

## Pöide kiriku seinte niiskusmõõtmised.

### Mõõtevahendid:

- materjalide niiskusesisalduse mõõtja *Moist 200* anduriga *Moist P* (mõõtesügavus kuni 30 cm)
- soft: MoistAnalyze 3.01, MS Excel, CorelDraw

### Mõõtmismetoodika

Mõõtmised on teostatud sammuga 1 × 1 meetrit. Igas punktis on mõõtetulemus kolme veidi nihutatud kohas tehtud mõõtmise keskmine. Mõõtmised on teostatud niiskusindeksi mõõtmise režiimis (mõõtetulemus arv 0 kuni 4000). Niiskusindeks on teisendatud seina niiskusesisalduseks kasutades kalibreeringut Kaarma dolokivile. Mõõtmistulemused on esitatud niiskusjaotuse kaardina, kus sinise tooni intensiivsus näitab seina veesisaldust kaaluprotsentides ( $W$ , %) kuiva materjali suhtes sammuga 2%. Niiskusjaotuse kaartidele on lisatud kogu mõõdetud seina keskmine niiskusesisaldus  $W_{avg}$  (%) ja keskmised niiskusesisaldused erinevatel kõrgustel  $W_{avg, h}$  (%) (punase fondiga numbrid kaardi vasemas servas).

Seinte niiskusmõõtmiste tulemuste hindamisel peame silmas pidama, et mikrolainete peegeldumise kaudu arvatud seinte niiskusesisalduste absoluutväärtusi ei saa võtta suure usaldusväärsusega, sest tegemist on siiski kaudsete mõõtmistega, seinte ehitamisel on kasutatud erinevaid kive (näiteks Pöide kirikus on kasutatud kohalikku dolokivi Jaagurahu ja Rootsiküla lademetest, Kaarma dolokivi, paekivi Gotlandilt [Perens 2012] ja telliseid), seina sees võib olla tühemikke või mingit muud materjali, millede olemasolu peaks siis eraldi uurima jne. Siiski niiskusjaotuse iseloom annab küllaltki informatiivse pildi niiskusega seotud probleemidest.

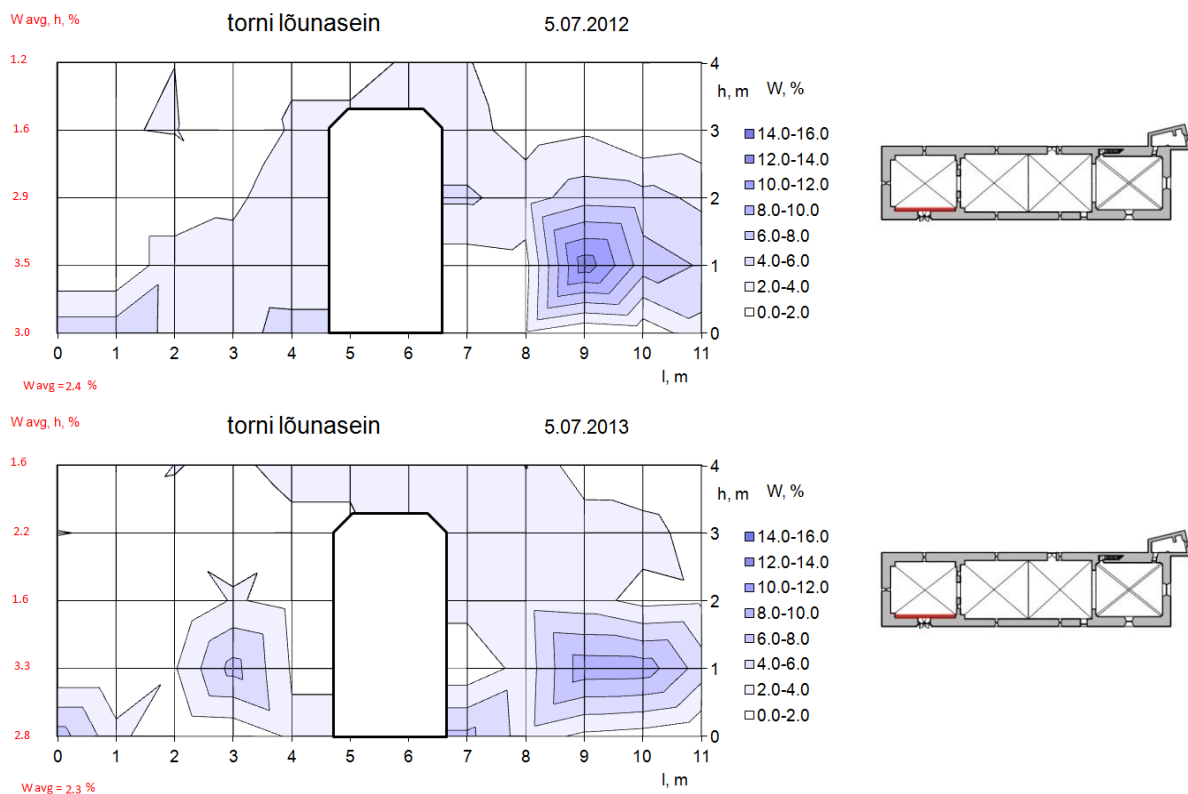
Mõõtmisi on teostatud alates aastast 2012.

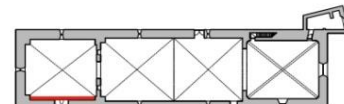
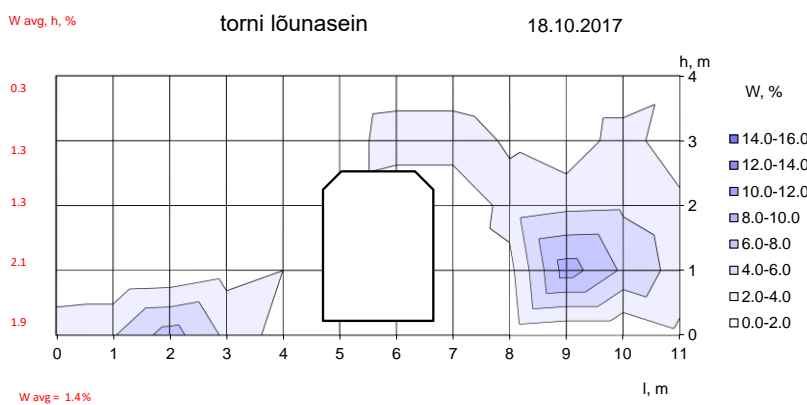
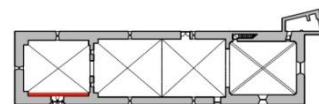
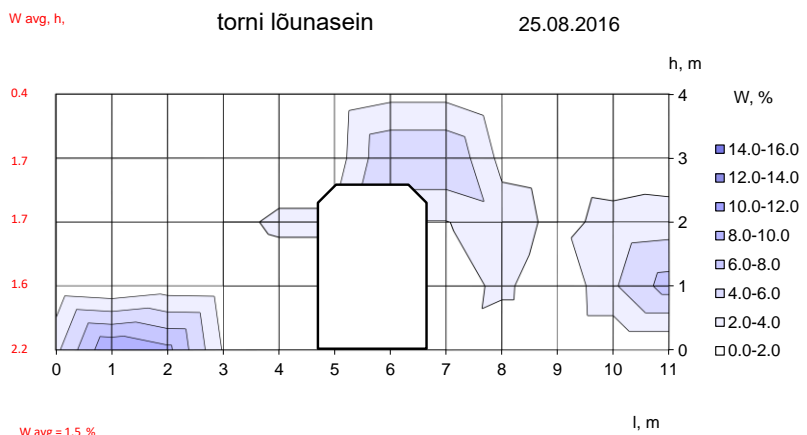
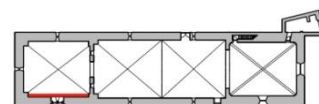
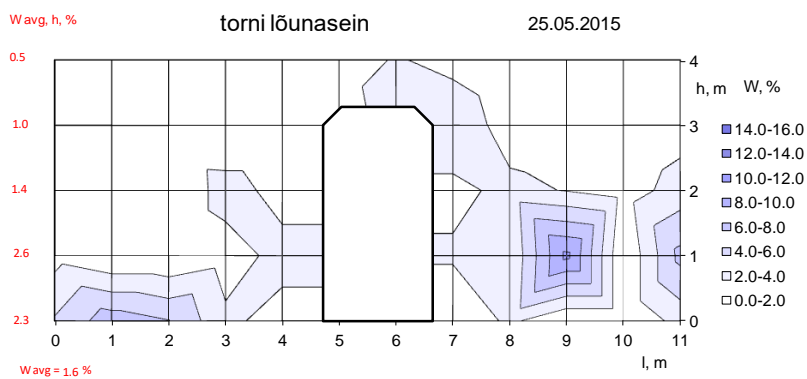
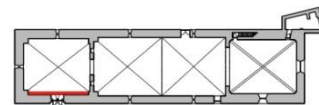
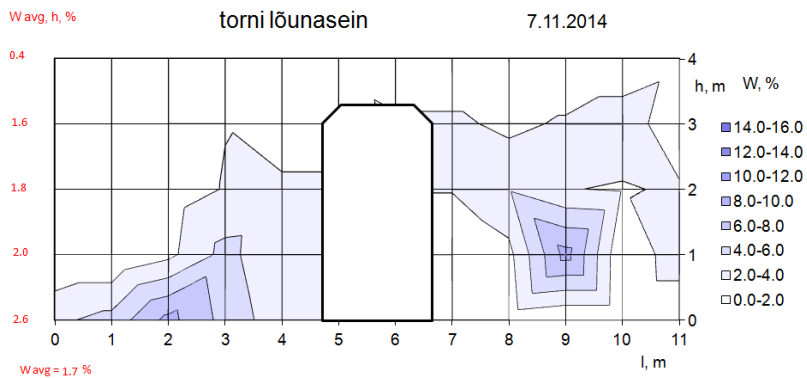
## Mõõtmistulemused:

### Tornialuse ruumi (narteksi) lõunasein.

Seina sisekülje pinnakihis on märgata pinnasest pärit kapillaarse vee olemasolu ja üks eriti niiske piirkond, kus esineb ka tugev sooldumine (sool peamiselt  $\text{KNO}_3$ ). Tavaliselt on seinte pinnale kristalliseerunud nitraadid bioloogilise taustaga, näiteks Pöides oleks võimalik nitraatide sattumine seina linnusõnnikust, mida kiriku torni ülemistel korrustel on piisavalt. Teiseks võimalikuks nitraadi allikaks võib olla ka väetis, mida võidi ladustada kirikus nõukogude ajal kui kirikut kasutati laona.

Eristatav on pinnasest tõusev kapillaarne vesi ja ka tõenäoliselt välisseina lagunenud vuukide kaudu seina kõrgematesse osadesse pääsenud vesi.

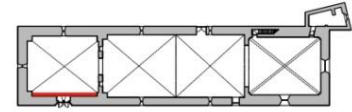
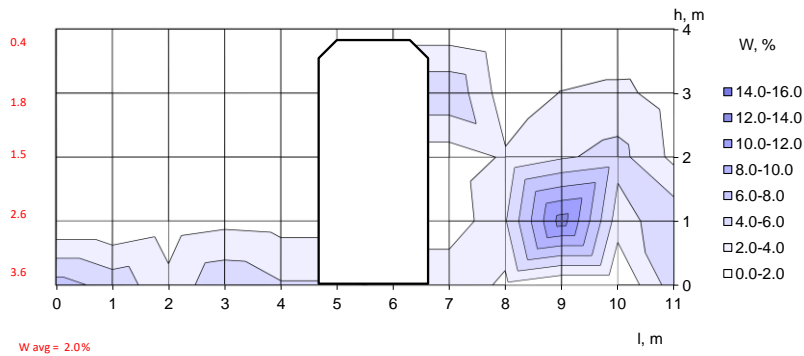




W avg, h, %

torni lõunasein

12.07.2018

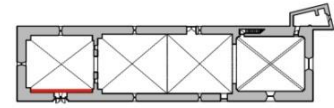
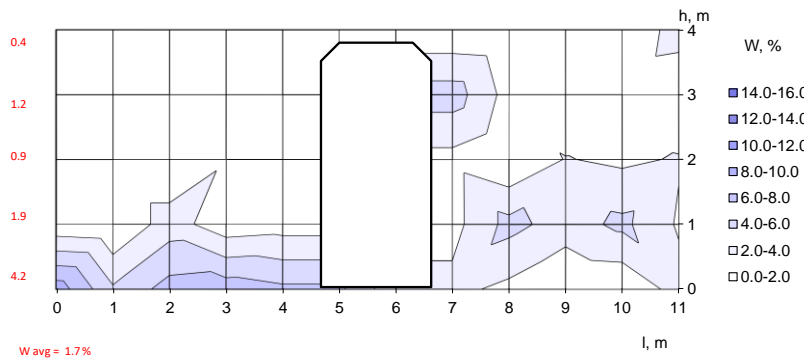


W avg = 2.0%

W avg, h, %

torni lõunasein

19.10.2018

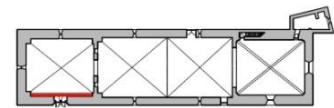
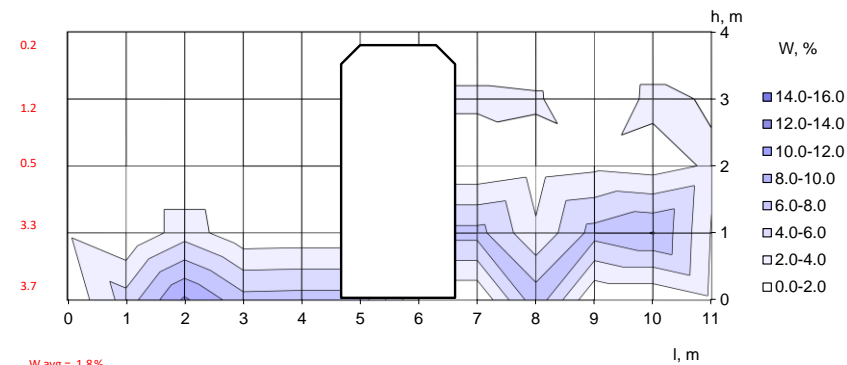


W avg = 1.7%

W avg, h, %

torni lõunasein

11.06.2019

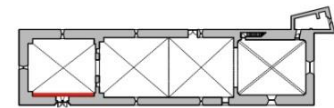
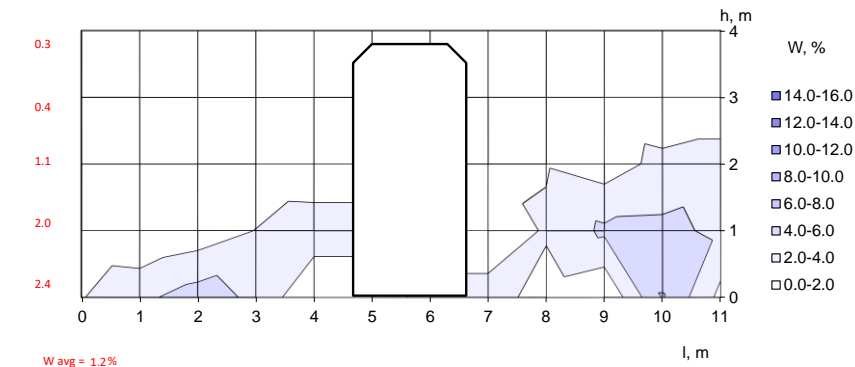


Wave = 1.8%

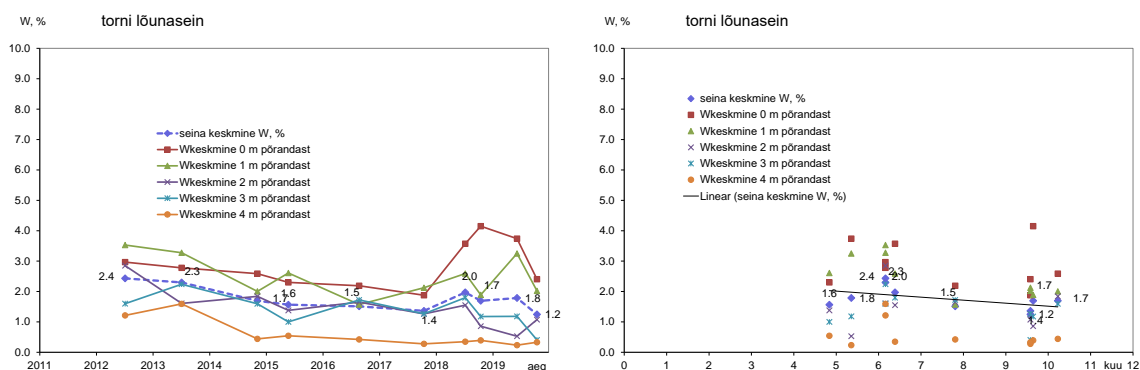
W avg, h, %

torni lõunasein

18.10.2019



W avg = 1.2%



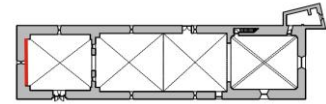
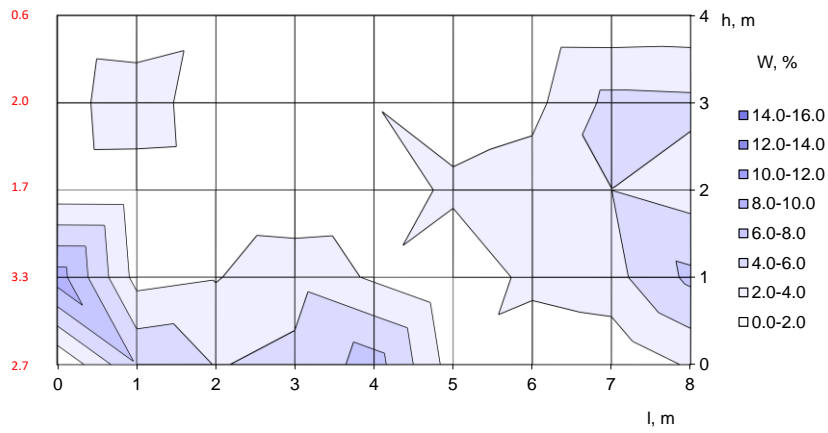
Joonis 1. Niiskusejaotus seinas aastatel 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 ja 2019 selle ajalised muutused.

