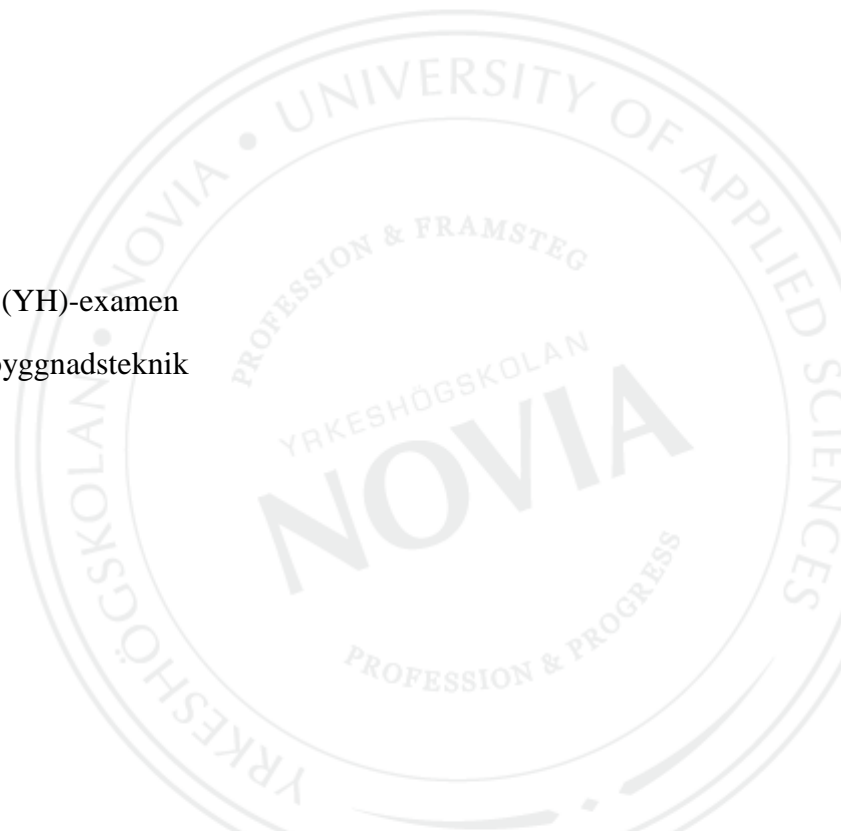




# Fuktsäkring av nybyggnation – Case Bergö skola

Ville Köpilä

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen  
Utbildningsprogrammet för byggnadsteknik  
Vasa 2015



## EXAMENSARBETE

Författare: Ville Köpilä  
Utbildningsprogram och ort: Byggnadsteknik, Vasa  
Inriktningsalternativ: Byggnadsproduktion  
Handledaren: Anders Borg (YH Novia)  
Mikael Anderssén (Drytec)

Titel: *Fuktsäkring av nybyggnation – Case Bergö skola*

---

Datum 29.4.2016

Sidantal 107

---

### Abstrakt

Idag uppskattas ca 600 000–800 000 finländare utsättas för dålig inomhusluft, detta beräknas kosta Finska samhället 450 miljoner euro årligen. Yrkehögskola Novia – Forskning och utveckling, som är beställare för detta examensarbete, samarbetar med olika organisationer och skolor för att sprida på informationen om fuktsäker byggprocess där ByggaF används som fuktsäkringsmetod. Detta examensarbetets mål är att förklara varför, hur och med vad man förbättrar byggnadens fuktsäkerhet under hela byggprocessen.

I examensarbetet undersöktes ett referensprojekt där ByggaF använts som fuktsäkringsmetod. Förutom litteraturstudier, baserar sig resultatet på granskning av diverse bygghandlingar, uppföljning av byggskedet och diskussioner med planerarna för projekt Bergö skola. Arbetet fokuserar på den verkliga byggnaden och dess konstruktioner samt material. Examensarbetet ska vidareutvecklas till pedagogiskt material för studerande inom området på Umeå universitet i Sverige.

---

Språk: svenska

Nyckelord: fuktsäkerhet, Bergö skola, ByggaF,

---

## OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Ville Köpilä  
Koulutusohjelma ja paikkakunta: Rakennustekniikka, Vaasa  
Suuntautumisvaihtoehto: Rakennustuotanto  
Ohjaajat: Anders Borg (AMK Novia)  
Mikael Anderssen (Drytec)

Nimike: *Kosteudenhallinta uudisrakentamisessa – Case Bergön koulu*

---

Päivämäärä 29.4.2016

Sivumäärä 107

---

### **Tiivistelmä**

Noin 600 000–800 000 suomalaista altistuu päivittäin huonolle sisäilmalle ja tämä maksaa Suomen yhteiskunnalle noin 450 miljoonaa euroa vuodessa. Ammattikorkeakoulu Novia – Tutkimus ja kehitys, joka on tämän opinnäytetyön tilaaja, tekee yhteistyötä erilaisten organisaatioiden ja koulujen kanssa jakaakseen tietoa rakennushankkeen laadunvarmistamisesta ByggaF-laadunvarmistusmenetelmän avulla. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää miksi, miten ja millä rakennuksen kosteusteknistä toiminta on pyritty parantamaan rakennushankkeen eri vaiheissa.

Opinnäytetyössä on tutkittu rakennushanketta jossa ByggaF:ä käytettiin laadunvarmistusmenetelmänä. Kirjallisuuden lisäksi, työn tulos perustuu rakennushankkeen asiakirjojen tarkasteluun, rakennustyön seuraamiseen ja keskusteluihin suunnitteluryhmän kanssa. Työ keskittyy todelliseen rakennukseen ja sen rakenteisiin ja materiaaleihin. Opinnäytetyötä käytetään myöhemmin opetusmateriaalin valmistamiseen rakennusalan opiskelijoille Uumajan yliopistossa Ruotsissa.

---

Kieli: ruotsi

Avainsanat: kosteudenhallinta, Bergön koulu, ByggaF

---

## BACHELOR'S THESIS

Author: Ville Köpilä  
Degree Programme: Building Engineering, Vaasa  
Specialization: Building production  
Supervisors: Anders Borg (YH Novia)  
Mikael Anderssén (Drytec)

Title: *Damp Proof Building – Case Bergö School*

---

Date 29.4.2016

Pages 107

---

### **Abstract**

Today, approximately 600 000–800 000 Finns are exposed to poor indoor air, which costs the Finnish society about 450 million euros yearly. Novia University of Applied Sciences – research and development, which is the client for this thesis, cooperates with different organizations and schools to spread information about the damp proof building process where the ByggaF is being used as damp proof method. The goal of this bachelor's thesis is to explain why and how one improves damp proofing of the building process.

This thesis has investigated an example project where ByggaF has been used as moisture safety method. In addition to literature studies, the result is based on examination of numerous construction documents, following of the building process and discussions with construction designers in the Bergö school project. The study focuses on a real building and its construction and materials. The thesis will be used for continuous development as educational material for students in the same field at the Umeå university, in Sweden.

---

Language: swedish

Key words: damp proof, Bergö school, ByggaF

---

## **Förord**

Detta examensarbete på yrkeshögskolenivå har utförts åt Yrkeshögskolan Novia, enheten för forskning och utveckling (FoU). Examensarbetet innehåller samlad information om fuktsäkringsarbetet vid nybyggnationen av Bergö skola. Materialet kommer framöver att användas vid utformningen av ett pedagogiskt utbildningsmaterial inom projekt Renovation Center.

Materialsamlingen och dokumentationen gjordes inom en anställning vid FoU, som påbörjades februari 2015. Den huvudsakliga arbetsuppgiften bestod av att följa och dokumentera byggprocessen av Bergö skola.

Tack till er alla som har bidragit med värdefulla kunskaper och synpunkter samt gjort det möjligt att genomföra arbetet. Drytec, Arkitektjänst Johan Ångerman, Svenska kulturfonden, VASEK, Botnia Atlantica, Renoveringscentrum och ett speciellt tack till Malax kommun.

*Ville Köpilä*  
29.4.2016

## Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Syfte och mål .....	1
1.2	Uppdragsgivare .....	1
1.3	Metod .....	1
1.4	Avgränsning.....	2
2	Byggnad .....	3
3	Fukt.....	5
3.1	Fukt i luft .....	5
3.1.1	Luftfuktighet utomhus .....	6
3.1.2	Luftfuktighet inomhus .....	7
3.2	Fukt i material .....	8
3.2.1	Uppfuktningmekanismer.....	9
3.2.2	Fuktskador .....	10
3.3	Fukttransport .....	11
3.3.1	Diffusion.....	11
3.3.2	Konvektion .....	12
3.3.3	Kapillärsugning .....	13
3.3.4	Tyngdkraft .....	14
3.4	Uttorkningsmetoder .....	14
3.5	Fuktkällor.....	15
3.5.1	Luftfuktighet.....	16
3.5.2	Nederbörd .....	17
3.5.3	Markfukt .....	17
3.5.4	Läckage.....	17
3.5.5	Byggfukt .....	17
3.6	Kritiskt fuktillstånd.....	17
4	Lagstiftning, byggregler, branschregler, anvisningar.....	20
5	Objektbeskrivning .....	21
5.1	Byggplats .....	21
5.1.1	Bakgrund .....	21
5.1.2	Geoteknisk utredning av tomt.....	24
5.1.3	Resultat från geotekniska utredningen .....	27

5.2	Nya skolbyggnaden.....	28
6	Kvalitetssäkring av Bergö skola.....	29
6.1	Kvalitetsäkringsmetod ByggaF.....	29
6.2	Byggnadsplanering .....	29
6.2.1	Konstruktionsplanering .....	29
6.2.2	Förutse fuktkänsliga arbetsmoment.....	30
7	Markkonstruktioner.....	31
7.1	Undergrunden .....	31
7.1.1	Nationella krav .....	32
7.1.2	Anvisningar .....	32
7.1.3	Planering.....	33
7.1.4	Utfört arbete.....	36
7.2	Kapillärbrytande skikt.....	37
7.2.1	Nationella krav .....	39
7.2.2	Anvisningar .....	39
7.2.3	Planering.....	40
7.2.4	Utfört arbete.....	41
7.3	Markytan runt byggnaden .....	42
7.3.1	Nationella krav .....	42
7.3.2	Anvisningar .....	42
7.3.3	Planering.....	44
7.3.4	Utfört arbete.....	44
8	Geokonstruktioner.....	46
8.1	Dränering .....	46
8.1.1	Nationella krav .....	46
8.1.2	Anvisningar .....	46
8.1.3	Planering.....	48
8.1.4	Utfört arbete.....	49
8.2	Tjälisolering .....	50
8.2.1	Anvisningar .....	50
8.2.2	Planering.....	51
8.2.3	Utfört arbete.....	53
8.3	Sockelskiva .....	53
8.3.1	Nationella krav .....	54
8.3.2	Anvisningar .....	54
8.3.3	Planering.....	55

8.3.4	Utfört arbete.....	57
8.4	Kantlist för sockelskiva .....	59
8.4.1	Nationella krav .....	59
8.4.2	Anvisningar .....	59
8.4.3	Planering.....	60
8.4.4	Utfört arbete.....	61
9	Klimatskal .....	62
9.1	Platta på mark .....	63
9.1.1	Fuktrisker.....	63
9.1.2	Nationella krav .....	64
9.1.3	Anvisningar .....	64
9.1.4	Planering.....	68
9.1.5	Utfört arbete.....	70
9.2	Ytterväggar .....	70
9.2.1	Fuktrisker.....	71
9.2.2	Nationella krav .....	72
9.2.3	Anvisningar .....	72
9.2.4	Planering.....	75
9.2.5	Utfört arbete.....	80
9.3	Tak.....	83
9.3.1	Fuktrisker.....	83
9.3.2	Nationella krav .....	83
9.3.3	Anvisningar .....	83
9.3.4	Planering.....	84
9.3.5	Utfört arbete.....	87
10	Fuktsäkerhetsåtgärder under byggnadsskedet och förvaltning .....	88
10.1	Materialutbyte .....	88
10.2	Granskning av tidtabell för byggnadsarbetet .....	88
10.3	Fuktronder.....	89
10.4	Fuktmätning .....	90
10.4.1	Kontrollfuktmätning av syllarnas fuktkvot.....	92
10.4.2	Fuktmätning i betongplattan.....	93
10.5	Uttorkning av byggfukt.....	98
10.6	Materialutbyte under byggnadsskedet .....	99
10.7	Provtryckning av klimatskalets täthet.....	99
10.8	Fuktsäkring under förvaltning .....	99



11	Resultat och resultattolkning.....	100
12	Slutdiskussion .....	101
	Källförteckning.....	102

# 1 Inledning

I Finland utsätts 600 000–800 000 personer dagligen för dålig inomhusluft orsakade av fukt- och mögelskador. Detta förorsakar hälsoproblem som beräknas kosta finska samhället 450 miljoner euro årligen. Finlands saneringsskuld uppskattas idag vara 30–50 miljarder euro. Under år 2011 användes 6,8 miljarder euro för sanering av bostadshus och 3,3 miljarder euro till övriga fastigheter, sammanlagt 10,1 miljarder euro. Samtidigt uppskattades saneringsbehovet för bostadshus stiga med 7,5 miljarder och övriga byggnader 6,3 miljarder, tillsammans 13,8 miljarder euro. Detta betyder att Finlands saneringsskuld steg med 3,7 miljarder euro år 2011. Under 2000-talet steg saneringsskulden uppskattningsvis med ca 3 miljarder årligen.

Idag finns kunskapen om fuktens inverkan på byggnader, hur fukten rör sig i byggnader och hur fukt kan tränga sig in i byggnader och därmed skada konstruktionerna. Vi har genom undersökningar av äldre byggnader fått viktig information och därmed till stor del funnit saneringslösningar på fuktskador. Med denna information kan vi redan i planerings- samt byggnadsskede av en nybyggnation förebygga fuktskador. De betyder att vi måste kunna anpassa den teoretiska kunskap vi har idag till praktisk nytta på byggarbetsplatsen för att kunna styra nybyggnadsarbeten mot ett fuktsäkert håll.

## 1.1 Syfte och mål

Målet är att utforma lättillgängligt material som beskriver vikten i att lyfta fram fuktfrågorna i ett tidigt skede av byggprocessen. För att texten skall vara lättläst skall materialet innehålla bilder som illustrerar processen. Texten skall ge läsaren en allmän information om fukt och dess inverkan på material och konstruktioner. Texten skall innehålla information om hur man löst eventuella fuktproblem i det studerade byggnadsprojektet.

## 1.2 Uppdragsgivare

Uppdragsgivare för examensarbetet är Yrkeshögskolan Novias enhet för forskning och utveckling.

## 1.3 Metod

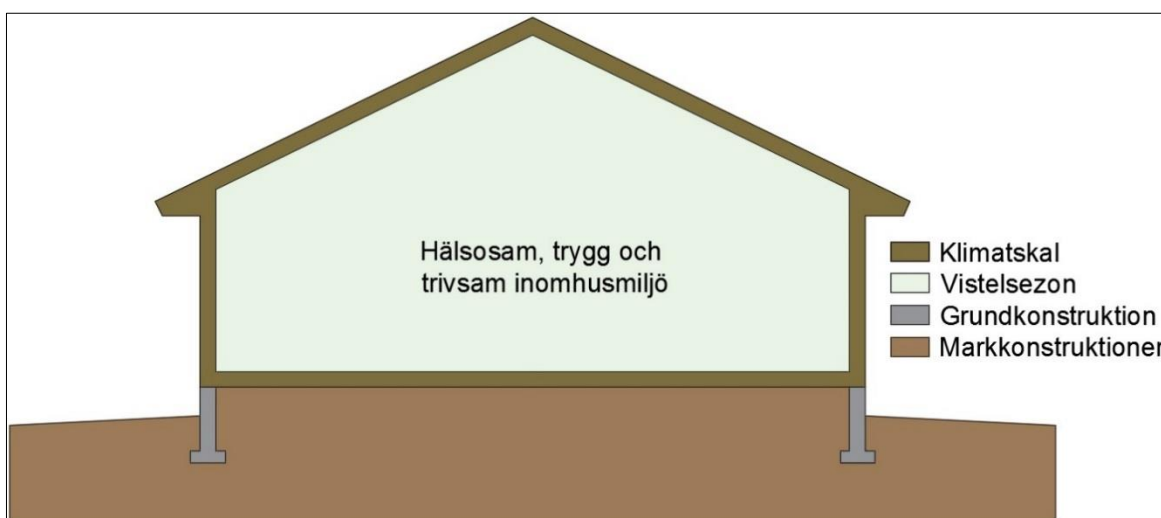
Examensarbetet utfördes som fältstudier och litteraturstudier. Fältstudier bestod av att följa och dokumentera byggnadsprocessen av nybyggnationen Bergö skola. Litteraturstudierna innefattar byggnadsregler och byggnadsanvisningar.

## **1.4 Avgränsning**

Detta examensarbete baserar sig på studier av en specifik nybyggnation och därmed kommer texten enbart behandla konstruktioner och lösningar som använts i det verkliga byggnadsprojektet, det vill säga Bergö skola.

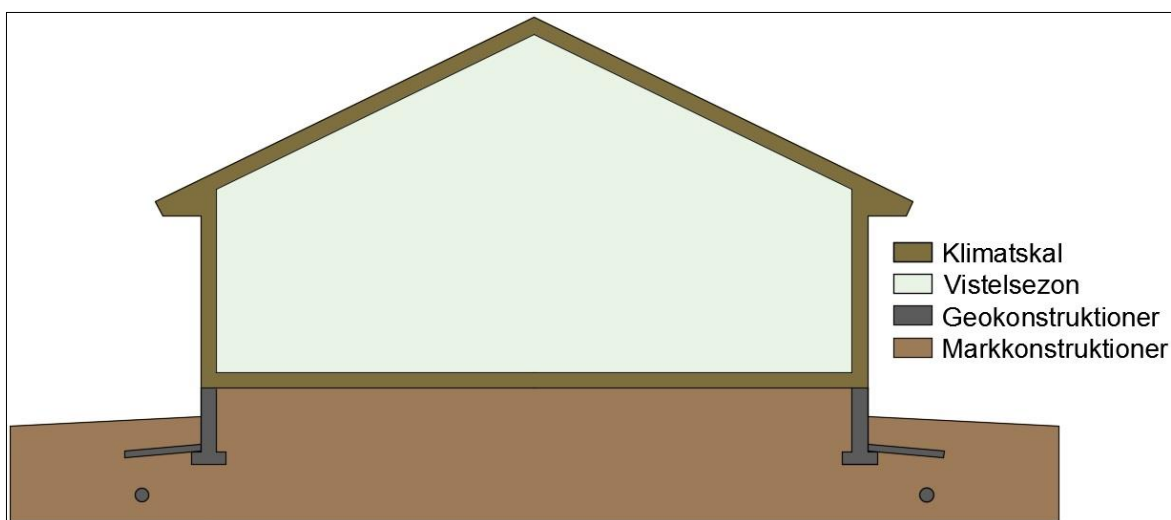
## 2 Byggnad

Generellt kan man säga att byggnader byggs för att man vill skapa en miljö inom vistelsezonen som anses vara hälsosam, trygg, och trivsamt. För att skapa en hälsosam, trygg och trivsamt miljö bör ett luftutrymme slutas in i ett klimatskal som avskiljer inomhusluften från yttre rådande klimat, det vill säga vi får ett utrymme där vi kan styra temperaturen och övriga faktorer som inverkar på trivsamtheten (figur 1). För att skapa en eftersträvd inomhusmiljö inom vistelsezonen bör en byggnad projekteras, byggas och förvaltas så att luftkvaliteten inom vistelsezonen inte försämras under byggnadens avsedda brukstid. Idag finns misstankar om att en del hälsoproblem som huvudvärk, koncentrationssvårigheter, hudsymtom, slemhinne- och luftvägssymtom, med mera kan ha samband med brister i inomhusmiljön. Brister i inomhusmiljön kan orsakas av fukt i byggnadskonstruktioner vilket lätt till att man idag ställer allt större fokus på fukt- och inomhusmiljöproblem i byggnadsprojekt. (Hälsa och inomhusmiljö, 2009, s. 1).



Figur 1. Vistelsezonen är ett utrymme skapas då byggnader byggs.

En byggnad kan bestå av flera olika byggnadsdelar och konstruktioner som namnges varierande i olika texter. I denna text namnges de olika byggnadsdelarna och konstruktionerna enligt figur 2.



Figur 2. I detta examensarbete namnges byggnadsdelarna enligt bilden.

I detta examensarbete avses med:

- 1) *Klimatskal*, byggnadens mantel eller byggnadens yttre hölje. Ett klimatskal består av ytterväggar, bottenbjälklag, tak, fönster och dörrar, det vill säga byggnadsdelar som avskiljer uppvärmt, delvis uppvärmt eller kylbart kallt utrymme från uteluften, markytan eller ouppvärt utrymme.
- 2) *Geokonstruktioner*, permanenta konstruktioner och material med markkontakt. (Obs. bottenbjälklaget platta på mark redogörs under klimatskal)
- 3) *Markkonstruktioner*, massautbyte och förstärkta markskikt.
- 4) *Vistelsezon*, luftutrymme som skapas då klimatskalet byggs.

### 3 Fukt

Fukt förekommer i tre olika aggregationstillstånd: flytande (vatten), fast (is) och gas (vattenånga). Fukt kan övergå från ett aggregationstillstånd till ett annat på grund av smältning, frysning, avdunstning och kondensering. Vatten och is är synligt för det mänskliga ögat medan vattenånga inte är det, därför kan det vara svårt att uppmärksamma fukt i gasfas, det vill säga vattenånga.

#### 3.1 Fukt i luft

Vattenånga existerar i luft vilket avser termen luftfuktighet. Vattenångmängden i en volym luft kan anges som ånghalt  $v$  [g/m<sup>3</sup>]. Den mängd vattenånga en volym luft kan innehålla styrs av temperaturen, desto högre temperatur ju mera vattenånga kan luften bära. Den maximala mängd vattenånga en volym luft kan innehålla vid en aktuell temperatur anges som mättnadsånghalt och betecknas  $v_s$  [g/m<sup>3</sup>] (diagram 1). (Nevander & Elmarsson, 1994, s. 235–238).

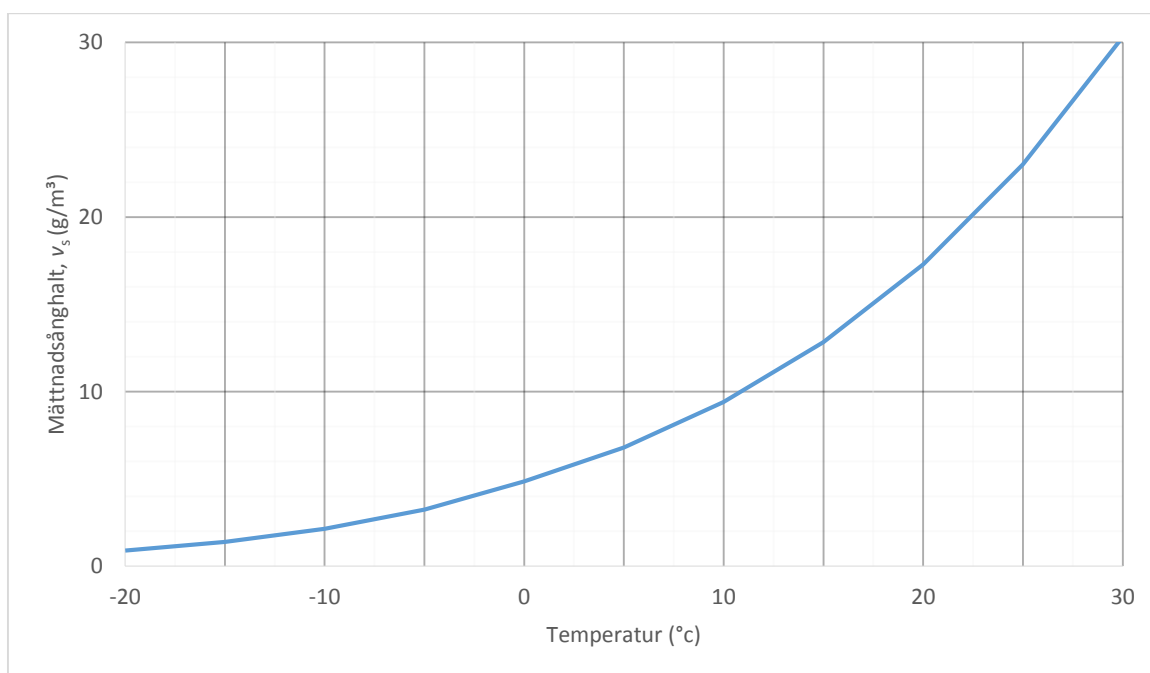


Diagram 1. Samband mellan mättnadsånghalt och temperatur (Penthon, (u.å)).

En volym lufts aktuella fuktillstånd kan meddelas som relativa fuktighet (RH %) som beskriver vattenånghalten i en volym luft i förhållandet till mättnadsånghalten vid en aktuell temperatur ( $RH = v/v_s \times 100$  %) (diagram 2). Då mättnadsånghalten, 100 % RH, överskrids kan vattenånga kondenseras. (RT 14–10984, s. 2).

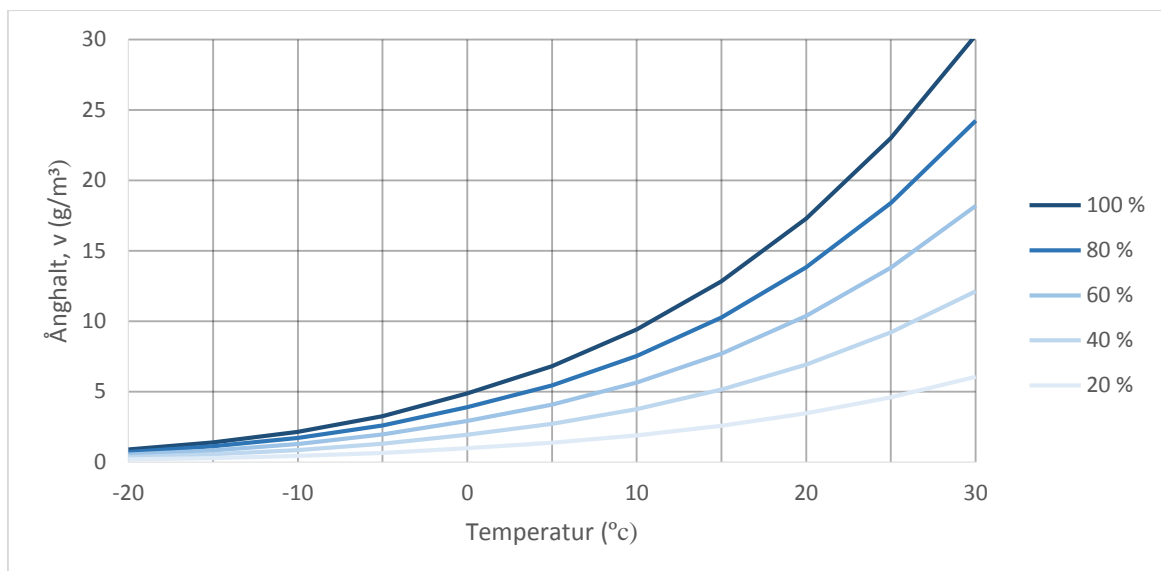


Diagram 2. Samband mellan temperatur, ånghalt och relativ fuktighet. Beräknat med  $RH = v/v_s \times 100 \%$ . (Pentton, (u.å)).

### 3.1.1 Luftfuktighet utomhus

Utomhusluftens relativa fuktighet varierar efter årstid, temperatur, väder och ort. På vintern har utomhusluften en genomsnittlig vattenånghalt på ca 1,5–3,0 g/m<sup>3</sup> och en relativ fuktighet på 80–90 %. I diagram 3 redovisas högsta och lägsta uppmätta värden på uteluftens relativa fuktighet under en vintermånad. Under sommaren har utomhusluften en avsevärt högre genomsnittlig vattenånghalt, ca 8–11 g/m<sup>3</sup> men en lägre relativ fuktighet 65–80 %. Detta beror på att temperaturen oftast är högre. I diagram 4 redovisas högsta och lägsta uppmätta värden på uteluftens relativa fuktighet under en sommarmånad. (Korkeamäki, u.å).

Diagram 3. Högsta och lägsta uppmätta värden på uteluftens relativa fuktighet under januari månaden mellan år 2011 och 2015, i Jyväskylä (Sääsena Jyväskylä, Nenäniemi, (u.å)).

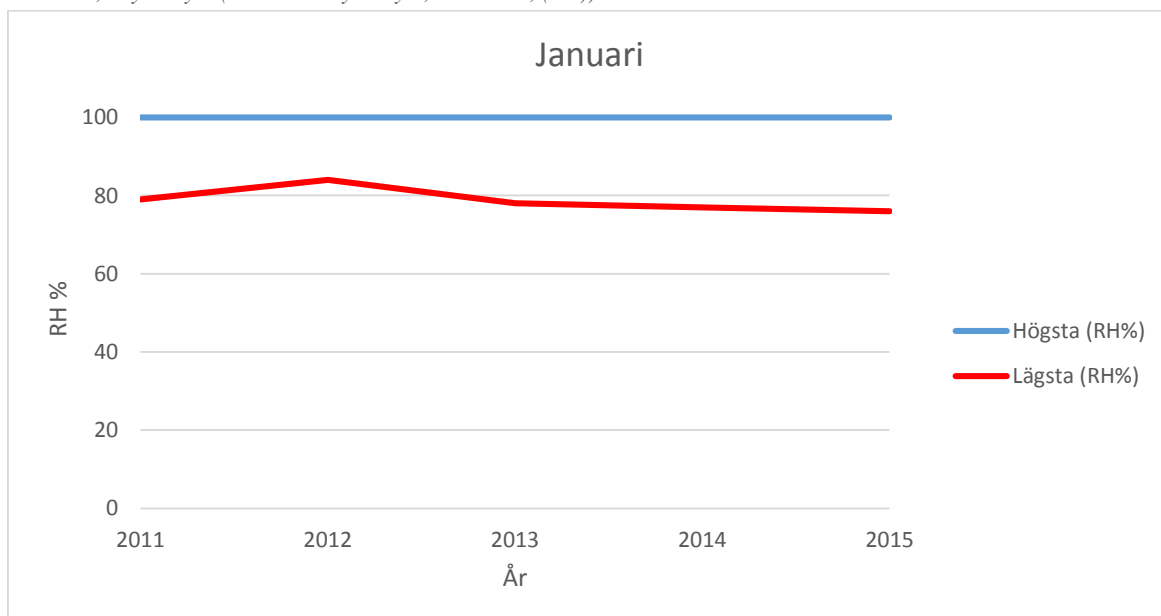
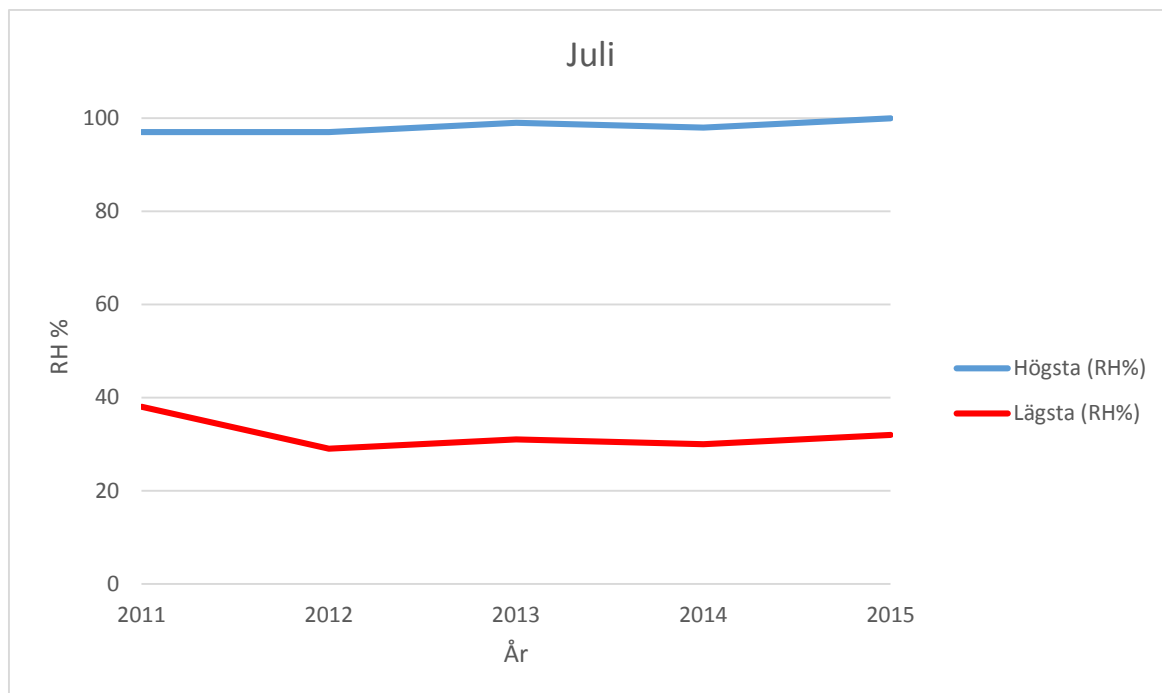


Diagram 4. Högsta och lägsta uppmätta värden på utluftens relativa fuktighet under juli månaden mellan år 2011 och 2015, i Jyväskylä. Lägsta värden kan oftast mätas då temperaturen ute är sön högst (dagen) och höga värden kan mätas då utluftens temperatur sjunker (natten). (Sääsena Jyväskylä, Nenänimi, (u.å)).



### 3.1.2 Luftfuktighet inomhus

Luftvolymen inom vistelsezonen kallas inomhusluft. Inomhusluftens relativa fuktighet beror på utluftens vattenånghalt [ $\text{g}/\text{m}^3$ ], ventilation, temperatur och fuktkällor inom vistelsezonen. Inom vistelsezonen utförs ett flertal fuktavgivande aktiviteter som bidrar till en högre vattenånghalt i inomhusluften (tabell 1) jämfört med utomhusluften. Inomhusluftens fuktillskott [ $\text{g}/\text{m}^3$ ] beskriver skillnaden i ånghalt mellan utomhus- och inomhusluften. För inomhusluftens fuktillskott finns en klassificerad nationell standard SFS-EN ISO 13788. I Finland rekommenderar man ändå att använda dimensioneringsvärden för fuktillskott som är baserade på underökningar i Finland (tabell 2). (Al Hamami, 2012, s. 11–12; RIL 107–2012, s. 23).

Tabell 1. Fuktproducerande aktiviteter i en byggnad (Korkeamäki).

