittarilla

Talon ulkoseinään metsän puolelle asennettiin antureita kylpyhuoneen vastaiseen seinään tuulensuojalevyn ja eristevillan väliin. Seinärakennetta avattiin sen verran, että anturit saatiin asennettua rakenteen sisään. Referenssimittaria varten porattiin seinään mittausreikä.



Anturien sijainti ulkoseinässä kylpyhuoneen ikkunan alapuolella



Anturien asentaminen ulkoseinärakenteeseen

Olohuoneen ikkunan alle talon sisäpuolelle asennettiin antureita ikkunan alapokan alle sekä höyrynsulkumuovin ja eristevillan väliin.



Anturi ikkunan alapokan alle



Anturi villan ja höyrynsulkumuovin väliin

Vesikatteen ja aluskatteen alle kattotuoliin asennettiin antureita.

Yläpohjan rakenteisiin asennettiin antureita eristevillan ja höyrynsulkumuovin väliin sekä höyrynsulkumuovin alle. Nämä anturit pystyttiin lukemaan alla olevasta huoneesta katon läpi. Kattoon porattiin reikä, mistä referenssimittarin anturi saatettiin työntää mittaushuoneeseen.



Yläpohjan anturointia



Anturit villojen alla



Yläpohjan anturien lukeminen huoneen katon läpi



Kattotuolin anturointia. InviSensen anturi vielä peittämättä.

Metropolian Myyrmäen kampuksen laajennus

Metropolian Myyrmäen kampukselle oli rakenteilla iso laajennusosa, jonne asennettiin antureita kahteen tilaan: Huoneen C235, pienryhmätoimintatila, ulkoseinärakenteeseen ja WC-märkätilan C227 lattiaan ja seiniin.

Seinärakenteessa asennusvaiheessa eristevillat olivat lievästi kostuneet ja rakenteita pidettiin auki useita viikkoja villojen kuivumisen takia. Kun antureita luettiin myöhemmin, niin nähtiin selkeä muutos seinärakenteen kuivussa. Maaliskuussa 2018 InviSense antoi kosteusarvoksi 10%RH ja Smartrac/Nordic-ID kalibrointi-arvot olivat nousseet kahdesta kolmeen yksikköä (28.0...31.0 -> 31.0) eli lievästi kosteasta kuivaan.

Osa asennetuista antureista jäi myöhemmin asennetun alumiinisen johtokotelon taakse, mikä esti joidenkin anturien lukemisen valmiista seinärakenteesta. Tämä on hyvä esimerkki siitä, että anturien käyttäminen ei ole niin yksinkertaista kuin voisi luulla.



Anturien asentaminen huoneen C235 ulkoseinään



InviSense ja Smartrac

LOPPURAPORTTI

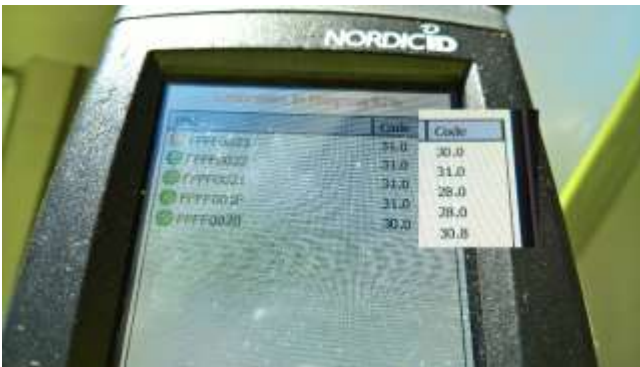
Passiivi-RFID anturit rakennuksen kosteusvalvonnassa



Seinärakenne valmiina maaliskuussa 2018



Täysin kuivat eriste villat



Smartrac ja Nordic-ID näyttää kuivaa. Pikkukuvassa asennusvaiheenlievästi kostuneen villan lukemia



Alumiininen johtokotelo estää anturin lukemisen

Märkätilarakenteessa C227, naisten WC, asennettiin anturit seinään ja lattiaan. Sekä seinä- että lattia olivat betonirakenteisia. Anturit asennettiin paikalleen ja niiden päälle siveltiin yksi kerros vesieristettä. Anturien toiminta varmistettiin lukemalla ne ennen vesieristystä.



Anturien paikat C227



Tila C227



Anturien asennus tilaan C227



Anturien päälle vesieristettä



Anturien toimivuuden varmistaminen. Luku onnistuu seinän molemmilta puolilta samanaikaisesti



Anturit toimivat hyvin

Rakennustyön edetessä antureita käytiin lukemassa säännöllisesti ja ne toimivat hyvin ja johdonmukaisesti. Kostuneiden seinävillojen kuivuminen näkyi anturien arvoissa, samoin märkätilojen betonin hidas kuivuminen kuukausien kuluessa.