Nagu joonistelt 1 on näha, siis olulisi muutusi aastatel 2012 - 2015 pole toimunud. 2016 aasta augustis tehtud mõõtmised näitavad, et eelmistel aastatel seinas oleva väga niiskes ja tugevalt sooldunud kohas ( $l=9$  m,  $h=1$  m) on toimunud oluline muutus. See piirkond on muutunud kuivaks. Üks võimalik seletus sellele on see, et torni restaureerimistööd on pannud kinni vihmavee pääsu seina ja selles piirkonnas olev suur soola kogus on neelanud vaba vee (kristallvett mikrolaineikiirguse abil mõõta ei saa). 2017 aasta mõõtmiste alusel oli siiski 2016 aasta olukorra paranemine ajutine ja endine väga niiske piirkond on taastunud (see kehtib peamiselt just väga niiske sooldunud piirkonna kohta, 9. meeter, kõrgusel 1m, ülejäänud sein on siiski kuivanud veidi). Ilmselt oleks vajalik sellest väga niiskest piirkonnast sool mehaaniliselt eemaldada.

2018 aasta mõõtmised näitavad: olukord on endine, ehk siiski seina kõige alumisem osa on veidi niiskemaks muutunud. 2019 ndal aastal on olukord veidi paranenud.

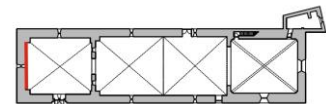
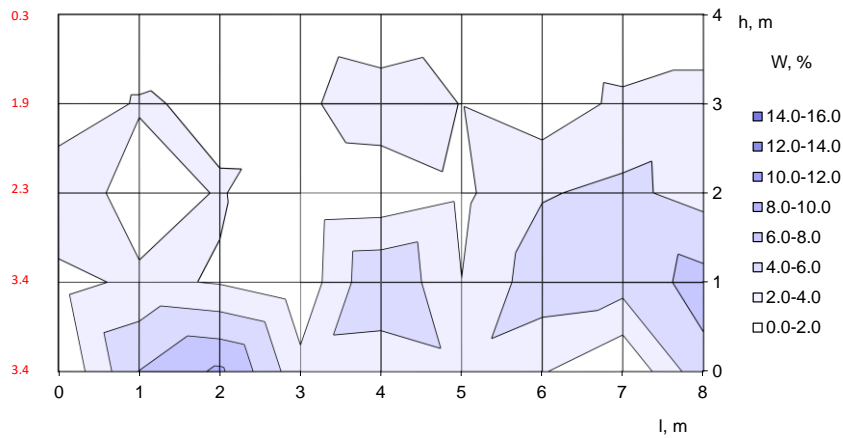
# Tornialuse ruumi (narteksi) läänesein.

W avg, h, torni läänesein 5.07.2012



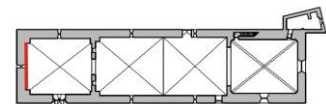
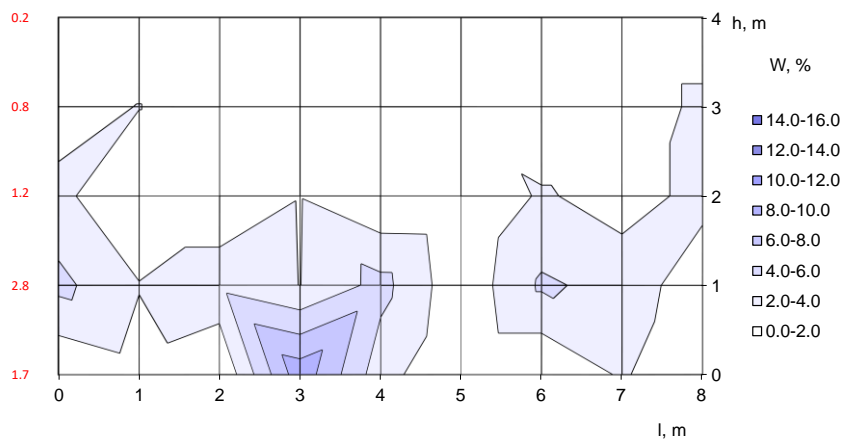
W avg = 2.1 %

W avg, h, torni läänesein 5.07.2013



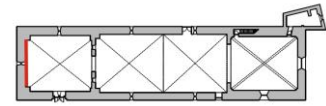
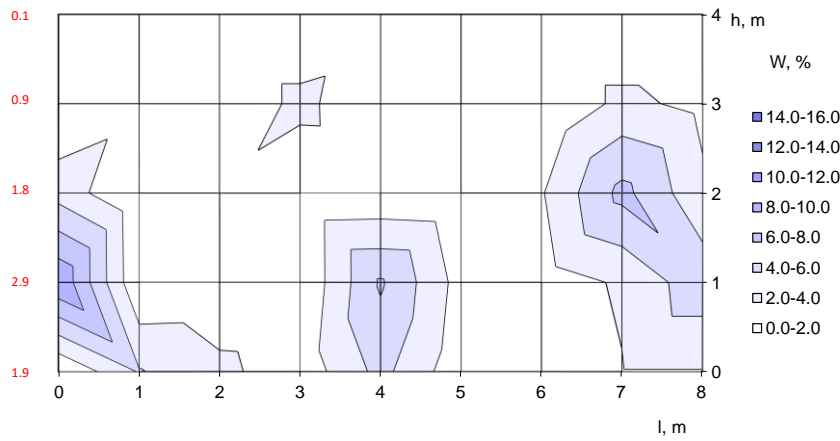
W avg = 2.3 %

W avg, h, torni läänesein 7.11.2014



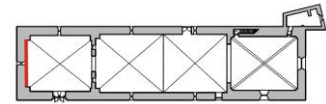
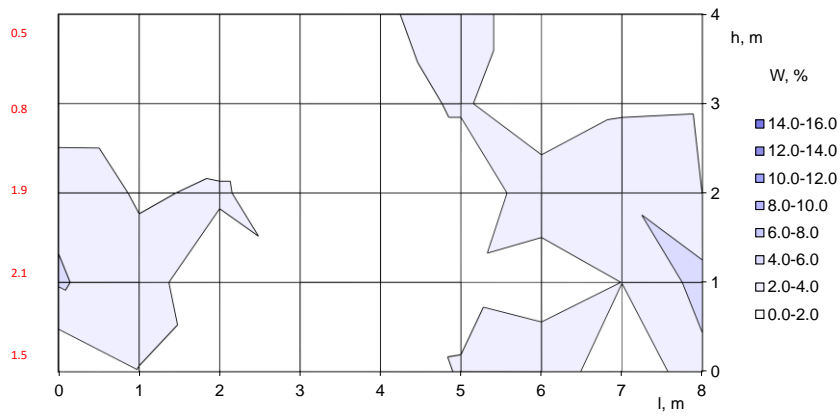
W avg = 1.3 %

W<sub>avg, h</sub>, torni läänesein 25.08.2016



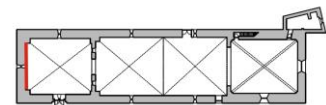
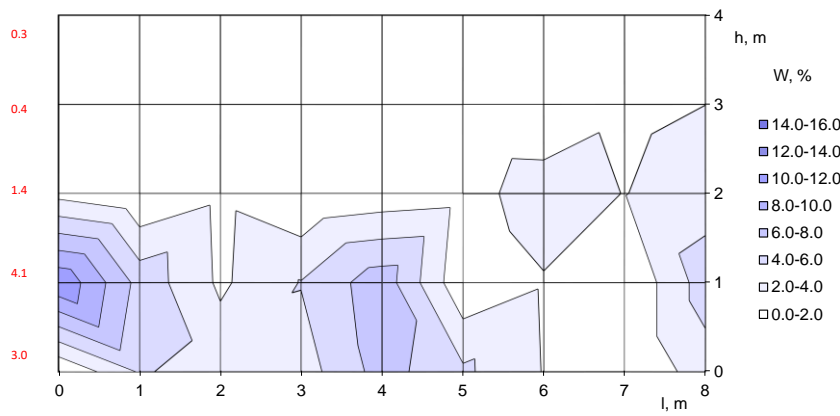
W<sub>avg</sub> = 1.5 %

W<sub>avg, h, %</sub>, torni läänesein 18.10.2017



W<sub>avg</sub> = 1.4 %

W<sub>avg, h, %</sub>, torni läänesein 12.07.2018

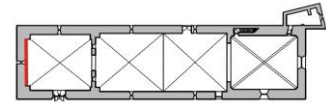
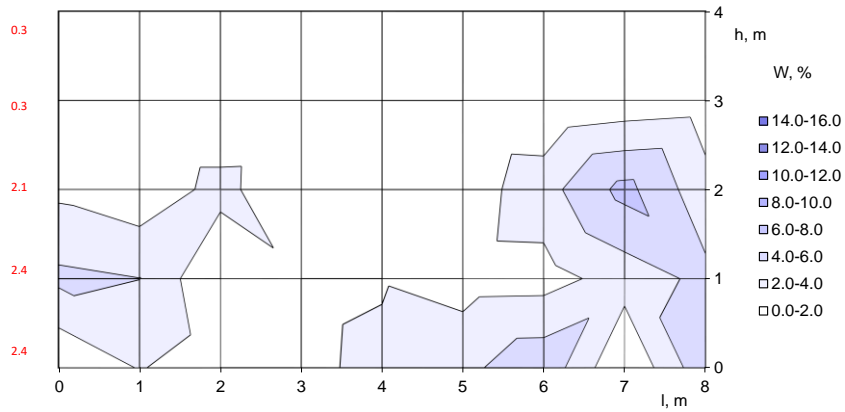


W<sub>avg</sub> = 1.8 %

W avg, h, %

torni läänesein

19.10.2018

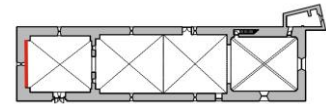
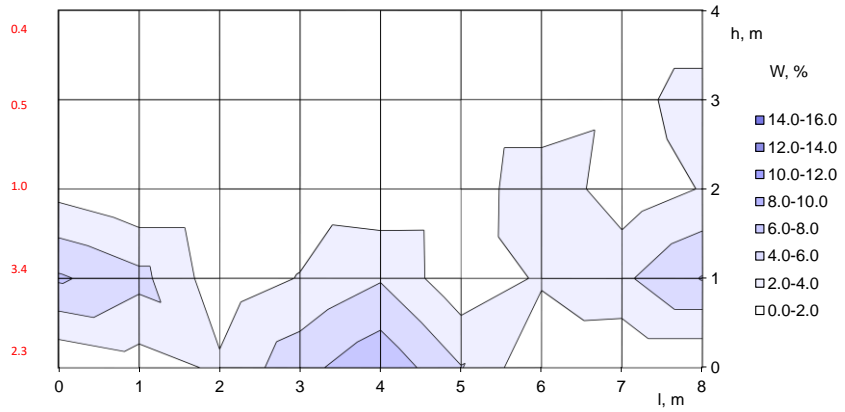


W avg = 1.5 %

W avg, h, %

torni läänesein

11.06.2019

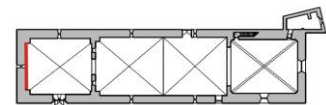
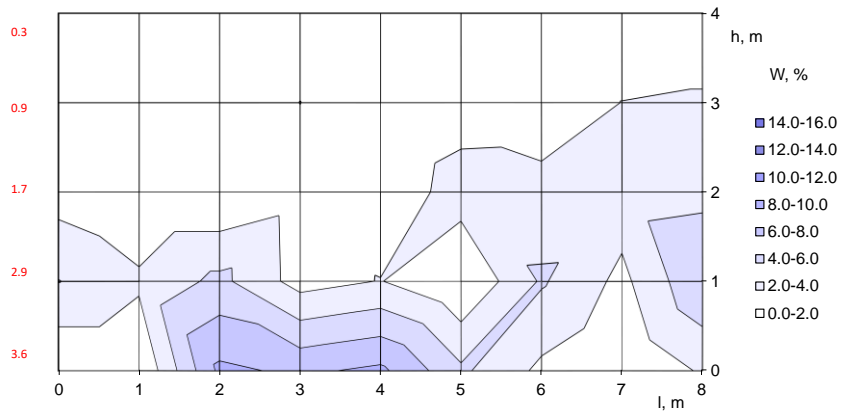