Fuktälla	Fuktproduktion
Människa	40 – 50 g/h
Bada	700 g/h
Duscha	2600 g/h
Verksamhet i kök	600 -1500 g/h (dagligt medeltal ca 100 g/h)
Öppen vattenyta	40 g/m <sup>2</sup> h
Växter	7 - 20 g/h beroende på storlek
Klädtvätt	10-50 g/h



Tabell 2. Dimensioneringsvärde för fukttillskott i byggnader eller utrymmen avsedda för ett visst användningsändamål (RIL 107–2012, s.24)

Fukt-klass	Dimensioneringsvärde för fukttillskott under vinter ( $T \leq 5^\circ\text{C}$ )	Byggnadens användningsändamål
1	$> 5 \text{ g/m}^3$	Simhallar, stor kök, tvätt-inrättning, bryggerier, tryckerier, växthus, fuktade utrymmen, maneger, produktionsbyggnader för lantbruk, djurskydd, industriutrymmen utsatta för fukt
2	$5 \text{ g/m}^3$	Bostadsbyggnader, kontor- och affärsutrymmen, byggnader avsedda för övernattnings-, restauranger, samlings- och festutrymmen, undervisningsutrymmen och daghem, sjukhus och vårdutrymmen, museer, idrottshallar och -utrymmen, ishallar och frysta träningsutrymmen, kyl- och frysutrymmen, vinter bebodda fritidsbostäder
3	$3 \text{ g/m}^3$	Fritidsbostäder, kalla eller delvis kalla byggnader, förråd och förvaringsutrymmen, fordonskydd, tekniska utrymmen, tillfälliga och flyttbara byggnader

### 3.2 Fukt i material

I ett material kan fukt vara fysikaliskt eller kemiskt bundet. I fuktsammanhang beaktas inte kemiskt bundet vatten eftersom det ingår i materialets molekylstruktur, det vill säga kemiskt bundet vatten är inte förångningsbart och kan inte uttorkas utan att materialets molekylstruktur förändras (materialet förstörs). Fysikaliskt bundet vatten är förångningsbart och förekommer i ett materials luftporer och hålrum. Hur mycket fysikaliskt bundet vatten ett material innehåller beror på materialets hygroskopiska egenskaper, kapillärsugande förmåga, porositet och materialets omgivande klimat. Den mängd fukt ett material innehåller kan anges som fukthalt ( $w$ ) och fuktkvot ( $u$ ). Då en byggnad byggs är det alltså det fysikaliskt bundna vattnet i materialet som framförallt skall uppmärksammas. (Nevander & Elmarsson, s. 241–243; Johansson, 2012, s. 15).

Fuktkvot betecknas med  $u$  och anges i viktprocent. Fuktkvot beskriver förhållandet mellan materialets fuktinnehåll (kg) och mängden torrt material (kg). (Nevander & Elmarsson, s. 243).

$$u = \frac{kg \text{ (Fuktigt material)} - kg \text{ (torrt material)}}{kg \text{ (torrt material)}} \times 100$$

Fukthalt betecknas med  $w$  och anges i  $kg/m^3$ . Fukthalt beskriver mängden vatten per volymenhet. (Nevander & Elmarsson, s. 243).

$$w = \frac{kg \text{ (vatten)}}{m^3 \text{ (material)}}$$

### 3.2.1 Uppfuktningsmekanismer

Byggnadsmaterial kan delas in i två olika grupper med tanke på materialets porositet och densitet, det vill säga porösa och kompakta material. Till porösa material hör bl.a. betong, trä, gips, värmeisolering av olika slag, tegel, med mera. Plaster, glas och det flesta metaller kan räknas till kompakta material. Kompakta material kan innehålla ett stort antal mikrosprickor där fukt kan passera, men denna fuktmängd är så liten att det inte uppmärksammas i fuktsammanhang. Porösa material kan däremot uppfuktas genom kapillärsugning, kapillärkondensation och absorption. De flesta porösa materialen är hygroskopiska vilket innebär att de kan binda och avge fukt från/till omgivande luft. Då ett material är i kontakt med fuktig luft kommer porluften i materialet att få samma RH % som den fuktiga luften på grund av diffusion. Hygroskopiska material kommer då att binda vattenmolekyler från porluften genom kapillärkondensation eller absorption, vattenmolekyler binds till porväggarna i materialet. (Leivo & Rantala, 2000, s. 10–11; Nevander & Elmarsson, s. 246–248).

Materialets hygroskopiska förmåga beskrivs som sorptionskurvor, det vill säga hur mycket fukt ett material innehåller [ $kg/m^3$ ] vid jämvikt med porluftens relativa fuktighet. Sorptionskurvans form varierar beroende på om materialet är under uppfuktning (absorption) eller uttorkning (desorption), denna skillnad kallas hysteres. Formen på sorptionskurvan varierar även efter temperatur och material. (Nevander & Elmarsson, s. 249–253).

### 3.2.2 Fuktskador

Kemisk nedbrytning på grund av hög alkalitet i vattnet, mikrob- och mögelväxt är vanligt förekommande skador i byggnader vars konstruktioner utsätts för skadlig mängd fukt under en längre tid. Dessa fuktskador kan försämra inomhusluften på grund av emissioner, det vill säga flyktiga toxiner, sporer, med mera som sprids i inomhusluften och medför en dålig lukt. Detta har idag skapat yttrycket fukt- och inomhusmiljöproblem. Fuktbetingade rörelser i material kan även klassas som fuktskador. Fuktbetingade rörelser betyder att materialets form förändras i samband med en förändring av materialets fukttinnehåll. (UAMSo, u.å).

#### 3.2.2.1 Mikrob- och mögelväxt

Det som vi idag kallar mögel i byggnader är egentligen mikrosvampar och en del bakterier. Mögel behöver endast fukt för att växa, eftersom det finns tillräckligt med näring i luften och på ytor av material. Därför kan mögel växa på alla materialytor. Mögelsvampar kräver en mindre mängd fukt för tillväxt jämfört med rötsvampar. (Botniska analysgruppen, u.å; Sisäilmäyhdistys ry, u.å).

#### 3.2.2.2 Alkalisk hydrolysis

Cementbaserade produkter har högt pH-värde (pH 13–14) på grund av dess höga halter av hydroxidjoner ( $\text{OH}^-$ ). Vatten (byggfukt, kapillärsugning & absorberat) som förekommer i cementbaserade produkter binder dessa hydroxidjoner vilket ger vattnet ett högt pH-värde, det vill säga vattnet blir alkaliskt. Alkaliska hydrolysisreaktioner kan ske då det alkaliska vattnet i betongen kommer i kontakt med nedbryttningsbara produkter eller material. Detta fenomen kan påträffas då t.ex. plastmatta limmas på betonggolvet. Nedbryttningsbara produkter kan då vara mattlimmer (polymerer) och mjukgöraren i mattan (dioktylfthalat). Ämnet som bildas då mjukgöraren i mattan bryts ner är 2-etylhexanol och ämnet som bildas då mattlimmet bryts ner är n-butanol. (Finnsementti, u.å; Silanex u.å).

#### 3.2.2.3 Fuktbetingade rörelser

En del fuktrörelser kan förekomma i material som antingen uttorkas eller uppfuktas, det vill säga materialets fukttinnehåll ändras. Då ett material torkar ut kan det krympa och då materialet uppfuktas kan det svälla. Vid för snabb uttorkning av fukt i betong kan den spricka på grund av att det fysikaliskt bundna vattnet i porluften avgår vilket medför en volymminskning. I trämaterial är det fuktbetingade rörelserna stora. Träverkets fuktrörelser

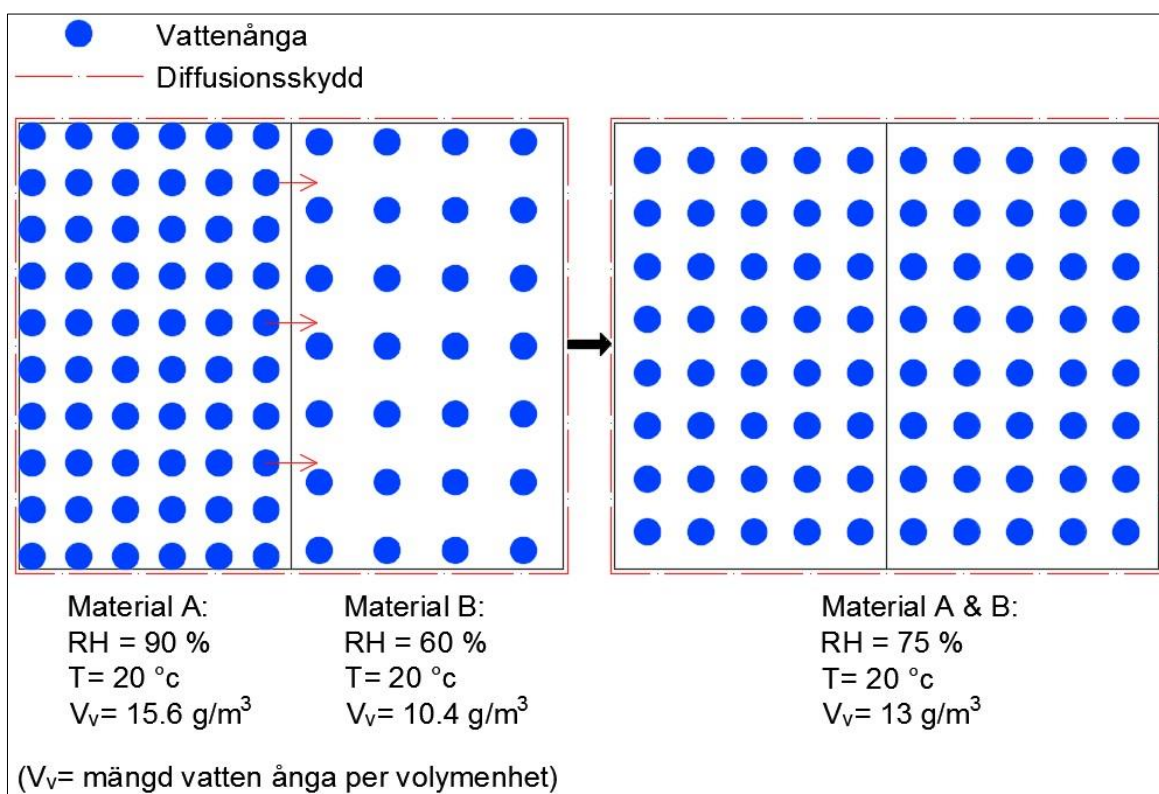
varierar efter träslag, volym och riktning. Fuktrörelserna är olika stora i fiberriktning, radiell riktning, tangentiell riktning (Svenskt trä u.å; Emborg, 2011).

### 3.3 Fuktransport

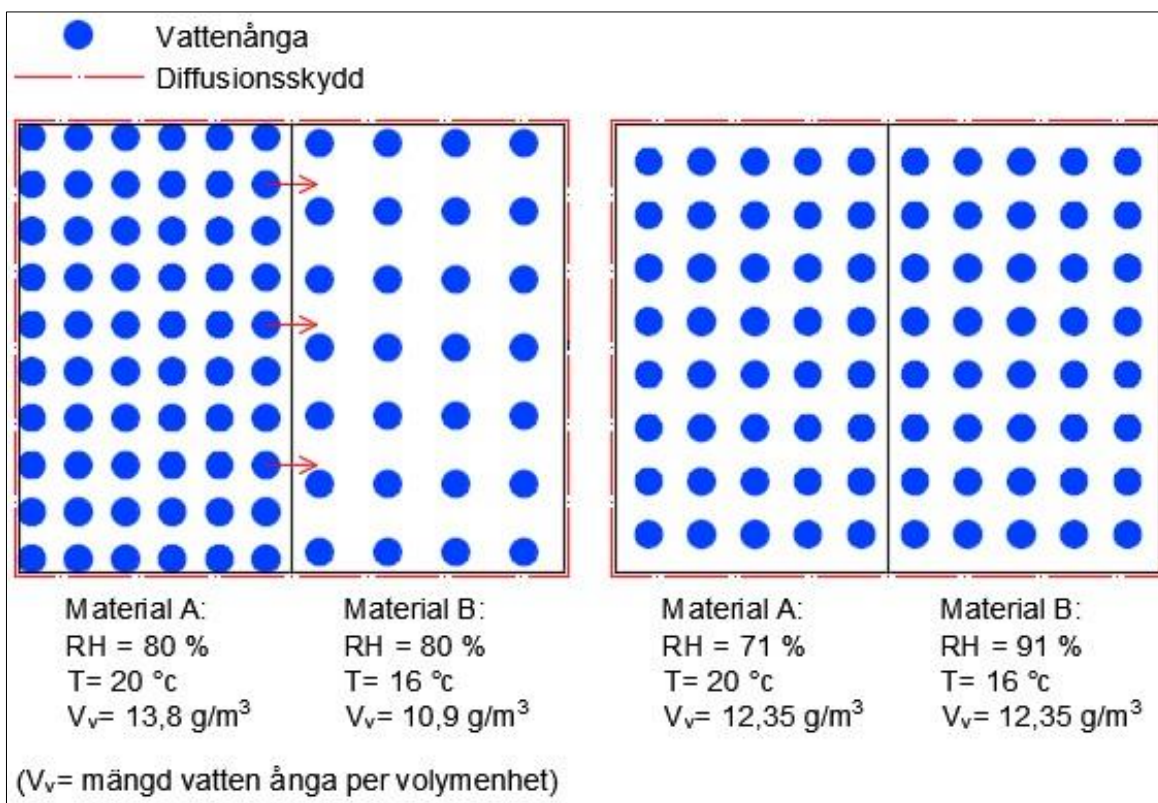
Fukt kan transporteras på fyra olika sätt: diffusion, konvektion, kapillärkraft och tyngdkraft. Fukt i gasfas kan transporteras genom diffusion och konvektion medan fukt i vätskefas kan transporteras via kapillärkraft och tyngdkraft.

#### 3.3.1 Diffusion

Diffusion är en fukttransport som drivs av koncentrationsolikheter, vattenånga förflyttar sig från en stark koncentration mot en svagare (figur 3 & 4). För fukttransport genom diffusion behövs inte ytterligare energi, utan enbart energin som kommer från vattenmolekylernas värmerörelse är tillräcklig (RT 05–10710, s. 2; Solunetti, u.å).



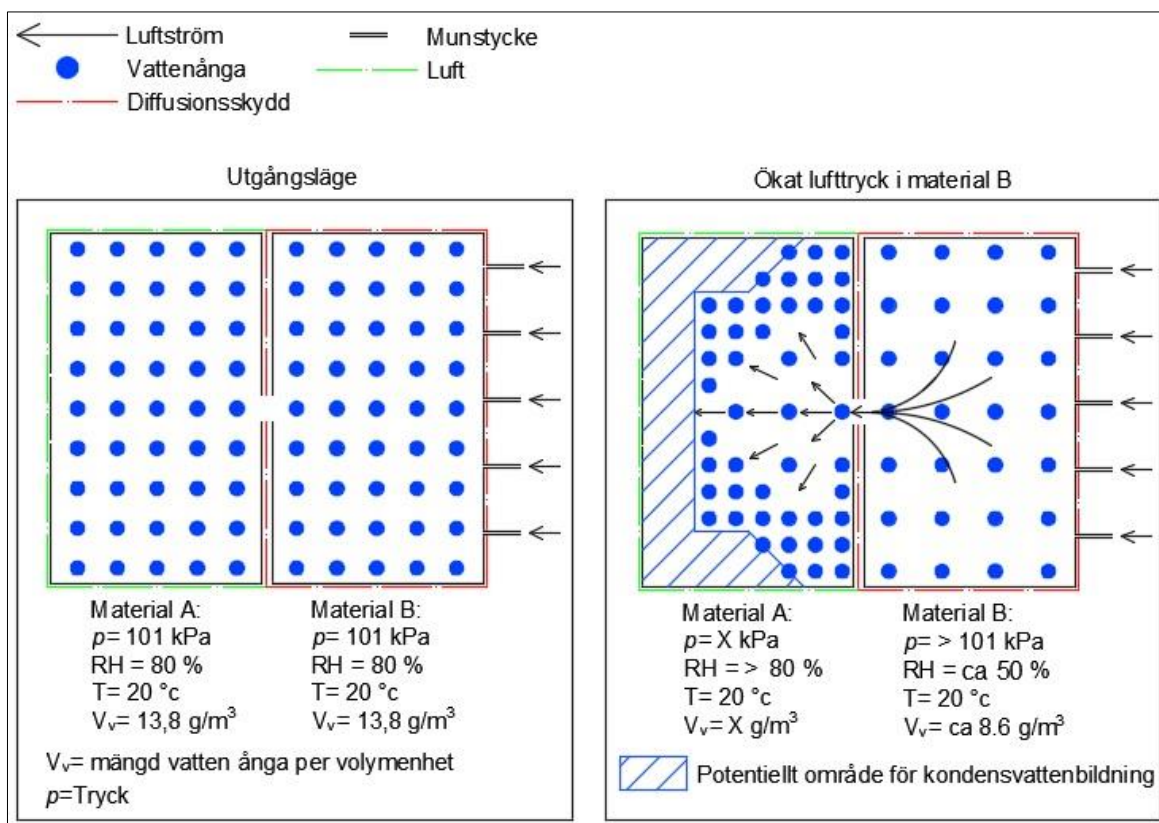
Figur 3. Material A och B har lika stor volym och en konstant temperatur på 20°C. Material A & B är i direkt kontakt med varandra och sluts in i någon form av diffusionsskydd. Material A har en högre relativ fuktighet jämfört med B då materialen sluts in i diffusionsskyddet. Då kommer en del av vattenmolekylerna att transporteras från Material A till Material B för att jämna ut koncentrationsolikheterna. Efter obestämd tid kommer fukten i material A & B att nå jämvikt. I detta fall får både Material A och Material B en relativ fuktighet på 75 % RH (vattenångmängden innanför diffusionsskyddet är fortfarande samma men fuktfördelningen är jämn).



Figur 4. Material A och B är av samma material. Materialen har lika stor volym och samma relativa fuktighet, men temperaturen ( $\Delta T = 4^\circ\text{C}$ ) och fukttinnehållet ( $\Delta V_v = 2,9 \text{ g/m}^3$ ) i materialen varierar. Material A & B är i direkt kontakt med varandra och sluts in i någon form av diffusionsskydd. Eftersom material A har större fukttinnehåll jämfört med material B kommer vattenånga att transporteras från material A till material B. Förutsatt att materialen bevarar sin temperatur kommer relativa fuktigheten i material A att sjunka och stiga i material B vid jämvikt.

### 3.3.2 Konvektion

Konvektion är vattenånga som transporteras med luftrörelser. En luftrörelse kan orsakas av variation i densitet ( $\rho = \text{kg/m}^3$ ) och tryck ( $p = \text{N/m}^2$ ). En volym luft har högre densitet vid lägre temperatur och lägre densitet vid högre temperatur, därför stiger varm luft uppåt. En variation i lufttryck mellan två utrymmen kan orsaka luftströmmar där ihållighet förekommer. Ett ökat tryck i ett utrymme kan orsakas av t.ex. ventilation och vind (figur 5) (RT 05–10710, s. 2–3).

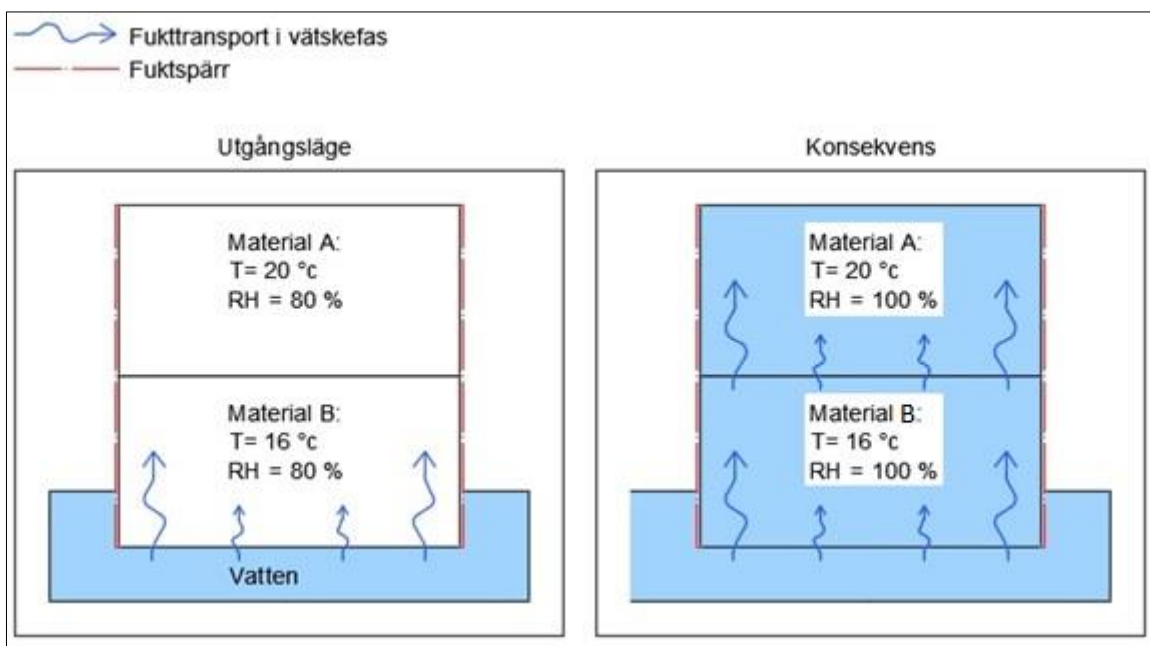


Figur 5. Utgångsläge: Vi antar att material A & B har samma fuktnnehåll (80 % RH), lufttryck (101 kPa), temperatur (20°C) och egenskaper (ång-, luftpermeabilitet, med mera). Material A omges av luft (80 % RH och  $T = 20^\circ\text{C}$ ) och material B är sluten i någon form av luftspärr. Luftspärren mellan material A & B har ett befintligt hål.

Ökat lufttryck i material B: Genom munstycken blåser vi in luft (50 % RH och  $T = 20^\circ\text{C}$ ), vilket ökar lufttrycket i material B. Ökade lufttrycket i material B ger upphov till ett luftflöde genom hålet mot material A, vattenånga transporteras med luftflödet. Efter obestämd tid kommer material A få en ojämn fukt och tryckfördelning som kan variera efter materialets egenskaper. Vid yttre kanterna av material A ökar RH % kraftigt vilket kan ge upphov till kondensvattenbildning.

### 3.3.3 Kapillärsugning

Fukt i vätskefas kan transporteras i porösa material vertikalt nerifrån uppåt p.g.a. vattnets ytspänning och attraktionskraften mot porväggarna förutsatt att materialet är i kontakt med fritt vatten (figur 6). Kapillär fukttransport kan även ske i övriga riktningar vågrätt och uppifrån neråt. Hur högt vattnet kan stiga beror på materialets pordiameter. Material som består av finkorniga partiklar får oftast en mindre luftpordiameter och därför kan vatten stiga högre i dessa jämfört med material med grovkorniga partiklar. (Nevander & Elmarsson, s. 253–270).



Figur 6. Utgångsläge: Vi antar att material A och B har samma egenskaper (porstruktur, Kornstorlek, med mera) och fuktinnehåll. Material A & B ligger på varandra och sidorna är försedda med någon form av fuktspärr. Material B läggs i direkt kontakt med vatten, material B kommer då omedelbart suga åt sig vatten.

Konsekvens: Efter en tid kommer vattenfronten att nå material A:s yta. Både material A & B kommer att få ett fuktinnehåll som motsvarar kapillär mättnad. Material a och B kommer då att ha ett betydligt större fuktinnehåll än 100 % RH.

### 3.3.4 Tyngdkraft

Fritt vatten strävar efter att rinna neråt på grund av gravitation, detta kan utnyttjas för att kontrollerat styra bort vatten från byggnaden och byggnadsdelar. Kapillärkraften är oftast större än tyngdkraften och därför har tyngdkraften inte någon stor betydelse för kapillära fukttransporten. (Sisäilmayhdistys ry, 2008).

## 3.4 Uttorkningsmetoder

Vatten eller vattenånga flyttar sig inte enbart med värmetillförsel. Vattenånga transporteras enbart genom diffusion och konvektion. Fritt vatten transporteras enbart genom kapillär sugning och tyngdkraft. Uttorkningsklimatet kan dock förbättras i syfte att påskynda uttorkningen. (Byggnadskontroll, 2012).

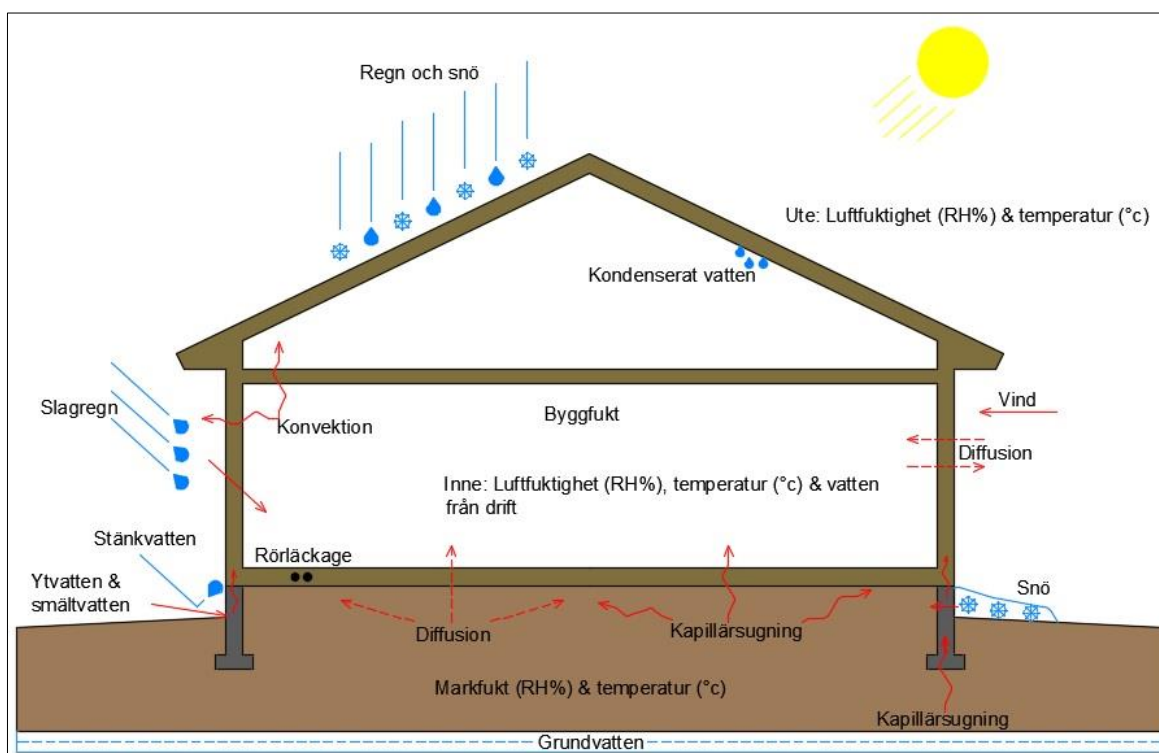
Fukt i betong torkar på grund av självuttorkning samt fukttransport via diffusion till omgivande luft. Självuttorkningen beror på den reaktion som omedelbart startar då vatten blandas med cement. Denna reaktion kallas för cementhydratation och som följd av denna reaktion binds en del av vattnet kemiskt till materialet. Cementhydratationen sker lika snabbt i hela betongplattan, vilket ger en jämn sänkning av relativa fuktigheten i betongtvärsnittet. Betong med vattencementtal  $\leq 0,40$  kan enbart med självuttorkning torka till erforderligt RH

%. Vattencementtalet (vct) beskriver förhållandet mellan vatten och cement i betongblandningen ( $vct = W/C$ ,  $W = \text{kg eller l vatten per m}^3 \text{ betong}$  och  $C = \text{kg cement per m}^3 \text{ betong}$ ). Desto högre vattencementtal ju mera vatten (byggfukt) innehåller betongblandningen och desto större mängd vatten måste torka ut genom diffusion till betongplattans omgivande luft. (Johansson, 2005, s. 23–56).

Uttorkning av byggfukt i betong drivs av koncentrationsolikheter, det vill säga fukt i betong avgår via diffusion. Genom att öka temperaturen i betongen avdunstar det fysikaliskt bundna vattnet till porluften vilket ökar porluftens vattenånghalt och medför en större koncentrationsolikhet mellan betongplattan och dess omgivande luft. Förutsatt att betongens yttre klimat har en lägre vattenånghalt kommer vattenångan i porluften att avgå från betongen. Diffusion är även drivande uttorkningsmekanismen för övriga byggnadsmaterial. (Johansson, 2005, s. 27)

### 3.5 Fuktkällor

Fukt förekommer över allt och belastar en byggnad från olika riktningar. Alla tänkbara fuktkällor skall uppmärksammas då en byggnad projekteras, byggs och förvaltas. I figur 7 redovisas vilka fuktkällor som eventuellt kan belasta en byggnad.

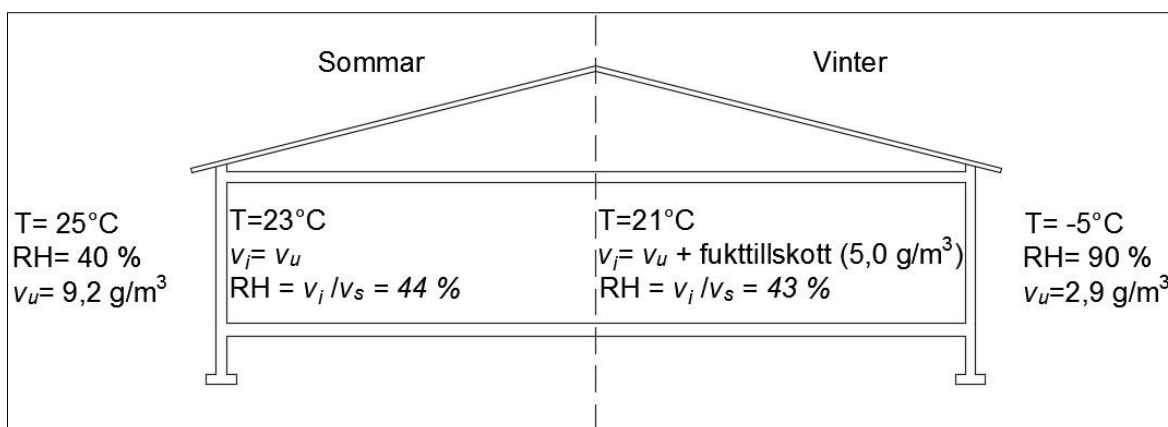


Figur 7. Fuktkällor som kan belasta en byggnad och orsaka fuktskador (Puumala, 2015, s. 9).



### 3.5.1 Luftfuktighet

Utomhus- och inomhusluftens relativa fuktighet varierar mycket med årstiden. Under sommaren följer inomhusluftens relativa fuktighet uteluftens relativa fuktighet, detta beror på att man håller fönster och dörrar öppna. Även fukttillskottet inomhus är mindre under sommaren eftersom byggnadens användare förbrukar mer tid utomhus (figur 8). Under vintern beräknas fukttillskottet inom vistelsezonen i bostadsbyggnader vara ca  $5 \text{ g/m}^3$ , ventilationen har dock stor inverkan på fukttillskottet i inomhusluften (figur 8). (RIL 107–2012, s. 23–24).



Figur 8. Exempel på klimatskillnader mellan vistelsezonen och yttre rådande klimat under sommaren och vintern. ( $v_u$ = ånghalt i utomhusluften &  $v_i$ = ånghalt i inomhusluften).

#### 3.5.1.1 Diffusion

Fukttillskottet i inomhusluften strävar efter att jämna ut koncentrationsolikheterna med utomhusluften, det vill säga fukt transporteras med diffusion från inomhusluften genom klimatskalet. Den mängd fukt som strävar efter att ta sig igenom klimatskalet är större ju större koncentrationsolikheterna är. (RIL 107–2012, s. 23).

#### 3.5.1.2 Konvektion

Fukt kan även ta sig in i eller igenom en konstruktion med konvektion, det vill säga med luftströmmar. Med konvektion kan betydligt stora mängder fukt transporteras in i en konstruktion på kort tid. (RIL 107–2012, s. 26).

Idag använder man vanligtvis maskinell till- och frånluftssystem vid nybyggnation. Man strävar efter att dimensionera ventilationssystemet så att ett undertryck inom vistelsezonen fås. Då ett undertryck råder inom vistelsezonen kommer eventuella luftflöden genom

klimatskalet att ske utifrån in. Om det råder ett övertryck inom vistelsezonen kommer luftflödet att gå i motsatt riktning, det vill säga fuktillskottet i inomhusluften kan transporteras in i klimatskalet. (RIL 107–2012, s. 27).

### **3.5.2 Nederbörd**

Regn, snö och slagregn belastar alla byggnadsdelar som vetter mot uteluften, det vill säga vattentak, fasader, balkonger, terrasser, sockeln, med mera. Is och snö belastar ur fuktperspektiv en byggnad först vid smältning. Regn och smältvatten kommer även att belasta konstruktioner under mark då vatten sjunker in i marken. (Nevander & Elmarsson, s. 271–274).

### **3.5.3 Markfukt**

I marken under byggnaden förekommer fukt i både vätske- och gasfas. Fukt i vätskefas kan transporteras från marken under till ovanliggande konstruktioner eller byggnadsdelar via kapillärsugning. Fukt i gasfas kan transporteras från marken till ovanliggande konstruktioner eller byggnadsdelar via diffusion. (Nevander & Elmarsson, s. 284–285).

### **3.5.4 Läckage**

Läckage kan förekomma i så gott som alla rör och maskiner där vatten cirkulerar. Läckage som förekommer inne i en konstruktion är svårupptäckta, det vill säga det tar lång tid innan läckaget blir synlig. Läckage kan även förekomma i våtrum då man borrat hål genom fuktsparren eller om exempelvis golvmattans fogar lossnat. (Nevander & Elmarsson, s. 286).

### **3.5.5 Byggfukt**

Byggfukt är en term som används för den fukt som tillförs i ett material under tillverkning, transport, lagring och byggnadsarbetet, det vill säga ett fuktöverskott som skall torka ut före jämvikt med byggnadens omgivning fås. (Nevander & Elmarsson, s. 280–282; RT 05–10710, s. 5).