Anturien toiminta ja rajoitukset

Jokaisen hankkeessa kokeiltavana olleen anturin toiminta on erilainen kuin muilla ja kullakin anturilla on vahvuutensa, mutta myös rajoitteensa.

Smartrac ja Nordic-ID

Reagoi anturin antennirakenteen kapasitanssin/viritystaajuuden muutokseen.

- + Yksilöllinen tunniste
- + Helppo asennettavuus
- + Lukeminen etäältä, lukijasta riippuen -> 5 m
- + Usean anturin lukeminen kerralla
- + Halpa anturi, noin 1 €/kpl
- + Lukulaite 500....2 000 €
- Kalibrointi-arvo, ei %RH
- Toimivuus eri materiaaleilla

- Rajoitteet betoni- ja märkätilarakenteissa. Vesi vaimentaa signaalin.
- Ei valmista järjestelmää rakennuspuolella
- Haluavat myydä antureita ja lukijoita, ei palvelua. Palvelu kumppanien kautta.

InviSense ja M&E-Management

Toimintaperiaatteena mitata anturin sisään imeytyvästä kosteudesta aiheutuvaa kapasitanssin muutosta.

- + Helppo asennettavuus
- + Luettavissa 5-133 %RH
- + Anturin hinta 10 €/kpl, suurissa määrissä vähemmän
- + Tuote ja palvelu valmiina
- + Lukuetäisyys 15 cm
- Ei yksilöllistä tunnistetta, pitää merkitä erikseen
- Oltava tarkkana, että vesieristettä tulee anturin päälle riittävän paksu kerros
- Lukulaite 5 000 €, seuraava malli tulee olemaan noin 2 000 €
- Mieluiten palveluna kuin lukijoiden myyntinä

Vigilan

Mitataan erikoisbetonin kosteudesta aiheutuvaa sähkönjohtavuuden muutosta. Kiinteän rakenteen anturi.

- + Useita antureita eri tarkoituksiin: esivalettu, valuihin tarkoitettu, pelkkä anturi+erikoisbetoni
- + Anturin hinta 15...60 €/kpl
- + Tuote ja palvelu valmiina
- + Lukija 1 600 €
- + Lähinnä laitemyyntinä, myös mittauspalvelu
- + Vaikuttaa tarkimmalta kokeilluista
- + Lukuetäisyys 10 cm
- + Pilvipalvelu juuri tulossa
- Ei yksilöllistä tunnistetta tällä hetkellä
- Asennus työläämpää kuin tarra-antureilla (anturi+erikoisbetoni)
- Vain yli 55%RH lukemat

Siltanet

- + Kännykällä luettava

- + Kosteus ja lämpötila
- + Yksilöllinen tunniste
- + Pilvipalvelu valmiina, kk-maksullinen
- + Kaikilla lukulaite, kännykkä, omasta takaa.
- + Anturin hinta 50 €/kpl
- Rakenteensa vuoksi ei oikein sovellu rakennekosteuden mittaamiseen
- Lukuetaisyys < 2 cm

Drone lukijana

Hankkeessa oli mukana Arctic Robotics nelikopterilla eli dronella. Arctic Roboticsin ydinosaaminen liittyy heidän itse kehittämäänsä droneen, joka pystyy omatoimisesti navigoimaan ja lentämään sisätiloissa. Hankkeessa kokeiltiin, miten sisätiloissa lentävää dronea voitaisiin käyttää passiivi RFID kosteusantureiden lukemiseen.

Ainoa dronella lukemiseen soveltuva RFID kosteusanturi oli Smartrac, koska muilla antureilla lukuetaisyys ei ollut riittävän suuri. Smartracin anturin lukeminen onnistui hyvin, mutta lentäminen omatoimisen navigoinnin varassa ei passiivi RFID anturien kohdalla tunnu tarpeelliselta, koska näitä antureita luetaan suhteellisen harvoin. Sen sijaan dronea voi hyödyntää hankaliin paikkoihin, esimerkiksi korkealle ulkoseinärakenteeseen asennettujen anturien lukemiseen.

Drone aiheuttaa voimakkaan ilmavirran, mikä on ongelmallinen sisätiloissa. Toisaalta dronejen käyttäminen erilaisissa sovelluksissa lisääntyy nopeasti, joten lähitulevaisuudessa anturien lukeminenkin saattaa olla käytännöllinen vaihtoehto automaattiseen lukemiseen joissain tilanteissa.



Drone lukee Smartrac anturia. Anturi merkitty nuolella.