W avg = 1.5 %

W avg, h, %

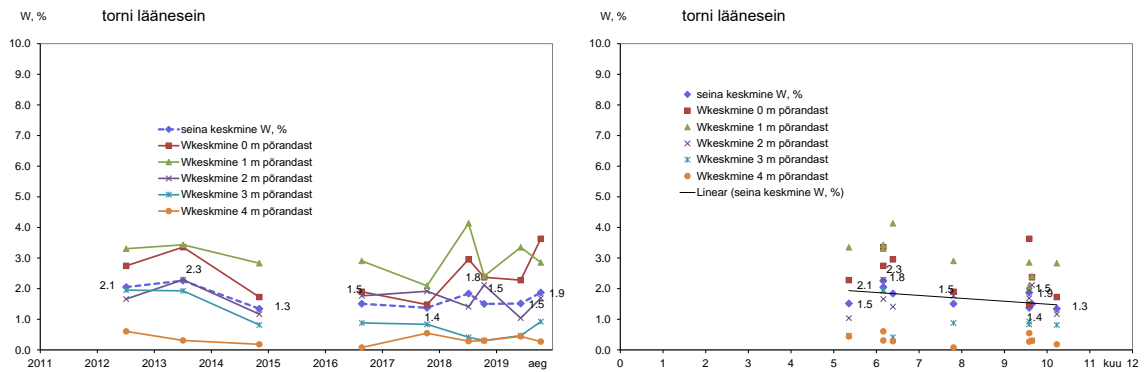
torni läänesein

18.10.2019



W avg = 1.9 %



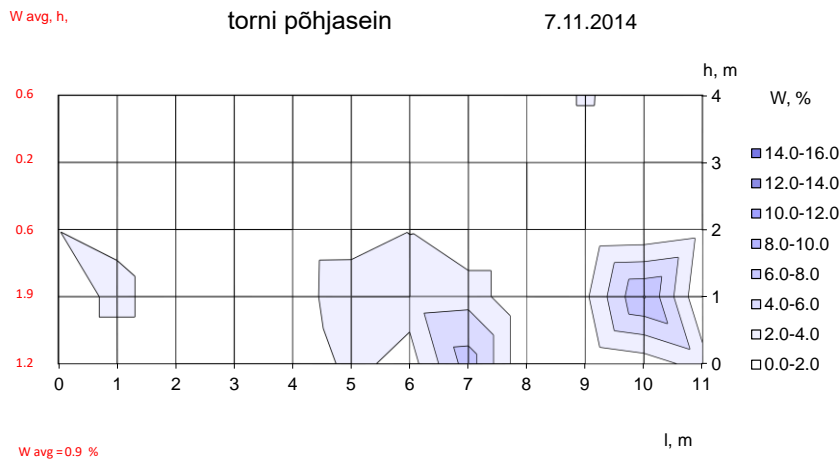
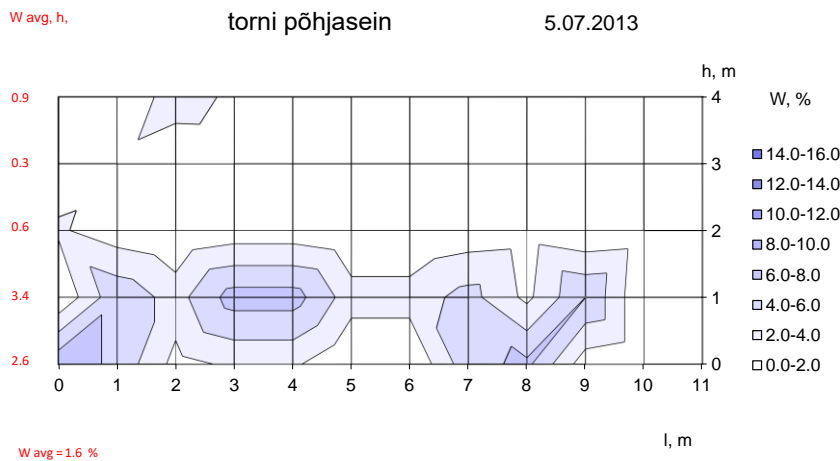
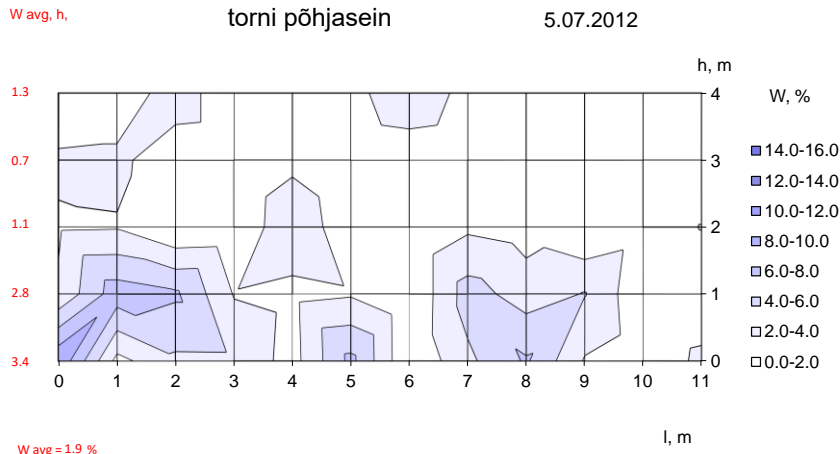


Joonis 2. Niiskusejaotus seinas aastatel 2012, 2013, 2014, 2016, 2017, 2018 ja 2019 ning niiskusesisalduse ajalised muutused. Aastal 2015 mõõtmisi ei toimunud.

Torni lääneseina niiskusejaotus ei ole kuigi suur ja on vähe ajas muutunud. Niiskusjaotuse iseloom viitab sellele, et põhiliseks niiskuse allikaks võib olla läbi välisseina pragude ja aukude (mört välisseina kivide vahel on osaliselt lagunened ja välja pudenenud) seina sisemusse pääsenud vesi. Seina kõrgemad osad on kuivemad. Selleks mitu põhjust: ilmselt esineb vähesel määral pinnasest pärinevat kapillaarvett, seina ülemise osa temperatuur suvel kõrgem, seal seetõttu vähem kondensvett ja ka seina pääsenud vesi kuivab rutem, loomulikult ka gravitatsiooni mõju. Kõige kuivem oli sein 2017 aasta mõõtmiste alusel, eriti seina keskosas.

2018 aasta niiskuskaartidest ilmneb huvitav asjaolu, et seina keskosa on märg suvel aga sügisel kuiv. Selline tendents on näha ka varasematest mõõtmistest. 2019 aasta mõõtmised näitavad, et see seaduspärasus siiski ei kehti, 2019 aasta vihmane sügis on ka kiriku seina niiskust just seina alumises osas suurendanud.

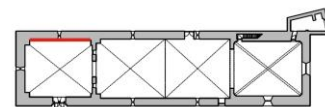
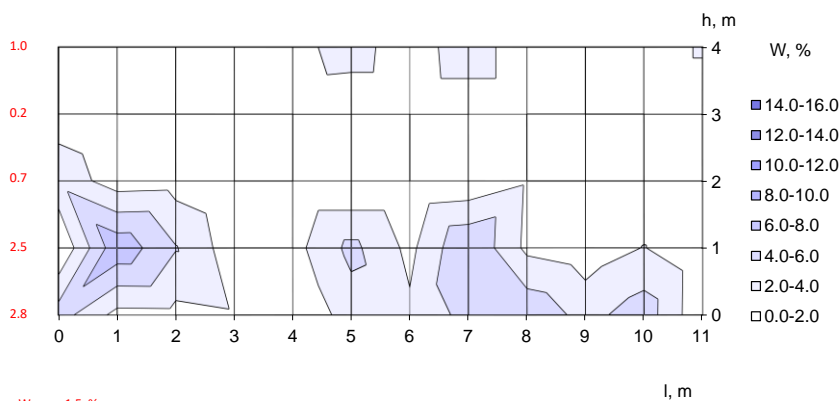
# Tornialuse ruumi (narteksi) põhjasein.



W avg, h,

torni põhjasein

25.08.2016

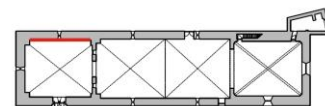
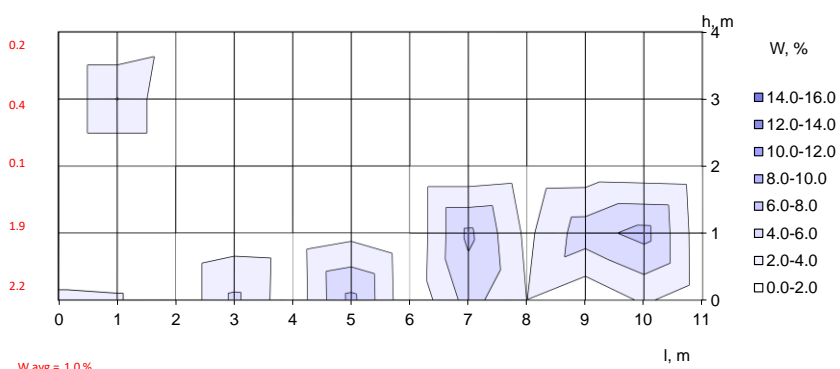


W avg = 1.5 %

W avg, h, %

torni põhjasein

18.10.2017

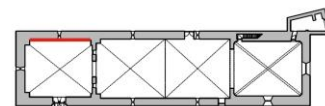
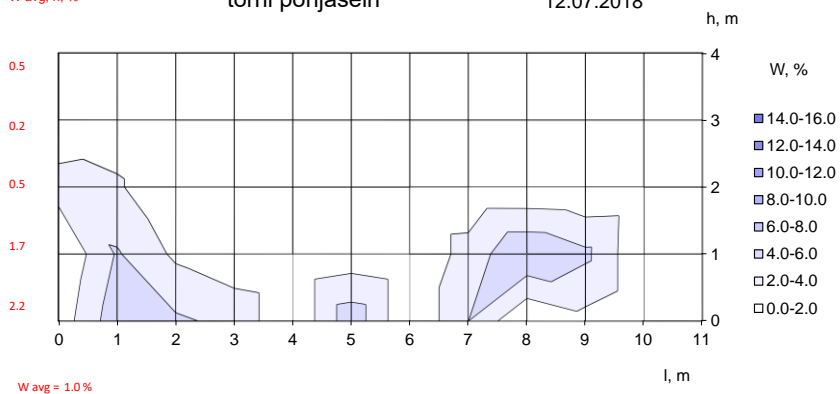


W avg = 1.0 %

W avg, h, %

torni põhjasein

12.07.2018

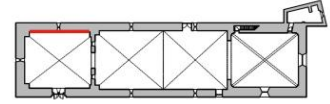
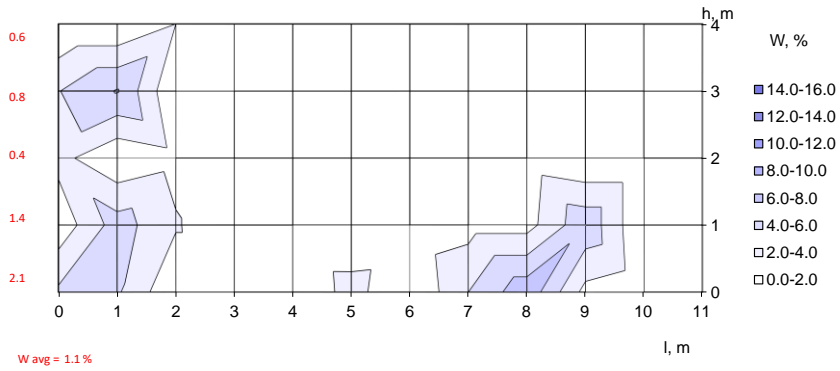


W avg = 1.0 %

W avg, h, %

torni põhjasein

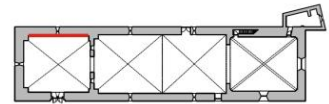
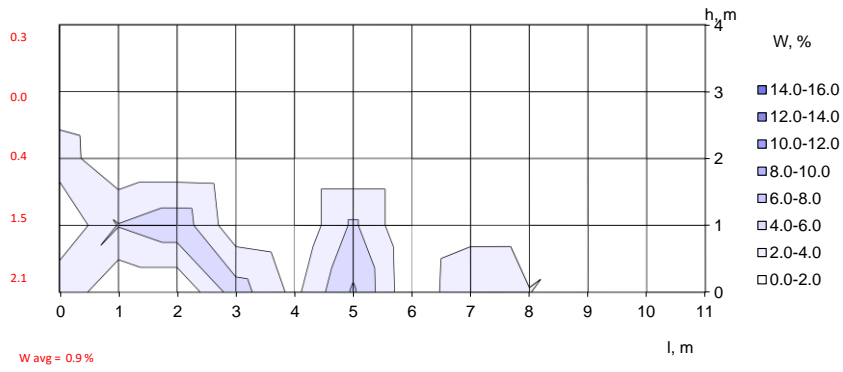
19.10.2018



W avg, h, %

torni põhjasein

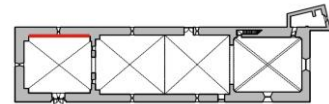
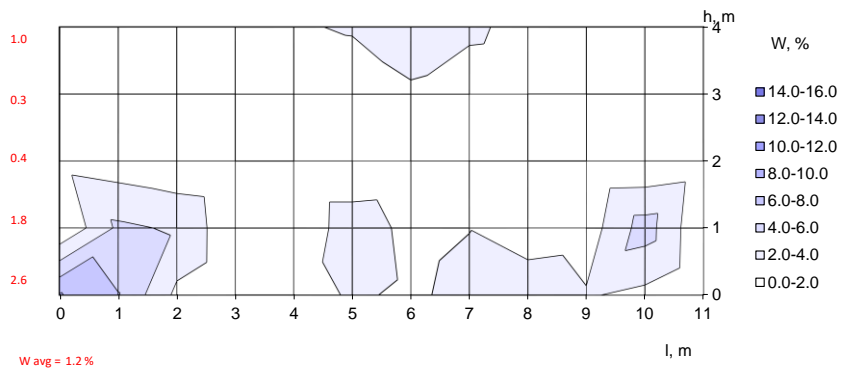
11.06.2019

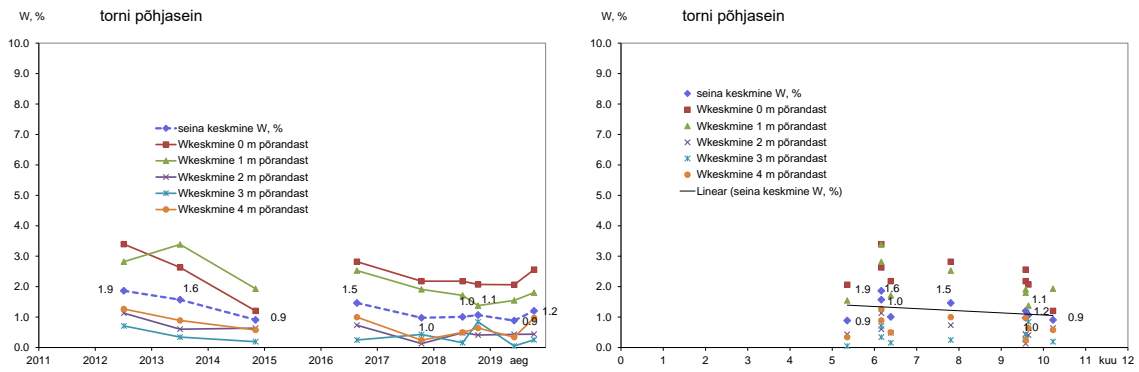


W avg, h, %

torni põhjasein

18.10.2019

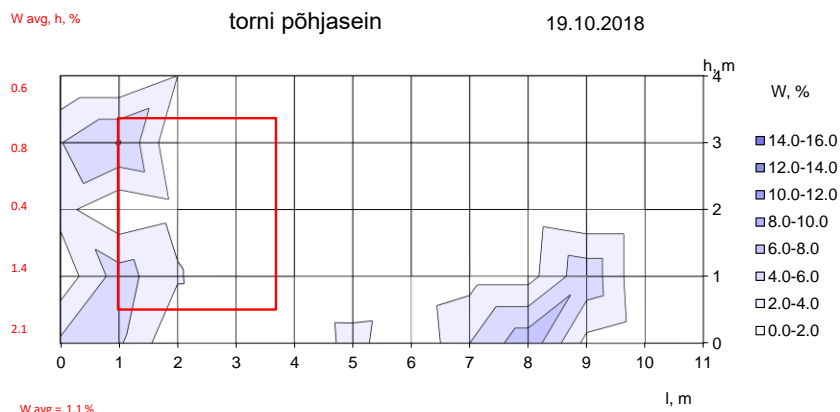




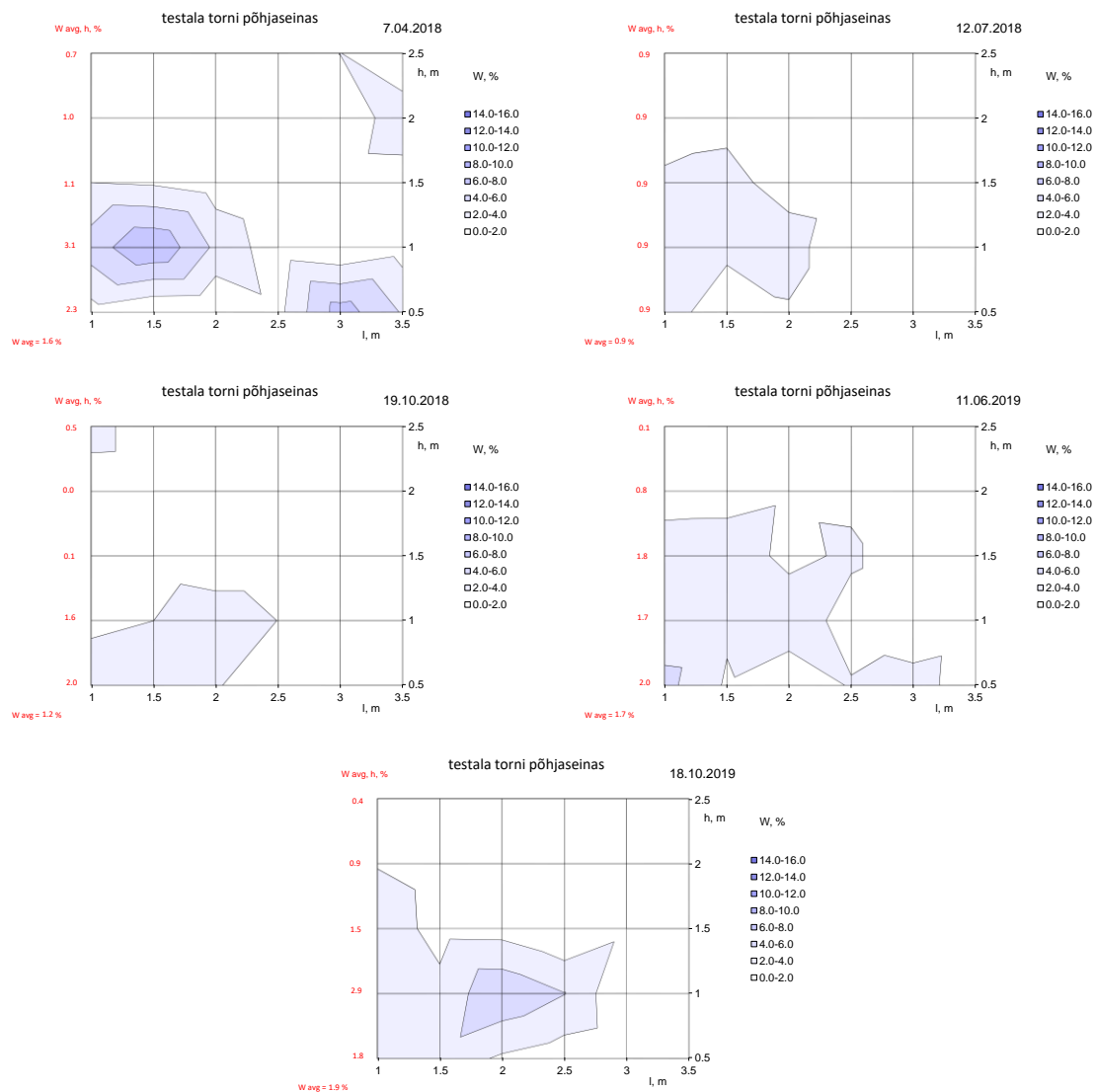
Joonis 3. Niiskusejaotus seinas aastatel 2012, 2013, 2014, 2016, 2017, 2018 ja 2019 niiskusesisalduse ajaline ja kuine muutus, aastal 2015 mõõtmisi ei toimunud

Seina niiskuseolukord on vähe muutunud, muutused peamiselt sesoonset laadi.