## **3.6 Kritiskt fuktillstånd**

Kritiska fuktvärden för byggnadsmaterial kan anges som relativ fuktighet (tabell 3). För träbaserade produkter kan även målfuktkvot anges. Målfuktkvoten varierar efter användningsändamål, det vill säga i vilket klimat materialet kommer att befinna sig i en färdig byggnad (tabell 4). Sambandet mellan relativ fuktighet, temperatur och fuktkvot i

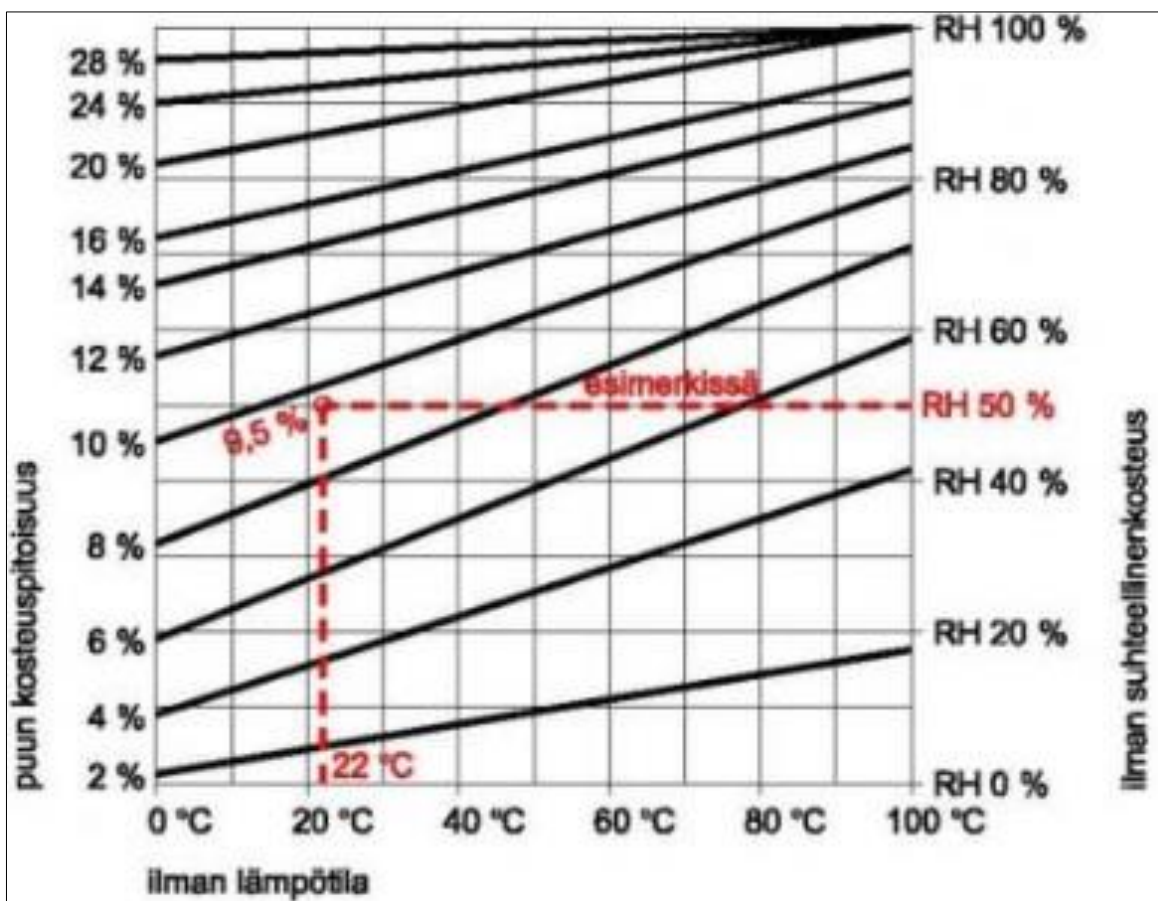
träbaserade material kan ses ur figur 9. Vid montering av ytbeläggingsmaterial på betonggolv kan betongplattans relativa fuktighet anges som kritiskt fukttillstånd (tabell 5). (Kumlin, 2013; Puuinfo, u.å)

Tabell 3. Kritiskt fukttillstånd, högsta tillåtna fuktnivå (Kumlin, 2013).

<b>Mikrobiell växt</b>	<b>RH<sub>KRIT</sub> vid 20°C</b>
Smutsade material	75-80 %
Trä och träbaserade material	75-80 %
Kartonggipsskivor	80-85 %
Mineralull	90-95 %
Cellplast	90-95 %
Betong	90-95 %

Tabell 4. Målfuktkvot för trävirke vid olika användningsändamål (Svenskt trä, 2015).

<b>Målfuktkvot för trävirke (%)</b>	<b>Användning</b>
8	Golvbrädor (uppvärmda byggnader)
12	Inre beklädnader & golvreglar i uppvärmda byggnader
16	Konstruktionsvirke & panel på utsidan



Figur 9. Samband mellan fuktivoten i träbaserade material, temperatur och luftens relativa fuktighet (Puuinfo, (u.å)).

Tabell 5. Betongplattans högsta tillåtna fuktnivå vid montering av ytbeläggning (Litteratur sammanställning ur RT 14–11103, kap. 752, 753 & 1041).

Ytbeläggningsmaterial	RH(%) Mätdjup A	RH(%) (0,4xA)	Mätdjup
Mosaikparkett			
– normal betong	85	75	
– special betong (vct<0,5)	85		
Flytande brädparkett med separat underlag	85	75	
Brädparkett som limmas på underlaget			
– normal betong	85	75	
– special betong (vct<0,5)	85		
Laminat + vattenångtätt material under	85	75	

Plastmatta	85	
Linoleum	85	
Gummimatta	85	
Korkplatta	85	75
Textilmatta, tätt underlag (vinyl, gummi, latex strykning) eller av naturmaterial	85	

#### 4 Lagstiftning, byggregler, branschregler, anvisningar

I markanvändnings- och bygglagen anges allmänna villkor för och de allra väsentligaste tekniska kraven på byggande. Finlands byggbestämmelsesamling omfattar bindande föreskrifter och icke bindande anvisningar som kompletterar markanvändnings- och bygglagen. Eftersom anvisningarna inte är bindande kan även andra lösningar användas om de uppfyller de kraven som ställs på byggande (Miljöministeriet, 2015).

Nya byggnadsmaterial utvecklas hela tiden och därför förnyas även anvisningarna. Idag finns flera organisationer och materialtillverkare som ger ut information och anvisningar som skall främja gott byggande. Exempel på några organisationer som producerar byggtekniska anvisningar är Byggnadinfo (RT, rakennustieto) och Finlands Byggnadsingenjörsförbund (RIL, Rakennusinsinööriliitto)

- RT (rakennustieto) är en organisation som främjar gott byggande genom att producera information om byggandet (Rakennustieto, u.å).
- RIL (byggnadsingenjörsförbund) är en landsomfattande opartisk expertorganisation, vars syfte är att främja god planerings-, byggnads- och underhållsätt (Rakennusinsinööri Liitto, u.å).

## 5 Objektbeskrivning

År 1971–1972 byggdes en lågstadieskola på ön Bergö i Malax. 1986 byggdes en tillbyggnad intill gymnastiksalen (omklädningsrum, bastu och dusch). I samband med byggnadsarbetet byggdes taket om från motfallstak med filt till valmat åstak med plåt. Dräneringen, regnvatten och marklutningar förnyades 2007. Under hösten 2011 kom det klagomål från elevernas föräldrar till Malax kommun om dålig inomhusluft i skolbyggnaden. År 2012 utfördes en fukt- och byggnadstekniskundersökning där ett flertal brister uppmärksammades. Enligt intervju med Daniel Björndal beräknades saneringsgraden vara nära 90 %. År 2013 flyttades skolverksamheten till tillfälliga utrymmen. (Fukt- och byggnadstekniskundersökning av Bergö skola, 2012; muntlig diskussion med Daniel Björndal, 25.9.2015)

Hösten 2014 fick Malax kommun beskedet att finska staten skulle bidra med 600 000 € till byggandet av en ny skolbyggnad på ön Bergö i Malax. I samband med finansieringen ställdes krav på att byggnadsarbetet skulle inledas år 2014, byggnaden skulle vara färdigställt 2015 och att byggnaden skulle fuktsäkras. Då beskedet från Finska staten kom stod gamla skolbyggnaden kvar på samma plats där nya skolbyggnaden skulle byggas och med tanke på att planeringen inte var igång blev det bråttom att få igång byggnadsprojektet. (Ruda, 2014; muntlig diskussion med Daniel Björndal, 25.9.2015)

### 5.1 Byggplats

Vid varje byggprojekt skall en geoteknisk utredning utföras av byggplatsen och de områden som kommer att påverkas av nybygget. Följande skall förekomma i en geoteknisk utredning; Topografin (terrängens form och ytprofilen), jordlagerföljden (jordart och tjocklek, kan förekomma flera lager av olika jordarter), bergytans höjdläge (djupet från befintlig markyta till berggrundens yta), grundvattenförhållandet. (Finlands byggbestämmelsesamling B3, s. 5)

#### 5.1.1 Bakgrund

Gamla skolbyggnaden byggdes år 1971–1972 på tomtens högsta punkt, enligt dåtida bygganvisningar (figur 11 & 12). Dräneringen, regnvattenavledningen och marklutningar runt byggnaden förnyades år 2007. Oavsett förbättringarna blev det uppenbart genom fukt- och byggnadstekniska undersökningen, rivning av gamla skolbyggnaden och diskussion med byborna på ön Bergö, att marken under och intill byggnaden innehöll rikligt med fritt

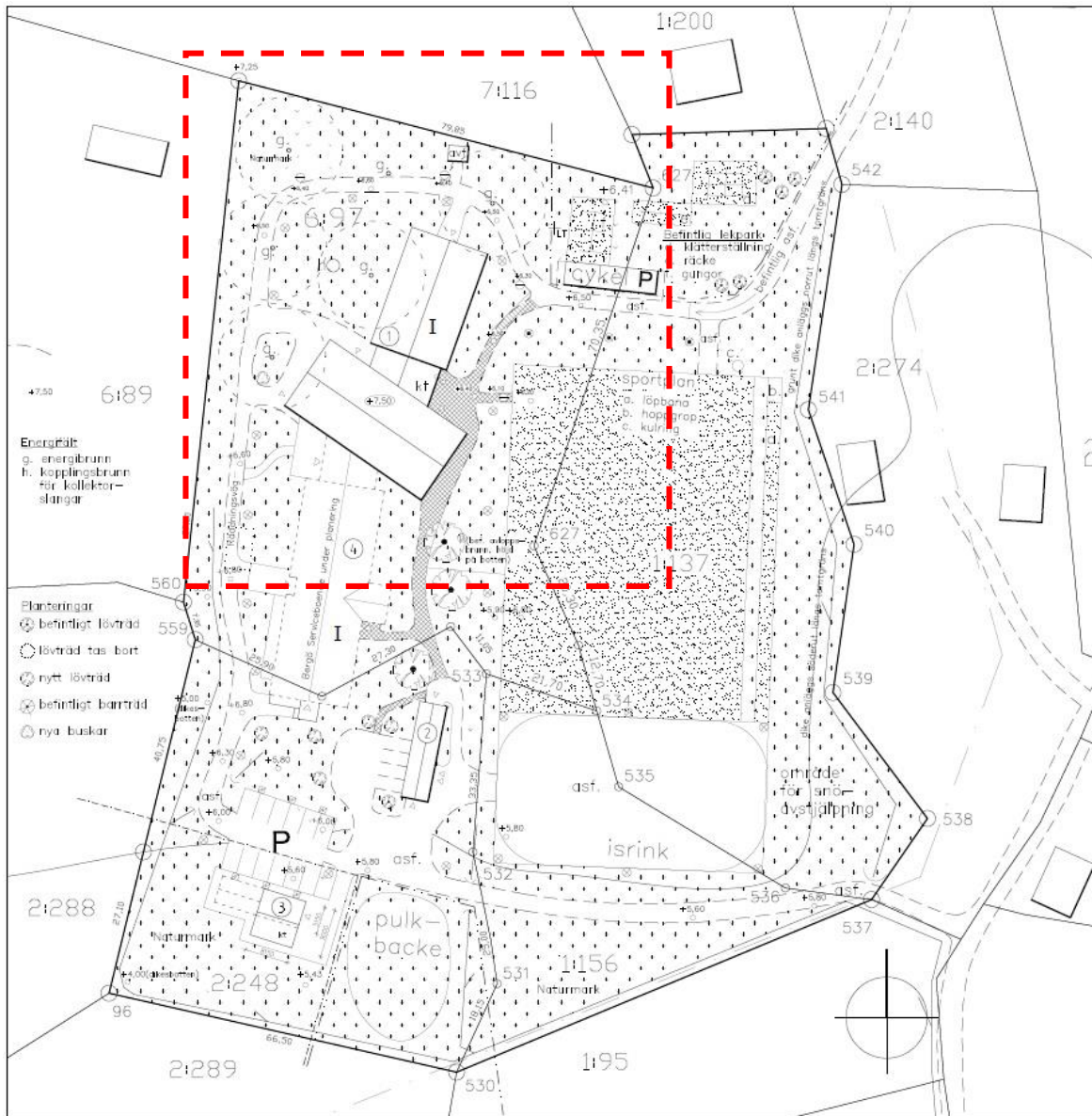
vatten som belastade konstruktioner och byggnadsdelar med markkontakt (figur 10). (muntlig diskussion med Mikael Anderssen och Johan Ångerman, 10.12.2015).

- Förhöjda fukthalter i gamla skolbyggnadens golvkonstruktioner och -material (fukt och byggnadstekniskutredning år 2012).
- Under rivning av gamla skolbyggnaden låg fritt vatten intill sockeln (figur 10) (okulär granskning hösten 2014).
- Äldre byborna på ön Bergö talat om för arkitekt Johan Ångerman att tomten är av en sankmark och att byggnader inte borde byggas på tomten i fråga.
- År 2007 då dräneringen runt byggnaden förnyades har det enligt uppgifter runnit rikligt med vatten ur sockeln.

Med den tidigare kända informationen av tomten valde man att gräva fram berggrunden under området för nya skolbyggnaden, för att okulärt kunna granska berggrundens form. (muntlig diskussion med Mikael Anderssen och Johan Ångerman, 10.12.2015).



Figur 10. Fritt vatten ligger intill den idag rivna skolbyggnaden.



Figur 11. Den idag rivna skolbyggnaden stod på tomtens högsta punkt. Nya skolbyggnaden är planerad och byggd på samma ställe (byggnaden (I) är nya skolbyggnaden).





Figur 12. Förstoring av markerade området i figur 11.

### 5.1.2 Geoteknisk utredning av tomt

Då berggrunden var frilagd under det planerade området för nya skolbyggnaden, Bergö skola, kunde källan som orsakat fuktskador i gamla skolbyggnaden okulärt observeras (figur 13 & 14). Berggrundens yta var mycket ojämn och det förekom stora och djupa vattenfyllda sänkor i den. Sänkorna i berggrunden har fungerat som stora vattenbehållare och ständigt belastat den idag rivna skolbyggnaden med fukt. För att skapa en helhetsbild över höjdskillnaderna på byggsplatsen utfördes en avvägning av tomt och en mer detaljerad avvägning av den frilagda berggrunden.



Figur 13. Berggrunden frilagd under planerade området för nya byggnaden.



Figur 14. Berggrunden frilagd under planerade området för nya byggnaden.

Höjdskillnaderna i berggrunden och tomten avvägdes och noterades enligt höjdsystem N2000 (Planeringsmöte 27.11.2014). I detta fall då berggrunden under byggnaden var ojämn och nära ytan krävdes det en noggrannare mätning för att kunna bestämma byggnadens grundläggningsdjup och för att kunna utforma en schaktnings plan för att säkerställa vattenavrinningen från nya skolbyggnaden för att förhindra vattensamlingar under byggnaden (figur 15).



Figur 15. Avvägda höjdpunkter i berggrunden. Bilden ovan är kopia av ritning där resultat från avvägningen redovisas, bilden nedan är förstoring av markerat område.

### 5.1.3 Resultat från geotekniska utredningen

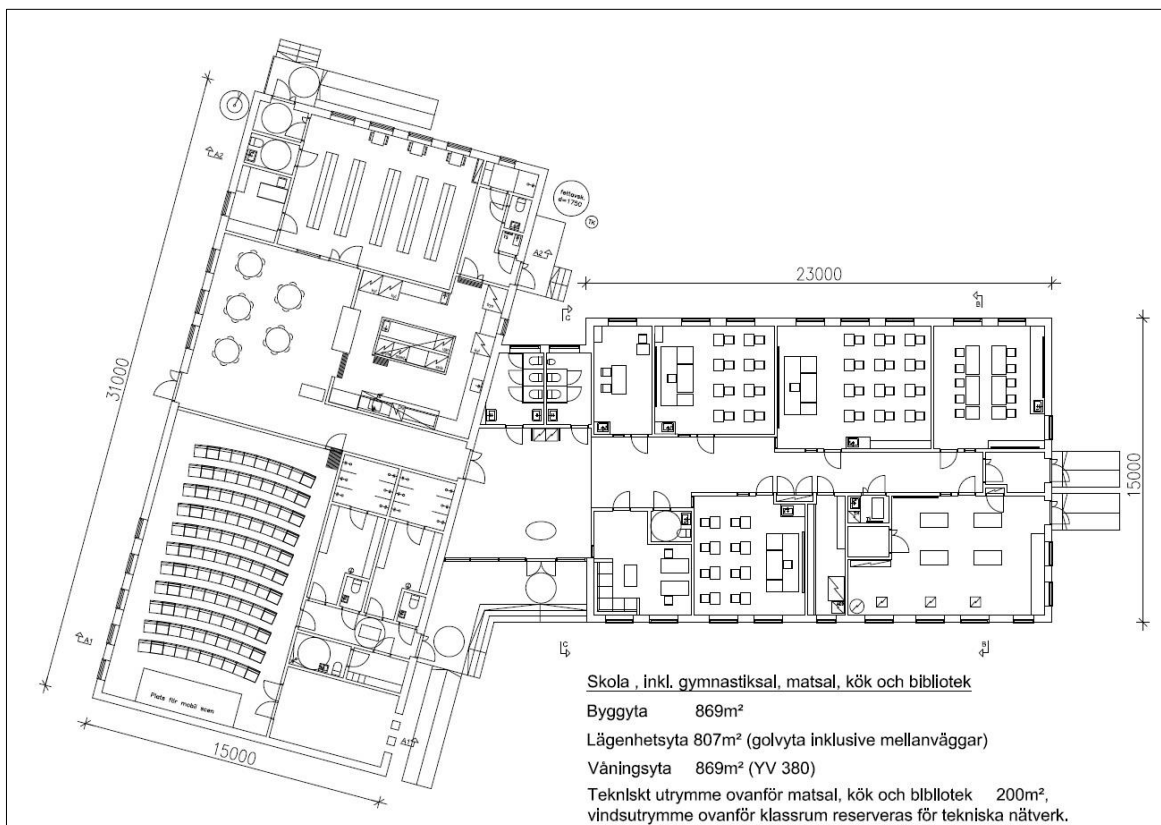
Berggrunden under planerade området för nya skolbyggnaden är ojämn och djupet från markytan till berggrunden varierar med ca 2 m. Under regniga perioder kan dessa bergsfickor i berggrunden fyllas med vatten. Intill byggplatsen existerar ett kärr på högre höjd jämfört med berggrunden under skolbyggnaden (figur 16). Vid översvämning kan vattennivån ytterligare stiga i sänkorna då vatten rinner från kärret till bergsfickorna.



Figur 16. Ett kärr existerar nära byggplatsen och på en högre höjd jämfört med berggrunden under byggnaden.

## 5.2 Nya skolbyggnaden

Arkitekt Johan Ångerman har utformat huvudritningar för projekt Bergö skola. Byggnaden är planerad efter användarnas specifika behov och omfattar flera olika utrymmen för varierande användningsändamål (figur 17 & 18).



Figur 17 Planritning.



Figur 18. Fasad.

## **6 Kvalitetssäkring av Bergö skola**

Ett av kraven som finska staten ställde i samband med finansieringen, var att byggnaden skulle fuktsäkras. I slutet av år 2014 anställdes Mikael Anderssen som fuktsakkunnig för projekt Bergö skola. För att fuktsäkra nya skolbyggnaden tillämpades branschstandarderna ByggaF.

### **6.1 Kvalitetssäkringsmetod ByggaF**

Fuktcentrum vid Lunds Tekniska Högskola har utarbetat en metod som systematiskt ska hantera och dokumentera fuktsäkerheten i ett byggprojekt, från planering till förvaltning. Olika hjälpmedel som anvisningar, checklistor, med mera har tagits fram för att underlätta fuktsäkringsarbetet. ByggaF beskriver vad ett fuktsäkringsarbete innebär i de olika skeden av byggprocessen. Med ByggaF vill man lyfta fram fuktfrågorna i ett tidigt skede i byggprojektet eftersom viktiga system-, materialval och produktionsmetoder väljs redan då. Tydliga fuktkrav och krav på aktiviteter bör arbetas in i ritningar, byggbeskrivningar och övriga bygghandlingar för att underlätta kommunikationen mellan planerarna och huvudentreprenören så att byggnaden byggs enligt planerat. (ByggaF, s. 5)

### **6.2 Byggnadsplanering**

I Finland delas ett byggprojekt in i fem delar som kan kallas utredning av behov, projektplanering, byggnadsplanering, byggnadsskede och i brukstagning (RT 10–10387, s. 2–3). På grund av det krav som Finska staten ställt för projektet har tiden för de olika skeden i byggprocessen förkortats det vill säga många delmoment inom byggprocessen gick ovanpå varandra och en del var obefintliga. Fuktsäkringsarbetet påbörjades först vid byggnadsplaneringen, då byggherren utsåg Mikael Anderssen som fuktsakkunnig.

#### **6.2.1 Konstruktionsplanering**

Arkitekt Johan Ångerman, fuktsakkunnige Mikael Anderssen och konstruktionsplaneraren Jens Österåker har under planeringsmöten diskuterat lösningar till fuktkänsliga konstruktioner, detaljer och arbetsmoment. Lösningarna är senare inritade i diverse ritningar som kompletterades med övriga bygghandlingar som ställer ytterligare krav på arbetsutförandet. Från rubrik 7 och framåt redovisas hur planerarna för projektet valt att utforma en del detaljer och konstruktionshelheter som förbättrar byggnadens fukttekniska funktion.

## 6.2.2 Förutse fuktkänsliga arbetsmoment

Fuktsakkunnige för projekt Bergö skola har med sin långa erfarenheter inom fukt i byggnader kunnat förutspå vilka fuktkänsliga arbetsmoment som eventuellt kan orsaka problem under byggnadsskedet och därmed har fuktkrav och krav på aktiviteter arbetas in i bygghandlingarna som främjar fuktsäkert byggande.

### 6.2.2.1 Gjutning av betongplattan

Fuktsakkunnige för projektet har förutspått att byggfukten i betongplattan inte kommer avgå inom utsatt byggtid, därför ställdes krav på arbetsutförandet som skulle främja betongplattans uttorkning. Krav som ställdes i diverse bygghandlingar var:

- 5.6.2015 byggnad klimatskyddad
- 18.6.2015 betonggolven gjutna
- 31.7.2015 byggnaden tät
- Golven som beläggs med en homogen plastmatta skall ha en  $RH \leq 85 \%$  vid ekvivalent mätdjup och  $RH \leq 75 \%$  vid ytan. Cementlimmet från dessa ytor skall slipas bort. Före plastmattan limmas ovanpå betonggolvet skall dess relativa fuktighet mätas och godkännas av byggherren.
- Eventuell uppvärmning under byggskedet skall huvudentreprenören ordna och bekosta
- Detaljerad tidtabell för projektet skall vara färdig och godkänd av beställaren senast två veckor efter att kontraktet undertecknas (Bergö skola byggbeskrivning; Bergö skola entreprenadprogram)

Med dessa krav strävar man efter att styra byggnadsarbetet så att huvudentreprenören måste prioritera klimatskyddad byggnad före övriga byggnadsarbeten. Med en tidigt klimatskyddad byggnad kan torkklimatet med avseende på uttorkning av byggfukt i betongplattan styras så att processen påskyndas. (muntlig diskussion Med Mikael Anderssen)

### 6.2.2.2 Trä som byggnadsmaterial

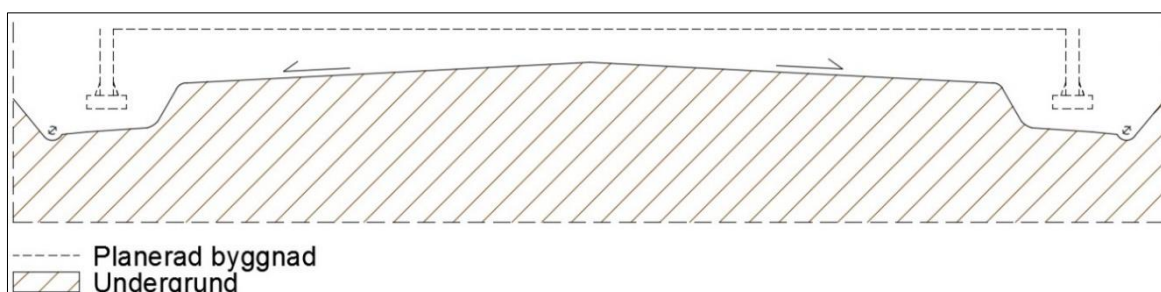
Byggnaden Bergö skola utfördes som platsbyggd byggnad. Byggnadens ytterväggskonstruktioner utfördes som träregelvägg och var en längre tid utsatt för nederbörd. I Bergö skolas bygghandlingar ställdes krav på att konstruktionsvirket av trä skall ha en fuktkvot  $\leq 16 \%$ .

## 7 Markkonstruktioner

Markkonstruktionernas omfattning kan variera stort mellan byggnadsprojekt beroende på jordlagerföljden, byggnadens storlek, grundvattennivån, topografin, grundläggningssätt, med mera. Under denna rubrik redovisas Bergö skolans markkonstruktioner.

### 7.1 Undergrunden

Byggnadens undergrund skall planeras och dimensioneras så att vattensamlingar inte förekommer under byggnaden och så att marken klarar av att bära ovanliggande laster. Under denna rubrik redovisas markkonstruktioner som kommer ligga under det kapillärbrytande skiktet (figur 19).



Figur 19. Markkonstruktioner under det kapillärbrytande skiktet.

Då en byggnad byggs ovanpå mark kommer jordlagren under att deformeras och byggnaden kommer att sätta sig. Jordartens egenskaper och dess packningsgrad samt storleken av lasten från byggnaden inverkar på deformationens och sättningens omfattning. För att kunna uppskatta byggnadens sättning och jordlagrens deformation bör man känna till jordlagerföljden på byggplatsen (utreds i byggplatsens geotekniska utredning). Byggplatser där jordlagerföljden består av finkorniga material som lera, silt, med mera krävs en mer omfattande förstärkning eller massabyte för att nå en markkonstruktion med eftersträvat grundtryck.

Ifall en byggnad sätter sig ojämnt kan sprickor och springor uppenbara sig i klimatskalet som kan orsaka fuktskador. Sprickor och springor i klimatskalet kan leda till en ökad fukttransport genom konvektion och diffusion. Sprickor och springor kan även leda till nedkylning av byggnadsmaterial som ökar risken för kondensvattenbildning inom en konstruktion.



### 7.1.1 Nationella krav

Byggnadens undergrund skall planeras och dimensioneras så att byggnaden bibehåller sin funktion under byggnadens avsedda brukstid. Sättningar, deformationer, förskjutningar och vridningar i ovanliggande konstruktioner skall vara så små att byggnaden inte skadas av dem. Undergrunden kan bestå av obearbetad jord, fyllningsmassor, bytta massor, eller mark med markförstärkning (pålar, m.m.). (Finlands byggbestämmelsesamling B3, s. 13–16).

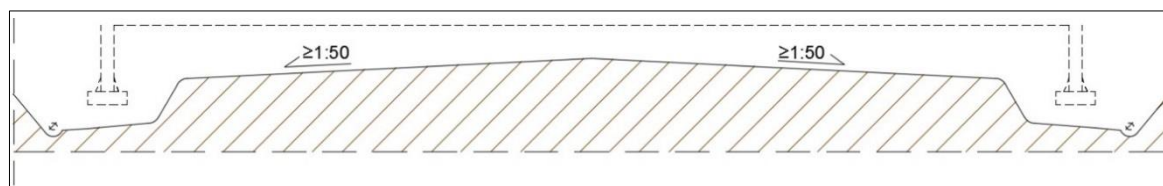
Organiska ämnen och byggavfall som bryts ner, möglar eller ruttnar under påverkan av fukt skall avlägsnas från byggnadsgrunden (markkonstruktionerna under byggnaden) (Finlands byggbestämmelsesamling C2, 1998, s. 4).

### 7.1.2 Anvisningar

Matjorden skall alltid avlägsnas från byggnadens grund oavsett grundläggningsmetod. Matjorden består i allmänhet av mineraljord blandat med humus (organisk substans). Matjorden benämns som mylla och är det översta jordartskiktet som blivit till på grund av växtlighet på området (figur 20). Undergrundens yta skall luta mot dräneringsrören, lutningen bör vara minst 1:50 men helst skall lutningen vara 1:20 (figur 21). Fördjupningar där vatten kan samlas får inte förekomma. Större stenar och stenblock bör söndras eller avlägsnas. (Dahlbäck, 2013. s. 23).



Figur 20. Matjorden är det översta jordskiktet som innehåller rikligt med humus och är nästan svart.



Figur 21. Undergrundens yta bör slutta för att vattensamlingar inte skall bildas under byggnaden.

### 7.1.3 Planering

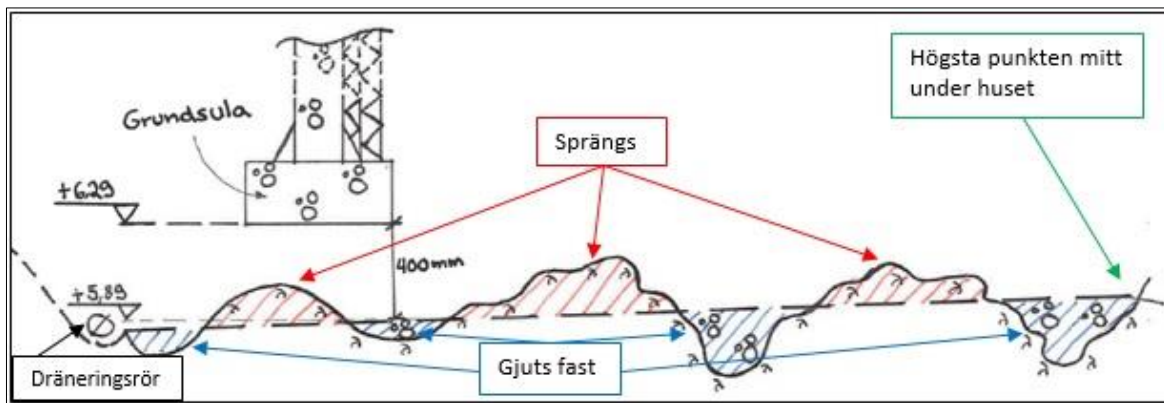
Byggnaden placeras på ett område där bergytan är nära markytan. Dessutom förekommer stora fördjupningar i berggrunden som kan leda till vattensamlingar under byggnaden (figur 22).



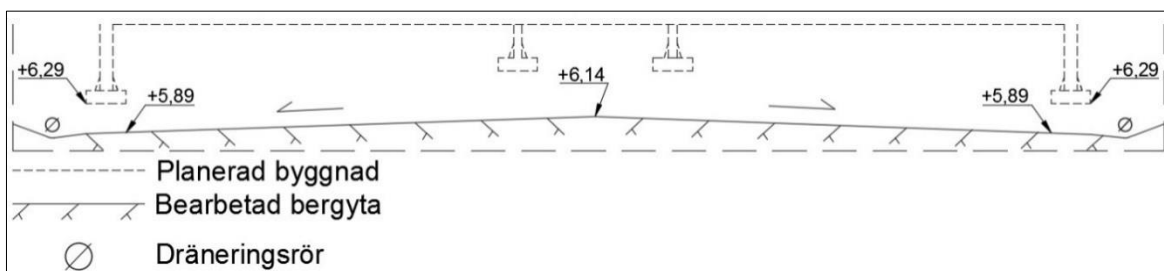
Figur 22. Bergytan ligger nära markytan och kan orsaka vattensamlingar under nya skolbyggnaden.

#### 7.1.3.1 Berggrunden

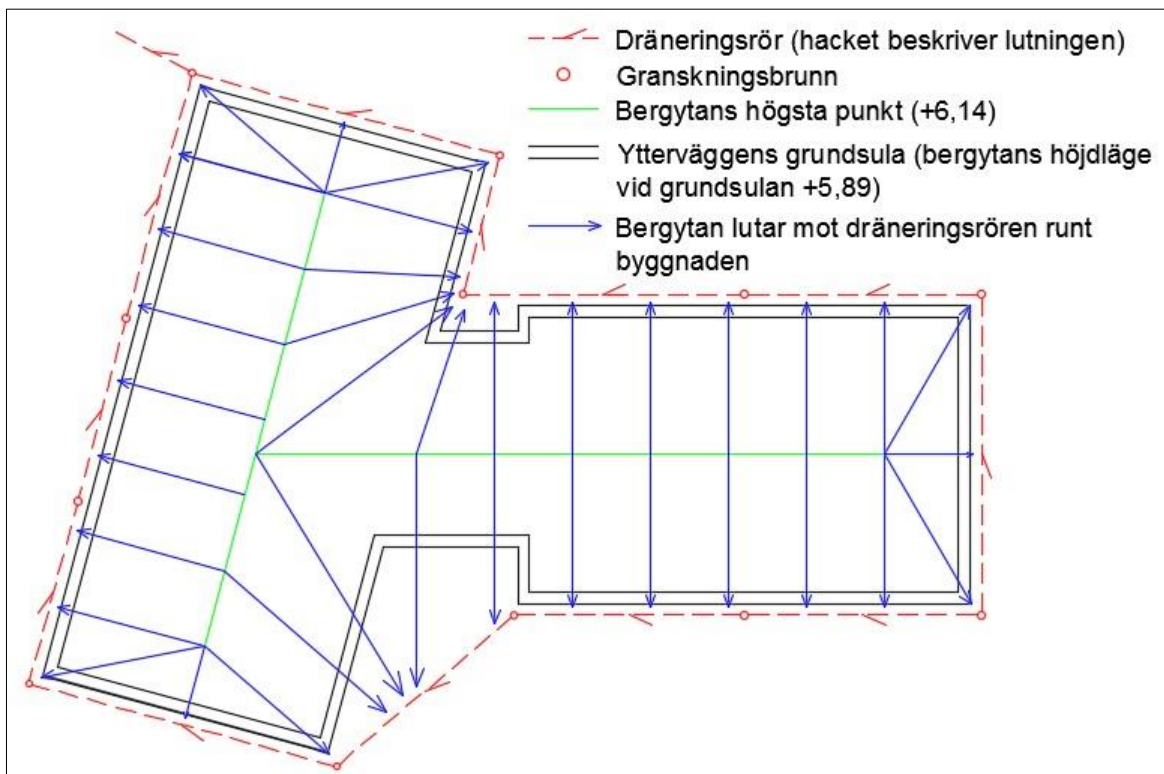
På basen av geotekniska utredningen bestämdes att bergytan skulle schaktas till ett djup på 400 mm under angiven höjd från grundsulans nedre kant. Bergsfickor under den nivån gjuts fast och bergstoppar över den nivån sprängs bort (figur 23). Bortsprängda bergmassor användes vid återgjutning av bergfickor. Det eftersträvades även en lutning från byggnadens mitt mot dräneringsrören, runt byggnaden (figur 24 & 25). Då bergytan bearbetas bör man även beakta dräneringsrörens placering (höjdled och längd från sockeln). Med denna åtgärd förhindras vattensamling under byggnaden. På basis av avvägning av berggrunden (geoteknisk utredning) uppgjordes ritningar som beskrev vilka bergstoppar som skulle sprängas bort och vilka bergsfickor som skulle gjutas fast (figur 26).