Käytössä olevat liiketoimintamallit

Jokaisella anturi/lukijatoimittajalla on omanlaisensa liiketoimintamalli. Kaikilla on kuitenkin tulevaisuuden suunnitelmissa suuntautua enemmän palvelun tarjonnan suuntaan. Alla on esitetty tarkemmin kunkin yrityksen tämänhetkinen ansaintamalli:

Smartrac/Nordic ID

Smartrac toimittaa antureita ja Nordic ID lukijoita. Heidän kannaltaan mielekkäintä, että löytyisi sopiva yhteistyökumppani rakentamaan tarvittava palvelu kosteusanturien hyödyntämiseen. Tästä on projektin puitteissa käyty keskusteluita eri tahojen kanssa.

M&E Management/InviSense

Liiketoimintamalli perustuu palvelumyyntiin, eli lukijalaitteita ei tarjota asiakkaille. Aktiivisen kontaktoinnin ja kiinteistöjen omistajien kiinnostuksen herättäminen esittelykäynneillä tähtää asiakkaiden laadunvalvonnan parantamiseen kiinteistöjen rakentamisen tai korjaustöiden jälkeen Invisense-kosteusanturien hankinnalla, asennuksella ja jatkuvalla seurantamittauksilla raportoituna kiinteistöjen rakenteissa helposti. Lisäksi on mahdollista sopia asiakkaiden kanssa ideoiden erilaisia kokonaisuuksia, mutta alla oleva malli on perustoimintamalli:

1. Asennus ja aloituspaketti. Annetaan tarjous asiakkaan kiinteistön pohjapiirroksen ja rakennetietojen perusteella uudis- ja peruskorjauskohteisiin.
2. Jatkuva mittauspalvelu. Huoltosopimus, jossa määritellään säännölliset mittauskäynnit asiakkaan kohteessa ja tulosten raportointi.
3. Lisätilausmittaus. Ongelman seuranta asiakkaan tarpeen mukaan erikseen sovittuna tuntityöperiaatteella.

Vigilan

Tarjolla erilaisia kosteusantureita ja lukulaitteita sekä rakentamisen aikaiseen betonin kuivumisen seurantaan, että märkätilojen käytönaikaiseen seurantaan. Tarjotaan asiakkaalle heidän tarpeeseensa sopivat anturit ja lukijalaite. Pääsääntöisesti asiakas asentaa anturit itse ja myös seuraa itse anturien kosteuskokemia. Tarvittaessa myös mittauspalvelu.

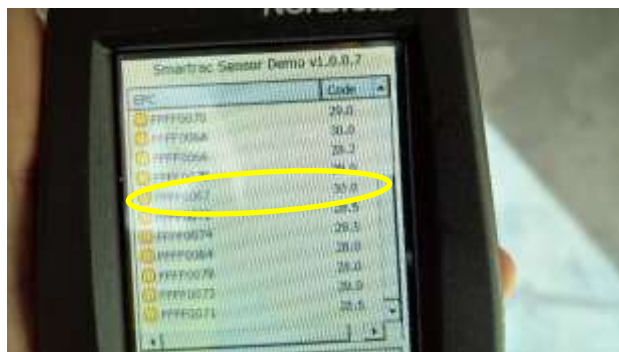
1. Humi 1-kosteusanturisarja märkätilojen seurantaan.
2. Humi 2-kosteusanturit betonivalun kuivumisen seurantaan.
3. Humi D-lukulaite tai lukupalvelu Humi-antureiden mittaukseen ja raportointiin.

Yhteenvedo anturien käytettävyydestä

Smartracin anturi toimii erittäin hyvin ulkoseinärakenteissa. Näillä antureilla on helppo kattaa suuri pinta-ala ja ne on helppoa lukea yhdellä kertaa usean metrin etäisyydeltä. Olisi hyödyllistä asentaa Smartracin antureita jo tehtaalla eristevillojen sekaan, jolloin olisi mahdollista valvoa villojen kosteutta niin koko rakennusprosessin- kuin rakennuksen käytönkin aikana. Märkätiloihin ja betonirakenteisiin ei Smartrac sovellu parhaalla mahdollisella tavalla, koska suuri märkyys vaimentaa anturin signaalin lukukelvottomaksi.



Smartrac anturi asennettuna eristevilloihin Metropolian Myyrmäen kampuksella



Anturien testiluku asennuksen jälkeen

InviSense sopii märkätiloihin ja jossain määrin seinärakenteisiin sekä esimerkiksi ikkuna-aukkojen kosteudenvälvontaan. InviSense on yhtä helppo ja nopea asentaa kuin Smartrac, koska se on käytännössä ohut tarra. InviSenseä käytettäessä märkätiloissa täytyy huomioida pitkäaikainen aika, vähintään 4 kk asennuksen jälkeen, ennen kuin anturi alkaa näyttää tarkkoja lukemia. InviSensen antureita on helppoa laittaa muovimaton, laminaatin ja muiden lattiapinnoitteiden alle.