Selles seinas olevat testala mõõdeti 2018 – ndal aastal 3 korda ja 2019-ndal 2 korda mõõtesammuga 0,5×0,5 m. Testala asukoht torniruumi põhjaseinal on joonisel 4 punase joonega piiratud alal.



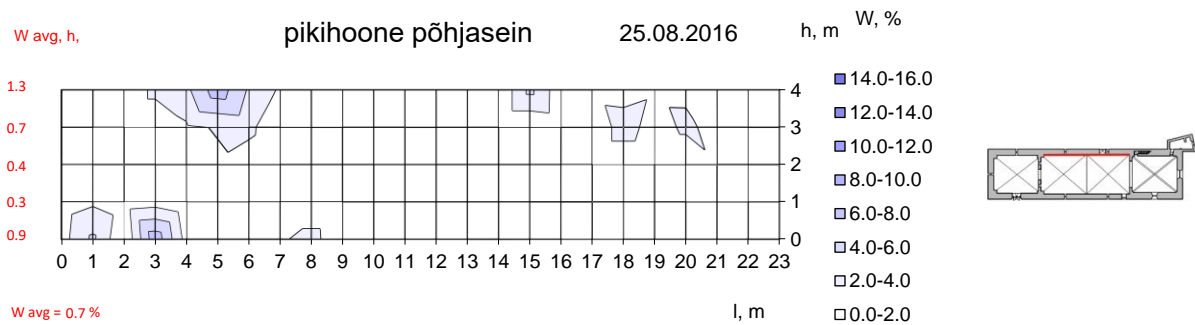
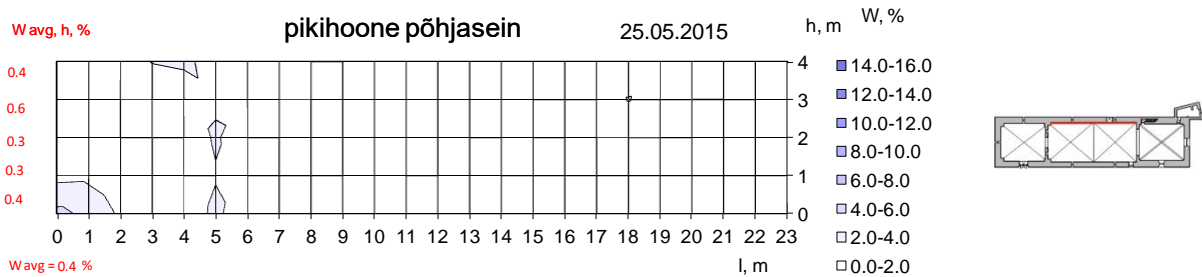
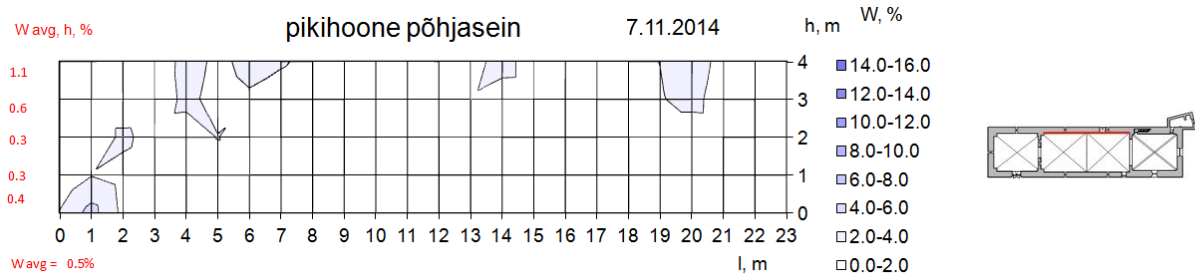
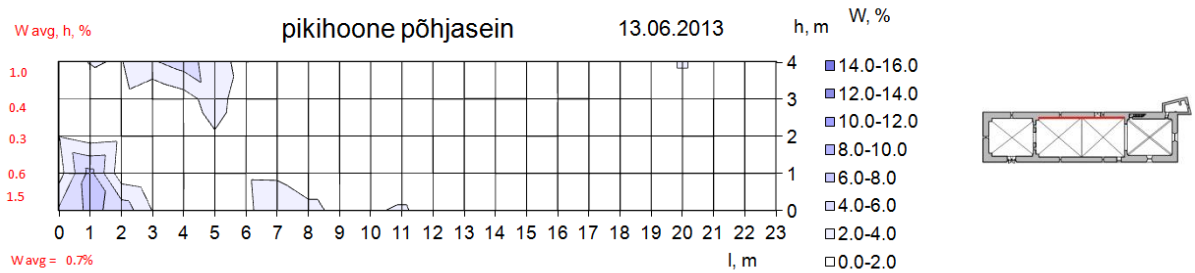
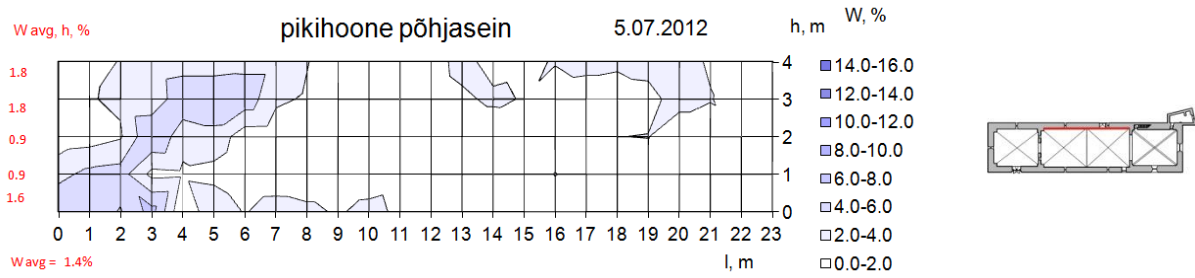
Joonis 4. Testala ja selle asukoht torniruumi põhjaseinal.

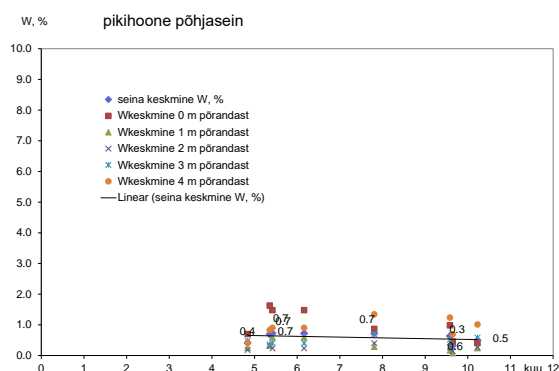
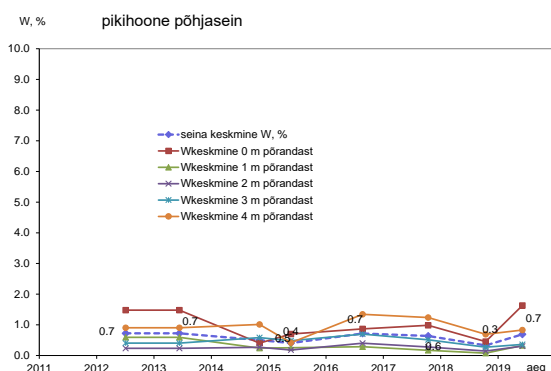
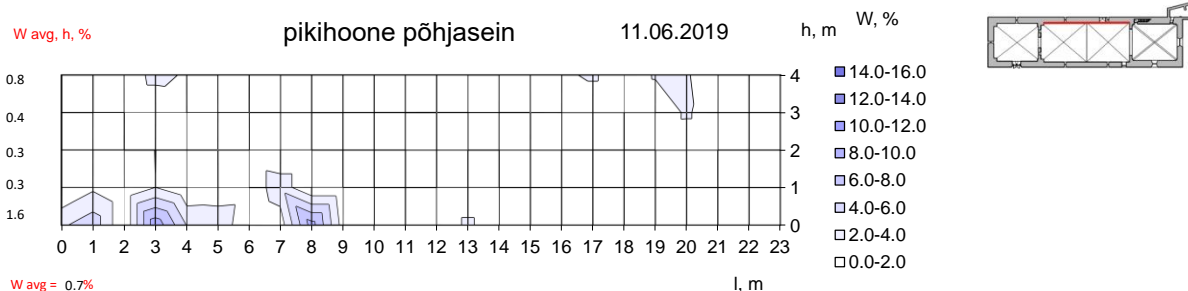
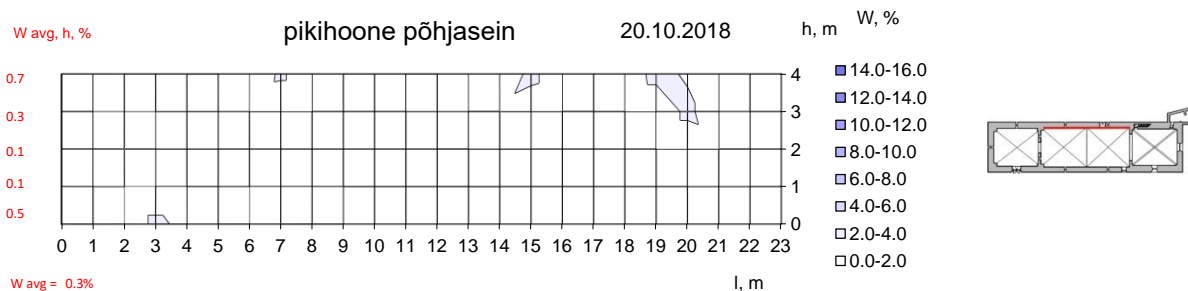
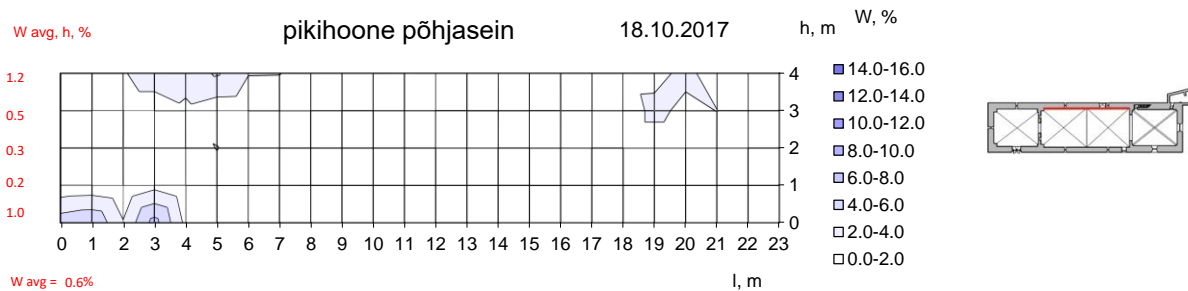


Joonis 5. Tornivõvistiku põhjaseina testala niiskuskaardid aastatel 2018 ja 2019

Testalal on peamiselt üks niiske piirkond, mis oli 2018 – ndal kõige niiskem aprillis ja 2019 – ndal aastal hoopis oktoobris.

# Pikihoone põhjasein:





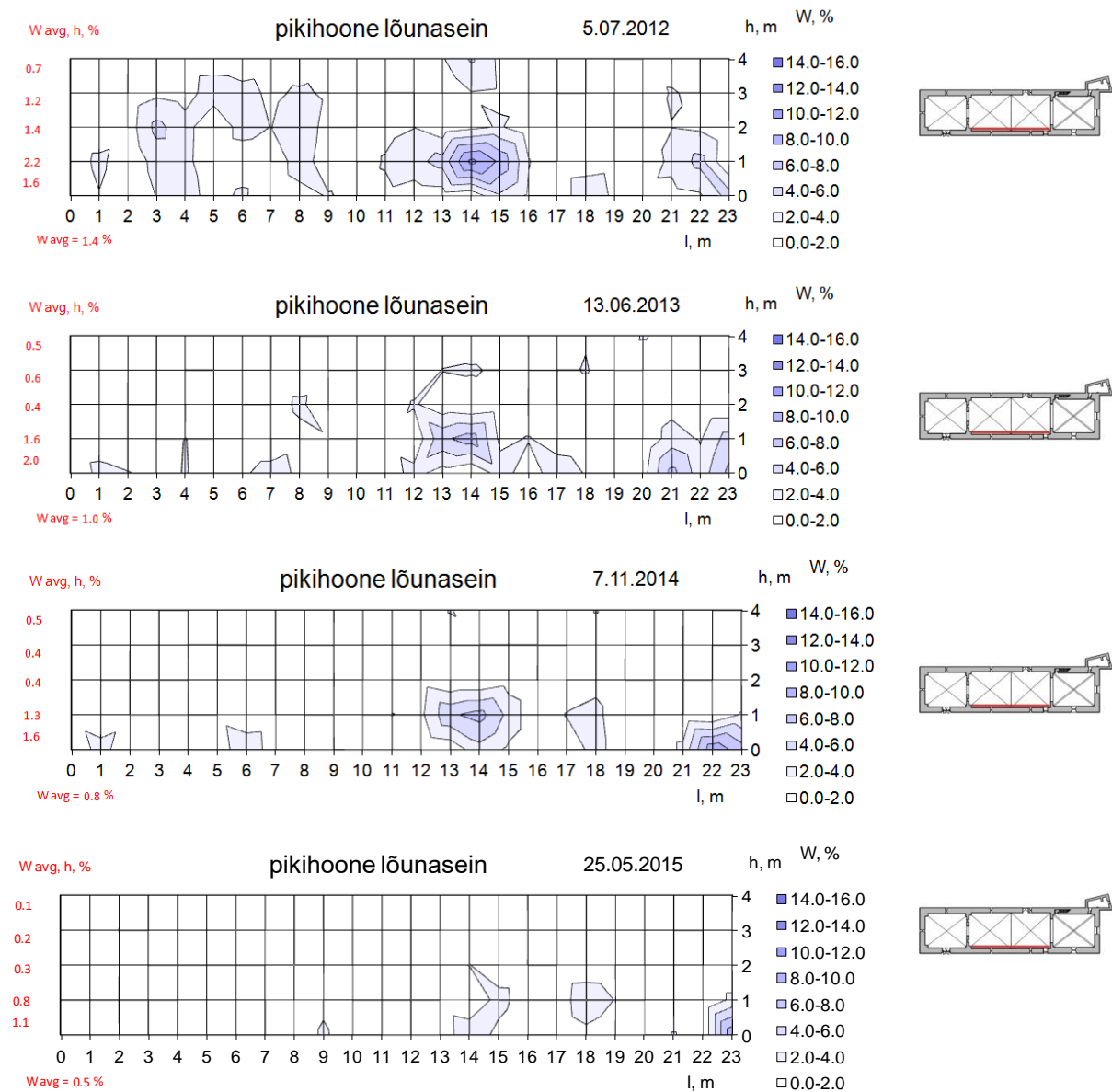
Joonis 6. Niiskusejaotus 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 ja 2019.  
Seina niiskusesisalduse ajalsed muutused.