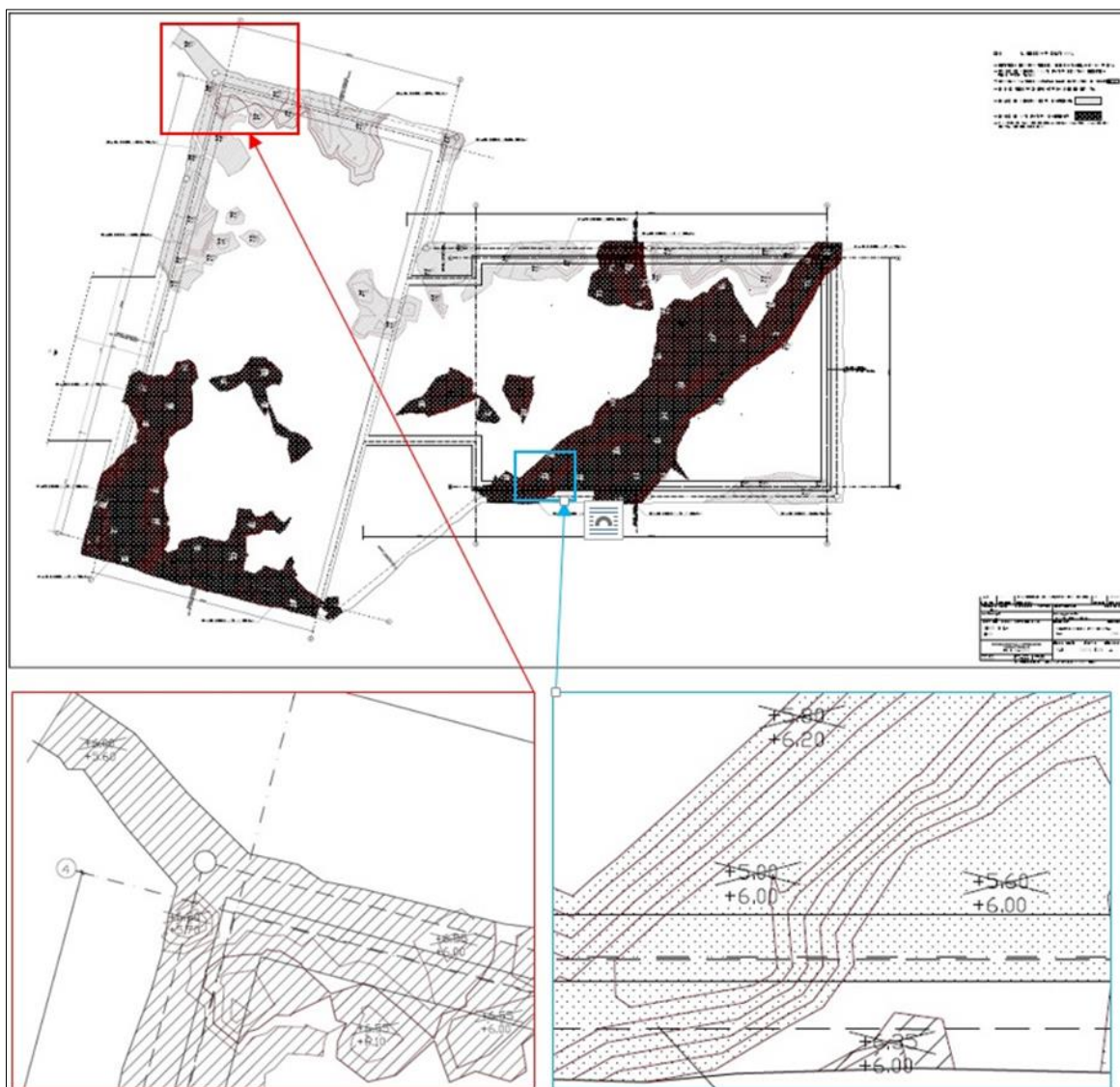
Figur 23. Skiss över planen.



Figur 24. Berggrundens yta under byggnaden skall luta mot dräneringsrören (lutning ca 1:30 läst ur ritning). Höjden angiven enligt höjdsystem N2000.



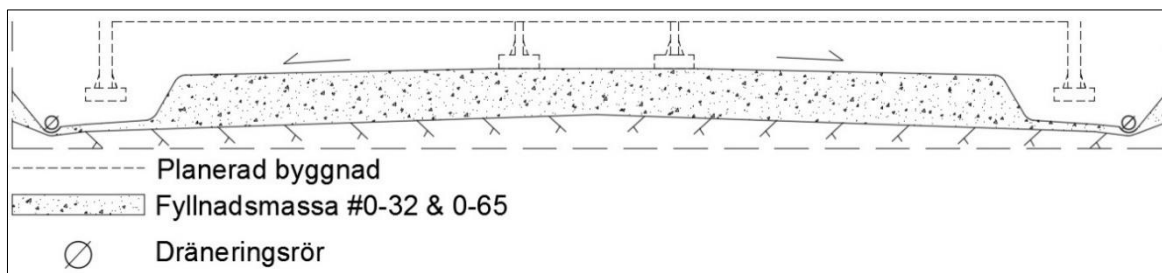
Figur 25. Ritning ovanifrån.



Figur 26. Ritning av sprängning samt igen gjutning (höjden angiven enligt höjdsystem N2000).

### 7.1.3.2 Utfyllnadsmaterial

Ovanpå den utjämnade bergytan lades ett lager krossgrus med kornstorlek #0-32 och #0-65. Gruset har högt friktionstal som ger byggnaden en stabil grund (sättningar minimeras). Fyllnadsmaterialet skall komprimeras för att nå eftersträvat grundtryck. Grus med denna kornstorlek är inte kapillärbrytande och bör därför formas med en lutning mot dräneringsrören (figur 27).



Figur 27. Fyllnads materialet under byggnaden skall likt berggrunden ha en lutning mot dräneringsrören runt byggnaden.

#### 7.1.4 Utfört arbete

Bergö skolas undergrund utfördes enligt figur 28 och 29.



Figur 28. Fickorna igen gjutna och bergstopparna bortsprängda. Krossgrus #0-32 & #0-65 förs ovanpå.



Figur 29. Bearbetade bergytan täcks med krossgrus #0–32 och #0–65. I detta skede kan krossgruset endast fyllas upp till höjden +5,99 angivet enligt höjdsystem N2000, eftersom 300 mm tjockt lager av dräneringsgrus (#8–16) skall rymma under grundsulan.

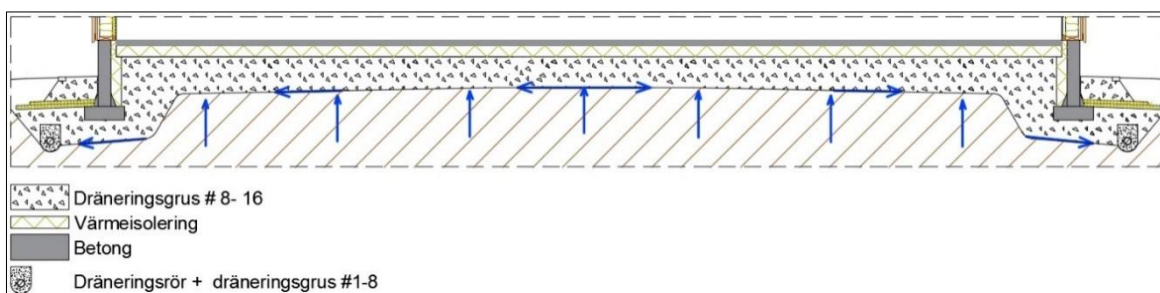
## 7.2 Kapillärbrytande skikt

*Syftet är att bryta kapillära fukttransporten från marken under byggnaden till ovanliggande konstruktioner.*

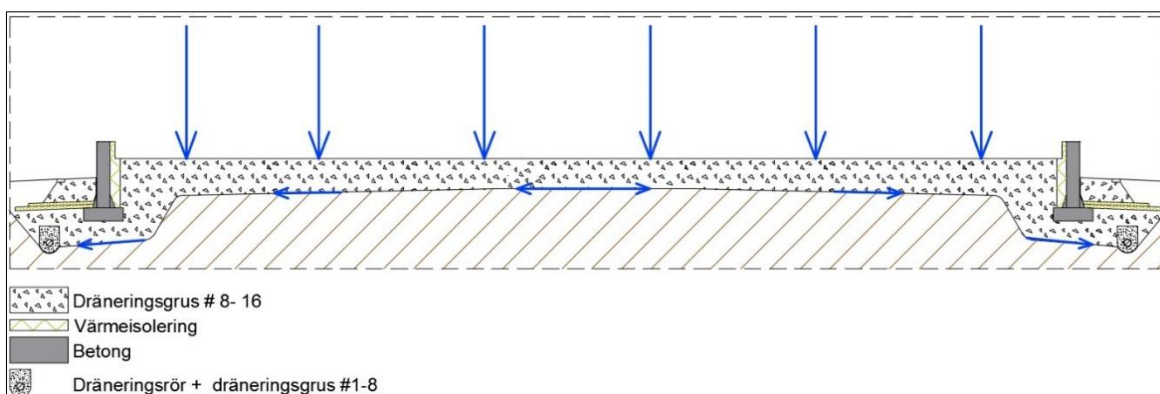
För att bryta kapillära fukttransporten skall t.ex. grus, kross, makadam eller tvättad singel med lämplig kornstorlek (t.ex. 8–16 mm) placeras under bottenbjälklaget, i detta fall under golvet värmeisolering (figur 30). Kapillära stighöjden i jordarter är beroende av luftpordiametern, desto större luftpordiametern är ju lägre är kapillära stighöjden (tabell 6).

Under byggnadsskedet kan stora mängder vatten komma åt kapillärbrytande skiktet på grund av nederbörd (figur 31). Jordarter som kan användas som kapillärbrytande skikt har även hög vattenpermabilitet och därför kan vatten rinna neråt och vidare till dräneringsrören, förutsatt att kapillärbrytande skiktet är i kontakt med dräneringsrören. I tabell 7 redovisas vattenpermeabiliteten för olika jordarter.

Kapillärbrytande skiktets egenskaper försämras om finkorniga material blandas in i materialet. Kapillärbrytande skiktet avskiljs från marken under med en fiberduk om risk för ihop blandning finns.



Figur 30. Under byggnadens brukstid fungerar dräneringsgruset (#8-16) som ett kapillärbrytandeskikt, vatten transporteras inte från marken till ovanliggande konstruktioner.



Figur 31 Under byggnadsskedet kan stora mängder vatten rinna in i dräneringsgruset #8-16 (nederbörd). På grund av höga vattenpermeabiliteten kan vattnet rinna neråt och vidare till dräneringsrören.

Tabell 6. Kapillär stighöjd i olika jordarter (Leivo & Rantala, 2000, s. 19)

Jordart (Komprimerad)	Kapillär stighöjd (m)
Grov sand	0,04...0,15
Sand	0,12...0,50
Silt	2,5...12
Lera	> 10

Tabell 7. Vattenpermeabilitet för olika jordarter (Leivo & Rantala, 2000, s. 20)

Jordart	Vattenpermeabilitet K (m/s)
Grus	$10^{-1} \dots 10^{-3}$ (0,1-0,001 m/s)
Sand	$10^{-2} \dots 10^{-6}$
Silt	$10^{-5} \dots 10^{-9}$
Lera	$< 10^{-9}$

### **7.2.1 Nationella krav**

Byggnadens undergrund skall planeras och dimensioneras så att byggnaden bibehåller sin funktion under byggnadens avsedda brukstid. Sättningar, deformationer, förskjutningar och vridningar i ovanliggande konstruktioner skall vara så små att byggnaden inte skadas av dem. Undergrunden kan bestå av obearbetad jord, fyllningsmassor, bytta massor, eller mark med markförstärkning (pålar av olika slag). (Finlands byggbestämmelsesamling B3, s. 13–16).

Organiska ämnen och byggavfall som bryts ner, möglar eller ruttar under påverkan av fukt skall avlägsnas från markkonstruktionerna (Finlands byggbestämmelsesamling C2, 1998, s. 4).

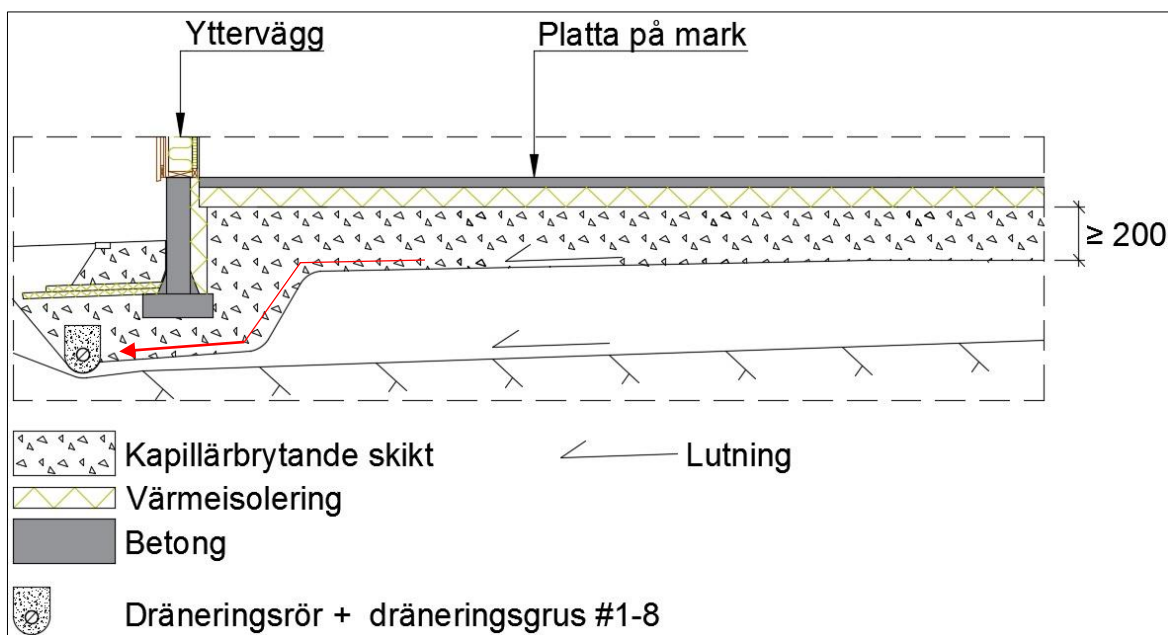
Byggnadens markkonstruktioner skall dräneras så att kapillära fukttransporten från marken under bryts och så att grundvattennivån hålls på säker nivå (Finlands byggbestämmelsesamling C2, 1998, s. 4).

### **7.2.2 Anvisningar**

Under det blivande bottenbjälklaget placeras ett minst 200 mm tjockt kapillärbrytande skikt på undergrunden vars yta sluttar mot dräneringsrören. Dräneringsskiktet under bottenbjälklaget skall vara i direkt kontakt med dräneringsrören på under eller på yttre sidan av byggnaden (figur 32). (Finlands byggbestämmelsesamling C2, 1998, s. 6–8).

I tillägg till dräneringsrör bör kapillärstigningen från marken brytas med ett minst 300 mm tjockt kapillärbrytande dräneringsskikt. Dräneringsskiktet avskiljs med fiberduk från underliggande mark vid behov för att undvika inbladning av finkornigare material som försämrar den kapillärbrytande förmågan. (RT 81–11000, s. 4–5).

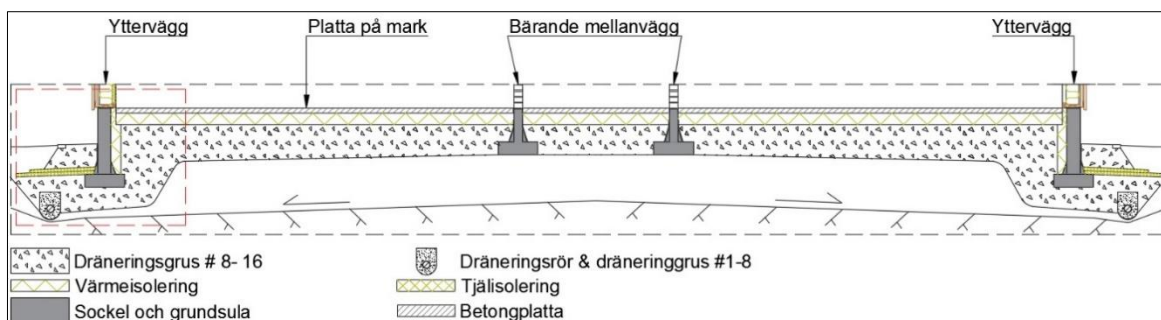




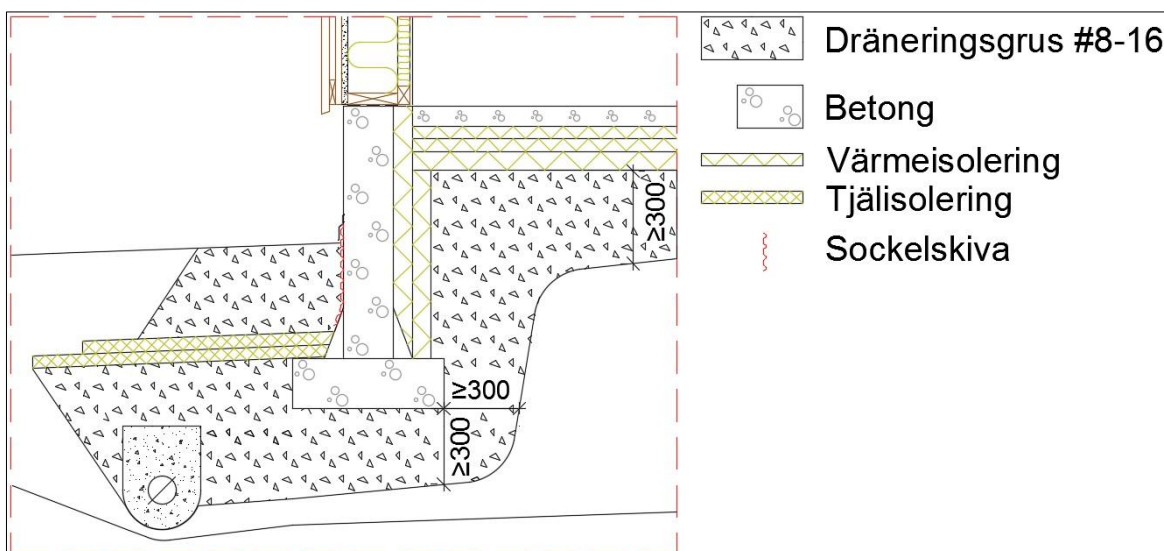
Figur 32. Kapillärbrytande skiktet skall vara i direkt kontakt med dräneringsrören.

### 7.2.3 Planering

Planerarna för projekt Bergö skola valde att använda dräneringsgrus med kornstorlek 8–16 mm. Den valda jordarten bryter kapillärstigningen från underliggande mark och ger en tillräckligt jämn yta för värmeisoleringen. I Finlands byggbestämmelsesamling ställs krav på att tjockleken på det kapillärbrytande lagret bör vara minst 200 mm medan det enligt RT 81–11000 bör vara minst 300 mm. Om man senare upptäcker funktionsbrister i det kapillärbrytande skiktet blir det svårt och dyrt att åtgärda. Därför valde planerarna att följa RT:s rekommendation och använda ett 300 mm tjockt kapillärbrytande skikt. Dräneringsrören kommer enligt planerat att ligga utanför byggnaden och därmed läggs dräneringsgrus #8-16 intill sockeln och under grundsulan för att kapillärbrytande skiktet skall vara i direkt kontakt med dräneringsrören (figur 33 & 34).



Figur 33. Placering av dräneringsgrus #8-16 (förstoring på rödmarkerade området i figur 34).



Figur 34. Förstoring av rödmarkerade området i figur 33.

#### 7.2.4 Utfört arbete

Bergö skolas kapillärbrytande skikt utfördes enligt figur 35 och 36.



Figur 35. Kapillärbrytande skiktet placeras innanför sockeln (300 mm tjockt lager under värmeisoleringen).



Figur 36. Intill grundmuren placeras 300 mm tjockt lager kapillärbrytande skikt. Krossgrus med kornstorlek # 0-65 & 0-32 kan i övrigt användas som fyllnadsmaterial upp till en höjd på 300 mm från värmeisoleringens undre kant.

### 7.3 Markytan runt byggnaden

Markytan runt byggnaden skall schaktas så att ytvatten leds bort från byggnaden, vattensamlingar intill sockeln får inte förekomma.

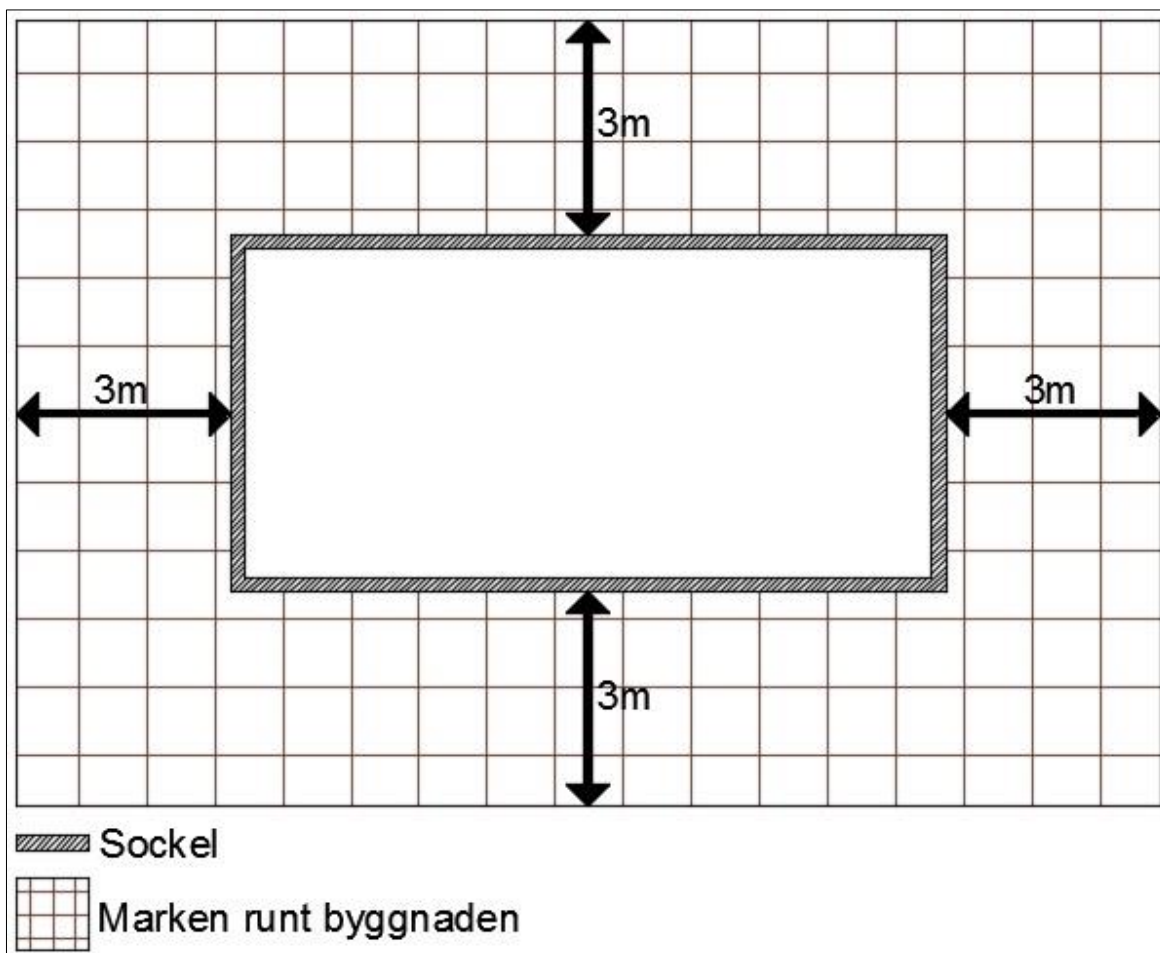
#### 7.3.1 Nationella krav

Regn- och smältvatten skall ledas bort från byggnaden. Dagvatten och ytvatten skall inte ledas ner i byggnadens dräneringssystem (Finlands byggbestämmelsesamling C2, 1998, s. 5-6).

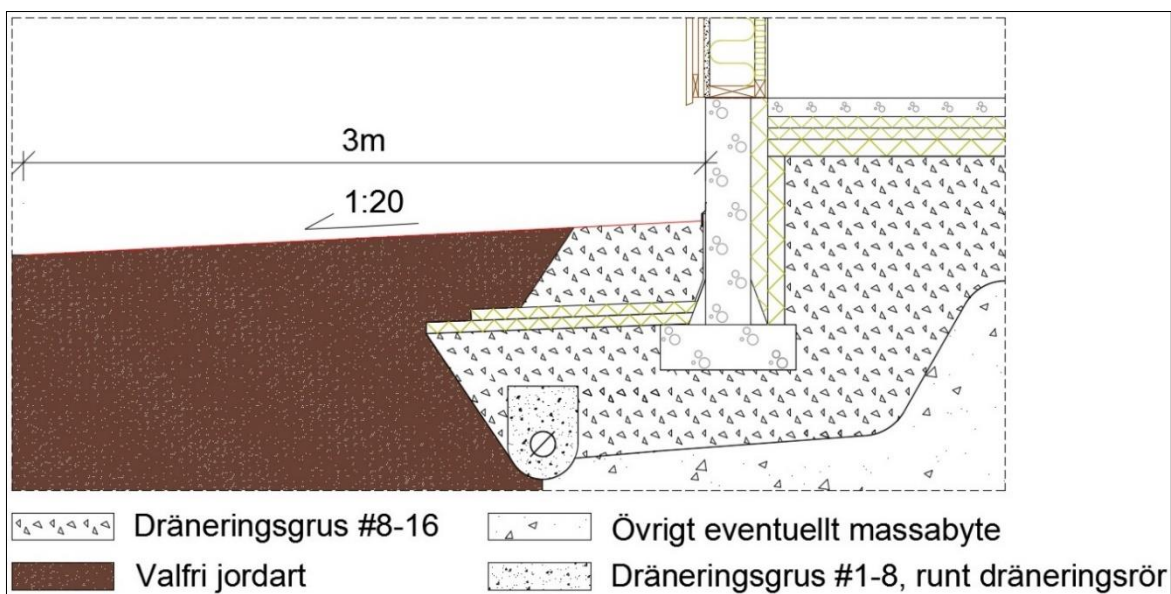
#### 7.3.2 Anvisningar

Marken formas med en lutning på  $\geq 1:20$  inom 3 meter från sockeln, höjdskillnaden är då  $\geq 150$  mm (figur 37 & 38). (Finlands byggbestämmelsesamling C2, 1998, s. 5, RT 81-11000, s. 3, RIL 126-2009, s. 51).

Sockel, sockelbalkar och källarväggar skall omges av att minst 200 mm tjockt lager av dräneringsgrus (Finlands byggbestämmelsesamling C2, 1998, s. 7).



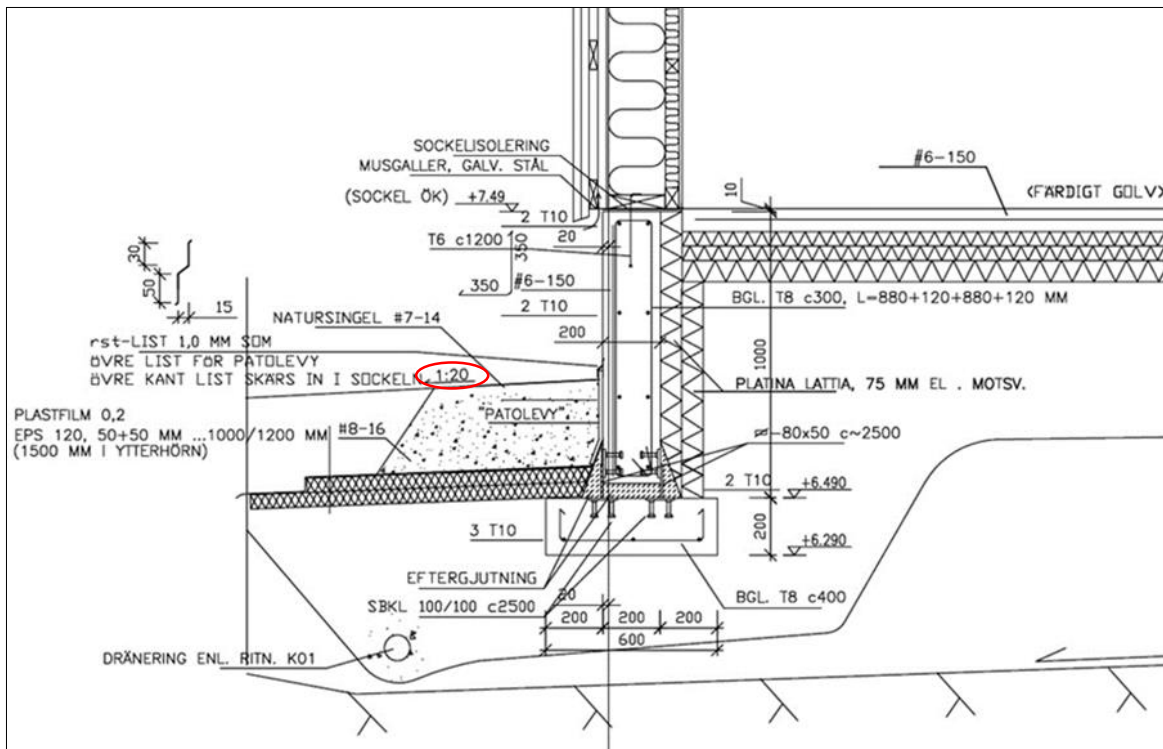
Figur 37. Området där markytan skall slutta från sockeln.



Figur 38. Lutning på den sluttande marken runt byggnaden.

### 7.3.3 Planering

För att ställa krav på lutningen har planerarna hänvisat till Finlandsbyggbestämmelse samling C2 i byggbeskrivningen. I ritningen förekommer även krav på lutningen (figur 39).



Figur 39. Krav på lutning ritad i konstruktionsritning (Bergö skola, konstruktionsritning RAK 1414 k15).

### 7.3.4 Utfört arbete

Marken runt Bergö skola utfördes enligt figur 40, 41 och 42.



Figur 40. Markytan runt byggnaden sluttar från sockeln.



*Figur 41. Markytan runt byggnaden sluttar från sockeln.*



*Figur 42. Marken runt byggnaden sluttar från sockeln.*

## 8 Geokonstruktioner

Under denna rubrik redovisas Bergö skolas permanenta geokonstruktioner, det vill säga konstruktioner som är i direkt kontakt med mark. Bottenbjälklaget platta på mark har markkontakt och redovisas i texten om byggnadens klimatskal.

### 8.1 Dränering

Syftet med dräneringen är att avleda vatten från byggnadens markkonstruktioner och att hålla grundvattenytan på en säker nivå. Vid planering av ett dräneringssystem bör man anlita en person med byggteknisk utbildning samt tillräcklig kunskap om geokonstruktioner och fuktens inverkan på material och konstruktionstyper. För varje byggnadsprojekt planeras ett anpassat dräneringssystem eftersom jordarten, tomtens form och byggnadens form varierar. Eftersom dräneringssystemet fungerar med tyngdkraft skall dräneringsrören installeras med en lutning i ett markskikt.

#### 8.1.1 Nationella krav

Geokonstruktioner och stomkonstruktioner skall planeras och byggas så att de inte förkortar byggnadens avsedda brukstid eller gör byggnaden ohälsosam (Finlands byggbestämmelsesamling B3).

#### 8.1.2 Anvisningar

Anvisningar som redovisas nedan är tagna ur Finlands byggbestämmelsesamling C2 och RT 81–1100.

Anvisningar tagna ur Finlands byggbestämmelsesamling:

- Dräneringssystemet dimensioneras så att det klarar av att leda bort vattnet från byggnadens grund under hela den avsedda brukstiden. Det skall även vara lätt att inspektera och underhålla dräneringssystemet
- Till ett dräneringssystem hör dräneringsrör, minst en samlingsbrunn med slamavskiljning samt tillräckligt med kontrollbrunnar, som används för att systemet skall kunna rensas och inspekteras.
- Dräneringsrör placeras under kapillärbrytande skiktet. Dräneringsrör som placeras under byggnaden skall vara minsta 400 mm under golvet.

- Dräneringsrör som ligger utanför byggnaden bör vara tillräckligt isolerade och ligga så djupt att de inte kan frysa. Oavsett om isolerings tjockleken är tillräcklig bör täckdjupet för ett dräneringsrör intill byggnaden inte underskrida 0,5 m.
- Dräneringsröret bör omges av minst 100 mm tjockt lager av dräneringsgrus (under och på sidorna), ovanpå röret ska lagret vara 200 mm tjockt
- Intill sockeln (på utsidan) placeras ett minst 200 mm tjockt lager av dräneringsgrus.
- Jorden under det kapillärbrytande skiktet schaktas så att den lutar mot dräneringsrören.
- Dräneringsrören skall ha en lutning på minst 1:200 men vanligtvis används en lutning på 1:100 (Finlands byggbestämmelsesamling C2, 1998, s. 3–7).