InviSense antureita lattiakaivojen ympärillä



InviSense, pilvipalvelun käyttöliittymä - anturikartta

Vigilan on parhaimmillaan märkätila- ja betonirakenteissa. Se on suunniteltu lähtökohtaisesti kiinteiden materiaalien kosteuden mittaamiseen. Vigilania voidaan käyttää niin rakentamisen aikaiseen betonivalun kuivumisen seurantaan kuin käytön aikaiseen kosteuden seurantaan. Se antaa oikeat lukemat jo pari tuntia asentamisen jälkeen. Vigilanin kohdalla on huomioitava asentaminen erikoislaastilla mikä tekee asentamisesta hitaampaa ja antureista paksumpia.



Vigilan anturin asentaminen sähkölämmitteiseen betonilattiaan



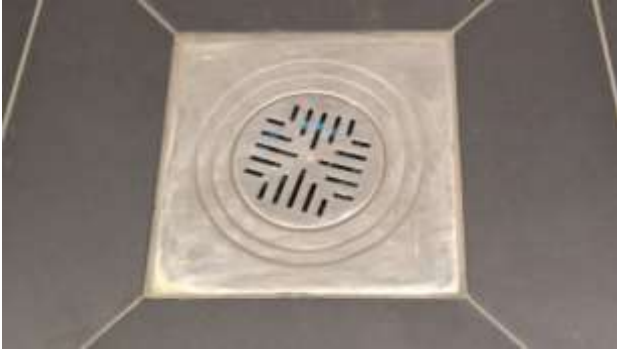
Vigilan esivalettu HUMI-2 kosteusanturi

Suosituksset

Projektin kokeilujen perusteella voidaan sanoa passiivi RFID kosteusanturien sopivan hyvin rakennusten kosteusvalvontaan. Anturien erilaisuuden myötä on huomioitava, että yhden toimittajan anturilla ei voida kattaa koko rakennuksen kosteusvalvontaa vaan tarvitaan aina kaksi anturityyppiä, joista toinen on Smartrac ja toinen Vigilan tai InviSense.

Anturien asentamisen näennäisestä helppoudesta huolimatta on huomioitava muutamia perusasioita.

Anturit on valittava etukäteen kuhunkin tilaan sopiviksi ja niiden paikat on suunniteltava huolellisesti huomioiden erityisesti asentamisen jälkeinen loppukäyttötilanne. Märkätiloissa optimaalisia asennuspaikkoja ovat lattiakaivon ympäristö, suihkunurkkaus, suoralle vedelle alttiit seinäpinnat ja muut paikat, joissa rakenteisiin joutuvan kosteuden riski on suuri. Lattiakaivojen kohdalla on huomioitava lattiakaivon kauluksen leveys. Anturit eivät saa jäädä edes osittain metallisen kauluksen alle, vaan vähintään 5 cm kauluksen ulkopuolelle. Toisaalta anturit pitäisi saada mahdollisimman lähelle lattiakaivon aukkoa. Pitää myös huomioida, että tiloihin tulevat (kiinteät) kalusteet eivät estä anturien lukemista.



Lattiakaivon leveä kaulus



Kapeakauluksinen lattiakaivo



Metalliset vesi- ja viemäriputket voivat estää anturien lukemisen



Metallisen johtokotelon taakse jääneitä antureita

Tarramaisia antureita asennettaessa on etenkin betonipinta puhdistettava huolellisesti, että anturi ei irtoa asennuksen jälkeen vesieristettä laitettaessa. Lattialla olevat anturit ovat myös alttiita vaurioitumaan ennen kuin lattiapinta on asennettu. Tavallisen päälle astumisen anturit kyllä kestävät mutta voimakkaampi rasitus voi rikkoa ne.

Anturien lähellä oleva metalli häiritsee anturien toimintaa. Turvallisena suojaetäisyytenä voidaan pitää viittä senttiä. Jotkut tasoitteet sisältävät metallia. RFID antureita käytettäessä on metalliton tasoite parempi vaihtoehto. Peltipinnoitteisissa villaelementeissä ei antureita voi käyttää. Samoin metalliset ikkunanpokat, ikkunalaudat jne. asettavat haasteita anturien käyttämiselle.



Metallipinnoitteisessa villaelementissä ei antureita voi käyttää

Loppuyhteenvetona voi sanoa, että passiivi RFID kosteusanturointi on hyvä ratkaisu rakennusten kosteuden valvontaan huomioiden sen, että anturit eivät anna reaaliaikaista jatkuvaa kosteustietoa, vaan ne on käytävä erikseen lukemassa. Toisaalta näillä antureilla havaitaan hitaasti etenevät kosteusvauriot

hyvissä ajoin ennen kuin ne kehittyvät laajoiksi, vakaviksi ja terveyttä uhkaaviksi kalliisti korjattaviksi kosteus- ja homevaurioiksi.



Nämä voidaan välttää passiivi-RFID kosteusantureiden avulla