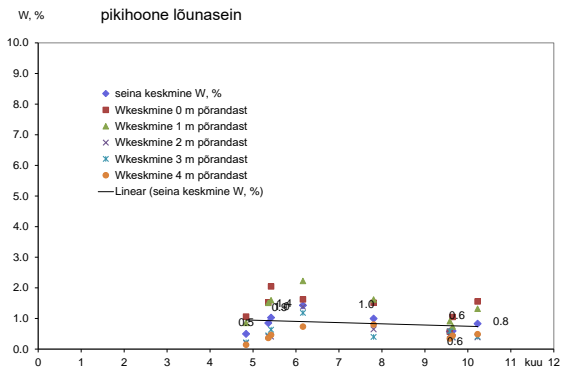
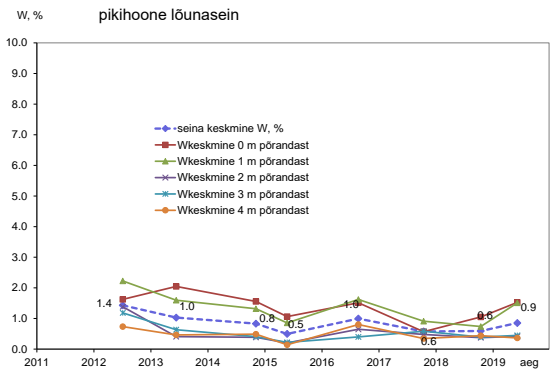
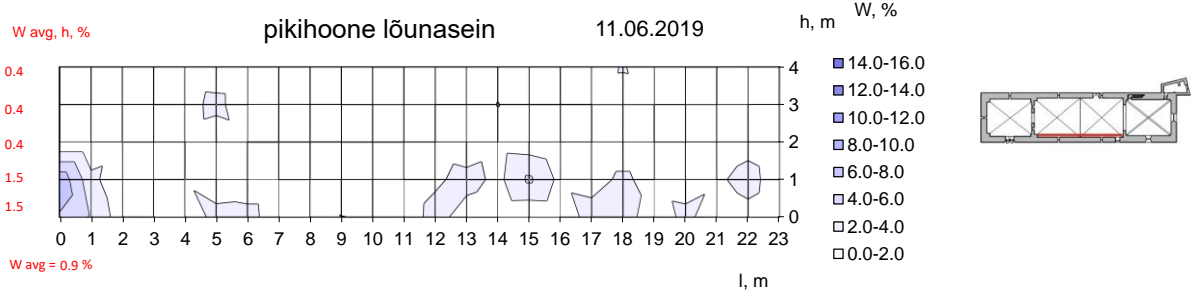
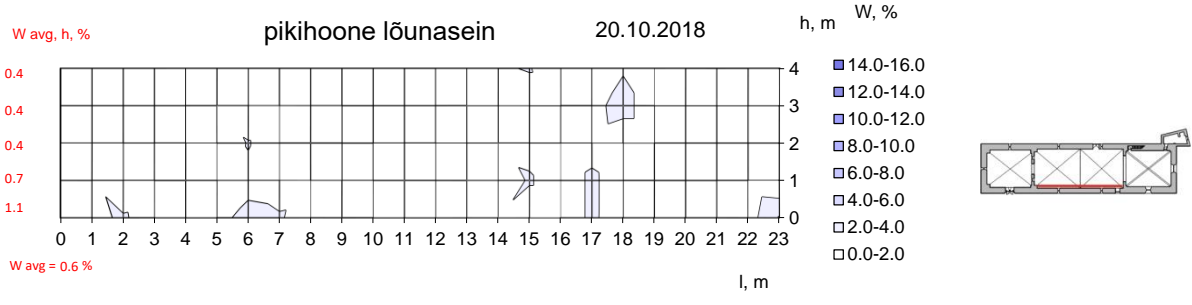
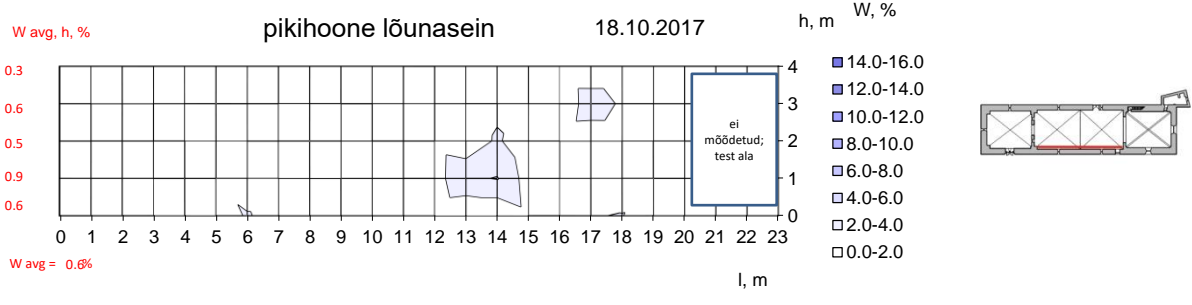
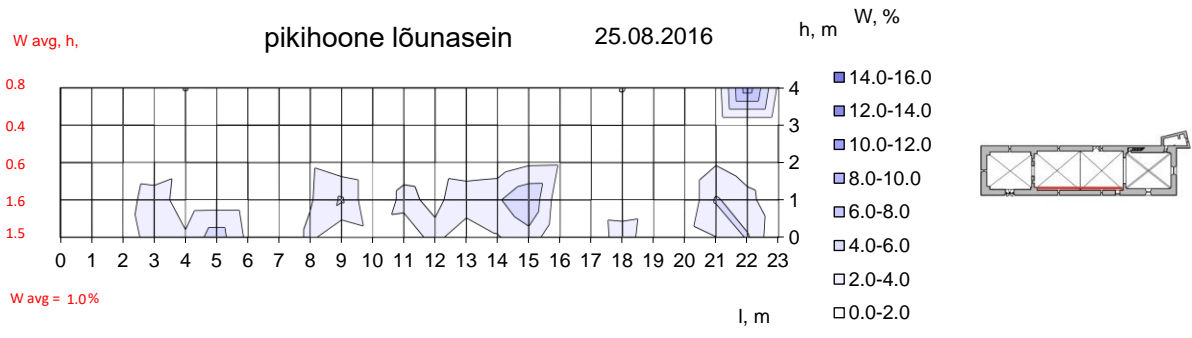
Osa seina ulatuses olev varikatus (jäänuk arheoloogilistest kaevamistest) ei lase vihmaveel läbi seina tungida. Seinaosa, kus varikatus puudub on niiskem. Sein on peale uue katuse ehitust muutunud kuivemaks. Selgelt on näha augustis 2016 puuduva akna tõttu seina tekkinud niiske piirkond (l = 5 m, h = 4 m), hiljem on see kuivanud.



2018 aastal on sein kõige kuivem, ilmselt tänu sellele, et on paigaldatud aken ja ehk oma osa on kuivemal suvel (siiski õhuniiskus oli kirikus 2018 –ndal aastal kõrgem kui tavaliselt. 2019 – ndal aastal on muutunud seina alumine osa väljaspool välisseina varikatust märjaks.

## Pikihoone lõunasein

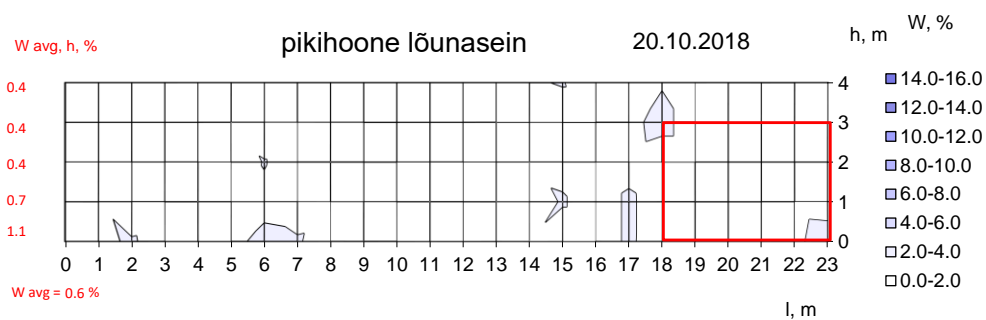




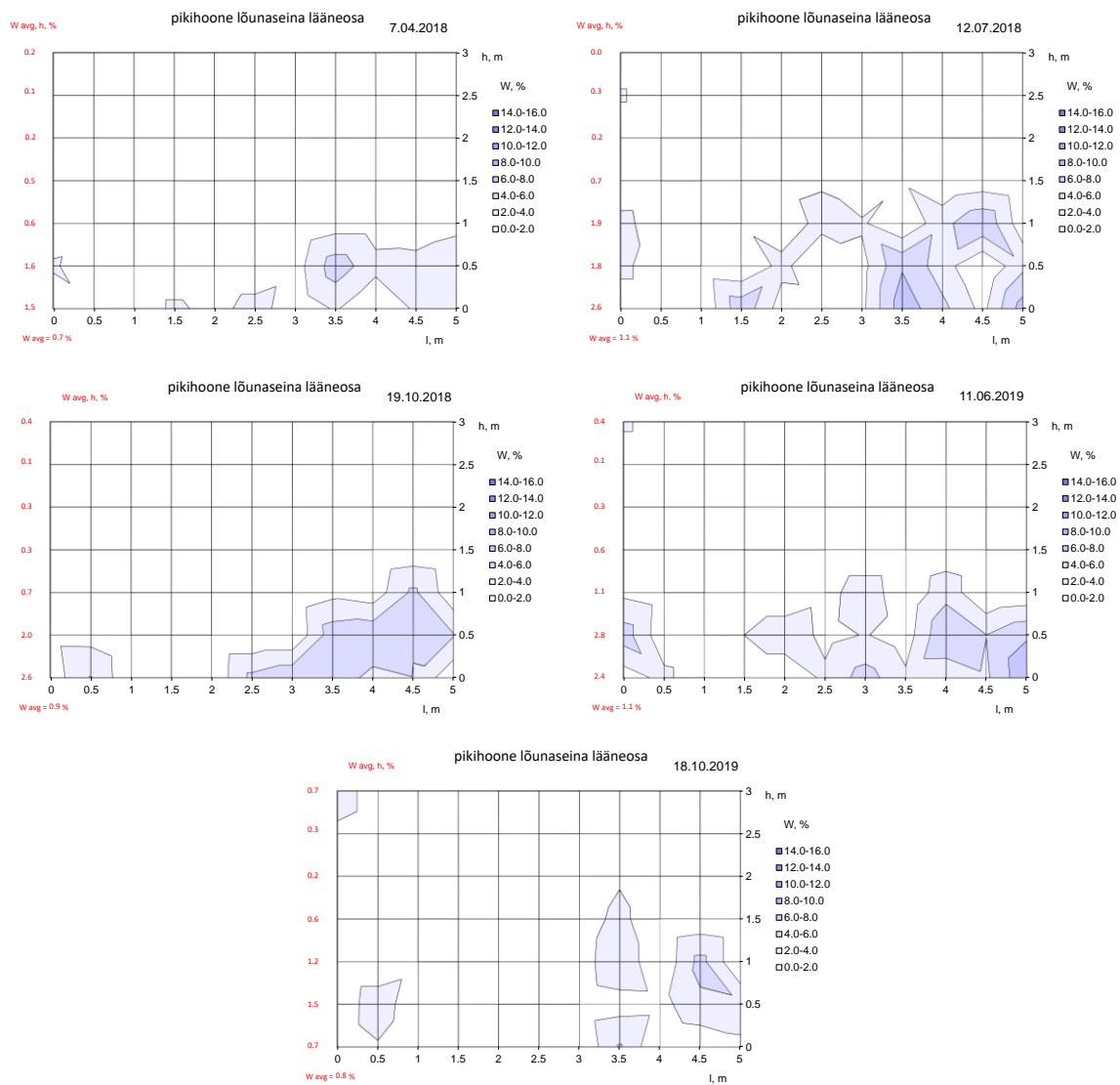
Joonis 7. Niiskusejaotus 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 ja 2019. Niiskusesisalduse ajalised muutused.

Seina niiskusesisaldus on aastatel 2012 kuni 2015 pidevalt vähenenud. 2016 aastal on jälle taastunud 2013 aastale sarnane olukord. Põhjuseks võib olla vihmane suvi ja aknaavade ajutine lahtine olek seoses vitraažide paigaldamisega. Aastal 2017 oli sein jälle sama kuiv kui aastal 2015 (võrdlus ei ole päris täpne, sest aastal 2017 ei mõõdetud tervet pikihoone lõunaseina, sest seina ühes osas toimus krohvi seinale kinnitamise meetodi katsetus ja seina ei olnud mõistlik selles piirkonnas puutada). 2019 – ndal aastal on sein jälle veidi niiskem ja on tekkinud uus niiske ala seina idaservas.

Pikihoone lõunaseina testala mõõdeti 2018 – ndal aastal 3 korda ja 2019- ndal aastal 2 korda mõõtesammuga 0,5×0,5 m.



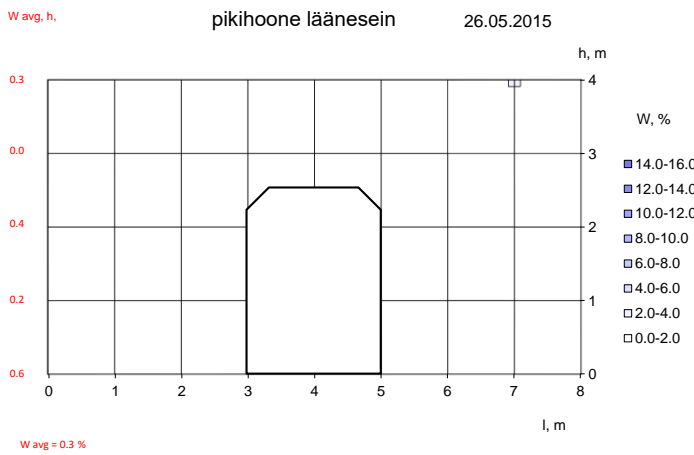
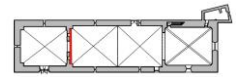
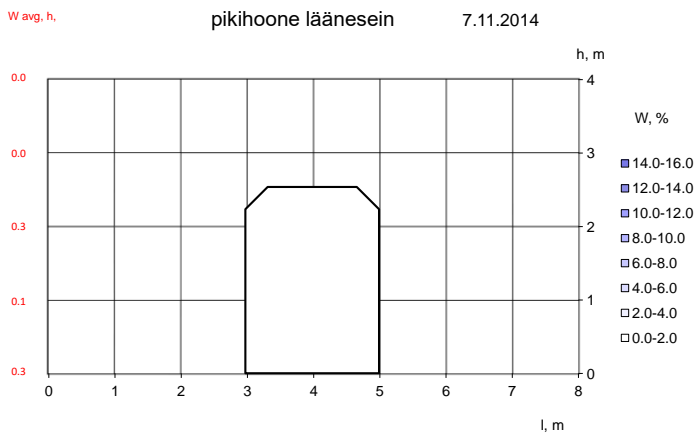
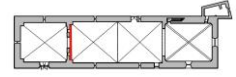
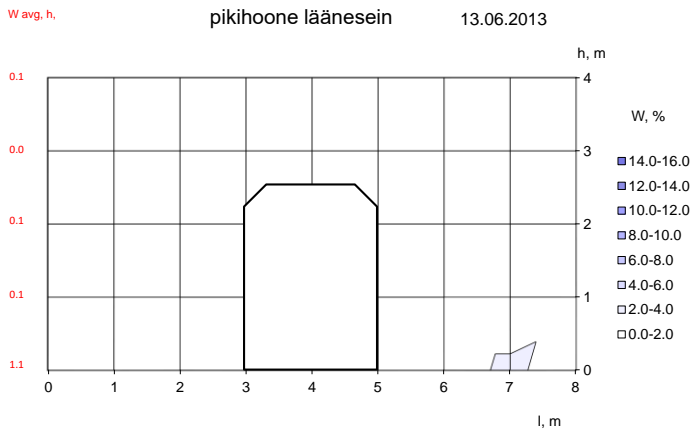
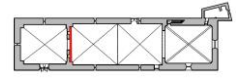
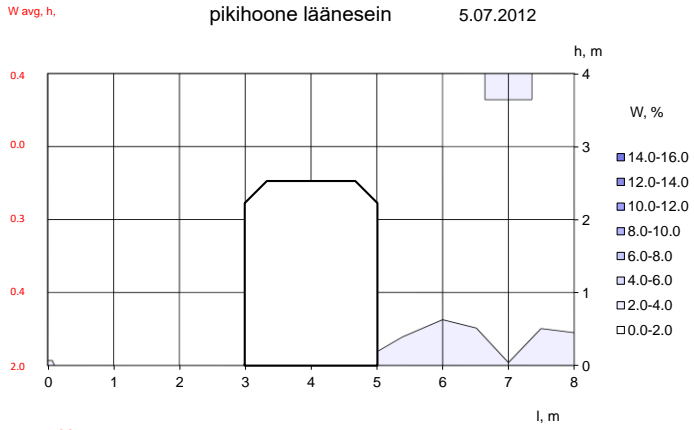
Joonis 8. Testala ja selle asukoht pikihoone lõunaseinal.