Anvisningar tagna ur RT 81–1100:

- Dräneringsvatten skall ledas med tyngdkraft till kommunens regnvattensystem eller terrängen. Då dräneringsvatten leds till terrängen bör man försäkra att rörets mynning inte kan frysa.
- Dräneringsrören dimensioneras efter det uppskattade vattenflödet. Dräneringsrörens inrediametern bör vara minst 90 mm. Dräneringsrören som används bör uppfylla kraven i standarden SFS 5675.
- För att minska på grävnings- och sprängningsarbete placeras dräneringsrören så högt upp och så nära grundsulan, sockeln och sockelbalkar som möjligt.
- Dräneringsrör på yttre sidan av byggnaden (runt byggnaden) skall vara i sin helhet under grundulans undre kant.
- Då grundvattennivån ständigt ligger under konstruktioner som kräver uttorkning, räcker det oftast med att placera dräneringsrör runt byggnaden.
- Dräneringssystemet för stora byggnader med komplicerad form borde ha minst två avrinnings alternativ, så att vatten kan rinna bort från byggnaden via en alternativ rutt då andra ruttan är tilltäppt.
- Vid dräneringsrörens förgreningspunkter placeras ofta granskningsbrunnar. Dräneringsrör som placeras mellan granskningsbrunnarna skall vara raka med sluttning, så att rören lätt kan granskas. Granskningsbrunnar används även då sträckan mellan granskningsbrunnarna blir för långt, även om dräneringsrören är raka.
- Dräneringsrören på yttre sidan av grundmuren bör ha en minimilutning på 1:200 (5 %)

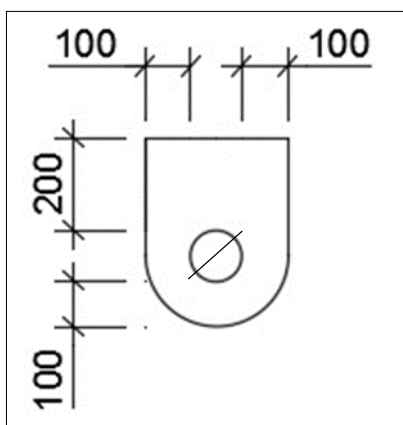


- Dräneringsrören på yttre sidan av byggnaden placeras oftast under en tjälisolering och då väljs installationsdjupet med beaktande av vattenavrinningen från byggnadsgrunden (RT 81–1100, s. 4–7)

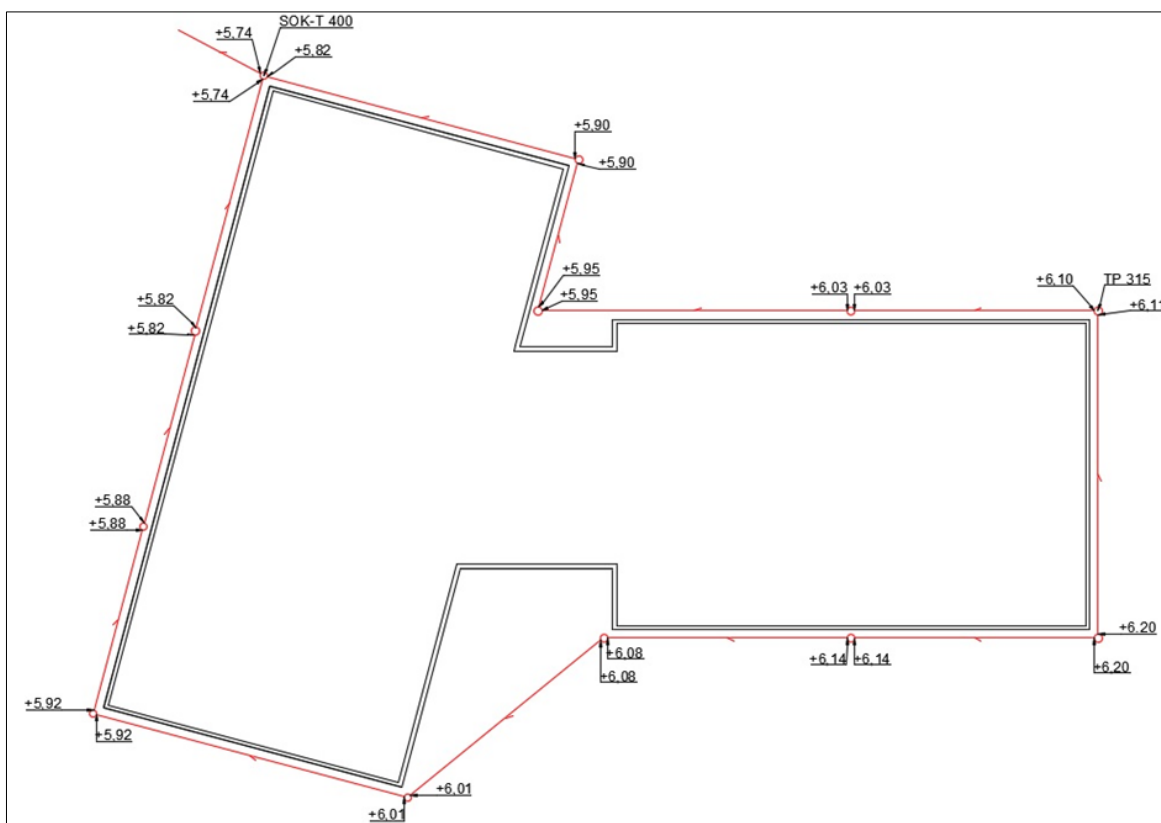
### 8.1.3 Planering

I planeringsskedet ritades dräneringsrör samt granskningsbrunnar in i konstruktionsritning. Granskningsbrunnar ritas som en rund cirkel med en kort förklaring om vilken typ av brunn som skall används, t.ex. SOK-T 400 och TP 315 (figur 44). Dräneringsrör ritas som ett streck med hack. Hacket beskriver lutningen på dräneringsrören. Siffervärdet vid varje granskningsbrunn beskriver dräneringsrörens höjdläge.

För att ytterligare ställa krav på arbetsutförandet har planerarna hänvisat till olika källor i byggbeskrivningen, där det beskrivs hur arbetet skall utföras. MAARYL, RIL 121–1988 och RIL 126–1987 är källor som planerarna hänvisat till. I byggbeskrivningen sägs även att dräneringsrören skall omges av ett dräneringsgrus (figur 43) med kornstorlek som motsvarar graderingskurva 2 eller 3 i RIL 126–1987.



Figur 43. Dräneringsgruset runt dräneringsrören skall placeras enligt följande.



Figur 44. Förenklad ritning av dräneringsrören (ovanifrån sett). Svarta linjen i bilden beskriver byggnaden Bergö skolas form. Grundsulans undre kant är vid höjden + 6,29 (N2000), det vill säga dräneringsrören befinner sig under grundsulan i ett markskikt.

### 8.1.4 Utfört arbete

Bergö skolas dräneringsrör utfördes enligt figur 45 och 46.



Figur 45. Dräneringsrör samt granskningsbrunn installerat (skilt rör för dagvatten). Dräneringsrören placerades i markskiktet då byggnadens grundsula och sockel var byggd.



Figur 46. Vatten från dräneringsrören leds från byggnaden.

## 8.2 Tjälisolering

Syftet med tjälisoleringen är att förhindra tjällyftningar som kan skada konstruktionerna. Då vatten fryser ökar volymen vilket kan orsaka s.k. tjällyftningar. Idag då byggnader byggs ställs hårda krav på byggnadens energiförbrukning, det vill säga isolerings tjockleken ökar. Då bottenbjälklagets värmeisolerings förmåga förbättras så minskar temperaturen i marken under byggnaden. Detta förbättrar byggnadens fukttekniska funktion men ökar behovet av tjälisolering.

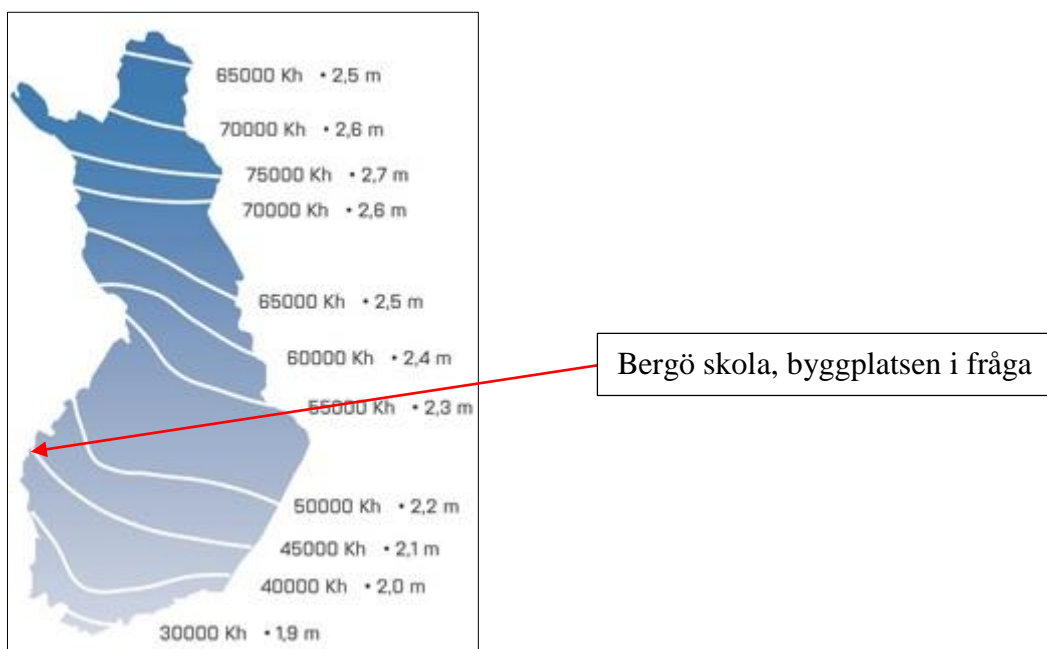
### 8.2.1 Anvisningar

Varma byggnader skall ha tjälisolering om byggnadens grundkonstruktioner inte når till tjälfri mark (RT-10590, s. 3).

Tjälisoleringen placeras ovanpå utjämnad och komprimerad grusbädd, jordarten får inte vara tjälbenägen. Tjälisolering skall slutta från byggnaden. Ifall tjälisoleringen utförs med två skivor ovanpå varandra, skall skarvarna placeras omlott. Ovanpå tjälisoleringen placeras 100 mm grus eller sand, varpå ett 300 mm lager av övrigt fyllnadsmaterial placeras. Ovanpå tjälisoleringen behöver man inte lägga en plastfilm (Thermisol, u.å, s. 8).

Vid dimensionering av tjälisolering skall köldmängden  $F_{50}$  och bottenbjälklagets värmegenomgångskoefficient (U-värde) beaktas. Köldmängden ( $K_h$ ) innebär summan av

medel temperaturen under de kalla vinterdagarna ( $< 0^{\circ}\text{C}$ ) gånger  $-24$ , det vill säga om medeltemperaturen under ett dygn är  $-5^{\circ}\text{C}$  är köldmängden  $-5 \times -24 = 120 \text{ Kh}$ . Genom att addera köldmängden från alla kalla vinterdagar kan årets totala köldmängd anges, vilket inverkar på hur djupt tjälen i marken når. Köldmängden  $F_{50}$  innebär den största köldmängd under en vinter som påträffats inom de senaste 50 åren (figur 47). (Heikkinen & Airaksinen, 2011, s. 7; Maumanen, 2012, s. 14)



Figur 47. Köldmängd  $F_{50}$  i Finland (Thermisol, (u.å)).

## 8.2.2 Planering

Man valde att utföra tjälisoleringen enligt VTT forskningsrapport. Bergö skolans bottenbjälklag har ett U-värden på  $0,16 \text{ w/m}^2\text{K}$  och grundläggs som platta på mark med grundsula och sockel av armerad betong. Byggnadsplatsen i fråga befinner sig vid Finlands västkust (ön Bergö i Malax) där köldmängden  $F_{50}$  är  $45000 \text{ Kh}$  (figur 47). Om tjälisoleringen är av material EPS 120 Routa skall tjockleken vid vägg linjen vara  $100 \text{ mm}$  (bredd  $1200 \text{ mm}$ ) och vid hörnen  $200 \text{ mm}$  (bredd  $1500 \text{ mm}$ ). (Bergö skola byggbeskrivning; Heikkinen & Airaksinen, 2011, s. 20–21).

För att vattensamlingar intill sockeln inte skall förekomma ges tjälisoleringen en lutning  $\geq 1:20$ . Tjälisoleringen täcks med en plastfilm som förhindrar regnets påverkan på tjälisoleringen (figur 48 & 49). (Bergö skola byggbeskrivning).



### 8.2.3 Utfört arbete

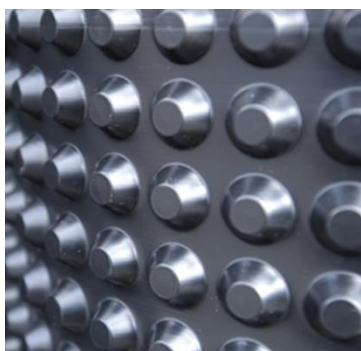
Bergö skolas tjälisolering utfördes enligt figur 50.



Figur 50. Tjälisoleringen har en lutning från byggnaden. Plastfilmen kan inte ses i bilden eftersom den är genomskinlig.

### 8.3 Sockelskiva

Sockelskiva skyddar sockeln från markfukt och möjliggör fuktavgång från sockeln. Delar av sockeln som ligger under markytan förses med en sockelskiva. Vanligtvis används en sockelskiva av polyeten med en ojämn yta (kan vara knölig, räfflig, med mera). Den ojämna ytan gör att det bildas en luftspalt mellan sockelskivan och sockeln. I Finland används ofta sockelskivan i figur 51, som ger en luftspalt på 8 mm.



Figur 51. Vanligt använd sockelskiva i Finland.

### 8.3.1 Nationella krav

Konstruktioner skall utföras så att vattenånga, vatten eller snö inte kan tränga in och skada dessa. Konstruktioner som innehåller en skadlig mängd fukt bör kunna torka utan att skador uppstår. Ifall golvet ligger i höjddled under 300 mm från markytan, bör sockeln förses med yttre fuktskydd (Finlands byggbestämmelsesamling C2, 1998, s. 8).

### 8.3.2 Anvisningar

Anvisningar som redovisas nedan är tagna ur RT och produkttillverkarens webbsida.

Anvisningar tagna ur RT 83–10955:

- Sockelskivan är en så kallad diskontinuerlig fuktspärr (i Finland kallad vattenisolering) eftersom dess skarvar inte tål vattentryck. Sockelskivan kan användas om grundvattennivån ligger konstant under byggnadens grundläggningsdjup, marken har utformats så att vattenavrinningen sker kontrollerat.
- Sockelskivans övre kant är ca 50 mm under den slutliga marknivån.
- Sockelskivans nedre kant ligger mot eftergjutningens övre kant.
- Sockelskivan läggs omlott vid skarvar, lodräta  $\geq 200$  mm och vågräta  $\geq 100$  mm omlott.
- Skarvar bör placeras minst 600 mm från inner/ytter hörn. Sockelskivan fastsätts mekaniskt.
- Vid montering av sockelskiva bör man följa produkttillverkarens anvisningar (RT 83–10955, s. 8–9).

Produkttillverkarens anvisningar:

- Sockelskivan kan monteras då ojämnheter och möjliga skador i sockeln är åtgärdade.
- Det rekommenderas att sockeln rappas och grundsulan förses med betongtätning före sockelskivan monteras.
- För att förbättra sockelns vattenisoleringsförmåga kan hörnen behandlas med bitumenstrykning och -membran.
- Sockelskivan rullas ut med knapparna mot sockeln, så att vågräta skarvarna kommer minst 1500 mm från hörnen.

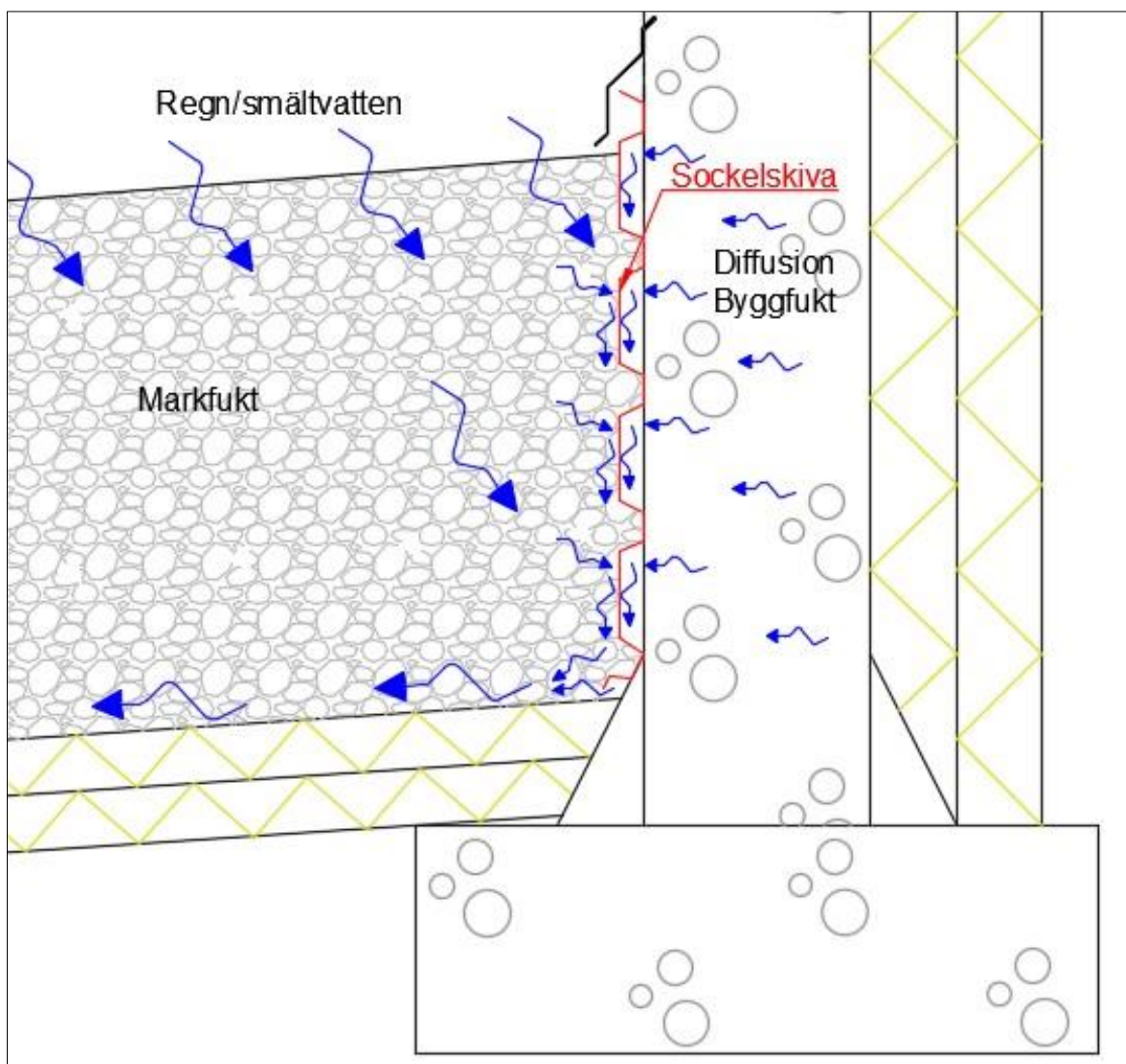
- Sockelskivans övre kantskall placeras 50 mm under markytan
- Sockelskivan läggs omlott vid skarvar, lodräta  $\geq 500$  mm och vågräta  $\geq 100$  mm omlott
- Sockelskivan fastsätts med fastsättningsknappar och spikar som är lämpliga för material som används i sockeln, med ca 250 mm avstånd på näst högsta knappraden. (Meltex, u.å).

### 8.3.3 Planering

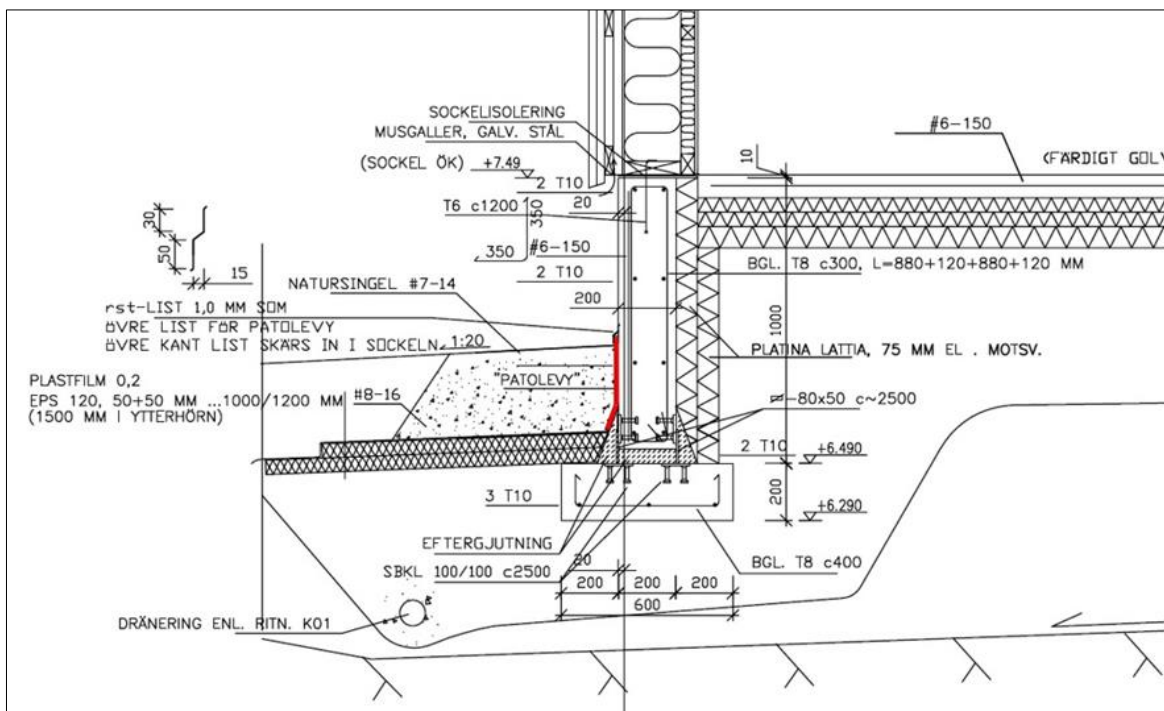
Från Strålsäkerhetscentralen kan man få information om radonhalter i olika områden i Finland (Säteilyturvakeskus, 2013). Radon-halten i berggrunden under nya skolbyggnaden överskrider inte skadlig nivå. Marken under Bergö skola är utformad så att vattenavrinningen sker kontrollerat. Planerarna har även konstaterat att grundvattennivån konstant kommer ligga under byggnadens grundläggningsdjup. Detta betyder att Bergö skolan kan ha en sockelskiva av polyeten och att det inte behövs någon vattentryckisolerings.

Fuktsakkunnige Mikael Anderssén och arkitekt Johan Ångerman har konstaterat att den sedvanliga byggnadslösningen inte alltid fungerar. Sockeln förblir fuktig under byggnadens brukstid om sockelskivan placeras enligt nutida anvisningar. För att fukten inte skall bli kvar i luftspalten mellan sockelskivan och sockel har planerarna valt att lyfta sockelskivans övre kant ovanför markytan (figur 52 & 53). Luftspalten kan då ventileras och fukten kan torka ut. Denna förbättring gör att livslängden på byggnadens grundkonstruktioner förlängs. I övrigt följs produkttillverkarens anvisningar vid montering. (muntlig diskussion med Johan Ångerman & Mikael Anderssén, 10.12.2015).





Figur 52. Sockelskivan placeras så att dess övre kant når ovanför markytan.



Figur 53. Sockelskiva inritad i ritning (sockelskiva rödmärkt). (Bergö skola, konstruktionsritning RAK 1414 k15).

### 8.3.4 Utfört arbete

Bergö skolas sockelskiva utfördes enligt figur 54, 55 och 56.



Figur 54. Enligt anvisningar bör ojämnheter och eventuella skador i grundmuren åtgärdas innan sockelskivan installeras. Eftergjutningen som observerades på byggarbetsplatsen var ojämn och arbetet var inte utfört enligt arbetsritningarna. På grund av detta gav byggherren huvudentreprenören åtgärdskrav.



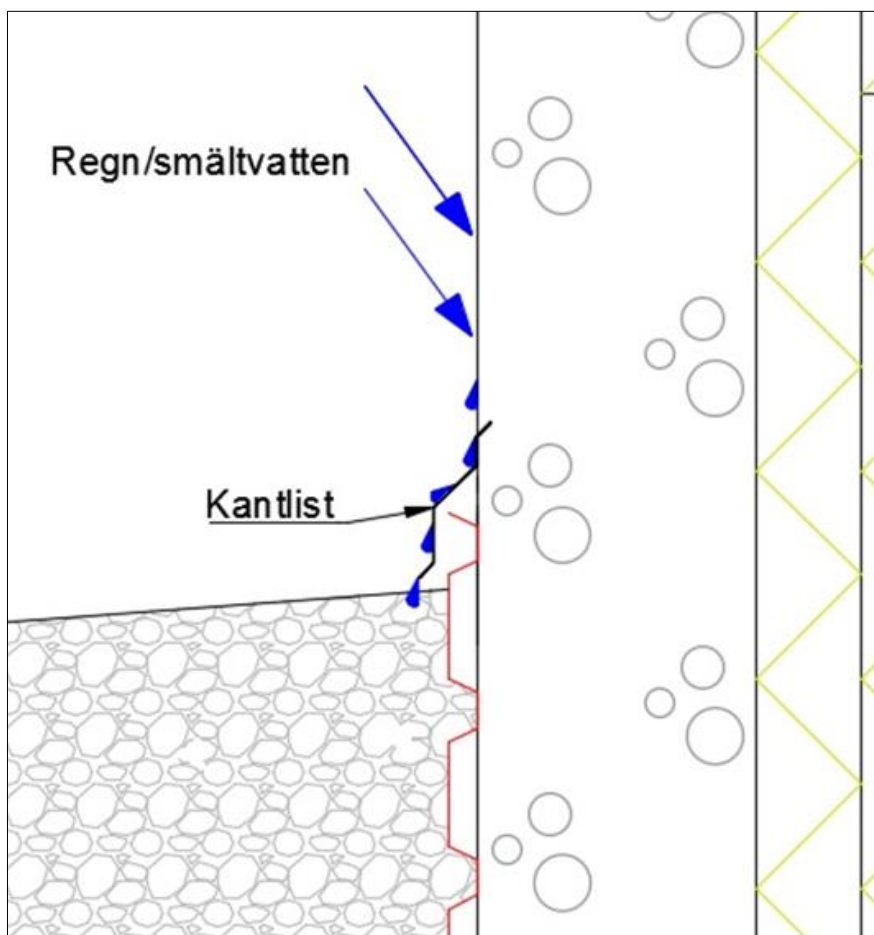
Figur 55. Den ojämna eftergjutningen åtgärdades med en ny gjutning ovanpå den gamla med lutningar bort från byggnaden. Arbetet som utfördes efter åtgärdskraven var inte mer än godtyckliga och därmed fanns fortfarande brister, men godkändes.



Figur 56. Då alla ojämnheter på sockeln var åtgärdade, installerades sockelskivan.

## 8.4 Kantlist för sockelskiva

Kantlist förhindrar vattendroppar och övrigt mindre skräp att falla in i luftspalten mellan sockel och sockelskivan. Kantlisten utgör därmed ett skydd för luftspalten mellan sockeln och sockelskivan (figur 57).



Figur 57. Kantlist förhindrar vatten droppar och övrigt mindre skräp att fall in i luftspalten.

### 8.4.1 Nationella krav

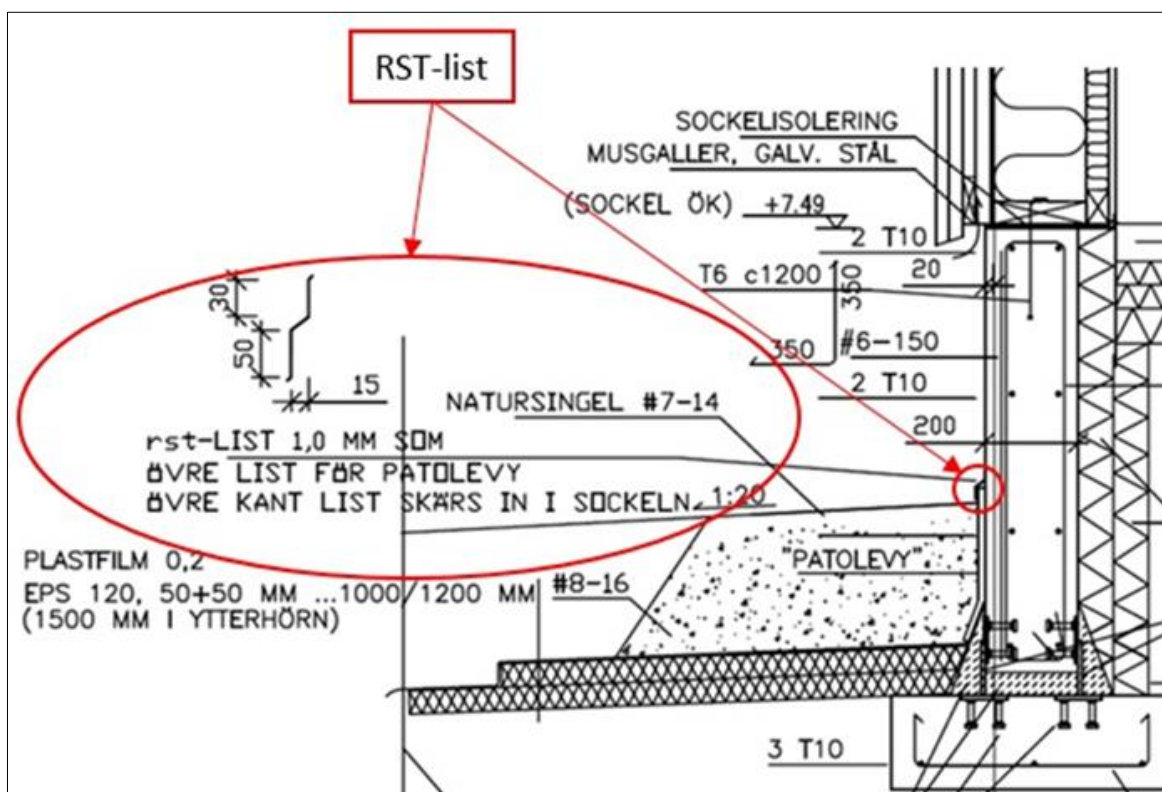
Konstruktioner skall utföras så att vattenånga, vatten eller snö inte kan tränga in och skada konstruktioner. Konstruktioner som innehåller skadlig mängd fukt bör kunna torka utan att skador uppstår (Finlands byggbestämmelsesamling C2, 1998, s. 3).

### 8.4.2 Anvisningar

Listen installeras enligt produkttillverkarens anvisningar. Listens övre kant tätas mot sockel/grundmur vid behov med tätningsmassa och listens övre kant täcks med sockelrappning eller motsvarande ytbeläggingsmaterial. (RT 83–10955, s. 9)

### 8.4.3 Planering

Kantlisten placeras i sockelskivans övre kant. I detta fall då listen kommer ligga ovanför markytan, kommer den eventuellt att utsättas för stötar. Polyetenlisten som vanligtvis används för detta ändamål är inte slagålig och därmed har planerarna valt att använda en kantlist av rostfritt stål (figur 58 & 59). Kantlisten av rostfritt stål sätts mekaniskt fast med popnitar i borrade hål. Viktigt är att listens övre kant blir tät mot sockeln.



Figur 58. Beskrivning av kantlist i ritning. (Bergö skola, konstruktionsritning RAK 1414 k15).



Figur 59. Kantlist av rostfritt stål (RST-list).

#### 8.4.4 Utfört arbete

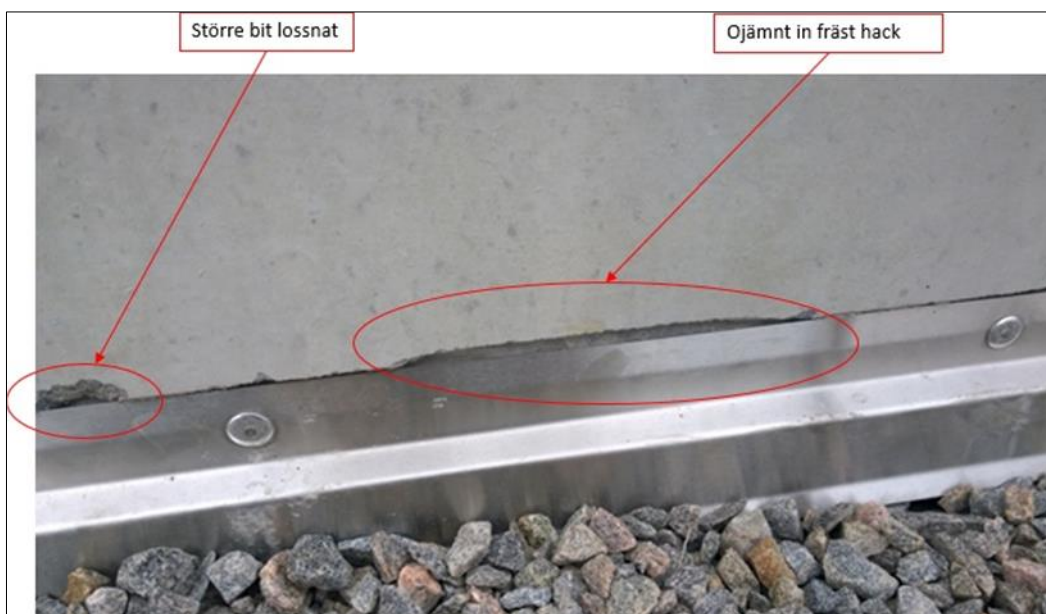
Bergö skolas kantlist utfördes enligt figur 60, 61 och 62.



Figur 60. Hack för listens övre kant skärt i sockeln.



Figur 61. Kantlisten fastsatt mekaniskt i sockeln.



Figur 62. Kantlistens övre kant bör tätas med en lämplig massa.

## 9 Klimatskal

Byggnadens klimatskal kan utformas på flera olika sätt, oftast är det huvudplaneraren (arkitekt) som formar byggnaden med beaktandet av användarnas specifika behov, omgivande natur, med mera. Redan i detta skede tas viktiga beslut om vilka konstruktionstyper som används, hur taket formas (sadeltak, mansardtak, valmat tak, motfallstak, mm), med mera som inverkar på byggnadens fukttekniska funktion. (Träguiden, 2003; ByggaF).

Idag ställs hårdare krav på byggnadens energiförbrukning jämfört med tidigare, som i praktiken innebär att tjockleken på klimatskalets värmeisolering ökar (tabell 8). Detta inverkar på hela byggnadens fukttekniska funktion. En ökad tjocklek på värmeisoleringen i en konstruktion inverkar inte enbart på den specifika konstruktionens fukttekniska funktion utan även på andra material i byggnaden. T.ex. en ökad värmeisolerings tjocklek i platta på mark kan kräva en tjockare tjälisolering (8.2 Tjälisolering).

Tabell 8. Förändring av krav på värmegenomgångskoefficienten ( $U = W/m^2K$ ) i Finland (Litteratur sammanställning från Finlandsbyggbestämmelsesamling C3, 1985, 2003, 2007 & 2010)

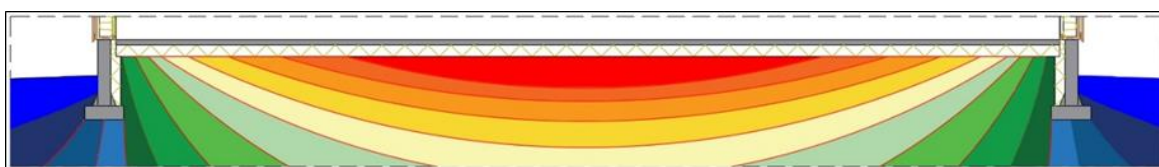
Byggnadsdel	År 1985	År 2003	År 2007	År 2010
Yttervägg	0,28 W/m <sup>2</sup> K	0,25 W/m <sup>2</sup> K	0,24 W/m <sup>2</sup> K	0,17 W/m <sup>2</sup> K
Vindsbjälklag	0,22 W/m <sup>2</sup> K	0,16 W/m <sup>2</sup> K	0,15 W/m <sup>2</sup> K	0,09 W/m <sup>2</sup> K
Byggnadsdel direkt på mark (ex. Platta på mark)	0,36 W/m <sup>2</sup> K	0,25 W/m <sup>2</sup> K	0,24 W/m <sup>2</sup> K	0,16 W/m <sup>2</sup> K

## 9.1 Platta på mark

Platta på mark är ett bottenbjälklag som är i direkt kontakt med underliggande mark. Platta på mark är en konstruktion som fått dåligt rykte eftersom ett flertal fuktskador är förknippade med denna konstruktion. Ytbeläggningen ligger löst, ytbeläggningen är mikrobskadad, emissioner på grund av alkalisk hydrolys, med mera är exempel på fuktskador som förknippas med platta på mark. Fuktskadorna i platta på mark är oftast orsakade av markfukt, det vill säga fukten transporterats från marken till betongplattan med kapillärsugning eller diffusion. Idag är kunskapen om fukt mycket bättre och därmed finns goda lösningar och anvisningar om hur platta på mark skall projekteras, utföras och förvaltas. (Sisäilmayhdistys ry, u.å; Nytt & Viktigt, 2016).

### 9.1.1 Fuktrisker

Dräneringsgruset under värmeisoleringen har oftast en relativ fuktighet på 100 % RH. Det beror på att vatten från underliggande mark avdunstar tills dräneringsgrusets porluft nått mättnadsånghalten, det vill säga porluften får en ånghalt som motsvarar 100 % RH (Leivo & Rantala, 2002, s. 8–9). En uppvärmd byggnad kommer att värma upp marken under byggnaden, temperaturen i marken kommer att vara som högst mitt under byggnaden där en ”värmekudde” successivt byggs upp (figur 63). Temperaturskillnaden mellan isoleringens nedre och övre kant är därmed avgörande för diffusionsriktningen. (Kumlin, 2012, s. 28).



Figur 63. Marken under byggnaden kommer att värmas upp, temperaturen kommer att vara som högst mitt under byggnaden (röda området). Hur temperaturisotoperna formar sig i marken beror på markens värmeledningsförmåga, byggnadens bredd, med mera.

- Fukt kan ta sig från marken till betongplattan genom kapillärsugning och diffusion. Fukt kan diffundera från marken till betongplattan då temperaturen i betongplattan sjunker eller om temperaturen i marken under byggnaden stiger. (Sisäilmayhdistys ry, u.å).
- Ytbeläggningen läggs för snabbt på betongplattan då byggfukten inte uttorkats. (Sisäilmayhdistys ry, u.å).
- Organiskt material som lämnar kvar under betongplattan kan ruttna och orsaka dålig lukt. (Sisäilmayhdistys ry, u.å).



- Rörläckage i eller under bjälklaget kan orsaka fuktskador. (Sisäilmayhdistys ry, u.å).
- I undersökningar påträffas allt oftare mikrobiellväxt i marken under platta på mark. Eftersom betong krymper (volymminskning) vid härdning kan sprickor uppenbara sig. Genom dessa sprickor kan emissioner från mikrobiell växt ta sig in i vistelsezonen och därmed försämra kvaliteten på inomhusluften. (Sisäilmayhdistys ry, u.å).

### 9.1.2 Nationella krav

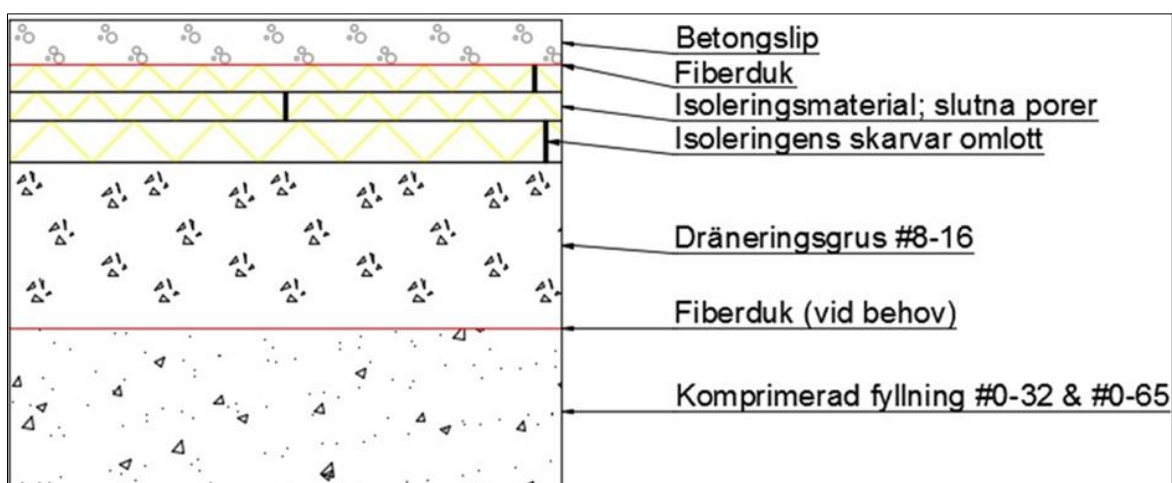
Byggnadsdelar mot mark i en uppvärmd byggnad bör ha en värmegenomgångskoefficient mindre än 0,17 W/m<sup>2</sup>K (Finlands byggbestämmelsesamling C3,2010, s. 7).

Golvet skall i förhållandet till markytan runt byggnaden vara minst 300 mm ovanför (Finlands byggbestämmelsesamling C2, 1998, s. 7).

### 9.1.3 Anvisningar

Enligt dagens anvisningar kan platta på mark konstrueras likt figur 64. En stor skillnad utifrån tidigare anvisningar, från år 1960-1990 är värmeisoleringens placering och dess tjocklek. Enligt tidigare anvisningar kunde plattans mitt vara utan värmeisolering som endast är, ur fuktperspektiv, fungerande då diffusionsöppen ytbeläggning används. (Sisäilmayhdistys ry, u.å; RT 83-11009, s. 18-22).

Fukt, tjäle och kalla ytor får inte orsaka olägenheter i byggnadsdelar mot mark (Finlands byggbestämmelsesamling C4, 2003, s. 18).



Figur 64. Bottenbjälklag, platta på mark.

### 9.1.3.1 Värmeisolering

Då värmeisoleringen placeras under betongplattan kommer temperaturen i betongplattan att vara högre jämfört med marken under värmeisoleringen. Detta ger platta på mark ett konstruktivt fuktskydd som innebär att betongplattans RH % är lägre jämfört med marken under, vid jämvikt. Det som är avgörande i detta fall är temperaturskillnaden mellan värmeisoleringens nedre och övre kant. (Nilsson, 2015; Kumlin, 2012, s. 28).

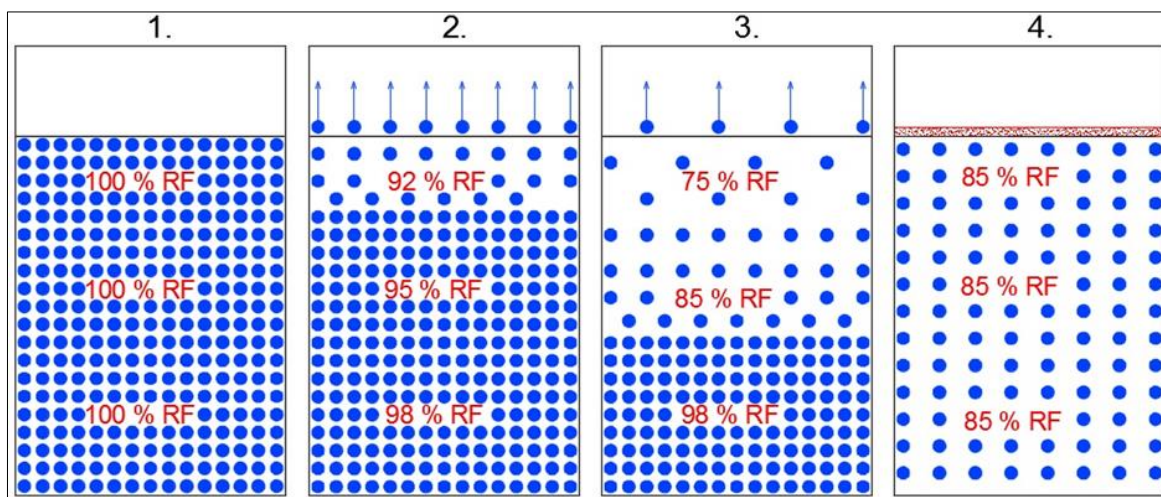
I samband med golvvärme bör man använda värmeisolering som motsvarar minst 150 mm EPS isolering. (Sisäilmayhdistys, u.å).

### 9.1.3.2 Golvvärme

I våta utrymmen påskyndar golvvärmen uttorkningen av ytbeläggningen (plastmatta, klinker, mm). Golvvärme förhindrar inte fukttransporten från marken under byggnaden. Med tiden kommer temperaturen i marken under platta på mark att stiga till en viss grad, varav fukttransport genom diffusion kan orsaka en överskridning av det kritiska fuktillståndet för ytbeläggningsmaterialet. Detta kan orsakas av bristfällig värmeisolering men även på grund av att golvvärmen tas ur bruk. I tidigare undersökningar har man kunnat påvisa att betongplattans relativa fuktighet stiger utanför uppvärmningssäsongen då golvvärmen stängs av. I studierna visade sig även att byggnadens bredd och typ av isoleringsmaterial hade stor inverkan på betongplattans uppfuktning. Om man inte kan försäkra att temperaturen i marken ständigt kommer vara 3 °C lägre i marken jämfört med betongplattan kan man fördröja uppfuktningen genom att placera en ångspärr under plattan eller använda tät värmeisolering. Golvvärmen bör vara i bruk året runt för att markfukt inte transporteras med diffusion till betongplattan. (Nilsson, 2015).

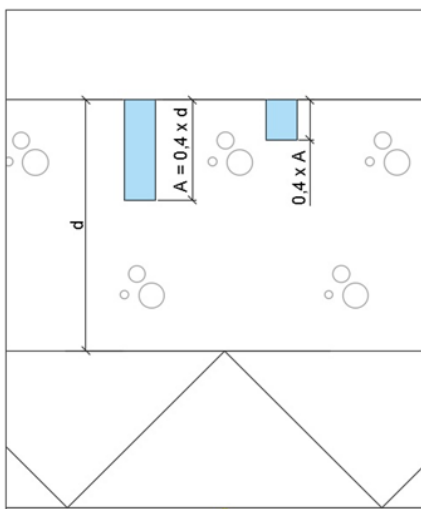
### 9.1.3.3 Fuktmätning

Betong innehåller ballast, cementgel och fukt. Ballasten binder endast en liten del av fukten medan en större mängd fukt lagras i cementgelens luftporer. Detta medför en ojämn fuktfördelning i betongplattan, det vill säga fuktkvoten varierar. Eftersom fuktkvoten i betongplattan varierar mäts fukten i betongplattan som relativ fuktighet (RH %), som beskriver ånghalten i betongens porluft, det vill säga den fukt som kan jämna ut koncentrationsolikheterna (diffusion) i betongplattan då ytan beläggs med tätt material (figur 65). (RT 14–10984, s. 2; Finnsementti, u.å)

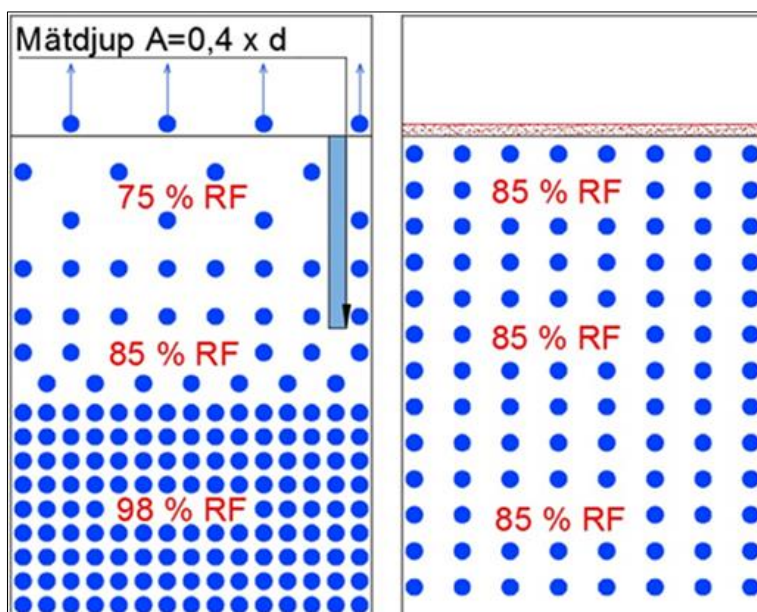


Figur 65. Bilden beskriver hur fukten avgår från en betongplatta med underliggande tät värmeisolering, det vill säga enksidig uttorkning. Blåa prickarna beskriver vattenångan i en betongplatta. 1. Betong innehåller rikligt med vatten vid gjutning. 2. Då betongen härdar sker en jämn sänkning av relativa fuktigheten i hela betongprofilen (självtorkning = vatten binds kemiskt) 3. Relativa fuktigheten i betongtvärsnittet kommer variera under uttorkningen, fukten kommer att avgå från ytan. 4. Då man lägger tät ytbeläggning på ytan kommer koncentrationsolikheterna att jämnas ut i betongplattan (förutsatt att temperaturen är lika i hela tvärsnittet kommer relativa fuktigheten vara den samma i hela betongplattan).

Betongens relativa fuktighet kan mätas med flera olika metoder, varav två anses vara noggranna; provbitsmätning och borrhållsmätning. Eftersom relativa fuktigheten kommer att variera i hela betongtvärsnittet är det viktigt att känna till vilket djup man skall mäta ifrån. I RT 14–10984 beskrivs mätdjupen i betongen för de olika konstruktionstyperna. För konstruktionen platta på mark gäller mätdjupen som redovisas i figur 66 och 67. (RT 14–10984, s 3 & 14).



Figur 66. Mätdjup i platta på mark med underliggande tät material. (RT 14–10984, s. 14).



Figur 67. Den relativa fuktighet som råder vid mätdjup  $A$  är nära den RH % som den täta ytbeläggningen kommer utsättas för. (RT 14–10984, s. 14).

#### 9.1.3.4 Kritiskt fukttillstånd

Innan ytbeläggningen monteras ovanpå betongplattan skall man försäkra sig om att relativa fuktigheten inte överskrider skadlig nivå vid mätdjup  $A$  (tabell 9). Mätdjup  $A$  varierar efter konstruktionstyp och betongplattans tjocklek. (Pärnänen, 2011, s. 14).

Tabell 9. Betongplattans högsta tillåtna fuktnivå vid montering av ytbeläggning. Materialtillverkare och -leverantörer kan ge andra värden. (Litteratur sammanställning ur RT 14–11103, kap. 752, 753 & 1041).

Ytbeläggningsmaterial	RH(%) Mätdjup $A$	RH(%) ( $0,4 \times A$ )	Mätdjup
Mosaikparkett			
– normal betong	85	75	
– special betong (vct<0,5)	85		
Flytande brädparkett med separat underlag	85	75	
Brädparkett som limmas på underlaget			
– normal betong	85	75	
– special betong (vct<0,5)	85		
Laminat + vattenångtätt material under	85	75	

Plastmatta	85	
Linoleum	85	
Gummimatta	85	
Korkplatta	85	75
Textilmatta, tätt underlag (vinyl, gummi, latex strykning) eller av naturmaterial	85	

#### 9.1.3.5 Uttorkning av byggfukt i betong

Torktiden för betong kan förkortas genom ökad betongkvalitet, golvvärme, HP-torkning (High Pressure), sorptionsavfuktning, infravärme, med mera. Ökad betongkvalitet innebär ett lägre vattencementtal som i praktiken betyder att vattenmängden i förhållandet till cementen i betongblandningen blir mindre, därför är även mängden byggfukt som måste avgå mindre. Golvvärme, HP-torkning (High Pressure) och infravärme är metoder där betongplattan värms upp vilket medför en snabbare fukttransport genom diffusion till omgivande luft eftersom koncentrationsolikheterna mellan betongplattan och dess omgivande luft blir större. Sorptionsavfuktning innebär att man inom vistelsezonen minskar på ånghalten vilket leder till en större koncentrationsolikhet mellan betongen och dess omgivande luft (Johansson, 2005, s. 124–129).

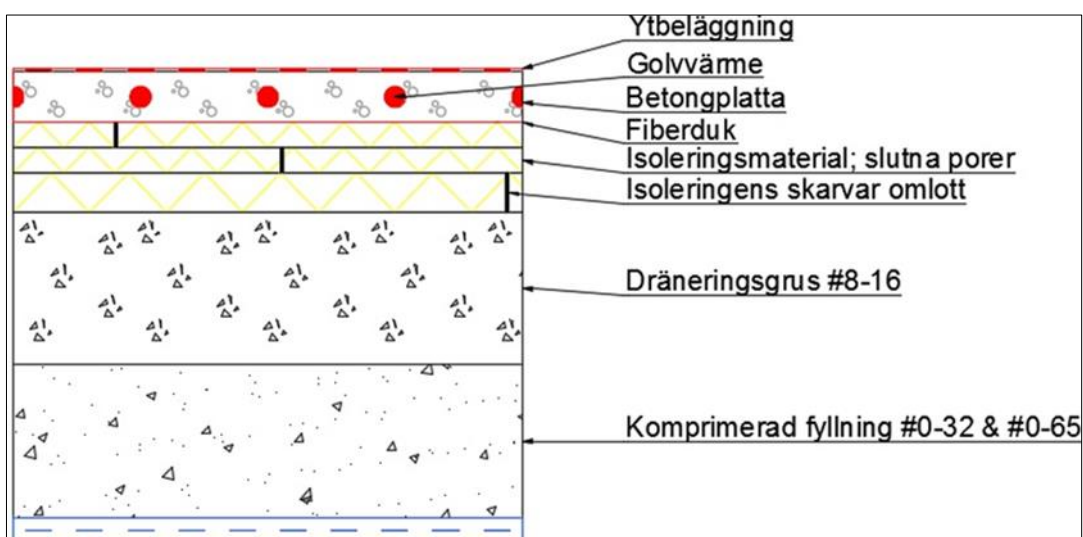
#### 9.1.4 Planering

Planerarna för Bergö skola valde att utföra byggnadens bottenbjälklag som platta på mark enligt figur 68. Byggnaden Bergö skola har en bredd på ca 15 meter som innebär en ökad risk för fuktvandring från marken till betongplattan, risken är som stort utanför uppvärmnings-säsongen då golvvärmen eventuellt stängs av. För att fördröja fuktvandringen har planerarna valt att använda isoleringsmaterial med slutna luftporer. Som värmeisolering valdes materialet Thermisol platina lattia. Den totala tjockleken på värmeisoleringen är 175 mm. Värmeisoleringen placeras i 3 lager, först en 75 mm skiva varpå två stycken 50 mm skivor placeras. Det som är viktigt att tänka på är att skarvarna skall placeras omlott för att ingen kapillär effekt skall förekomma.

På grund av den korta byggtiden har planerarna valt att minska på byggfukten genom att minimera betongplattans tjocklek, resultatet från konstruktionsplaneringen blev en 80 mm tjock betongplatta.

Ytbeläggningen för de olika utrymmena valdes på basis av den beräknade fuktanvändningen inom utrymmet. I våta utrymmen (dusch, kök, mes mera) skulle en homogen plastmatta användas som samtidigt skulle fungera som fuktspärr. För att minska risken för alkalisk hydrolys skulle betongytan behandlas med Florosil som är ett impregneringsmedel för betong. Impregneringsmedlet bildar ett vattenavvisande skikt som förhindrar det alkaliska vattnet att nå plastmattan. Fukt kan fortfarande kondenseras i plastmattans undre kant men eftersom detta vatten inte är alkaliskt så förekommer ingen alkalisk hydrolys. Betongytorna i de torra utrymmena skulle behandlas med kvartsbaserat torrpulver som appliceras på relativt nygjuten betongyta. Denna lösning är diffusionsöppen som innebär att fukten i betongplattan kan avgå efter applicering, som innebär att markfukt som tar sig in i betongplattan kan avgå under byggnadens brukstid. Denna produkt ger betongytan flera förbättrade egenskaper så som jämn och hård yta, minskad damm-bildning, ökad slitage- och slaghållbarhet. (Silanex u.å; RT 84–11166 s.11; Fescon, 2015)

På grund av den korta byggtiden valde man även att införa krav på arbetsutförandet i bygghandlingarna som skulle främja uttorkningen av byggfukt i betongplattan. Kraven kan läsas under rubrik 6.2.2.



Figur 68. Bergö skolas bottenbjälklag (platta på mark) består av 175 mm tjock värmeisolering, fiberduk (skiljer åt värmeisoleringen från betongen vid gjutning), 100 mm tjock armerad betongplatta (försedd med golvväme) och ytbeläggning av olika produkter.

### 9.1.5 Utfört arbete

Byggherren beslöt att alla golvytor i skolbyggnaden skulle beläggas med plastmatta oavsett fuktsakkunniges rekommendationer. Samtidigt valde man att inte behandla betonggolven med Florosil. Orsaken varför man inte valde att använda fuktsakkunniges rekommendationer är okänd.



Figur 69. Kapillärbrytande skiktet, värmeisoleringen, fiberduken, armeringen för betongplattan och stor del av golvvärmslingorna byggda. Plastfilm fört in under värmeisoleringen.

## 9.2 Ytterväggar

*Byggnadens ytterväggskonstruktioner är en del av klimatskalet, vars syfte är att avskilja inomhusklimatet från yttre rådande klimat.*

Ytterväggar kan konstrueras och utföras på flera olika sätt. I detta kapitel redovisas endast ytterväggskonstruktioner av träregelvägg. Då bärande stommen är av trä brukar man oftast använda trä som fasadmateriäl, har oftast att göra med estetik, miljöaspekter, med mera. Träfasaden kan utföras på flera olika sätt (stående, liggande och diagonalt) och kan byggas av flera olika träarter (oftast gran). I övrigt projekteras och utförs ytterväggskonstruktionen så att kritiska fukttillståndet för de olika materialen inte överskrider under byggnadens avsedda brukstid. (Träguiden, 2016).

### 9.2.1 Fuktrisker

Kritiska fuktillstånd i ytterväggskonstruktionen och dess material kan överskridas på grund av flera olika orsaker: vattenintrång, kapillärsugning, diffusion och konvektion. Byggfukt är även en stor enskild fuktkälla som kan orsaka fuktskador. Nedan beräknas några vanliga fuktskador i ytterväggskonstruktionen.

- Syllen är oftast den delen av ytterväggskonstruktionen som drabbas av fuktskador. Detta orsakas oftast av otillräcklig fuktspärr mellan syllen och sockeln, det vill säga syllen kan då uppfuktas genom kapillärsugning och konvektion. (Kristiansson E & Koluktis, 2011, s. 17).
- Lockpanelens nedre del är den delen av fasaden som oftast drabbas av fuktskador. Fuktskador kan uppenbara sig då kritiska fuktnivån överskrids på grund av vattenintrång. Vatten tar sig då in i springor mellan bottenbrädorna och lockbrädorna på grund av kapillärsugning och blåst. Om luftspalten bakom fasadbeklädnaden då är obefintlig och om fasaden är målad med tät målfärg kommer vattnet att torka långsamt ut. Detta kan ge upphov till mikroväxt och röta. (Kristiansson E & Koluktis, 2011, s. 17–22).
- Fukttillskottet inomhus är som störst under vintern då fuktproduktionen är som störst. Om för mycket fukt kan ta sig in i klimatskalet kan fukt kondenseras på klimatskalets yttre kallare delar. Ifall temperaturen dessutom är över 0°C kan ett lämpligt klimat för mikrob- och mögelväxt förekomma. Det mest kritiska området för kondensering och mögelväxt i klimatskalet är vindskyddskivan i ytterväggen eller fasadbeklädnadens/vattentakets inre ytor. Under sommaren är risken för kondensvattenbildning i klimatskalet mindre eftersom temperaturen utomhus oftast är högre. Klimatskalets yttre delar torkar under sommaren om de är rätt konstruerade. (RIL 107–2012, s. 23).
- Fukt kan kondenseras i klimatskalets inre ytor då temperaturen inom vistelsezonen kyls ner under sommaren, detta kan ge upphov till fuktskador (mikrob- och mögelväxt). Detta beror på att uteluften oftast innehåller en större mängd vattenånga än vad den kallare luften intill klimatskalets inre ytor klarar av att bära. Detta kan även förekomma i byggnader där endast ett specifikt utrymme är nedkylt, t.ex. ett frysrum. Då är även rumsavskiljande väggarna utsatta för samma fenomen. (RIL 107–2012, s. 25).
- Idag använder man vanligtvis maskinell till- och frånluftssystem vid nybyggnation. Man strävar efter att dimensionera ventilationssystemet så att ett undertryck inom



vistelsezonen fås. Då ett undertryck råder inom vistelsezonen kommer eventuella luftflöden genom klimatskalet att ske utifrån in. Om det råder ett övertryck inom vistelsezonen kommer luftflödet att gå i motsatt riktning, det vill säga fuktillskottet i inomhusluften kan transporteras in i klimatskalet. (RIL 107–2012, s. 27).

- På grund av de höga energikraven ökar tjockleken på värmeisoleringen som innebär att ytterväggen kyls ner. Detta ökar risken för kondensvattenbildning som kan leda till mikrobväxt inne i konstruktionen. Även mindre läckage kan snabbare orsaka fuktskador av samma orsak (nedkyllning av konstruktion). (Vinha, 2013, s. 2)

### 9.2.2 Nationella krav

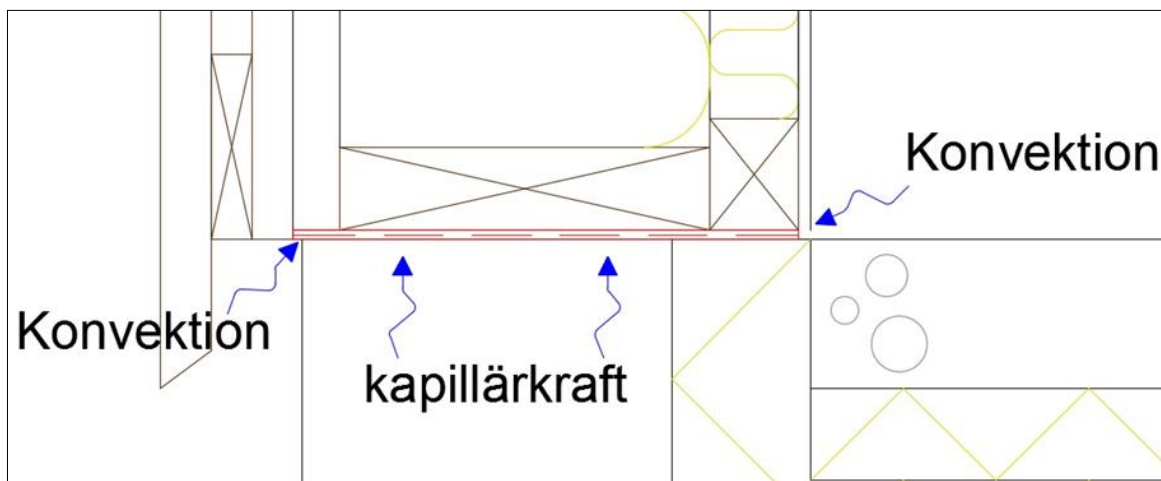
- Ytterväggar i en uppvärmd byggnad bör ha en värmegenomgångskoefficient mindre än  $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$  (Finlands byggbestämmelsesamling C3,2010, s. 7).
- Fukt- eller vattenisoleringar används för att förhindra vattnets skadliga kapillärströmning in i eller inuti konstruktioner (Finlands byggbestämmelsesamling C2, 1998, s. 4).
- Yttervägg ansluts till sockel och golvkonstruktionen (platta på mark), så att fuktens skadliga förflyttning och samling i väggkonstruktionen, sockeln eller intill liggande golvkonstruktionen undviks. Vid behov bör nedre delen av väggkonstruktionerna även kunna torka upp. (Finlands byggbestämmelsesamling C2, 1998, s. 11)
- Ytterväggskonstruktionens ånghalt får inte överskrida skadlig nivå p.g.a. diffusion eller konvektion från inomhusluften. Den fukt som tillfälligt tar sig in i konstruktionen skall kunna avgå utan att skador eller olägenheter uppstår (Finlands byggbestämmelse-samling C2, 1998, s. 9).
- Vatten får inte ta sig in bakom fasadbeklädnaden. Om vatten och vattenånga kan ta sig in bakom fasadbeklädnaden skall det kunna avgå utan att skada konstruktionen (Finlands byggbestämmelse-samling C2, 1998, s. 10).
- Fönster och dörrars anslutning till ytterväggen skall vara så täta att luft och vatten från utsidan inte tränger in i konstruktionen (Finlands byggbestämmelse-samling C2, 1998, s. 10).

### 9.2.3 Anvisningar

Anvisningar som redovisas under denna rubrik är baserade på ytterväggskonstruktioner som projekteras och utförs som träregelvägg med träfasad.

### 9.2.3.1 Syllisolering

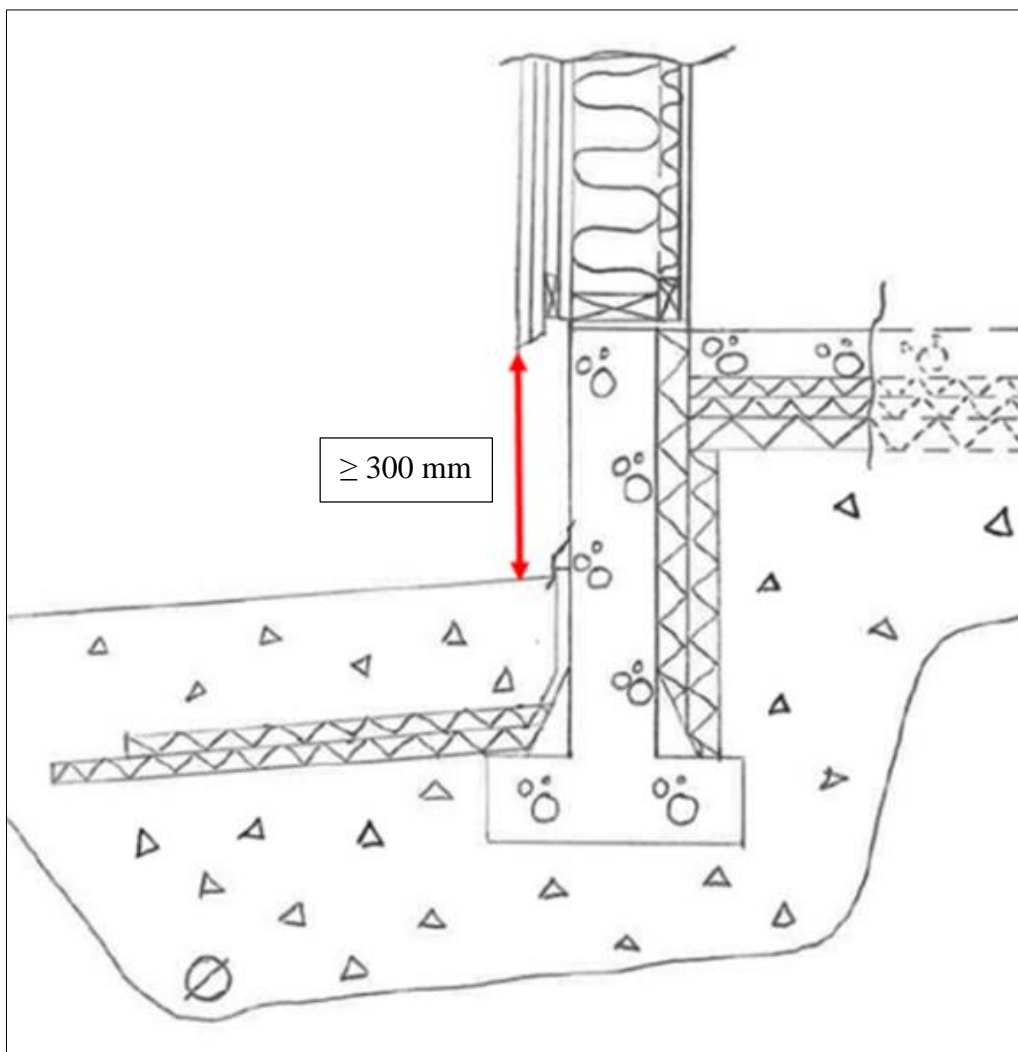
Syllisolering används för att skydda mot fuktskador och luftläckage, det vill säga fuktvandringen från sockel/betongplattan bryts och konvektion förhindras. Syllisoleringen byggs in mellan sockeln/betongplattan och syllen (figur 70). (Wahlgren, 2010, s. 28)



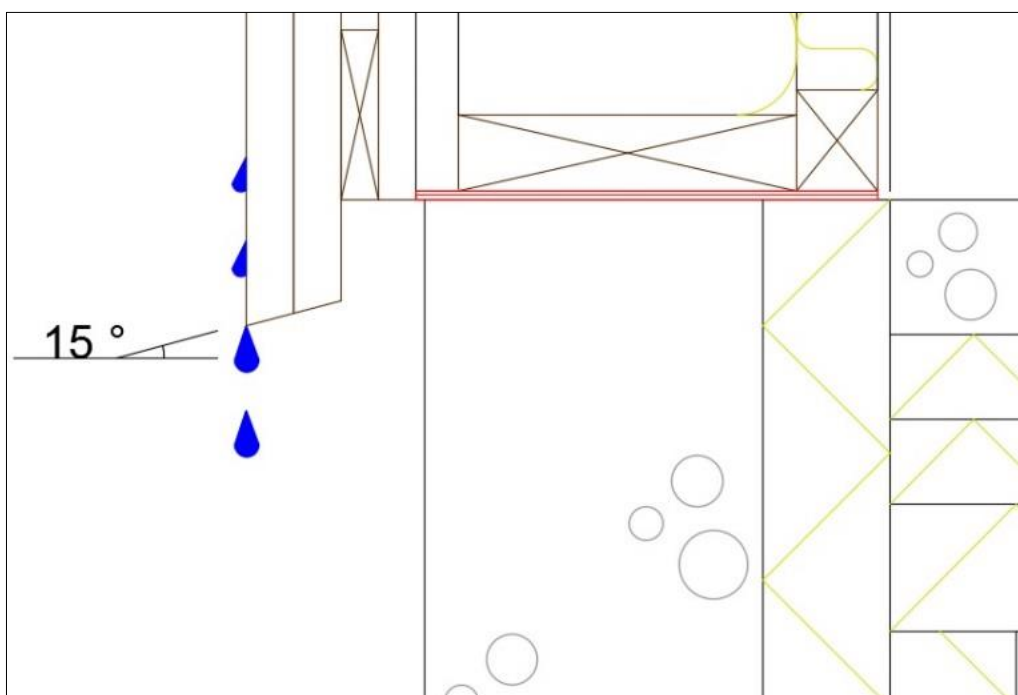
Figur 70. Syllens uppfuktning på grund av kapillärsugning och konvektion bryts.

### 9.2.3.2 Fasad av trä

Virket som används som fasadbeklädnad skall vara färskt, ha en målfuktkvot  $\leq 16\%$  och vara fri från mikrobiella angrepp. Den utvändiga träpanelens undre kant sågas snett för att skydda ändträet. Snedsågningen skapar en så kallad droppnäsa som gör att vattnet lättare droppar av fasadens (figur 72). Fasadens undre kant skall vara  $\geq 300$  mm ovanför markytan (figur 71). (RT 82–10829, s. 12; Träguiden, 2016; Träguiden u.å).



Figur 71. Avståndet mellan markytan och fasadens undre kant skall vara  $\geq 300$  mm.



Figur 72. Droppnäsa i fasadens nedre kant.

### 9.2.3.3 Värmeisolering

Densiteten skall vara tillräckligt hög så att sättningar undviks. Isoleringen skall passa in mellan väggreglerna för att undvika springor. (Science partners, u.å).

### 9.2.3.4 Ångspärr

Ångspärren har som uppgift att förhindra fukttransport genom diffusion från inomhusluften till konstruktionen. Ångspärren placeras på den varma sidan av isoleringen. Vilket tätt och enhetligt material som helst kan användas som ångspärr, förutsatt att materialet har tillräckligt högt ånggenomgångsmotstånd. (RIL 107–2012, s. 27).

### 9.2.3.5 Fuktspärr

Fuktspärren har flera viktiga uppgifter med tanke på klimatskalets funktion. Fuktspärren förhindrar konvektion inifrån till klimatskalet, förhindrar partiklar och gaser (t.ex. mikrober, mögel och radon) att ta sig in i inomhusluften, minskar på byggnadens energiförbrukning genom att förhindra värmeförluster p.g.a. konvektion, förhindra luftströmmar som orsakar drag, sluta in vistelsezonen där ett undertryck kan åstadkommas. (RIL 107–2012, s. 27).

### 9.2.3.6 Vindskydd

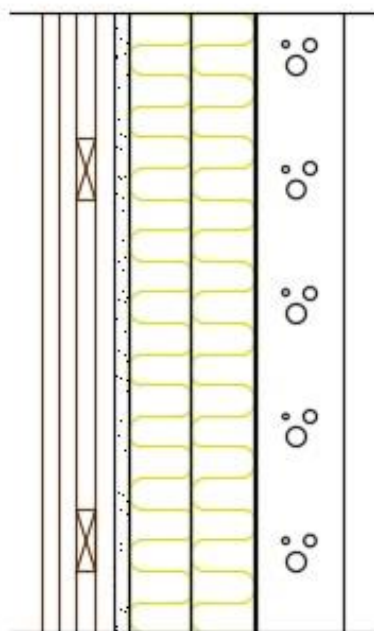
Vindskyddsskivan har som uppgift att förhindra skadliga luftströmmar i värmeisoleringen. Om värmeisoleringen har öppna porer så skall vindskyddsskivan placeras på yttre sidan. Klimatskalets fasadbeklädnad, vattentak eller takets underlagstäckning kan fungera som vindskydd. (Träguiden, 2003)

## 9.2.4 Planering

Materialen i ytterväggskonstruktionen varierar något eftersom den vikt som ytterväggen skall klara av att bära varierar. Armerad betong används som bärande stomme i delar av byggnaden där lasten som inverkar på ytterväggskonstruktionen är större, det vill säga området där ventilationsmaskinutrymmet är placerat på andra våningen (figur 73). I övrigt utgör byggnadens bärande ytterväggskonstruktioner av träregelvägg (figur 74).

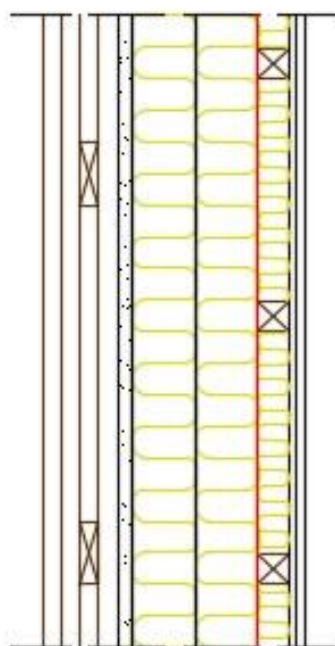
Byggnadens fasadbeklädnad är planerad så att dess undre kant kommer 450 mm ovanför markytan, då kan fasadens nedre kant inte uppfuktas på grund av stänkvatten. Fasaden utförs som lockpanel och därför snedsågas nedre kanten så att vatten kan droppa av. Bakom fasadbeklädnaden finns en luftspalt (tjocklek 44 mm), som möjliggör uttorkning av fukt som

trängt in bakom fasadbeklädnaden. Vindskyddskivan är av asfaltimpregnerad träfiberskiva (tjocklek 25 mm). Vindskyddskivan är diffusionsöppen och värmeisolerande, vilket möjliggör uttorkning av fukt och förhindrar köldbryggor vid väggreglerna. Som isolering användes träfiberisolering som är en ekologisk produkt. Träfiberisoleringen har en bättre förmåga att lagra fukt som är fördelaktigt då isoleringstjockleken ökar. I ytterväggar där betong inte förekommer används intelligent fuktspärr som under sommaren kan överföra fukten i väggen till inomhusluften. Under vintern har den intelligenta ångspärren högt diffusionsmotstånd vilket fördröjer ytterväggskonstruktionens uppfuktning på grund av diffusion från fuktillskottet inomhus. För att elrör och eldosor skall kunna byggas in i väggen utan att ångspärren skadas byggs den ca 50 mm in i väggen (från insidan) (figur 74). För att uppnå en tät byggnad skall alla anslutningar till och genomföringar i ytterväggskonstruktionen vara täta. I figur 75 och 76 redovisas hur man valt att utföra några täta anslutningar till ytterväggskonstruktionen. (Hunton Vindskydd, u.å; Hunton Träfiberisolering, u.å; Tiivistalo, 2016; Trägiden, 2003).



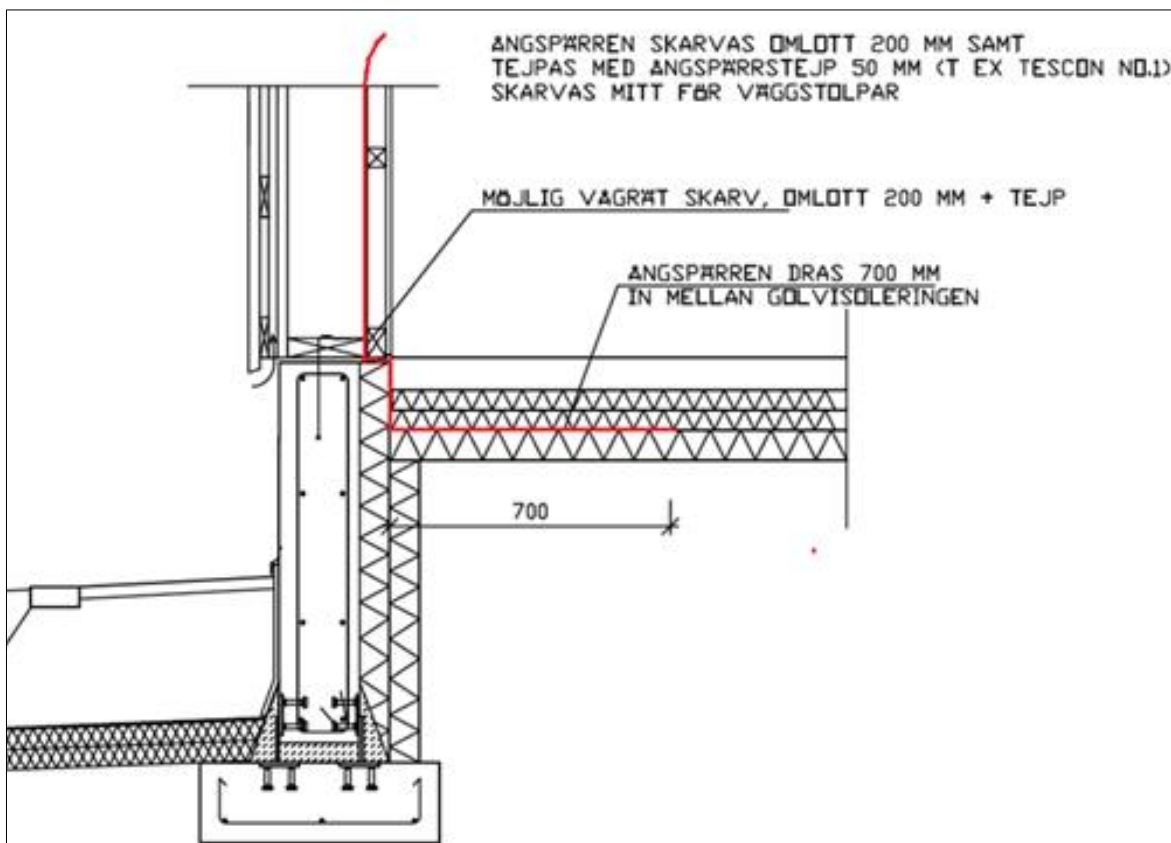
- Träpanel enl. ark-handlingarna
- 22+22 mm Spikläkt/Luftspalt 2x 22x100 c600
- 25 mm Vindskyddsskiva, Hunton Bitroc 25 mm
- 198 mm Trästomme+ värmeisolering av  
cellulosafiberskivor (100+ 100 mm) eller motsvarande
- 5 mm Arbetsmån
- 140 mm Bärande armerad betongvägg
- Ytmaterial enl.arkhandlingarna

Figur 73. Detalj ritning av ytterväggskonstruktionen där armerad betong utgör bärande systemet.

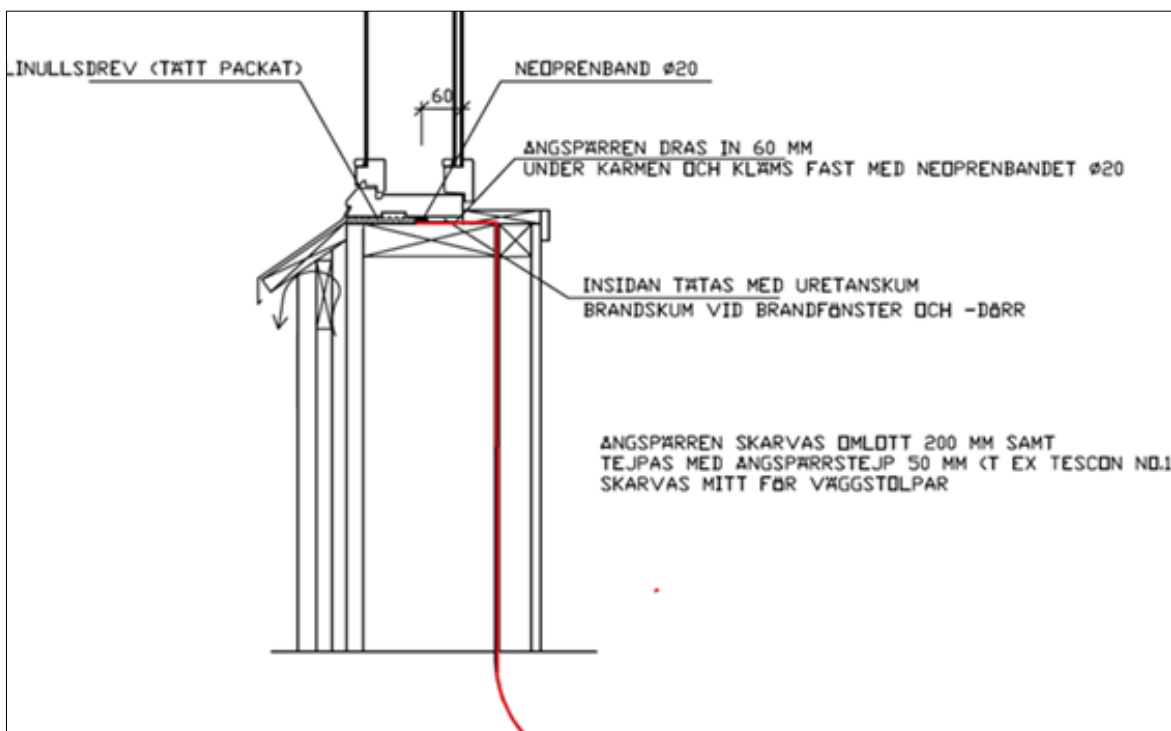


- Träpanel enl. ark-handlingarna
- 22+22 mm Spikläkt/Luftspalt 2x 22x100 c600
- 25 mm Vindskyddsskiva, Hunton Bitroc 25 mm
- 198 mm Trästomme+ värmeisolering av  
cellulosafiberskivor (100+ 100 mm) eller motsvarande
- 0,2 mm Ångspärr, plastfilm 0,2 mm, skarvas  
omlott 200 mm samt tejpas
- 48 mm Skålning 48 x 48 mm c 450 +  
värmeisolering cellulosafiber 50 mm eller  
motsvarande
- 12,5 mm Fibergipsskiva 12,5 mm
- Ytmaterial enl.arkhandlingarna

Figur 74. Detalj ritning av ytterväggskonstruktionen av träregelvägg.



Figur 75. Ångspärren förs 700 mm in i bottenbjälklagets värmeisolering som medför en tät anslutning (yttervägg-golv-sockel).



Figur 76. Fönster utfördes så att läckage inte förekommer.



### 9.2.5 Utfört arbete

Bergö skolas ytterväggar utfördes enligt figurerna 77–82



Figur 77. Sillisolering byggdes in mellan syllen och sockeln.



Figur 78. Före betongplattan gjöts fördes en plastfilm ca 700 mm in i bottenbjälklagets värmeisolering (se även figur 75).



Figur 79. Syllen var utsatt för nederbörd och innehöll rikligt med vatten. Uttorkningen påskyndades med hjälp av klimatskydd och värmeförsel.



Figur 80. Värmeisolering placerades mellan väggreglerna. Intelligent ångspärren utfördes så att springor inte förekom.



Figur 81. Ytterväggens anslutning till övre bjälklaget utfördes så att ångspärren inte bryts.



Figur 82. Linulldrevet vid anslutning av fönster till ytterväggsstommen har håligheter som kan orsaka läckage.

## 9.3 Tak

Byggnadens tak kan byggas som kallt tak, varmt tak eller parallelltak. Det som skiljer dessa takkategorier från varandra är värmeisoleringens placering. I kalla tak placeras värmeisoleringen skilt från klimatskyddet (vattentaket). I varma tak placeras värmeisoleringen direkt under det yttersta klimatskyddet. I parallelltak placeras isoleringen nära yttre klimatskyddet, men till skillnad från varma tak förses parallelltak med en luftspalt som möjliggör ventilation. Under denna rubrik redovisas endast parallelltak och tak med kall vind. (Winnberg & Hedby, s. 4–6).

### 9.3.1 Fuktrisker

Funktionsprincipen för parallelltak och tak med kall vind är den samma, det vill säga utrymmet ovanför värmeisoleringen ventileras. På vintern är vindsutrymmet mycket kallt vilket innebär att luften endast kan bära en liten mängd fukt vilket ökar risken för kondens. (Fuktsäkra byggnader, u.å; Tobin, u.å).

- Taket kommer att belastas av stora mängder vatten vid nederbörd och därför bör det yttersta klimatskyddet i en takkonstruktion vara helt tätt. Hur taket fastsätts och genomföringar är särskilt känsliga för vattenintrång. (Tobin, u.å).
- Om övrebjälklaget läcker fuktig luft från vistelsezonen kan kondensvatten uppstå på kalla vinden. Problem som kan uppstå är, mögelpåväxt, missfärgningar och rötskador. Det mest utsatta området är underlagstaket. (Tobin, u.å).
- Byggfukt i olika material medför alltid en risk. (Tobin, u.å).
- Ökad isolering i det översta bjälklaget sänker temperaturen på kalla vinden. Temperatursänkning innebär oftast en högre relativ fuktighet vilket kan leda till fuktskador. (Sikander, u.å).

### 9.3.2 Nationella krav

Vindsbjälklag i en uppvärmd byggnad bör ha en värmegenomgångskoefficient mindre än  $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$  (Finlands byggbestämmelsesamling C3,2010, s. 7).

### 9.3.3 Anvisningar

Vindsbjälklaget skall vara tätt och ett undertryck inom vistelsezonen skall eftersträvas.

Regn och snö får inte ta sig in på kalla vinden, det vill säga det yttersta klimatskyddet skall vara tätt. (Tobin, u.å).

### 9.3.4 Planering

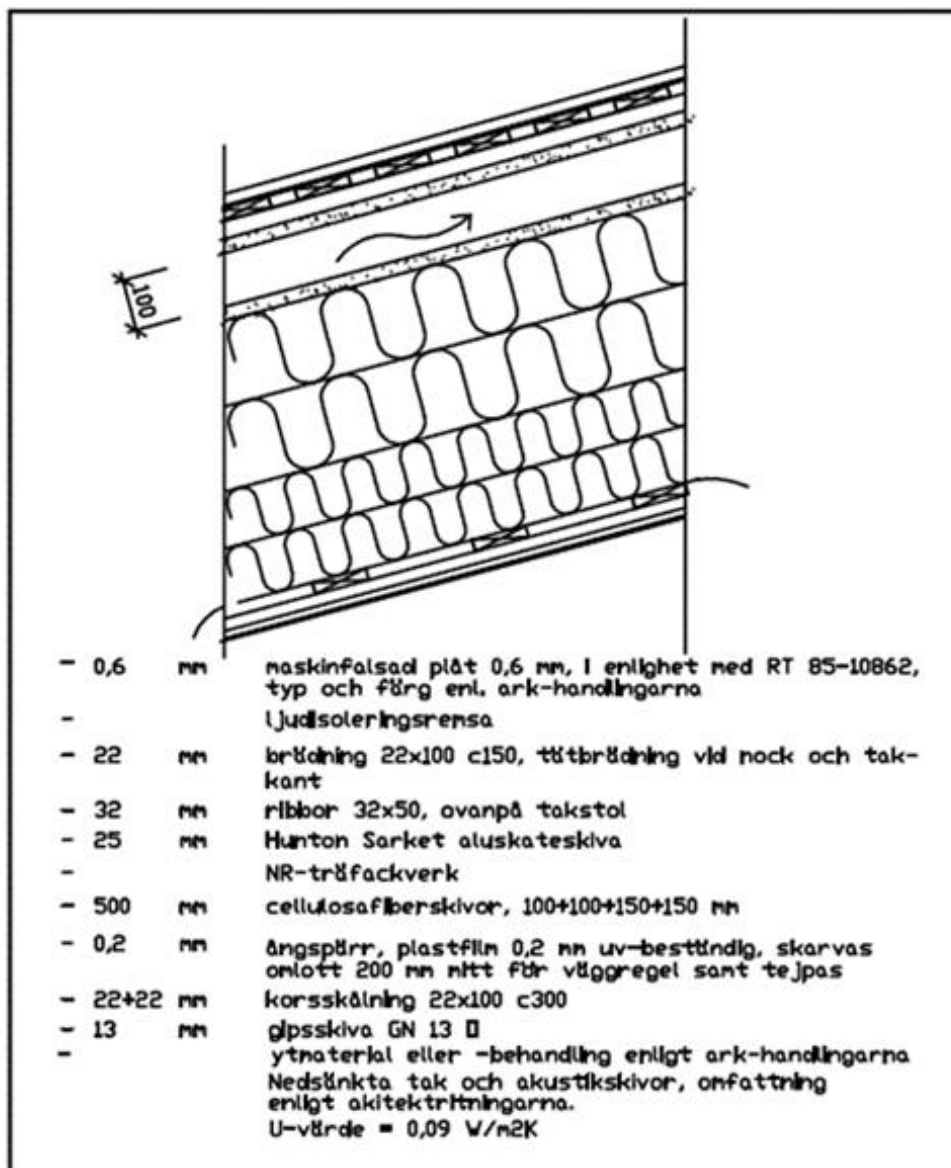
Taket i Bergö skola utfördes som både kall vind (figur 84) och parallelltak (figur 83). Alla anslutningar till mellanväggar, ytterväggar och genomföringar är tätt utförda. I stället för den vanligt använda råspånten har planerarna valt att använda Hunton starket undertaksskiva som har samma egenskaper som Hunton vindsyddskivan. Orsaken varför man valde att använda asfaltimpregnerade träfiberskivan, var att man snabbare skulle få en klimatskyddad byggnad under byggnadsskedet (främjar uttorkning av byggfukt från betongplattan), för att få ett bättre klimat på kalla vinden under byggnadens brukstid (värmeisolerande förmåga) och dessutom är asfaltimpregnerade träfiberskivan fukttåligare material jämfört med råspånt. (Planeringsmöte, 2014).

ING.BYRÅ J. ÖSTERÅKER

Tel./Fax: 050-5206212

Konstruktionstyp

kyhda BERGÖ SKOLA	työno 1414 RT13	det.no ÖB 4
Övre bjälklag, aula	pm. 15.01.15	suunn. J.Österåker



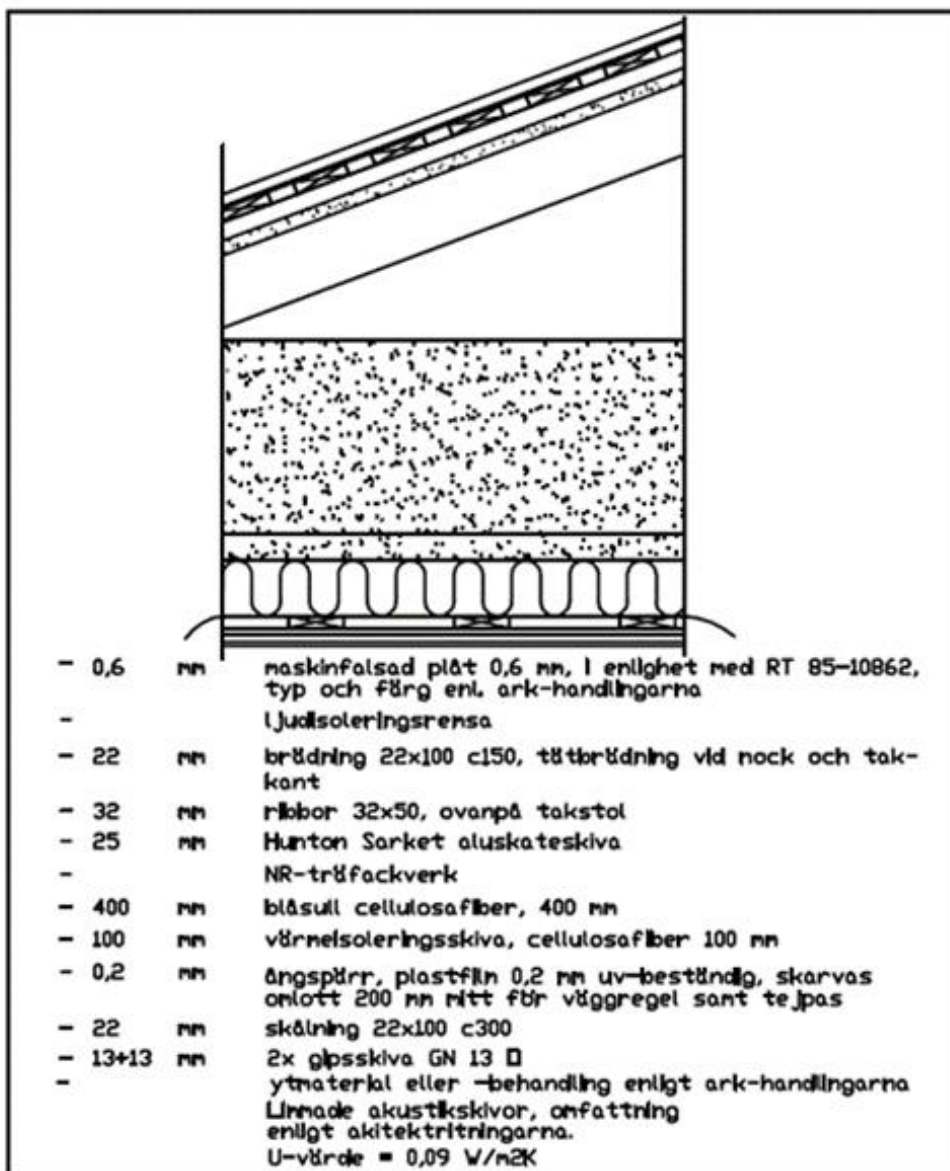
Figur 83. Parallelltak. (Bergö skola konstruktionsritning).

ING.BYRÅ J. ÖSTERÅKER

Tel./Fax: 050-5208212

Konstruktionstyp

kod <b>BERGÖ SKOLA</b>	työno 1414 RT11	det.nro ÖB 2
Övre bjälklag, maskinrum och vindförråd	pvm. 15.01.15	suunn. J.Österåker



Figur 84. Tak med kall vind. (Bergö skola konstruktionsritning).

### 9.3.5 Utfört arbete

Bergö skolas takkonstruktioner utfördes enligt figuren 85 och 86.



Figur 85. Takstolar monterade. Hunton undertaksskiva kunde därmed monteras ovanpå takstolarna för att snabbt få en klimatskyddad byggnad, vilket möjliggjorde en snabbare uttorkning av byggfukt i betongplattan



Figur 86. Intelligent fuktspärren utfördes tätt så att fuktillskottet inom vistelsezonen inte orsakar olägenheter på den kalla vinden.



## **10 Fuktsäkerhetsåtgärder under byggnadsskedet och förvaltning**

De fuktkrav och krav på aktiviteter som är inarbetade i bygghandlingar skall uppföljas och dokumenteras under byggskedet, det vill säga byggnadsarbetet skall granskas och följas för att säkerställa att byggnaden utförs enligt planerat. Fuktsäkerhetsåtgärder under produktion kan vara fuktmätningar, fuktronder, metoder för att torka ut byggfukt, med mera. (ByggaF, s.11)

### **10.1 Materialutbyte**

Då kommunala byggnader byggs har huvudentreprenören rätt att ge förslag på ändringar som byggherren kan förkasta eller godkänna. Förslaget kan t.ex. innebära att huvudentreprenören vill byta ut ett material med argument att det är förmånligare, arbetar vänligt, med mera. Om ett material i en konstruktion byts ut mot ett annat kan hela konstruktionens fukttekniska funktion ändras. Det betyder att den som gör slutliga valet, det vill säga byggherren bör ha en kännedom om hur materialutbytet inverkar på konstruktionens eller byggnadens fukttekniska funktion. Fuktsakkunnig för projektet kan i likande fall ge argument mot förslaget varav byggherren kan ta ett beslut. I projekt Bergö skola gav huvudentreprenören förslag på att byta ut Hunton undertaksskivan mot råspånt, eftersom byggherren var medveten om varför Hunton undertaksskiva skulle användas så förkastades förslaget ganska snabbt (Bergö skola, arbetsplatsmöte).

### **10.2 Granskning av tidtabell för byggnadsarbetet**

Fuktsakkunnige Mikael Anderssen granskade huvudentreprenörens uppgjorda tidtabell för byggnadsarbetet. Det som väckte fuktsakkunniges intresse var tiden huvudentreprenören hade gett för betongplattans uttorkning. I tidtabellen hade huvudentreprenören gett betongplattan 4 veckors härdningstid och 10 veckors uttorkningstid, det vill säga tiden mellan gjutnings- och ytbeläggningsarbetet var totalt 14 veckor. Fuktsakkunnige beräknade betongplattans torktid med hjälp av programvaran TorkaS. Enligt TorkaS krävdes en 4 veckors härdningstid och 16 veckors uttorkningstid för att nå erforderlig RH % (RH 85 %). Därmed godkändes inte huvudentreprenörens uppgjorda tidtabell. Huvudentreprenören gav därmed förslag på att betongplattan skulle gjutas under bar himmel, före byggnaden var klimatskyddad, byggherren godkände förslaget (figur 87). Betongen som användes för gjutning av betongplattan hade ett vattencementtal 0,6. Enligt tidigare undersökningar kan uttorkningstiden för denna betong förlängas ifall den nygjutna betongen utsätts för tidig

regnbelastning (Johansson, 2005, s. 59–73; muntlig diskussion med Mikael Anderssen 10.12.2015).



*Figur 87. Betongplattan gjöts under bar himmel.*

### **10.3 Fuktronder**

Fuktronder utfördes med jämna mellanrum med hjälp av fuktrondsprotokollet som är utvecklat vid Lunds Teknisk Högskola. Fuktrondsprotokollet är ett hjälpmedel som skall underlätta fuktsäkringsarbetet under produktion. Fuktrondsprotokollet innehåller frågor som skall besvaras under fuktronden. I figur 88 redovisas exempel på fuktrondsprotokollet.

Nr	Kontrollpunkt	Kommentar, avvikelse, förslag till åtgärd, hänvisning till dokument	Bedömning			
			Åtgärd krävs	Följ upp	OK	Ej relevant
1	Skydd av material och konstruktion					
1.1	Utförs mottagningskontroll för material och produkter enligt plan?					x
1.2	Finns möjlighet till torr förvaring av material och produkter?					x
1.3	Lagras material och produkter skyddade från fukt, nedsmutsning och åverkan?	Material lagras utomhus. Materialen på arbetsplatsen är slutna i förpackningarna vilket ger skydd mot nedsmutsning.			x	
1.4	Loggas klimat inne på byggarbetsplats? RF (%), temp (°C), ånghalt g/m <sup>3</sup>					x
1.5	Loggas klimat ute? RF (%), temp (°C), ånghalt g/m <sup>3</sup>					x
2	Läckage, nederbörd					
2.1	Har det förekommit vattenläckage eller stora mängder nederbörd? Ange var och i vilken omfattning. Markeras på planritning.					x
2.2	Har vatten använts vid håltagning? Ange var och i vilken omfattning.					x
2.3	Finns och fungerar beredskap för att hantera ett läckage?					x
2.4	Finns anordning för avledning av nederbörd från tak eller andra horisontella ytor?					x
3	Fukt i material					
3.1	Finns det trä eller träbaserade material (monterat eller inte monterat) som har fuktats upp? Ange var och i vilken omfattning? Anges på ritning.	Ytterväggens syll har under en lägre tid blivit utsatt för nederbörd. Syllan innehåller rikligt med vatten. Före syllens sluta in i konstruktionen skall fuktkvoten mätas och godkännas. Uttorkningsprocessen kan påskyndas genom värmeförsel (värmefläkt) och klimatskydd (presenning)	x			

Figur 88. Exempel på användning av fuktrondsprotokollet i projekt Bergö skola.

## 10.4 Fuktmätning

I projekt Bergö skola utfördes fuktmätningar i syllan och i betongplattan. Syllarnas fuktkvot (%) mättes med Gann Hydromette HTR 300 (mätstickor) och betongplattans relativa fuktighet RH (%), temperatur (°C) och ånghalt (g/m<sup>3</sup>) mättes med Vaisala SHM 40 (borrhålmätning). För att ytterligare få en bättre uppfattning om betongplattans uttorkning användes även termometrisk mätutrustning som ständigt loggade temperaturen och relativa fuktigheten i betongplattan (figur 89 & 90). Den termometriska mätutrustningen är inte en noggrann mätning, men med hjälp av den kan man följa och uppskatta när erforderlig RH % möjligtvis kan nås. Då termometriska mätutrustningen visar att relativa fuktigheten i betongplattan börjar närma sig erforderlig nivå, kan noggrannare fuktmätningar med Vaisala SHM 40 utföras.



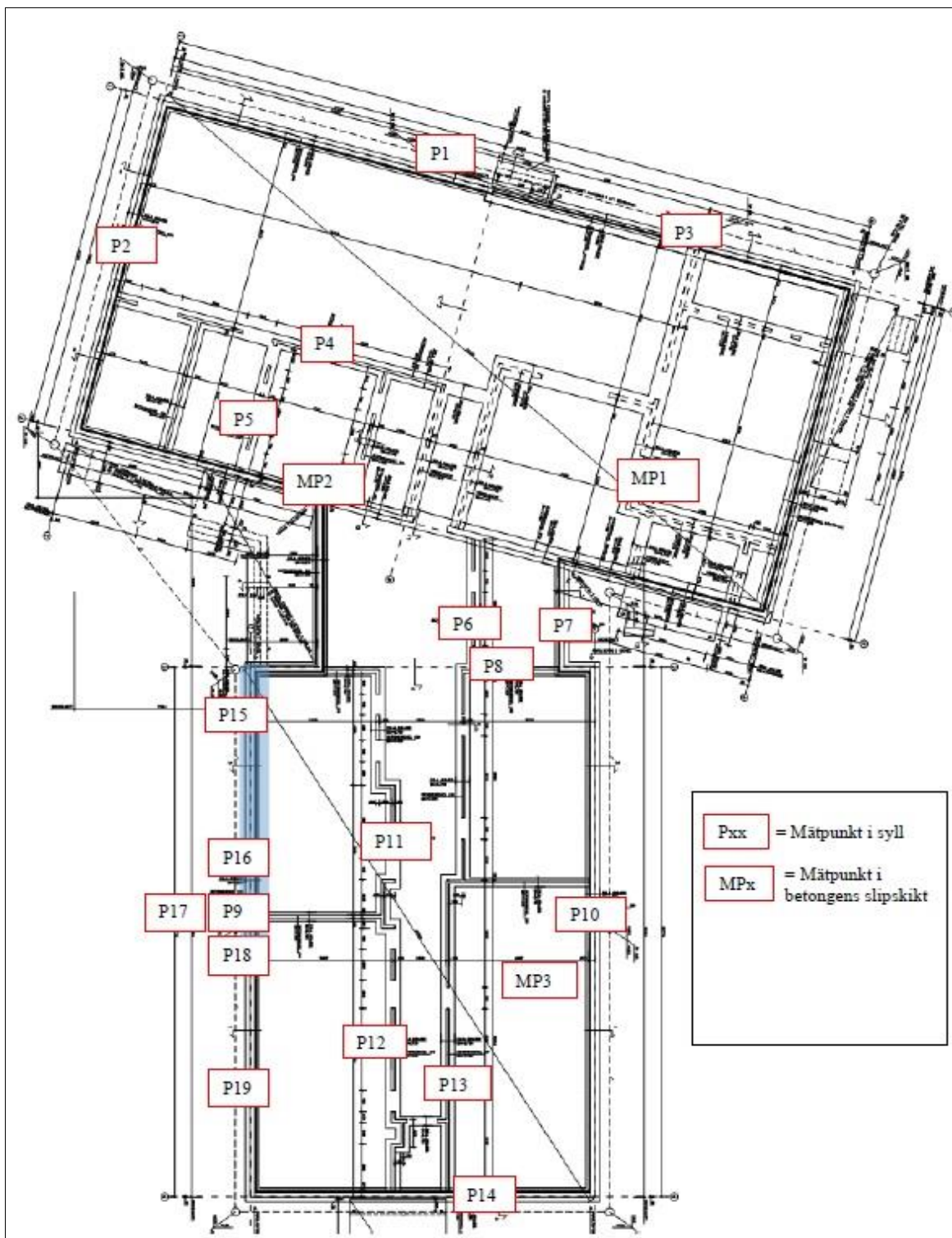
Figur 89. Termometrisk mätutrustning loggar betongplattans relativa fuktighet och temperatur.