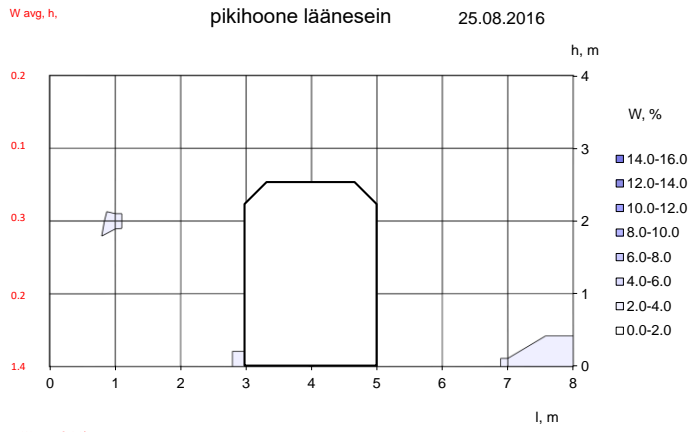


Joonis 8. Pikihoone lõunaseina testala niiskkaardid 2018 ja 2019.

kõige niiskem on pikihoone lõunaseina alumine läänenurk (vaata joonis 8). Ajalised muutused ei ole suured. Hästi on näha, et mõõtesammuga 0,5×0,5 m on mõõtmised informatiivsemad, kui 1×1 m mõõtes (näiteks mõõtepunktides 4-1, 5-1, 4-0 ja 5-0 on oktoobris seina niiskus väike, mis sammuga 1×1 m mõõtes näitaks, et ainuke niiske koht on punktis 3-0). Testala keskmine osa, kus testiti lahtise krohvi seinale kinnitamise meetodit on olnud suhteliselt kuiv ja me võime suure tõenäosusega öelda, et kasutatud meetod seina niiskusolukorda ei halvenda.

# Pikihoone läänesein (sisesein)





Joonis 9. Niiskusejaotus 2012, 2013, 2014, 2015 ja 2016. Seinä niiskusesisaldist aastal 2017 ja 2018 ei mõõdetud.

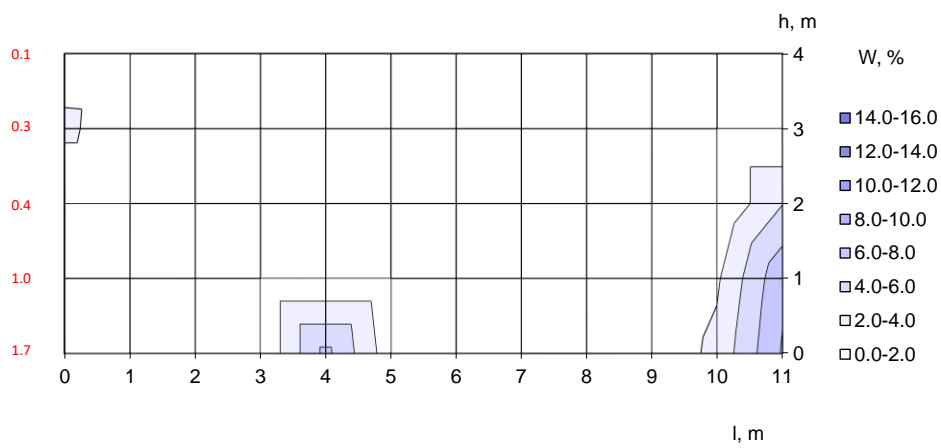
See sein on pidevalt kuiv.

# Kooriruumi põhjasein

W avg, h,

kooriruumi põhjasein

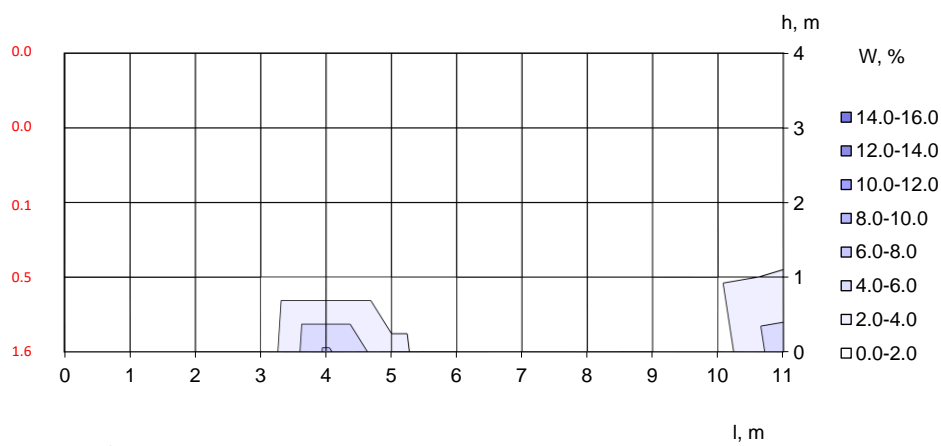
5.07.2012



W avg, h,

kooriruumi põhjasein

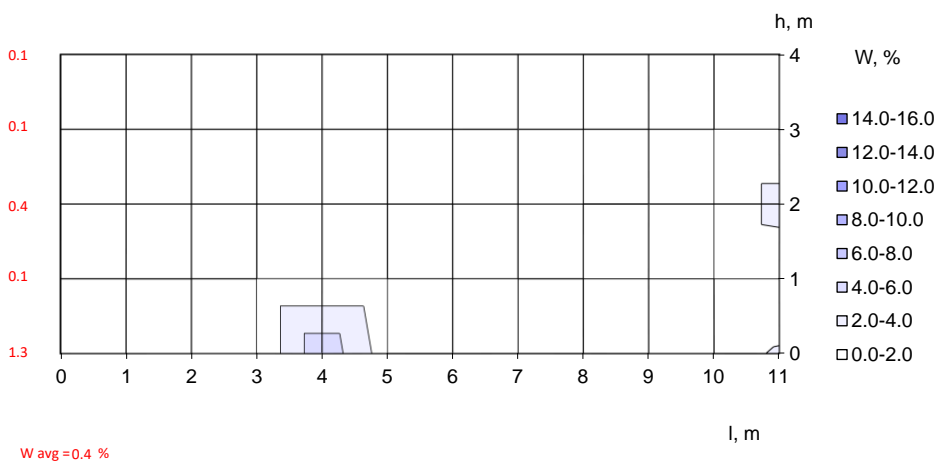
13.06.2013



W avg, h,

kooriruumi põhjasein

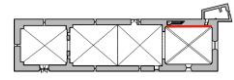
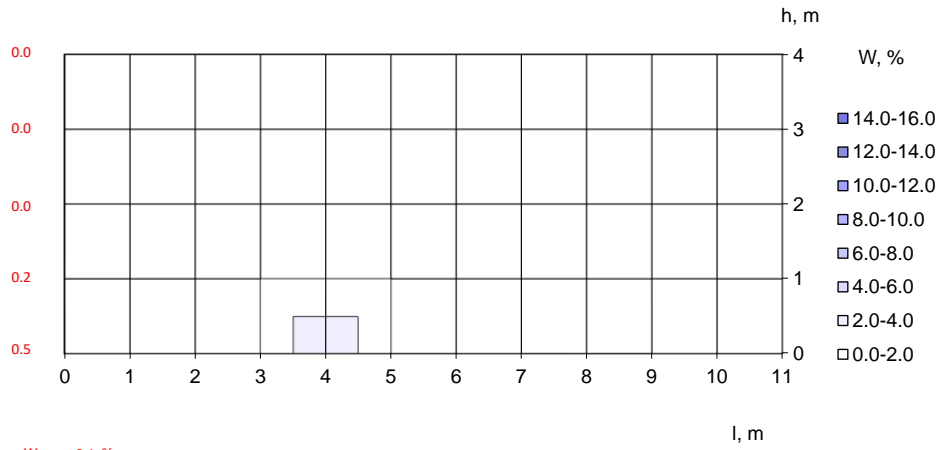
7.11.2014



W avg, h,

### kooriruumi põhjasein

13.10.2015

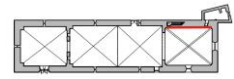
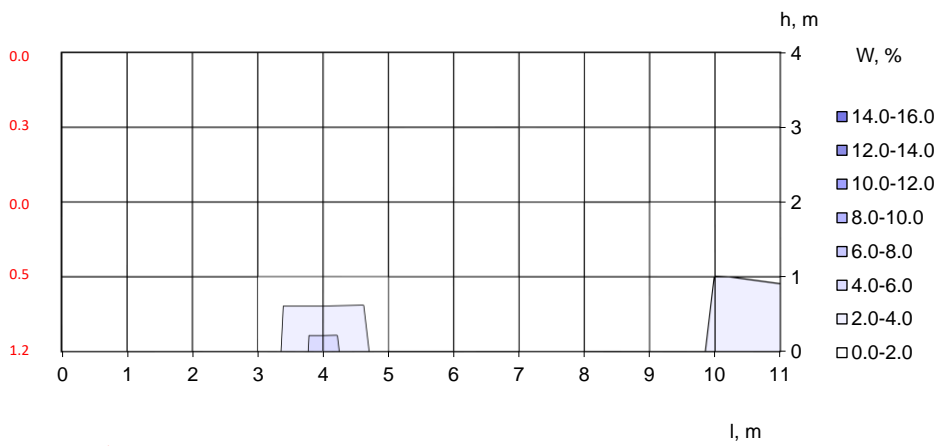


W avg = 0.1 %

W avg, h,

### kooriruumi põhjasein

25.08.2016

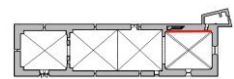
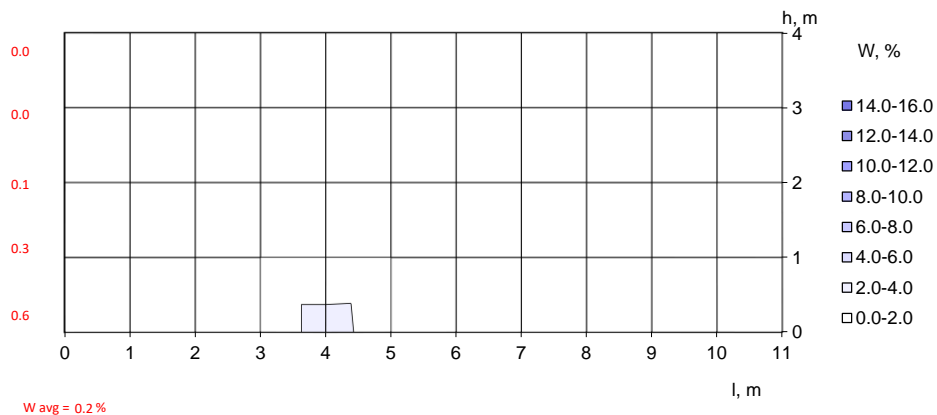


W avg = 0.4 %

W avg, h, %

### kooriruumi põhjasein

18.10.2017



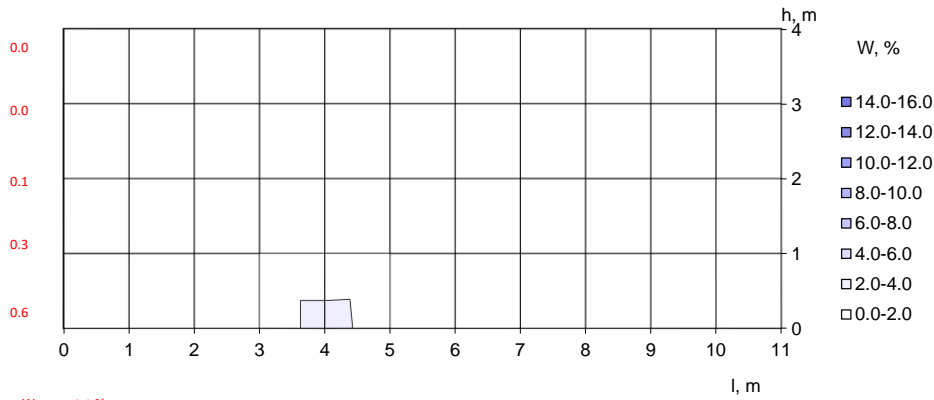
W avg = 0.2 %



W avg, h, %

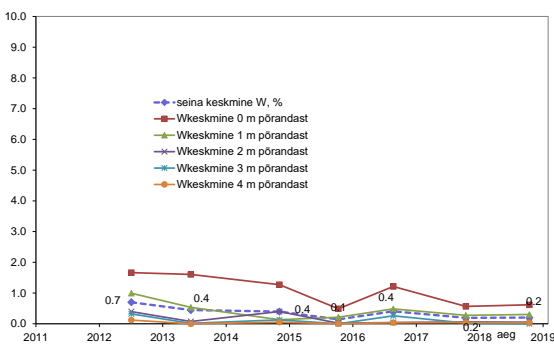
kooriruumi põhjasein

18.10.2017

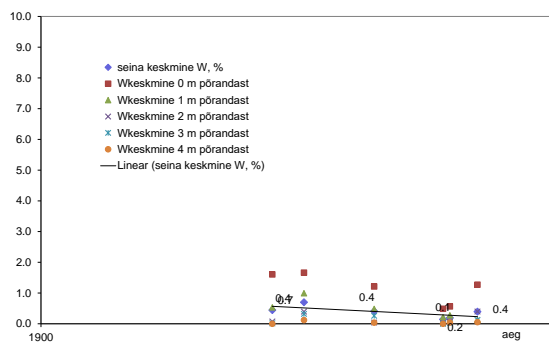


W avg = 0.2 %

kooriruumi põhjasein



W, %



Joonis 10. Niiskusejaotus 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 ja 2018 ning niiskusesisalduse ajalised muutused.

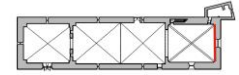
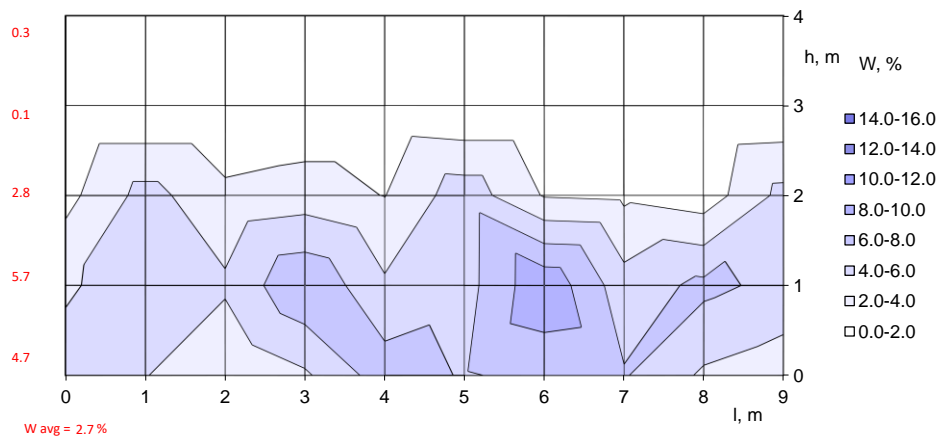
Kooriruumi põhjasein on samuti peamises osas kuiv. Leidub kaks niiskemat kohta, millede olukord pole ajas oluliselt muutunud.