Figur 90. Termometrisk mätutrustning loggar betongplattans relativa fuktighet och temperatur.

### 10.4.1 Kontrollfuktmätning av syllarnas fuktkvot

Syllarnas fuktkvot mättes med Gann hydromette HTR 300 (mätstickor). Syllarna var mycket fuktiga och hade sugit i sig mycket vatten (figur 91 & 92).



Figur 91. Utförda fuktkvots mätningar vid våning 1.

Kontrollfuktmätning av syllarnas och CLT plattornas fuktkvot (vikt-%)				
13.8.2015	Mätvärde	Plats	Djup	Yv= Yttervägg tryckimpregnerad
P1	18,8	Yv	40 mm	Mv= Mellanvägg
P2	15,2	Yv	40 mm	
P3	29,9	Yv	40 mm	
P4	14,5	Mv	40 mm	
P5	15,2	Mv	40 mm	
P6	15,0	Mv	40 mm	
P7	17,6	Yv	40 mm	
P8	16,5	Mv	40 mm	
P9	40,5	Yv	40 mm	
P10	17,7	Yv	40 mm	
P11	15,4	Mv	40 mm	
P12	17,8	Mv	40 mm	
P13	17,7	Mv	40 mm	
P14	18,5	Yv	40 mm	
25.8.2015				
P15	20,6	Yv	40 mm	
P16	30,3	Yv	40 mm	
P17	38,7	Yv	40 mm	
P18	17,3	Yv	40 mm	
P19	17,9	Yv	40 mm	
CLT 1	13,5	CLT platta	20 mm	I CLT plattan, i översta skiktets undre kant
CLT 2	14,9	CLT platta	20 mm	I CLT plattan, i översta skiktets undre kant

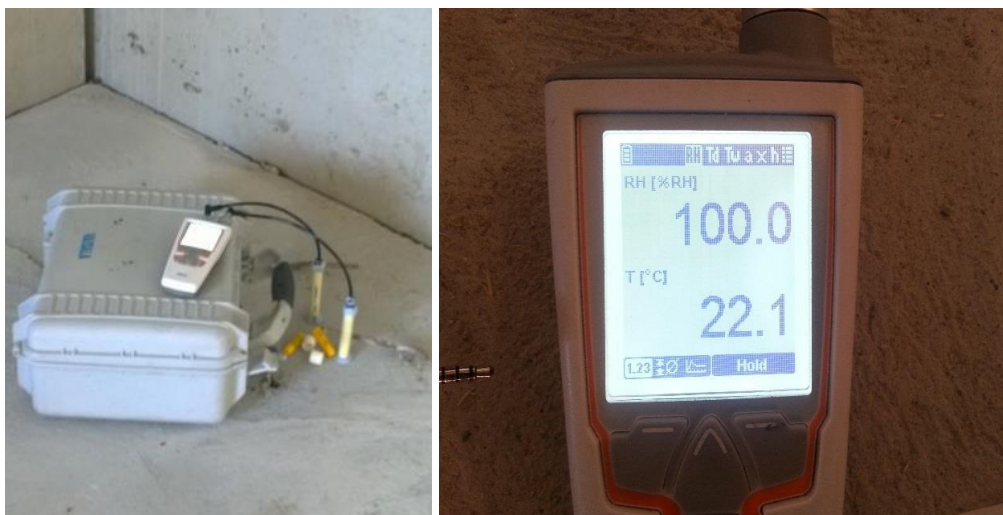
Figur 92. Mätvärden på syllarnas fuktkvot.

#### 10.4.2 Fuktmätning i betongplattan

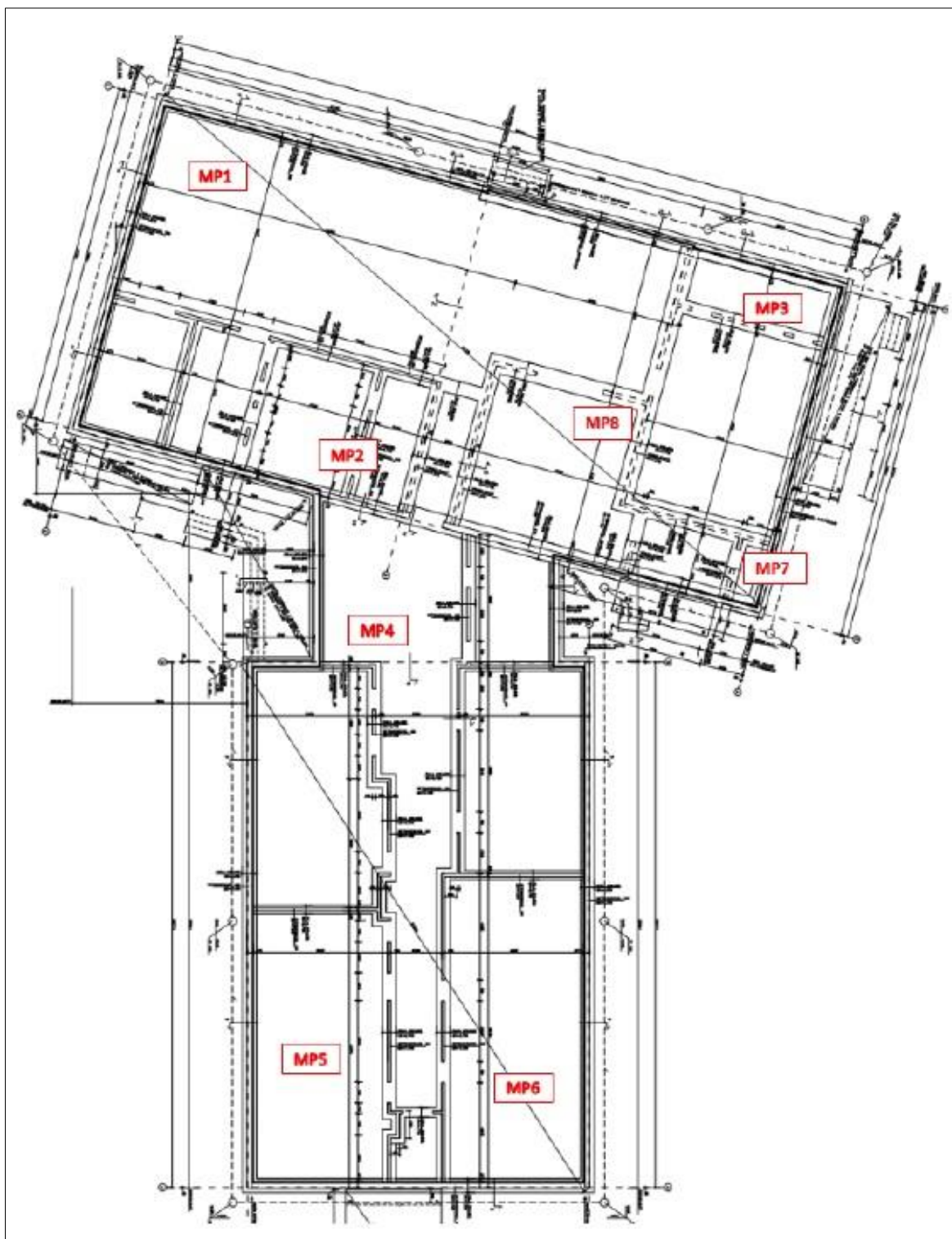
Noggrann fuktmätning utfördes med Vaisala SHM 40 (figur 93) enligt RT 14–10984:s anvisningar (se 9.1.3.3 Fuktmätning). Enligt ritningarna skulle betongplattans tjocklek vara 80 mm, i kontrollmätningen mättes tjockleken till 101 mm som innebär att mätdjupet skall vara  $0,4 \times A$  ( $101 \text{ mm}$ ) = 40 mm (betongplatta på mark enkelsidig uttorkning). Relativa fuktigheten i betongplattans yta mättes även på ett 20 mm:s djup från ytan. Betongens RH % varierade något eftersom man inte kunde åstadkomma en jämn temperatur i hela betongplattan.

I mätningarna utförda 19.10.2015 kunde en relativt stor variation i betongplattans relativa fuktighet uppmärksammas. Vid mätpunkt MP4 var den relativa fuktigheten avsevärt mycket högre (både vid 20 mm och det ekvivalenta mätdjupet) jämfört med övriga mätpunkter där erforderlig RH % hade nåtts (figur 94 & 95). Området vid mätpunkt MP4 nådde inte erforderlig RH % inom utsatt byggtid och plastmattan kunde inte limmas. Efter att byggtiden gått ut utfördes flera fuktmätningar vid området (MP4) för att säkra att erforderligt RH % nås före plastmattan limmas (figur 96). 7.3.2016 kunde man genom fuktmätningar fastställa

att betongplattan vid området MP4 hade nått erforderligt RH %. Orsaken varför man inte kunde nå erforderlig RH % i området beror på att betongplattan under en längre tid var utsatt för nederbörd (området var inte tidigt klimatskyddat). Nedsänkningen vid ingången fungerade även som stor vattenbehållare som gjorde att vatten sögs in i betongen (kapillärsugning) (figur 97).



Figur 93. Mätning av betongplattans relativa fuktighet med Vaisala SHM 40.



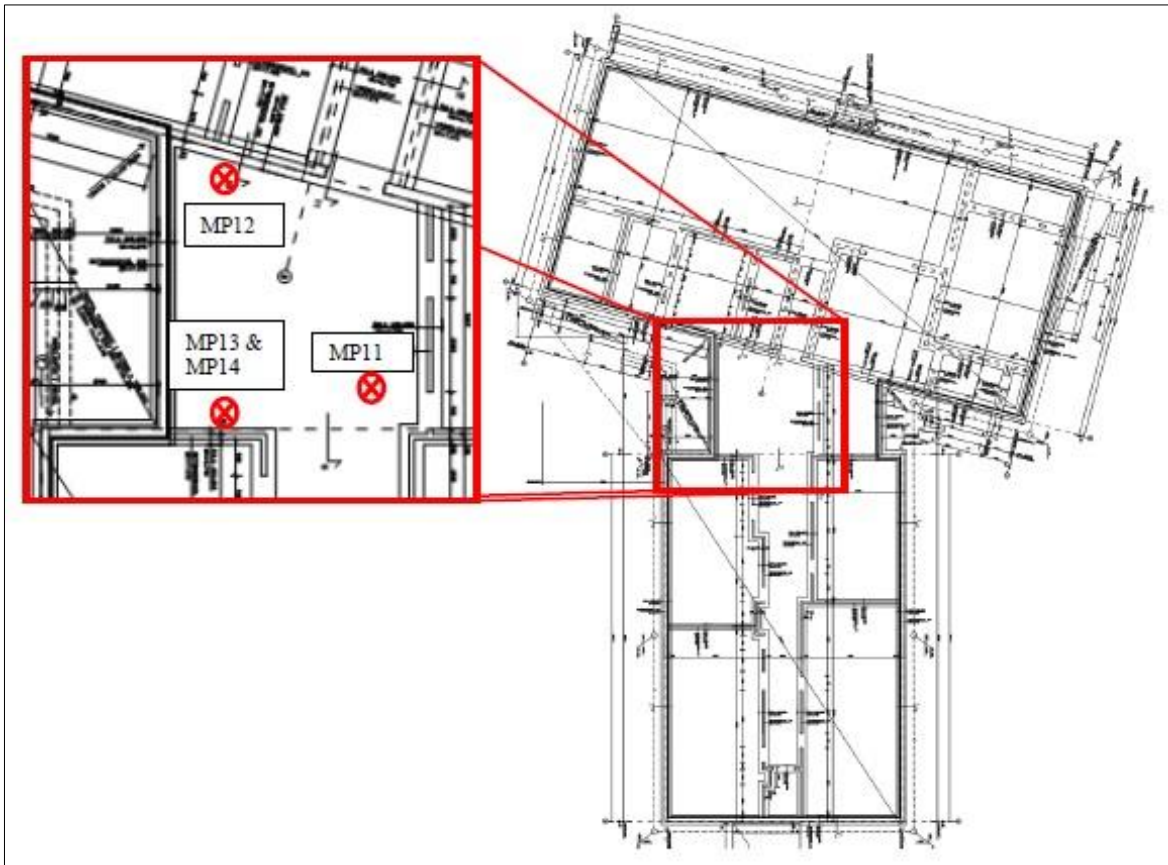
Figur 94. Mätpunkter (MP) i byggnaden.



## RH-mätning 19.10.2015

Mätpunkt	RH [%]	Temp [C]	Abs. [g/m <sup>3</sup> ]	Djup [mm]	Plats
MP1a	68,4	18,7	10,98	-20	I betongens slipskikt
MP1b	87,0	18,8	14,06	-40	I betongens slipskikt
MP2a	-	-	-	-20	I betongens slipskikt
MP2b	-	-	-	-40	I betongens slipskikt
MP3a	61,2	18,4	9,65	-20	I betongens slipskikt
MP3b	71,5	18,2	11,18	-40	I betongens slipskikt
MP4a	80,8	19,3	13,47	-20	I betongens slipskikt
MP4b	85,4	20,0	14,76	-40	I betongens slipskikt
MP5a	69,0	22,0	13,47	-20	I betongens slipskikt
MP5b	81,2	21,6	15,47	-40	I betongens slipskikt
MP5c	87,1	21,8	16,73	-50	I betongens slipskikt
MP6a	67,2	22,2	13,2	-20	I betongens slipskikt
MP6b	84,1	22,4	16,74	-40	I betongens slipskikt
MP7a	68,3	18,8	11,03	-20	I betongens slipskikt
MP7b	83,7	18,3	13,1	-40	I betongens slipskikt
MP8a	59,3	20,3	10,46	-20	I betongens slipskikt
MP8b	78,1	20,6	14,02	-40	I betongens slipskikt
Inne:	47,8,0	18		19.10.2015	

Figur 95. Mätresultat från fuktmätning 19.10.2015. Mätpunkterna kan ses ur figur 78.



Figur 96. Området som inte nådde erforderlig RH % inom utsatt byggtid.



Figur 97. Nedsänkningen vid ingången samlade vatten vilket medförde en uppfuktning av betongplattan.

## 10.5 Uttorkning av byggfukt

Syllarna i byggnaden var mycket fuktiga och uttorkning av byggfukt krävdes före konstruktionen kunde byggas igen. För att påskynda uttorkningen klimatskyddades syllarna och en värmebläkt blåste varm luft in i det klimatskyddade området (figur 98). Värmebläkten medförde en högre temperatur som gjorde att det fysikaliskt bundna vattnet i syllens porluft avdunstade och luftströmlarna transporterade fukten bort från det klimatskyddade området. Syllarnas fuktkvot mättes på nytt efter uttorkningen och konstaterades vara inom ramen för godkänd fuktkvot.



Figur 98. Syllens klimatskyddades och värmebläkt vid andra öppningen medförde ett klimat som främjade uttorkningen av byggfukt i syllarna.

Redan i ett tidigt skede av byggprocessen var det i planerarnas kännedom att betongen inte kommer torka till erforderlig RH % inom utsatt byggtid i normala byggförhållanden, det vill säga utan åtgärder. För att förbättra uttorkningsklimatet ställdes en del krav som skulle främja betongplattans uttorkning (se 6.2.2 Fuktkänsliga arbetsmoment). I tillägg till kraven informerade fuktsakkunnige huvudentreprenören att golvvärmen bör sättas igång under byggnadsarbetet för att påskynda uttorkningsprocessen (se 3.4 Uttorkningsmetoder).

## 10.6 Materialutbyte under byggnadsskedet

Under arbetsplatsmöte 27.3.2015 gav huvudentreprenören förslag på att byta ut Hunton undertaksskivan mot råspont. Förslaget förkastades snabbt eftersom byggherren var medväntan om att byggnadens fukttekniska funktion försämras ifall byggnadsmaterialet byts ut.

Enligt planerat skulle golven i våta utrymmen beläggas med plastmatta. Torra utrymmen skulle ytbehandlas med Fescotop F10. Under byggnadsarbetet beslöt byggherren dock att alla golvytor skulle beläggas med plastmatta som ökar risken för möjliga fuktskador. Detta val leder till att betonggolvet i hela byggnaden skall nå erforderligt RH % inom utsatt byggtid. Detta val gjordes inte med beaktande av byggnadens fukttekniska funktion.

## 10.7 Provtryckning av klimatskalets täthet

Då byggnaden stod klar (14.3.2016) utfördes en täthetsmätning där man mätte klimatskalets täthet. Resultaten från täthetsmätningen var goda och byggnaden nåde class C enligt täthetsklassificeringen. Resultatet var  $q_{50} = 1,11 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ . Största läckagen uppmärksammades vid fönster och dörrar (se även figur 82). Rekommendationer från täthetsrapporten var att fönster- och dörrkarmarnas anslutning till ytterväggstommen skulle tätas (Täthetsrapport, 2016).

## 10.8 Fuktsäkring under förvaltning

Då en byggnad står klart skall dess fukttekniska funktion ständigt observeras och granskas så att fuktskadorna kan uppmärksammas i ett tidigt skede. Enligt ByggaF skall förvaltaren och driftsansvarige tillsammans med fuktsakkunnige ha en genomgång om vilka konstruktioner som speciellt skall uppmärksammas och granskas för att upprätthålla fuktsäkerheten under byggnadens brukstid. Den som är ägare av fastigheten är ansvarig för att driftronder utförs under byggnadens brukstid. (ByggaF, s. 24).

## 11 Resultat och resultattolkning

I arbetet hade vi flera mål där ett var att utforma material som skulle vidareutvecklas till pedagogiskt material på Umeå Universitet i Sverige. Andra målet var att ge kommunala beslutsfattare information om fuktsäkringsarbetet i en byggprocess i form av ett seminarium där ByggaF metoden var på agendan. Då jag anställdes till projektet var målet ganska tydligt men arbetets innehåll var oklart. Under arbetets gång utvecklades materialet och dess innehåll mycket och därför har det tagit lång tid. Största problemet var att utesluta vad som skulle tas med och vad som skulle lämnas bort eftersom det finns ett flertal material, system, arbetsmetoder, anvisningar och konstruktioner som skall uppmärksammas i ett fuktsäkringsarbete av en nybyggnation.

Resultatet blev en text som steg för steg förklarar varför och hur ett material användes för att förbättra byggnadens fukttekniska funktion. Texten innehåller rikligt med bilder som förklarar syftet med ett material. Bilderna från arbetsplatsen visar hur det i praktiken ser ut på en byggarbetsplats. Texten är lättläst och förståeligt som var ett av mina mål.

Vad som ännu kunde förbättras är textindelningen, de visuella bilderna och källorna. Eftersom ett byggnadsmaterial kan inverka på flera andra konstruktioner är det svårt att dela in texten så som jag gjort, det blir lite för mycket av samma sak. Källorna har lidit på grund av arbetets storlek och omfattning. De visuella ritade bilderna var i början tänkta att bli ritade för hand men eftersom de blev så många ändrade jag mig och ritade dem i AutoCAD. Bilderna från arbetsplatsen är bristfälliga eftersom jag inte hade möjlighet att besöka arbetsplatsen tillräckligt ofta.

## 12 Slutdiskussion

Det finska klimatet varierar mycket under ett år som gör att hela byggprocessen kan anses vara utmanande. Förutom att vi har ett utmanande klimat så förkortas även byggtiden, tiden för planering med mera som kan leda till en sämre kvalitet där fukt bara är en aspekt. Fukt kan förorsaka hälsoproblem men även ekonomisk skada. Idag då Finlands ekonomi inte ligger på fast botten är det oerhört viktigt att lägga allt större vikt på fukt- och inomhusmiljöproblem.

Det jag anser vara största problemet i dag är den optimistiska byggtiden som ofta leder till att fukt byggs in i konstruktionerna (byggfukt). Den inbyggda fukten kan då relativt snabbt orsaka fuktproblem som i värsta fall äventyrar hälsan hos byggnadens användare. Visst kan byggnader byggas på kort tid ifall klimatet tillåter och fuktsäkra konstruktioner används, men för att lyckas krävs en god planering där fukt beaktas.

Fast det idag finns lättillgängligt material om fukt, kan fuktskador uppstå på grund av bristande kunskap. Kunskapen om fukt varierar mycket mellan de olika aktörerna inom byggbranschen. Varför kunskapen varierar så mycket kan bero på flera olika saker så som en variation i utbildningsprogram, vidare utbildning efter att man blivit färdig, med mera. Förutom bristande kunskap kan även fuktproblem orsakas av likgiltighet.

För att förbättra finska byggbranschen bör alla aktörer inom byggbranschen från statliga beslutsfattaren till den enskilda byggaren få den kunskap om fukt som krävs för att kunna utföra fuktsäkra byggnadsprojekt. En förbättring kunde vara att anlita en fuktsakkunnig i byggnadsprojekten som driver fuktfrågorna genom hela projektet, från planering till förvaltning.

## Källförteckning

Al Hamami M., 2012. *Fuktsäkerhetsgranskning av nybyggnation – Fallstudie av ett byggprojekt i Skåne*. Lund: Lunds tekniska högskola, examensarbete.

Botaniska analysgruppen, (u.å). *Om svampskador i hus* [Online]  
<http://www.botaniskanalys.se/mykologi/10.shtml> [hämtat 12.4.2016]

ByggaF, 2013. *Branschstandard ByggaF: metod för fuktsäker byggprocess*.

Byggnadskontroll, 2012. *Golvvärme i betongplatta på mark*. [Online]  
[http://www.byggnadskontroll.se/?page\\_id=75](http://www.byggnadskontroll.se/?page_id=75) [hämtat 11.4.2016]

Dahlbäck Y., 2013. *Fuktsäkert byggande av elementhus*. Vasa: Yrkehögskolan Novia, examensarbete för byggteknik.

Emborg M, 2011. *Projekt 2.1.6a. Krypning hos betong med krossand*. Luleå och Liljeholmen: slutrapport.

Fescon, 2015. *Fescotop F10 Tuoteseloste*.

Finlands byggbestämmelsesamlin C2, 1998. *Fukt föreskrifter och anvisningar 1998*.

Finlands byggbestämmelsesamlin C3, 1985, 2003, 2007 & 2010. *Byggnadens värmeisolering: Föreskrifter*.

Finlands byggbestämmelsesamlin C4, 2003. *Värmeisolering: anvisningar 2003*.

Finlands byggbestämmelsesamlin B3, 2004. *Geokonstruktioner: Föreskrifter och anvisningar 2004*.

Finnsementti, (u.å). *Betonin rasisuoluokat lyhyesti*. [Online]  
<http://www.finnsementti.fi/tietoa-betonista/tietoa-betonista-suunnittelijalle/betonin-rasisuoluokat-lyhyesti> [hämtat 11.4.2016]

Fuktsäkra byggnader, (u.å). *Paralleltak* [Online]  
<http://www.fuktsakerhet.se/sv/delar/tak/parallell/Sidor/default.aspx> [hämtat 20.4.2016]

Heikkinen J. & Airaksinen M., 2011. *Maanvastaisen alapohjan routasuojaus*. Helsingfors: VTT forskningsrapport.

Hunton Vindtät, (u.å). *Hunton Vindtät*. [Online]  
<http://se.hunton.no/product/hunton-vindtett/> [hämtat 20.4.2016]

Hunton Träfiberisolering, (u.å). [Online]  
<http://se.hunton.no/product/hunton-trafiberisolering-skivor/> [hämtat 20.4.2016]

Hälsa och inomhusmiljö, 2009. *Hälsa och inomhusmiljö*. [Online]  
[http://www.gu.se/digitalAssets/1333/1333932\\_faktablad\\_im3.pdf](http://www.gu.se/digitalAssets/1333/1333932_faktablad_im3.pdf) [hämtat 21.3.2015]

Johansson H., 2012. *Byggfukt och energi*. Stockholm: Kungliga Tekniska Högskolan, examensarbete för civilingenjörsutbildning.

Johansson N., 2005. *Uttorkning av betong, inverkan av cementtyp, betongkvalitet och omgivande fuktförhållanden*. Lund: Lunds Tekniska Högskola, Licentiatuppsats.

Korkeamäki T., (u.å). *Rakennusfysiikan perusteet*. [Online]  
<http://www.kuntoarviot.net/files/8047.pdf> [hämtat 20.4.2016]

Kristiansson E. & Koluktis A., 2011. *Fuktskador i ytterväggar på grund av vattenintrång*. Stockholm: Kungliga Tekniska Högskolan, examensarbete inom programmet Byggteknik och design.

Kumlin A., 2012. *Hur slipper man fuktskador med platta på mark*. [Online]  
[http://www.bygging.se/husbyggaren/artiklar/2012\\_6\\_06.pdf](http://www.bygging.se/husbyggaren/artiklar/2012_6_06.pdf) [hämtat 20.4.2016]

Kumlin A., 2013. *Föreläsning om grundkonstruktion platta på mark*. [Online]  
<https://www.youtube.com/watch?v=SGPA7dm-Dg8> [hämtat 21.3.2016]

Leivo V., & Rantala J., 2000. *Maanvaraisten alapohjarakenteiden kosteuskäyttäytyminen*. Tampere: Rakennustekniikan osasto, tutkimus.

Maumanen M., 2012. *Piha-alueiden päällysteet*. Joensuu: Pohjois-karjalan ammattikorkeakoulu, rakennustekniikan koulutusohjelma.

Meltex, (u.å). *Sokelilevy ja reunalista*. [Online]  
<http://www.meltex.fi/media/dokumentit/esitteet/sokkelilevy2008.pdf> [hämtat 10.4.2016]

Miljöministeriet (2015). [Online]  
[http://www.ym.fi/sv-fi/Markanvandning\\_och\\_byggande/Lagstiftning\\_och\\_anvisningar/Byggbestammelsesamlingen](http://www.ym.fi/sv-fi/Markanvandning_och_byggande/Lagstiftning_och_anvisningar/Byggbestammelsesamlingen) [hämtat 8.12.2015]

Nevander L. & Elmarsson B., 1994. *Fukthandboken: praktik och teori*. Stockholm: svenskt Tryck AB.



Nilsson L-O., 2015. *Omvänd fuktvandring vid avstängning av golvvärme*. [Online] <http://www.fuktcentrum.lth.se/verktyg-och-hjaelpmedel/fuktskador/omvaend-fuktvandring/> [hämtat 29.4.2016]

Nytt & Viktigt, 2016. *Grundläggande byggteknik – Platta på mark 2* [Online] <http://nyttochviktigt.byggutbildarna.com/platta-pa-mark-2/> [hämtat 20.4.2016]

Penthon, (u.å). *Mättnadsånghalt för vattenånga i luft,  $v_s$  eller  $v_m$ ,  $g/m^3$* . [Online] <http://www.penthon.com/wp-content/uploads/2014/08/Anghaltstabell.pdf> [hämtat 5.4.2016]

Puuinfo, (u.å). *Puutavaran kosteus*. [Online] <http://www.puuinfo.fi/node/1503> [hämtat 1.4.2016]

Puumala V., 2015. *Kosteusvauriokorjauksen suunnittelu ja laadunvarmistus*. Helsingfors: Metropolian Ammattikorkeakoulu, rakennustekniikka.

Pärnänen A., 2011. *Betonin suhteellisen kosteuden seuranta ja pinnoituskelpoisuuden toteaminen*. Kuopio: Savonia ammattikorkeakoulu, opinnäytetyö, rakennustekniikan koulutusohjelma

Rakennusinsinöörien Liitto (u.å). *RIL*. [Online] <http://www.ril.fi/fi/ril.html> [hämtat 8.12.2015]

Rakennustieto (u.å). *Rakennustieto* [Online] <https://www.rakennustieto.fi/index/rakennustieto.html> [hämtat 8.12.2015]

RT 83-11009, 2010. *Alapohjarakenteita*. Rakennustietosäätiö, RTS.

RT 14-10984, 2010. *Betonin suhteellisen kosteuden mittaus*. Rakennustietosäätiö, RTS.

RT 05-10710, 1999. *Kosteus rakennuksissa*. Rakennustietosäätiö, RTS.

RT 84-11166, 2014. *Märkätiljoen rakenteet*. Rakennustietosäätiö, RTS.

RT 83-10955, 2009. *Perustusten ja perusmuurien veden- ja kosteudeneristys*. Rakennustietosäätiö, RTS.

RT 82-10829, 2004. *Puujuлкisivut*. Rakennustietosäätiö, RTS.

RT 81-11000, 2010. *Rakennuspohja ja tonttialueen kuivatus*. Rakennustietosäätiö, RTS.

RT 14-11103, 2013. *Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset - Talonrakennuksen sisätyöt. Rakennustietosäätiö, RTS.*

RT 81-10590, 1995. *Routasuojaurakenteet. Rakennustietosäätiö, RTS.*

RT 10-10387, 1989. *Talonrakennushankkeen kulku. Rakennustietosäätiö, RTS.*

Ruda A., 2014. *Nu river de Bergö skola* [Online]  
<http://svenska.yle.fi/artikel/2014/10/02/nu-river-de-bergo-skola> [hämtat 22.4.2016]

Science partners SP, (u.å). *Fuktsäkra konstruktioner.* [Online]  
<https://www.sp.se/sv/index/services/moist/constr/Sidor/default.aspx> [hämtat 20.4.2016]

Sikander E., (u.å). *Energiåtgärders inverkan på vindar och takkonstruktioner* [Online]  
[http://www.fuktcentrum.lth.se/fileadmin/fuktcentrum/Publikationer/Bygg-Teknik/4\\_07\\_19.pdf](http://www.fuktcentrum.lth.se/fileadmin/fuktcentrum/Publikationer/Bygg-Teknik/4_07_19.pdf) [hämtat 20.4.2016]

Silanex, (u.å). *Kemisk förklaring till fuktproblem i golv samt vad som händer med betong/spackel som är behandlat med Florosil.* [Online]  
<http://www.silanex.se/produkter/florosil/florosil> [hämtat 11.3.2016]

Sisäilmayhdistys ry, (u.å). *Homevaurioiden ehkäisy ja tunnistaminen.* [Online]  
<http://www.sisailmayhdistys.fi/Perustietoa-sisailmasta/Homevaurioiden-ehkaisy-ja-tunnistaminen> [hämtat 12.4.2016]

Sisäilmayhdistys ry, 2008, *Kosteuden siirtyminen.* [Online]  
<http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Kosteuden-siirtyminen> [hämtat 22.4.2016]

Sisäilmayhdistys ry, (u.å). *Maanvastainen betonilaatta* [Online]  
<http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen/Maanvastaiset-rakenteet/Maanvastainen-betonilaatta> [hämtat 20.4.2016]

Solunetti, (u.å). *Diffusion* [Online]  
<http://www.solunetti.fi/se/solubiologia/diffuusio/2/> [hämtat 11.3.2016]

Suomen rakennusinsinöörien liitto, 2012. *RIL 107-2012 Rakennusten veden ja kosteudeneristysohjeet.*

Suomen rakennusinsinöörien liitto, 2009. *RIL 126-2009 Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus*

Svenskt trä, 2015. *Fuktkvot.* [Online]  
[http://www.svensktra.se/om\\_tra\\_1/tra-och-fukt/fuktkvot](http://www.svensktra.se/om_tra_1/tra-och-fukt/fuktkvot) [hämtat 23.3.2016]

- Svenskt trä, (u.å). *Träets fuktrörelser*. [Online]  
[http://www.svensktra.se/om\\_tra\\_1/tra-och-fukt/traets-fuktrörelser](http://www.svensktra.se/om_tra_1/tra-och-fukt/traets-fuktrörelser) [hämtat 23.3.2016]
- Säteilyturvakeskus STUK., 2013. *Radon suomessa kunnittain* [Online]  
<http://www.stuk.fi/aiheet/radon/radon-suomessa/suomen-radonkartat/radon-suomessa-kunnittain> [hämtat 25.11.2015]
- Sääasema Jyväskylä, Nenäniemi, (u.å). *Päivittäinen/kuukautinen säähistoria täältä asemalta*. [Online]  
<http://www.jyv-weather.info/wxhistory.php> [hämtat 18.3.2016]
- Thermisol, (u.å). *Eristä oikein, perustusten ja alapohjien eristysopas*. [Online]  
[http://www.thermisol.fi/uploads/pdf/erista\\_oikein/Erista-oikein-esite.pdf](http://www.thermisol.fi/uploads/pdf/erista_oikein/Erista-oikein-esite.pdf)  
[hämtat 10.4.2016]
- Thermisol, (u.å). *Hyvä tietää eristämisestä*. [Online]  
<http://www.thermisol.fi/erista-oikein/hyvae-tietaae.html> [hämtat 10.4.2016]
- Tiivistalo, 2016. *Tiivistysjärjestelmät – system intello* [Online]  
<http://www.tiivistalo.fi/system/default.asp?sivu=system%20intello> [hämtat 20.4.2016]
- Tobin L., (u.å). *Hur ska vindar ventileras*. [Online]  
[http://www.fuktcentrum.lth.se/fileadmin/fuktcentrum/Publikationer/Bygg-Teknik/4\\_04\\_17.pdf](http://www.fuktcentrum.lth.se/fileadmin/fuktcentrum/Publikationer/Bygg-Teknik/4_04_17.pdf) [hämtat 20.4.2016]
- Träguiden, 2003. *Tak-form, material och konstruktion* [Online]  
<http://www.traguiden.se/konstruktion/konstruktiv-utformning/stomkomplettering/tak/form-material-och-konstruktion/> [hämtat 18.4.2016]
- Träguiden (2016). *Generellt om olika typer av utvändig panel* [Online]  
<http://www.traguiden.se/konstruktion/konstruktiv-utformning/stomkomplettering/utvandig-bekladnad/generellt-om-olika-typer-av-utvandig-panel/> [hämtat 19.4.2016]
- Träguiden (u.å). *Fasader och väggstommen* [Online]  
<http://www.traguiden.se/underhall/drift-och-underhall/fasader-och-vaggar/fasader-och-vaggar/fasader-och-vaggstomme/> [hämtat 18.4.2016]
- Träguiden, 2003. *Ytterväggar* [Online]  
<http://www.traguiden.com/konstruktion/konstruktiv-utformning/stomme/vaggar/yttervagggar/> [hämtat 18.4.2016]
- UAMSo, (u.å). *Mögel och bakterier* [Online]  
<http://uams.se/m%C3%B6gel-och-bakterier> [hämtat 12.4.2016]
- Vinha J., 2013. *Energiatohokkaan rakennuksen ja vaipparakenteiden lämpö- ja kosteustekninen toiminta*. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto

Wahlgren P., 2010. *Goda exempel på lufttäta konstruktionslösningar*. SP, Sveriges Tekniska Forskningsinstitut: Rapport inom Energiteknik

Winnberg D. & Hedby T., 2006. *Jämförelse av takkonstruktioner*. Jönköping: Ingenjörshögskolan, Examensarbete i byggt teknik