# Kooriruumi idasein

W avg, h, %

kooriruumi idasein

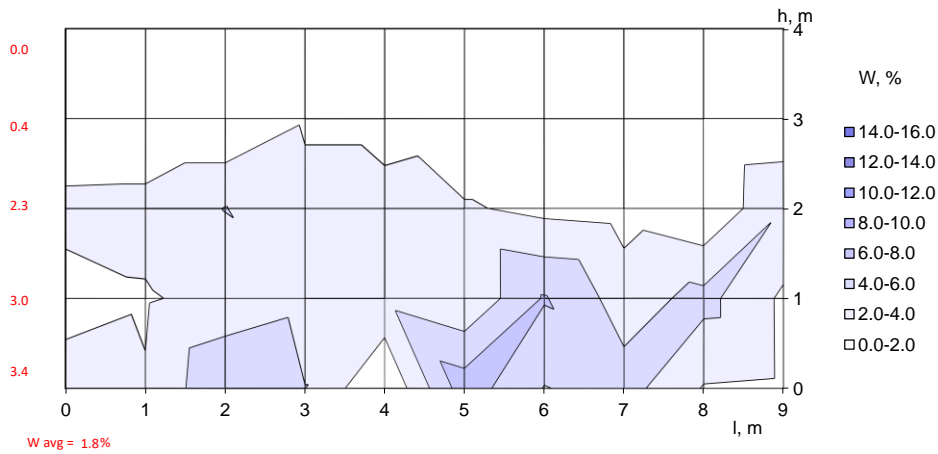
5.07.2012



W avg, h, %

kooriruumi idasein

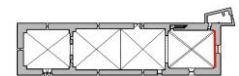
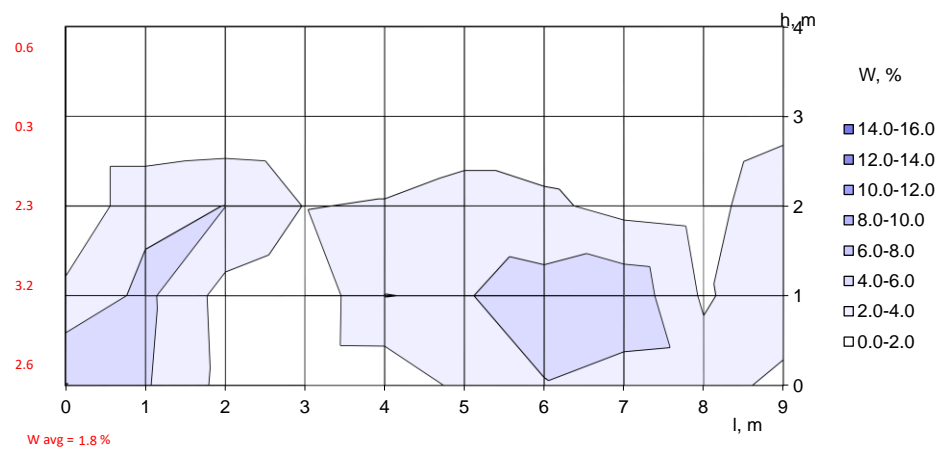
13.06.2013



W avg, h, %

kooriruumi idasein

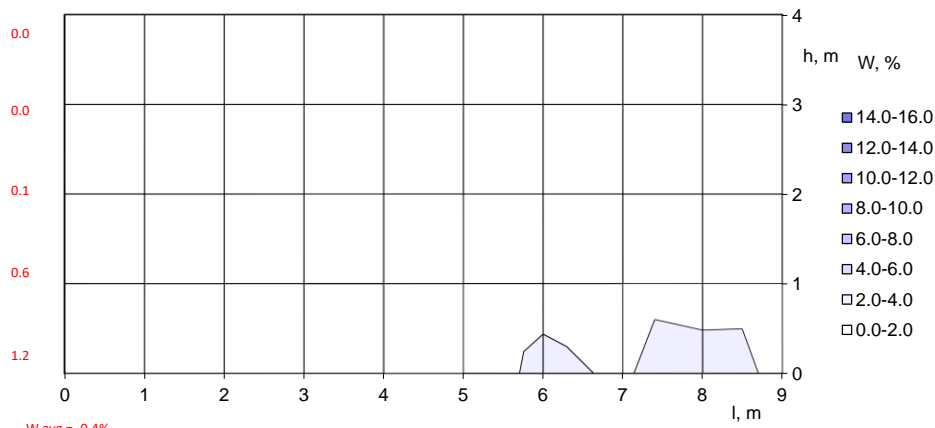
7.11.2014



W avg, h, %

### kooriruumi idasein

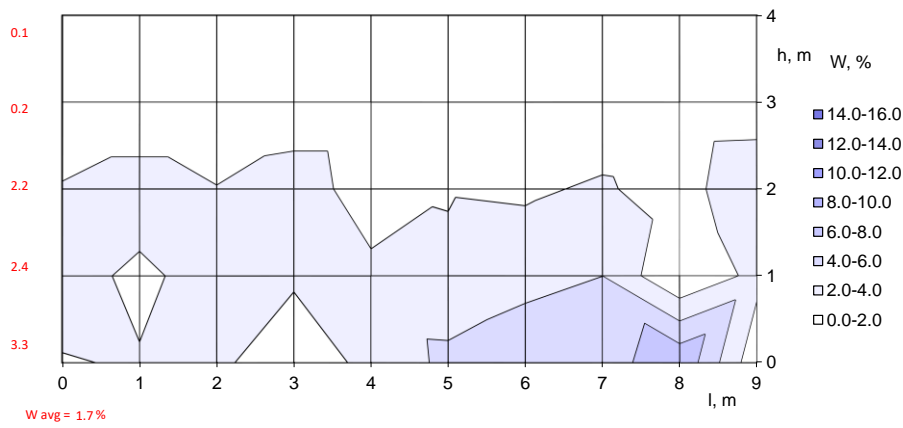
13.10.2015



W avg, h, %

### kooriruumi idasein

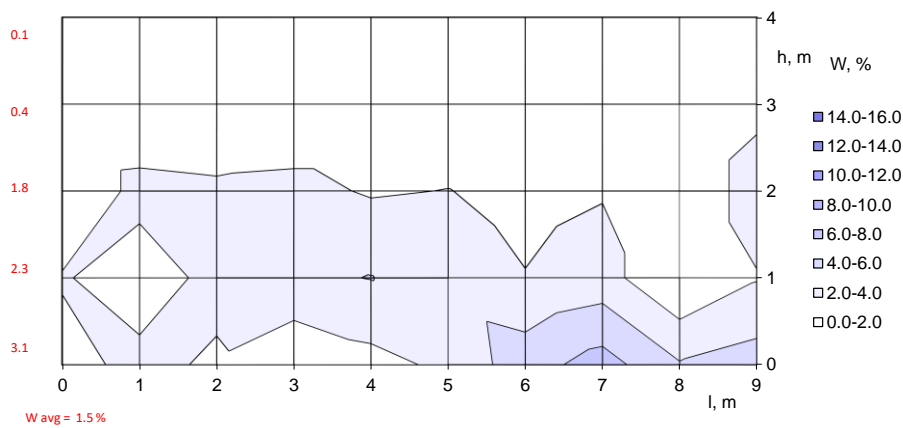
25.08.2016



W avg, h, %

### kooriruumi idasein

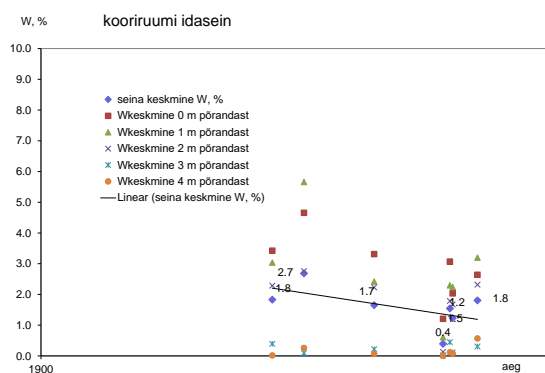
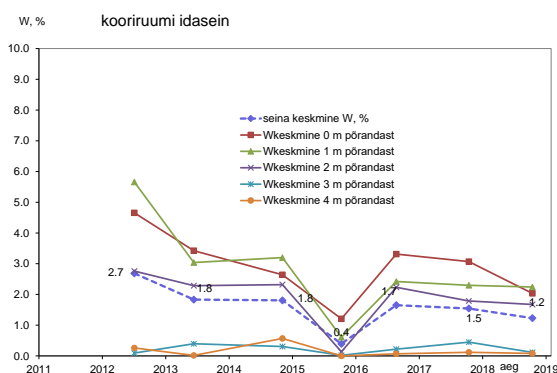
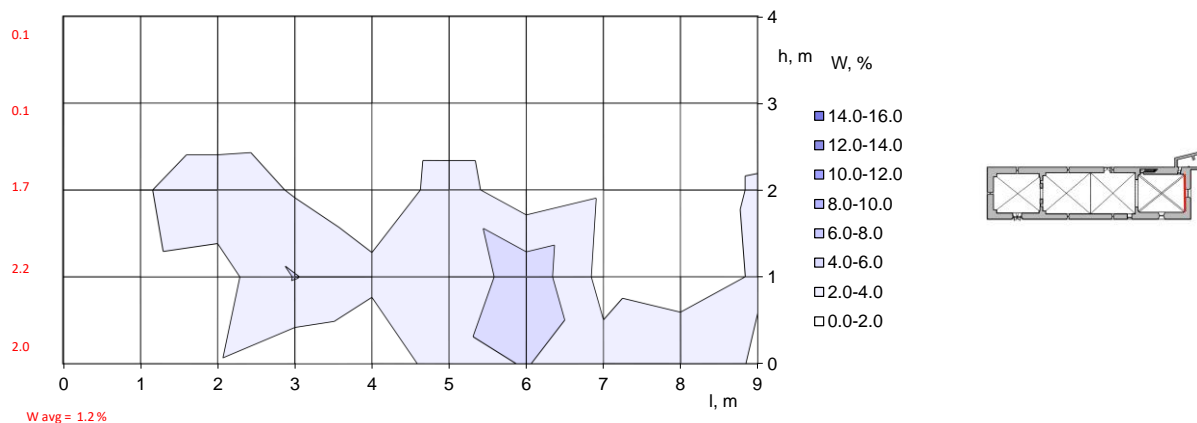
18.10.2017



W avg, h, %

kooriruumi idasein

20.10.2018



Joonis 11. Niiskusejaotus aastatel 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 ja 2018

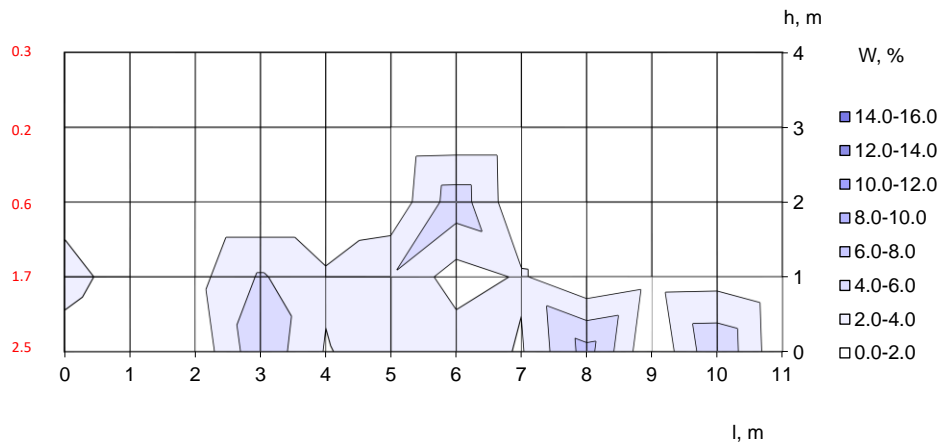
Kooriruumi idasein oli 2015 aasta oktoobris kuiv, ülejäänud aastatel (mõõtmised toimusid siis suvekuudel) kõrguseni kuni 2 meetrit võrreldes ülejäänud seintega oluliselt niiskem. Seda seina mõjutab ilmastik suhteliselt palju. Võib oletada, et osa niiskusest on pärit maapinnast aga suurem osa lagunenud välise aknalaua ja selle all oleva lagunenud vuukidega seina kaudu seina pääsenud vesi. See pole eriti tüüpiline olukord, sest teistes Saaremaa kirikutes on idasein suhteliselt kuiv (vihmase ilma korral idatuuli vähe).

# Kooriruumi lõunasein

W avg, h,

kooriruumi lõunasein

5.07.2012

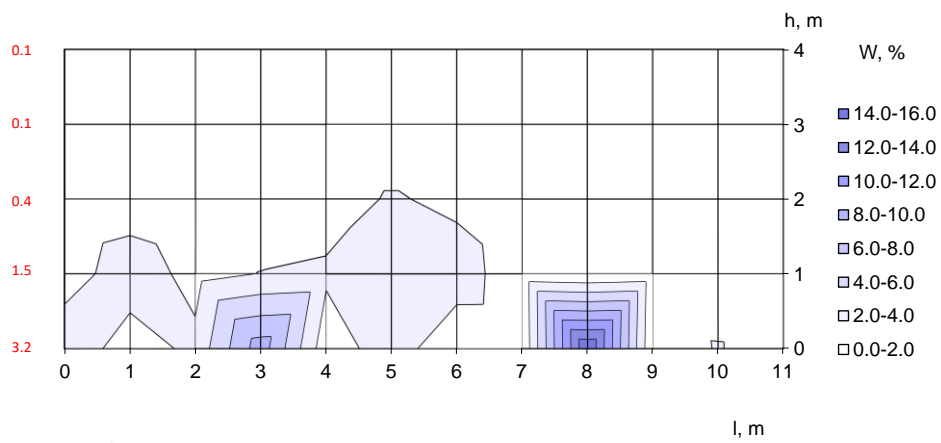


W avg = 1.1 %

W avg, h,

kooriruumi lõunasein

13.06.2013

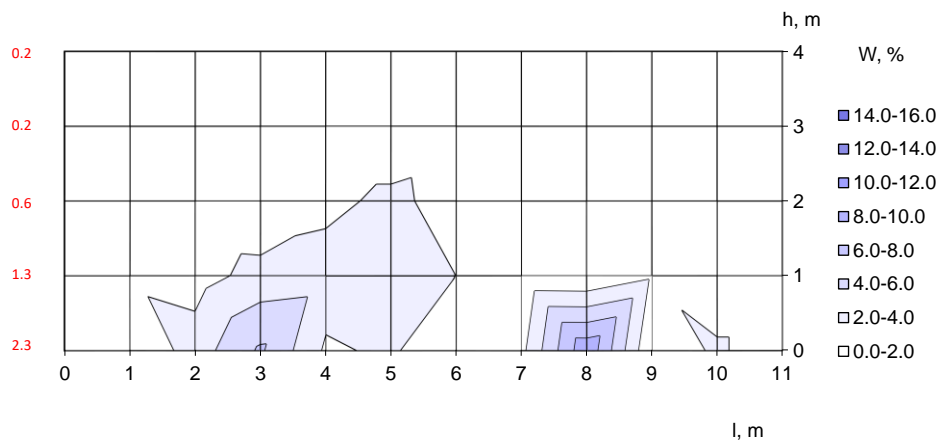


W avg = 1.1 %

W avg, h,

kooriruumi lõunasein

7.11.2014

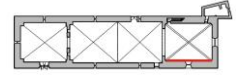
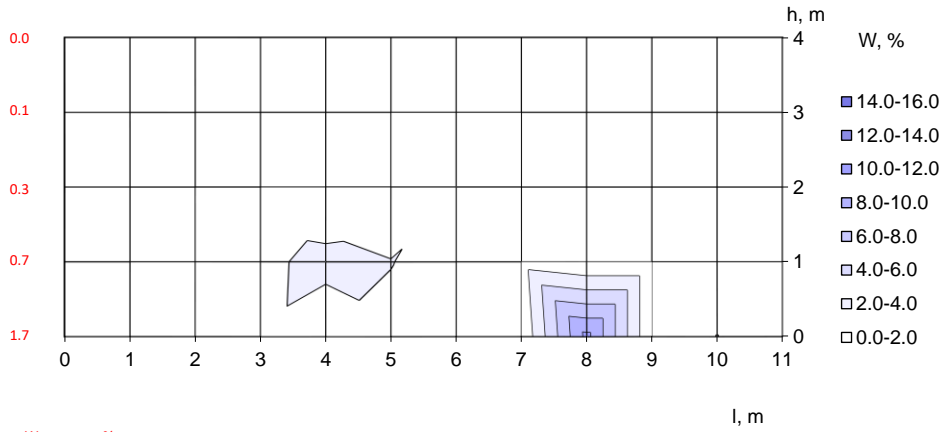


W avg = 0.9 %

W avg, h,

kooriruumi lõunasein

25.08.2016

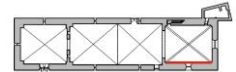
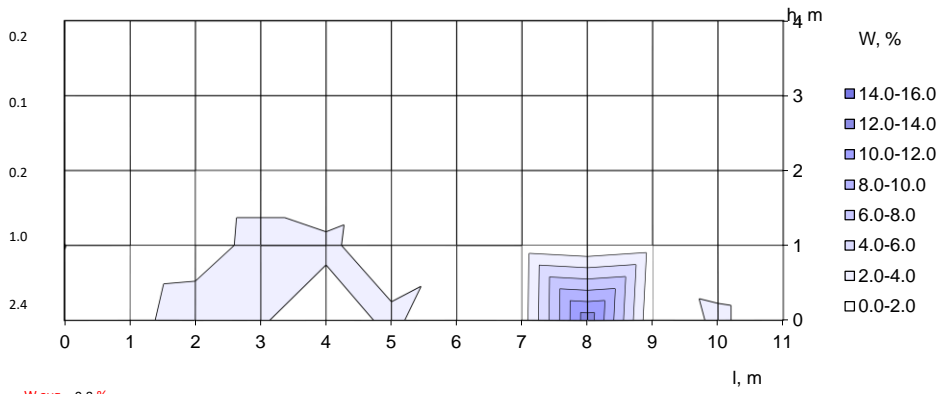


W avg = 0.5 %

W avg, h, %

kooriruumi lõunasein

18.10.2017

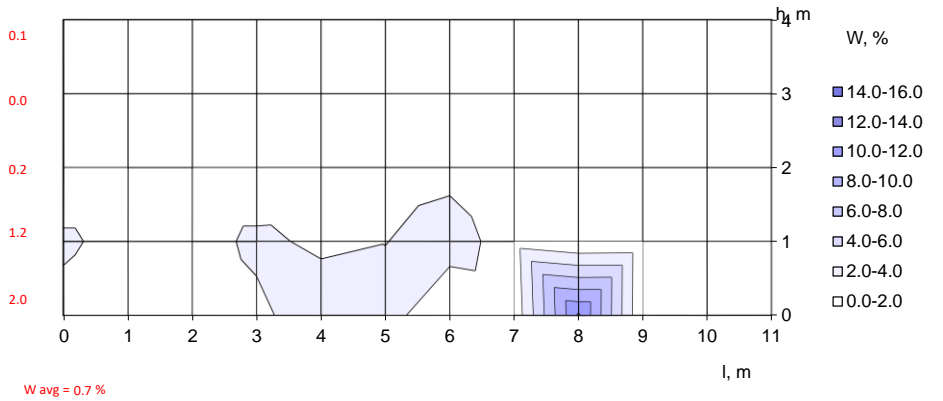


W avg = 0.8 %

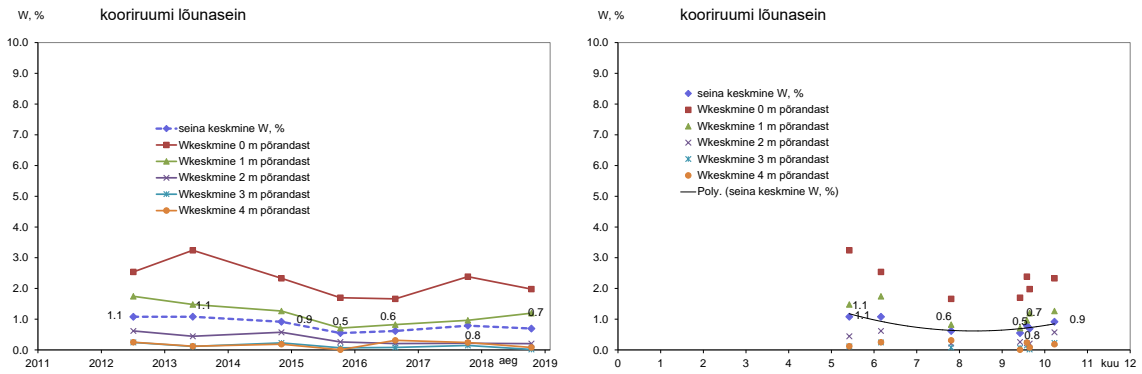
W avg, h, %

kooriruumi lõunasein

20.10.2018



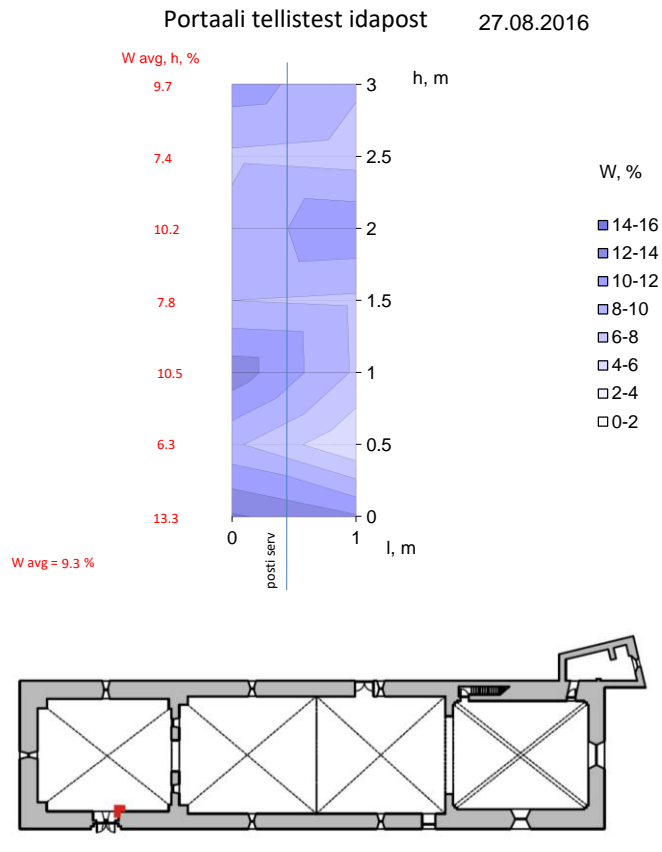
W avg = 0.7 %



Joonis 12. Niiskusejaotus 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 ja 2018.  
Seina niiskusesisalduse ajalised muutused.

Kooriruumi lõunasein on aja jooksul veidi kuivemaks muutunud. Seinas on üks väga niiske koht ( $l = 8 \text{ m}$ ,  $h = 0 \text{ m}$ ), mis on ka visuaalselt hästi näha. Selles kohas ka tugev sooldumine. Põhjuseks ilmselt leke välisseina kaudu (leke võib olla seotud akna aluse lagunened vuukidega sein või siis veel tõenäolisemalt selles sein välisküljel oleva niššiga). Kapillaarniiskus jaotuks kogu sein ulatuses ühtlasemalt. Ebatüüpiline on ka kooriruumi lõunaseina niiskusesisalduse kuine muutlikkus, sügisel ja kevadel on sein olnud märjem kui suvel.

## Portaali idaposti tellistest serv

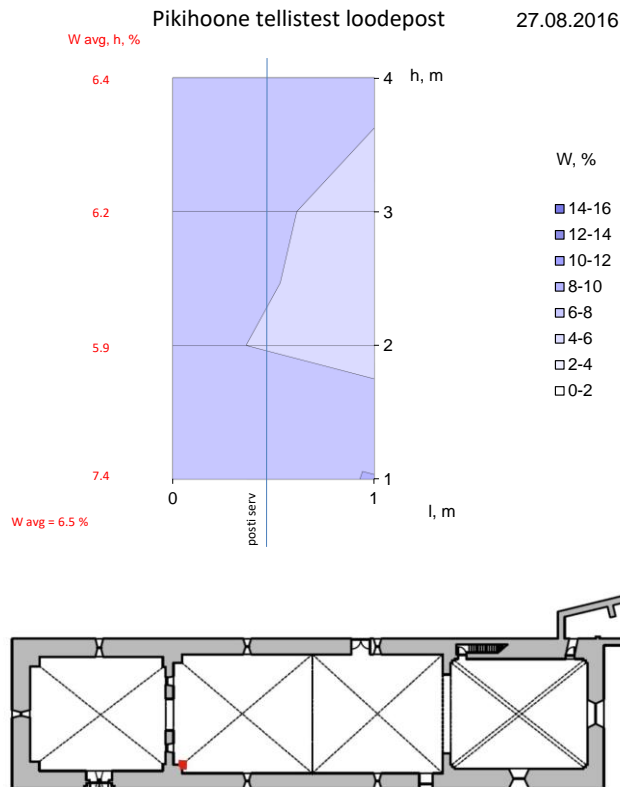


Joonis 13. Niiskusejaotus portaali posti servas. Mõõtekohad tähistatud punaste punkidega.

Portaali idaposti tellistest serv mõõdeti anduriga Moist P ja kasutati tootjapoolset kalibreeringut „Brikcs old“.



## Pikihoone loodenurga posti serv.



Joonis 14. Niiskusejaotus portaali posti servas. Mõõtekohad tähistatud punaste punkidega.

Portaali idaposti tellistest serv mõõdeti anduriga Moist P ja kasutati tootjapoolset kalibreeringut „Brikcs old“. Tuleb tähele panna, et mõõtepunktid algavad 1 meetri kõrguselt (posti alumine osa paekivist).

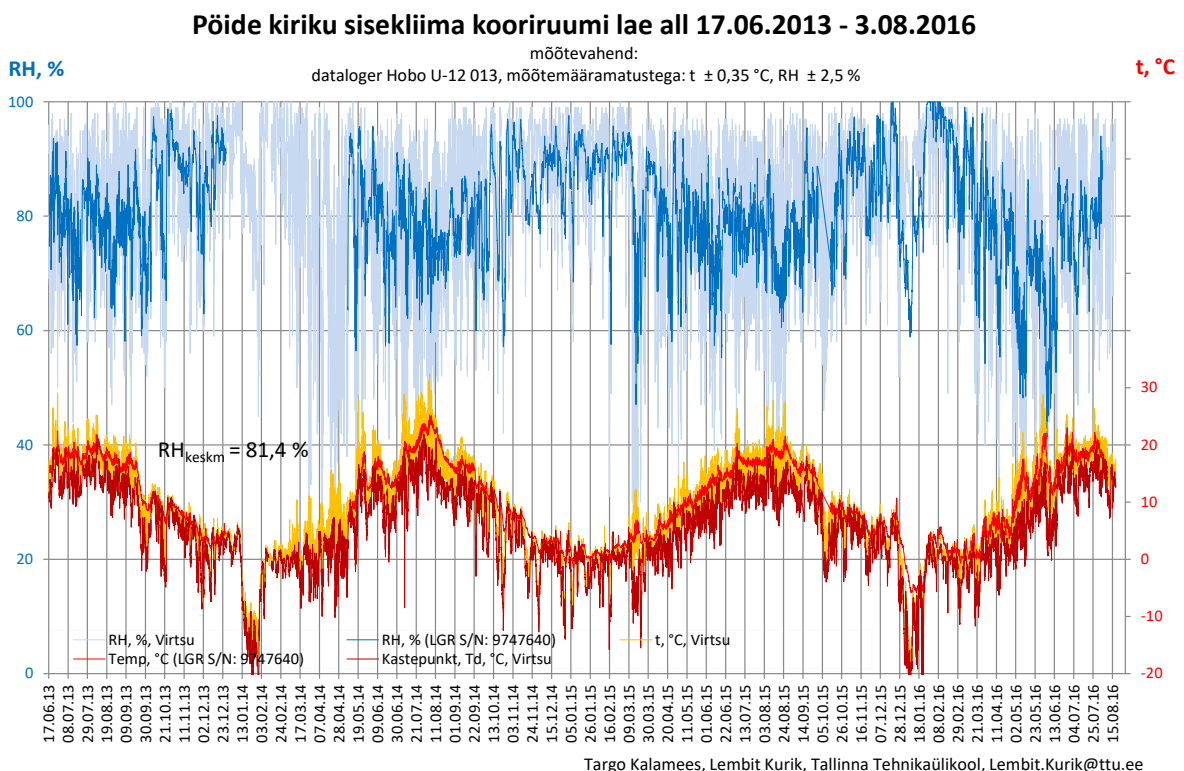
## Tornivõlvistiku lõunaviil, testala.



Joonis 15. Niiskusejaotus 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 ja 2018.  
Seina niiskusesisalduse ajalised muutused.

Testala mõõtmetega 2x5 m mõõdeti kolmel korral 7.04.2018, 12.07.2018 ja 19.10.2018. Kõik mõõtmised näitasid, et võlvistik on kuiv.

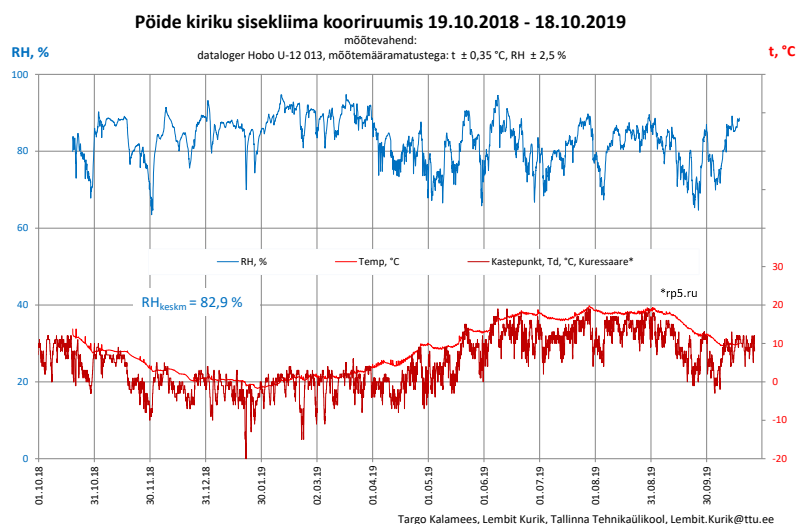
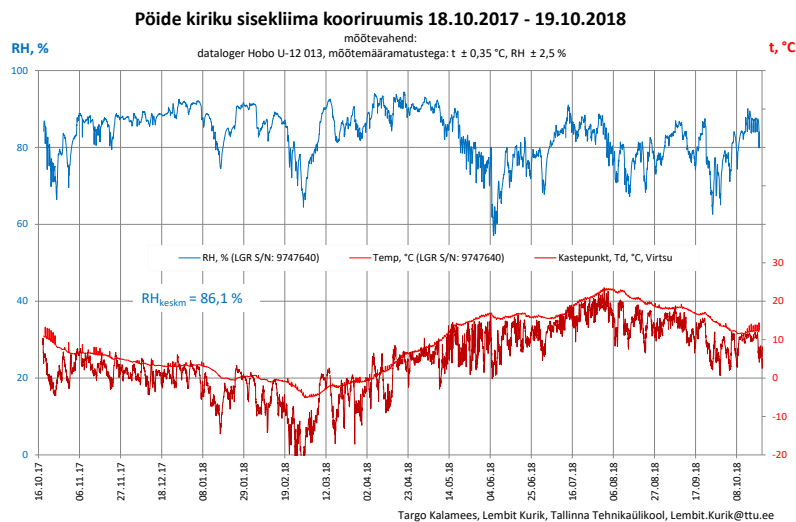
Kirikus on mõõdetud ka sisekliimat vahetult kooriruumi võlvide all. Viimaste aastate sisekliima andmed on esitatud joonistel 16 ja 17:



Joonis 16. Sisekliima Põide kiriku kooriruumis. Väliskliima andmetena on kasutatud Virtsu ilmajaama andmeid (28 km Põidest, andmed aadressilt [rp5.ru](http://rp5.ru))

Suhteline õhuniiskus kirikus on suur (81,4 %) kuid siiski veidi väiksem kui teistes Saaremaa keskaegsetes kirikutes (nendes RH ligi 90%)

2017/2018 in kirik muutunud veidi niiskemaks (vaata joonis 17), 2018/2019 on olukord taastunud.



Joonis 17. Sisekliima kiriku kooriruumis 2018 ja 2019

## Kirjandus

Perens, Helle. Looduskivi Eesti ehituses. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn, 2012.

Mõõtmiste teostaja: Lembit Kurik, Tallinna Tehnikaülikool, küberneetika instituut, lembit.kurik@ttu.ee

Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn