



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



EVA HARDERUP

Fuktsäkerhet i byggnader

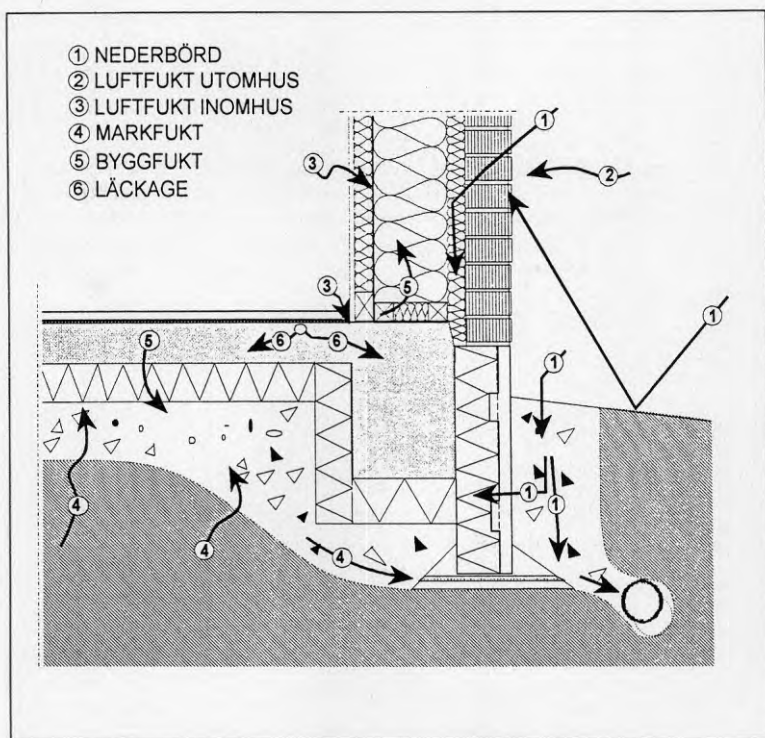
R32: 1993

Generell metod för
fuktdimensionering av
byggnader

FUKTSÄKERHET I BYGGNADER

Generell metod för fuktdimensionering av byggnader

Eva Harderup



Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 890682-9 från Byggeforskningsrådet till Tekniska Högskolan i Lund.

REFERAT

Sunda hus måste ha hög säkerhet mot fuktskador. Vid projekteringen och under uppförandet av byggnaden är det viktigt att utföra en fuktdimensionering. *Med fuktdimensionering avses de åtgärder i byggprocessen som skall säkerställa att byggnaden inte får skador eller olägenheter som direkt eller indirekt orsakas av fukt.*

Fuktdimensionering är i likhet med andra typer av dimensioneringar en kontinuerlig process. Den förbättras ständigt vartefter ny kunskap, nya material, säkrare materialdata och nya beräkningsmetoder blir tillgängliga. I rapporten har en systematisk sammanställning gjorts av metoder och kunskap. Principerna i en fuktdimensionering är praktiskt användbara, vilket redovisas bl.a. i två olika tillämpningsexempel av den framtagna metoden. Strukturen är överskådlig och användarvänlig för man snabbt ska komma fram till hur en given konstruktion ska utföras för att få god fuktsäkerhet

Fuktdimensioneringsmetoden innehåller ett antal komponenter. För en aktuell *byggnadsdel* tas *ingångsinformationen* fram. Den består av kompletta handlingar och ritningsunderlag för byggnaden med noggrant angivet vilka material som ska ingå. Varje fuktpåverkan som påverkar byggnaden eller byggnadsdelen under dess livstid kontrolleras successivt. *Normal fuktpåverkan* finns under byggnadens hela livslängd medan *Enstaka fuktpåverkan* är kortvarig och ibland även sporadisk. Fuktdimensioneringen har tre olika dimensioneringssätt som kan kombineras sinsemellan: Fuktritningar, Kvalitativ bedömning och Kvantitativ bestämning. Vilket av förfaringssätten som väljs eller hur kombinationer ser ut är beroende av vilka krav som ställs på byggnadsdelen ur fuktsynpunkt. *Fuktritningar* är beprövade lösningar som bygger på goda erfarenheter från tidigare byggnader. Den *Kvalitativa bedömningen* utnyttjar hjälpmedel i form av tabeller och diagram för enklare beräkningar eller kontroller, anvisningar om hur en detalj skall eller bör utföras, m.m. *Kvantitativ bestämning* använder i första hand väl utvecklade beräkningar och i sista hand av försöksbyggnader. För att klargöra om beräkningarna ger *acceptabla fukttillstånd* kontrolleras att de kritiska gränserna underskrids. När konsekvenserna av alla fuktpåverkningarna är genomgångna och de ställda kraven är uppfyllda är byggnadsdelen fuktdimensionerad. Hela byggnaden är fuktdimensionerad när alla byggnadsdelarna har fuktdimensionerats.

I Byggeforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R32:1993

ISBN 91-540-5566-0
Byggeforskningsrådet, Stockholm

gotab 98469, Stockholm 1993

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	1
SUMMARY	3
INLEDNING	5
BAKGRUND	7
SYFTE	8
AVGRÄNSNINGAR	8
1. FUKTDIMENSIONERINGSMETOD	9
1.1 BESKRIVNING AV ENSKILDA KOMPONENTER	10
1.1.1 Ingångsinformation	10
1.1.2 Fuktpåverkan	15
1.1.3 Fuktdimensioneringsnivå	16
1. FUKTRITNINGAR	16
2. KVALITATIV BEDÖMNING	17
3. KVANTITATIV BESTÄMNING	18
1.1.4 Aktuellt fuktillstånd	19
1.1.5 Byggnadsdelen godtas	21
1.2 PRAKTISK ANVÄNDNING AV METODEN	22
1.2.1 Fuktritningar	22
1.2.2 Kvalitativ bedömning	23
1.2.3 Kvantitativ bestämning	24
1.2.4 Checklistor	26
UTFÖRANDE AV CHECKLISTA	27
1.2.5 Expertsystem	28
2. GENERELL CHECKLISTA	31
2.1 TAK	32
2.1.1 Normal fuktpåverkan	32
NEDERBÖRD	32
LUFTFUKT UTOMHUS	33
LUFTFUKT INOMHUS	33
2.1.2 Enstaka fuktpåverkan	34
NEDERBÖRD UNDER BYGGNADSTIDEN	34

BYGGFUKT	34
LÄCKAGE	35
2.2 YTTERVÄGGAR	35
2.2.1 Normal fuktpåverkan	35
NEDERBÖRD	36
LUFTFUKT UTOMHUS	36
LUFTFUKT INOMHUS	36
2.2.2 Enstaka fuktpåverkan.....	37
NEDERBÖRD UNDER BYGGNADSTIDEN	37
BYGGFUKT	38
LÄCKAGE	38
2.3 GRUNDKONSTRUKTIONER	39
2.3.1 Normal fuktpåverkan	39
NEDERBÖRD	39
LUFTFUKT UTOMHUS	39
LUFTFUKT INOMHUS	40
MARKFUKT	40
2.3.2 Enstaka fuktpåverkan.....	41
NEDERBÖRD UNDER BYGGNADSTIDEN	41
BYGGFUKT	41
LÄCKAGE	42
2.4 EXEMPEL PÅ PROTOKOLL.....	42
3. PROJEKTERINGSCHECKLISTA - OVENTILERAT VARMTAK MED TÄTSKIKT AV PAPP, DUKAR AV GUMMI ELLER PLAST	44
3.1 ANVISNINGAR TILL CHECKLISTAN	44
3.2 NORMAL FUKTPÅVERKAN	46
3.2.1 Nederbörd	47
1. VATTENAVLEDNING	47
1. TAKLUTNING OCH TAKTÄCKNING	48
2. HINDER, ANSLUTNINGAR OCH GENOMFÖRINGAR	52
3. TAKAVVATTNING	54
4. TRAFIK PÅ TAKET	61
2. VIND, SLAGREGN OCH YRSNÖ	62
3.2.3 Luftfukt inomhus	63
1. FUKTKONVEKTION	64
2. ÄNGDIFFUSION	66
3. JÄMVIKTSFUKTHALTER INNANFÖR ÄNGSPÄRREN	70
4. YTKONDENSATION	72
3.3 ENSTAKA FUKTPÅVERKAN.....	75
3.3.1 Nederbörd under byggnadstiden	76
3.3.2 Byggfukt.....	80
1. UTTORKNINGSPOTENTIAL	80
2. YTBEHANDLING	88

3. MATERIALKOMBINATIONER.....	94
3.3.3 Läckage	95
4. TILLÄMPNINGSEXEMPEL AV CHECKLISTORNA PÅ EN TAKKONSTRUKTION.....	96
4.1 INGÅNGSINFORMATION	97
4.1.1 Ritningar.	97
4.1.2 Byggnadens användningsområde och omgivande klimat	98
4.1.3 Ingående byggnadsmaterial och dess kritiska fuktegenskaper	100
4.2 FUKTDIMENSIONERING - OVENTILERAT VARMTAK	100
4.2.1 Normal fuktpåverkan	101
NEDERBÖRD	101
VATTENAVLEDNING	101
1. Taklutning och taktäckning	101
2. Hinder, anslutningar och genomföringar	102
3. Takavvattning	103
4. Trafik på taket	104
VIND, SLAGREGN OCH YRSNÖ	104
LUFTFUKT INOMHUS	105
1. Fuktkonvektion	105
2. Ångdiffusion	105
3. Jämviktsfukthalter innanför ångspärren	110
4. Ytkondensation	110
4.2.2 Enstaka fuktpåverkan.....	111
NEDERBÖRD UNDER BYGGNADSTIDEN	111
BYGGFUKT	111
1. Uttorkningspotential	111
2. Ytbehandling	112
3. Materialkombinationer	112
LÄCKAGE	112
4.3 FUKTDIMENSIONERING - PULPETTAKET	112
4.3.1 Normal fuktpåverkan	113
NEDERBÖRD	113
LUFTFUKT UTOMHUS	114
LUFTFUKT INOMHUS	114
4.3.2 Enstaka fuktpåverkan.....	115
NEDERBÖRD UNDER BYGGNADSTIDEN	115
BYGGFUKT	115
LÄCKAGE	115
4.4 RESULTAT AV FUKTDIMENSIONERINGEN	116
4.4.1 Protokoll - Oventilerat varmtak.....	116
4.4.2 Protokoll - Pulpettak	119
4.4.3 Förbättringar och kommentarer.....	120

5. BILAGOR	122
5.1 KLIMATDATA	123
5.1.1 Temperatur	124
5.1.2 Relativ fuktighet	127
5.2 MATERIALDATA	128
5.2.1 Teori	128
ANGGENOMSLÄPPLIGHET	128
ANGGENOMGÅNGSMOTSTÅND	129
5.2.2 Tabeller för ånggenomsläpplighet och ånggenomgångsmotstånd	129
5.3 MÄTTNADSÅNGHALTER	132
5.3.1 Numerisk metod	132
5.3.2 Tabell över mätnadsånghalten	133
5.4 KVANTIFIERBARA FUNKTIONSKRAV FÖR TÅTSKIKT	134
1. VATTENTÄTHET	134
2. ÅLDERSBESTÄNDIGHET	134
3. VÄRMETÄLIGHET	135
4. DIMENSIONSSTABILITET	135
8. RÖRELSEUPPTAGANDE FÖRMÅGA	135
9. MOTSTÅNDSFÖRMÅGA MOT MEKANISK PÅVERKAN	136
10. MOTSTÅNDSFÖRMÅGA MOT UTMATTNING	136
11. ÖVERIGA MATERIALEGENSKAPER SOM SKA REDOVISAS	136
12. UTFÖRANDEMOTOD	136
6. ATT LÄSA VIDARE	137

FÖRORD

Föreliggande rapport utgör redovisning för BFR-projekt 890682-9, FUKTSÄKERHET - FUKTDIMENSIONERING.

Rapporten är en fortsatt bearbetning av FÖRPROJEKTET (TVBH-7118) samt DELRAPPORT TILL BYGGFORSKNINGSRÅDET (TVBH-7120).

För att bedöma användbarheten har fuktdimensioneringsmetoden tillämpats på två exempel i form av checklistor. Rapporten redovisar att fuktdimensioneringsmetoden är praktiskt genomförbar. Metodens systematik bidrar till att alla existerande fuktpåverkningar beaktas för byggnaden under hela dess livstid, d.v.s. från projekterings- t.o.m förvaltningsskedet. Den praktiska tillämpningen sker med anvisningar för resp. fuktpåverkan i sk. checklistor. De finns presenterade på två olika sätt eller nivåer. Vilken nivå som praktiskt kommer att användas beror bl.a. på vilka krav som ställs på byggnaden ur fuktsynpunkt. Den första nivån är sk. generella anvisningar och finns tillämpade på tre olika byggnadsdelar (tak, ytterväggar och grundkonstruktioner). Den andra nivån har noggrannare anvisningar och tillämpningen har skett på byggnadsdelen tak (ett oventilerat varmtak med tätskikt av papp eller dukar av gummi eller plast).

Metoden för fuktdimensionering är även användbar inom informationsteknologin och dess expertsystem (se TVBH-7120). Fuktdimensioneringsmetoden används i Fuktgruppen vid LTH's kommande Informationsskrifter. Dessa skrifter är i skrivande stund under utgivning av BFR och förväntas vara utgivna under 1993. En lämplig fortsättning av projektet är troligen att överföra systematiken och delar av informationen till person dator. Detta skulle kunna tjäna som demonstrationsexempel på hur fuktdimensioneringen kan införas i expertsystem i byggprocessen.

För att informera och sprida kunskap om metoden har författaren medverkat och informerat i ett antal seminarier och konferenser samt i separata skrifter. Undervisning om metoden samt användning av checklistorna sker även för sista årskursen på Väg- och Vattenbyggnadslinjen i ämnet byggnadsfysik. Blivande civilingenjörer erhåller en ökad kännedom om fukt och fuktdimensioneringsteknik, varmed metoden snabbt sprids indirekt till byggnadssektorn.

Ett hjärtligt tack till min handledare P I Sandberg samt till professor Arne Elmroth som har bistått med råd och anvisningar och hjälp till med genomläsningar av tidigare versioner. Jag vill även tacka alla vid Avdelningen för Byggnadsfysik för synpunkter och suport; Fuktgruppen vid LTH för synpunkter vid de olika muntliga presentationerna av metoden samt Beräkningsgruppen för allt bistånd med programvaror till PC. Slutligen vill jag rikta ett hjärtligt tack till Sune Nilsson som har bidragit med att öka informationen i checklisten för det oventilerade varmtaket och Ulf Bergström (NCC), Lars Dahlbom (Mataki) och Bengt Ekdahl (Trebolit) för alla synpunkter.

Lund i maj 1993

Eva Harderup

SAMMANFATTNING

För att erhålla sunda hus är det lika viktigt att utföra en fuktdimensionering som att utföra en statisk dimensionering av byggnaden. Detta är nödvändigt för att undvika olika hälsorisker såsom astma, allergier, etc.

Med fuktdimensionering avses de åtgärder i byggprocessen som skall säkerställa att byggnaden inte får skador eller olägenheter som direkt eller indirekt orsakas av fukt.

Projektets syfte är att utarbeta regler, anvisningar och hjälpmedel för korrekt uppförande av byggnader utan att fuktproblem uppkommer. Fuktdimensionering är i likhet med andra typer av dimensioneringar en kontinuerlig process. Den förbättras ständigt vartefter ny kunskap, nya material, säkrare materialdata och nya beräkningsmetoder blir tillgängliga. En systematisk sammanställning bör göras av metoder och kunskaper. Sammanställningen bearbetas till en praktisk handledning för projektörer m.fl.

Principerna för en fuktdimensionering skall vara praktiskt användbara eftersom den riktas till projektörer och konstruktörer. Strukturen bör vara lättöverskådlig och användarvänlig så att läsaren snabbt kan komma fram till hur en given konstruktion skall utföras för att god fuktssäkerhet för byggnadsdelen ska erhållas.

Fuktdimensioneringsmetoden innehåller ett antal komponenter. För en aktuell *byggnadsdel* tas *ingångsinformationen* fram. Man behöver kompletta handlingar och ritningsunderlag för byggnaden. Byggnadshandlingarna ska innehålla information om konstruktionens uppbyggnad, byggnadsorten, användningsområdet samt vilka material som skall ingå. Materialen ska vara noggrant angivna. Det för materialens kritiska egenskaper ur fuktsynpunkt ska tas fram innan själva fuktdimensioneringen påbörjas. Efter framtagandet av ingångsinformationen startar själva dimensioneringen av byggnadsdelen. Fuktdimensioneringen har tre olika grundläggande förfaringssätt som kan kombineras sinsemellan. Vilken av förfaringssätten som väljs eller hur kombinationer ser ut är beroende av vilka krav som ställs på byggnadsdelen ur fuktsynpunkt. De tre förfaringssätten är Fuktritningar, Kvalitativ bedömning och Kvantitativ bestämning. Oavsett valet av dimensioneringssätt kontrolleras successivt varje fuktpåverkan som påverkar byggnaden eller byggnadsdelen under dess livstid. Fuktpåverkan delas upp i två olika belastningsfall; *Normal fuktpåverkan* och *Enstaka fuktpåverkan*. Normal fuktpåverkan finns under byggnadens hela livslängd medan den enstaka är kortvarig och ibland även sporadisk. *Fuktritningar* är beprövade lösningar som bygger på goda erfarenheter från tidigare byggnader och/eller att fuktdimensioneringen tidigare utförs med antingen den kvalitativa bedömningen eller den kvantitativa bestämningen. Den *kvalitativa bedömningen* utnyttjar enkla hjälpmedel i form av tabeller och diagram för enklare beräkningar eller kontroller, anvisningar om hur en detalj skall eller bör utföras, m.m. Vid *kvantitativ bestämning* används i första hand väl utvecklade beräkningar och i sista hand av försöksuppbyggnader som experiment- eller provhus. För att klargöra om beräkningarna ger *acceptabla fuktillstånd* kontrolleras att de kritiska gränserna underskrids ($w < w_{kritiskt}$). Om villkoret är uppfyllt leder det till ett godkännande. När konsekvenserna av alla fuktpåverkningarna är genomgångna och de ställda kraven är uppfyllda är byggnadsdelen fuktdimensionerad. Hela byggnaden är fuktdimensionerad när alla byggnadsdelarna har fuktdimensionerats.

Två tillämpningsexempel visar att den beskrivna fuktdimensioneringsmetoden är praktiskt genomförbar både när det gäller övergripande anvisningar (sk. generella checklistor) för olika byggnadsdelar och för exakt definierade kontrollpunkter för en enskild byggnadsdel (sk. projekteringschecklista som redovisas ett oventilerat varmtak med papp eller dukar av gummi eller plast). De anvisningar som finns i checklistorna har exemplifierats på en detaljritning. Exemplifieringen har gjorts för att kontrollera att anvisningarna är en praktisk handledning till projektörer och konstruktörer.

SUMMARY

For anyone who wants to build healthy houses, it is as important to establish moisture dimensions as it is to determine the static dimensions of the construction. Only this way will it be possible to avoid health hazards such as asthma, allergies, etc.

The term moisture design refers to those steps in the construction process which are intended to make sure that the relevant building does not suffer damage or inconvenience directly or indirectly due to moisture.

The aim of the project is to establish rules, directions, and aids geared to the correct construction of buildings in the process of which no moisture problems crop up. Like other types of dimensioning operations, moisture design is a continuous process. It is constantly being improved as new knowledge, new materials, more reliable data on materials, and new methods or calculation becomes available. A systematic compilation of methods and insights is to be set up, and the finished compilation will be processed into a practical guide for project designers and the like.

Since moisture design will be a matter for project designers and constructors, its principles must practically applicable. Its structure must be easy to grasp and "user-friendly", enabling the reader to arrive at a swift understanding of how a given construction should be implemented in order to ensure then the element construction will attain a satisfactory level of moisture-proofing.

The moisture-design method contains a number of components. For each *building element*, the relevant *initial information* is obtained. Complete documents and plans regarding the building are required. The construction documents must provide information about the make-up of the construction, its location, its general uses, and the materials intended to form part of it. The materials must be carefully specified. Those characteristics of theirs that are crucial from the point of view of moisture must be established before the moisture design proper begins. Once the initial information has been obtained, the actual dimensioning of the building element begins. There are three different fundamental procedures in moisture design, and they can be combined in various ways. The question of which procedure - or combination of procedures - to employ depends on the demands, from the point of view of moisture, that is made on the building element. The three procedures are referred to as Moisture drafts, Qualitative Assessments, and Qualitative Measurements. Regardless of which of them one selects, every moisture influence that affects the construction - or the building element - during its lifetime will be successively monitored. Moisture influence is divided into two different cases of strain, *Normal moisture influence* and *Individual moisture influence*. Normal moisture influence is present though out the life-span of the building, whereas the individual type is brief a sometimes of an occasional character. *Moisture drafts* consist of tried-and-true solutions, based on favourable experiences with previous buildings, sometimes supplemented by moisture designs implemented by way of qualitative assessment or quantitative measurement. *Qualitative assessment* employs straightforward instruments in the form of tables and diagrams for simple calculations or check-ups, directions as to how a detail must or should be handled, etc. In case of *quantitative measurement*, we mostly rely on well-developed methods of calculation; in the far-reaching tests, trial calculations such as experiment houses may also be used. In order to establish whether the calculations yield *acceptable moisture conditions*, we make sure that the relevant values remain below the critical boundaries. If the condition is met, an approval ensues. When the consequences of all moisture influences have been reviewed and the relevant demands satisfied, the moisture design of the building element has been completed. When all elements have gone through this process, the entire building has been moisture-designed.

Two instances of application show that the described method of moisture designing is practically feasible, both with regard to comprehensive direction (so-called general checklists) for various building elements and in respect of defined checkpoints belonging to an individual building element (a so-called planning checklist presented an unventilated compact roof). The directions contained in the checklists have been exemplified in a detailed draft. The purpose for the exemplification was to demonstrate that the directions do constitute a practical guide for designers and constructors.

INLEDNING

Det är lika viktigt att utföra en fuktdimensionering som att utföra annat slag av dimensioneringen av byggnaden. Det behövs också för att undvika de olika hälsorisker som oftast orsakas av fukt i olika former.

Med fuktdimensionering avses de åtgärder i byggprocessen som skall säkerställa att byggnaden inte får skador eller olägenheter som direkt eller indirekt orsakas av fukt.

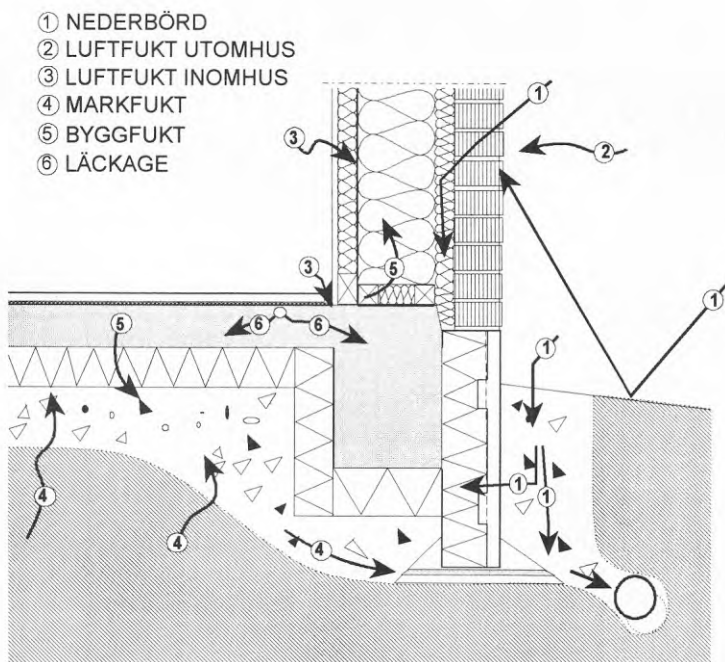
Problemen med fukt- och mögelskador, beständighet m.m. är kända från tidningsartiklar och debatter. En stor del av dessa skador på våra byggnader kan härledas från olika typer av fuktbelastningar som har "glömts bort" av beställaren, projektören, byggaren, materialfabrikanten m.fl. Vissa fuktkällor sorteras bort redan under projekteringsstadiet, då många andra krav skall uppfyllas såsom värmekomfort, ventilation, statisk dimensionering m.m. Under projekteringen är det därför speciellt viktigt att det finns ett handlingsprogram som medför ett relativt enkelt förfaringsätt för en kontroll av fuktens inverkan på byggnaden och dess komponenter.

En annan viktig faktor ur fuktsäkerhetssynpunkt för våra byggnader är att varje led i byggprocessen från beställaren t.o.m. förvaltaren har kännedom om fuktens betydelse för fastigheten. Detta förutsätter att samtliga har kännedom om både hur fukten påverkar byggnaden och dess ingående komponenter samt hur man skall minska dess inverknings. Om det utförs en noggrann fuktdimensionering av innebär detta på sikt fuktsäkrare byggnader.

Många rapporter redovisar att en stor del av fuktskadorna förorsakas av projekteringsfel. I en Byggfelstudie inom SVR av Bergström (1989) har man studerat i vilket skede av byggprocessen som byggfel uppstod. Han kom fram till att 51 % av alla byggfelen uppstod under projekteringen. Under de andra stadierna stod exempelvis utförandet för 25% och materialen för 10%. Undersökningen gällde alla typer av byggfel, inte uteslutande byggfel som leder till fuktskador. Om man antar att fördelningen är densamma då det gäller fuktskador är det därför av största vikt att fukten och dess olika transportsätt beaktas under projekteringsstadiet.

Det finns ytterligare en anledning till att man bör beakta fukten redan under projekteringen av en byggnad. Den konstruktiva utformningen av byggnadsdelarna med detaljutformning och materialval leder direkt till olika risktagningar för fuktskador. Valet av de ingående byggnadsmaterialen ger olika livslängder både på en enskild komponent och för byggnaden som helhet. Ett exempel på risktagningar är hur en träsyll placeras i en ytterväggskonstruktion; placeras syllen på väggens insida är risken för att skador skall uppkomma mindre än om man placeras den på utsidan. Ett annat exempel är om en fuktspärr placeras under träsyllen: är fuktspärren bredare än syllen uppkommer det färre eller inga skador än om man använder en som är smalare än syllen.

Det finns en stor risk för att någon fuktpåverkan förbises i projekteringsstadiet. Det inses om man studerar figur 0.1. Figuren är ett exempel på alla de olika fuktpåverkningar finns schematiska illustrerade för byggnadsdelen "Golv på mark". Det är viktigt att det finns ett systematiskt och lättfattligt arbetssätt där man successivt behandlar de olika fuktpåverkningar som byggnaden och dess ingående komponenter utsätts för. När det gäller frågor om byggnaden som härrör till fukt och fuktproblem medför förfaringsättet också att risken för missförstånd minskar t.ex. vid kontakter med myndigheter och beställare. Hur en sådan systematik är uppbyggd vid en fuktdimensionering beskrivs i denna rapport.



Figur 0.1 Alla fuktpåverkningar som inverkar på byggnadsdelen "Golv på mark" under dess livstid.

Ett systematiskt behandlingsätt kräver tillgång till lättillgängliga hjälpmedel. För närvarande råder det brist på den typen av litteratur som skulle kunna vara till hjälp vid en fuktdimensionering. Skrifterna bör utgå ifrån en allmän dimensioneringsmetod samt innehålla diverse principer och anvisningar. Bristen på lättillgängliga skrifter har lett till att Fuktrgruppen i Lund under 1993 ger ut Informationsskrifter för olika byggnadsdelar såsom exempelvis Golv på mark, Krypgrunder och Skalmurar. Målsättningen med informationsskrifterna är att användaren ska finna ett underlag i form av anvisningar för att bedöma fuktsäkerhetsnivån för byggnaden. Systematiken för dessa skrifter utgår ifrån fuktdimensioneringsmetoden som finns beskriven i denna rapport. I denna rapport också praktiska exempel av metoden. Dessa exempel presenteras på ett sådant sätt att projektörer praktiskt ska kunna kontrollera de olika fuktpåverkningar som finns i och omkring byggnaden. De praktiska fuktkontrollerna finns både med övergripande anvisningar (sk. generella checklistor) och med exakt definierade kontrollpunkter för en enskild byggnadsdel (sk. projekteringschecklista). De övergripande anvisningarna finns för några olika byggnadsdelar såsom tak-, ytterväggs- och grundkonstruktioner. Projekteringschecklistan presenteras för ett oventilerat varmtak med tätskikt av papp eller dukar av gummi eller plast.

Efter genomförd fuktdimensionering har alla fuktpåverkningar beaktats. Byggnaden har genomgått en systematisk behandling för alla tänkbara fuktkällor i de olika konstruktionerna med tillhörande detaljer. Därigenom kan byggnaden bli mera fuktsäker. Som en följd av fuktdimensioneringen uppfylls även vissa indirekta krav, exempelvis:

- Krav finns att ritningar med anslutningsdetaljer, genomföringar, hinder m.m. för varje byggnadsdel ska redovisas. Det innebär att ansvaret ur fuktsynpunkt för byggnadens konstruktion placeras hos den person som verkställer fuktdimensioneringen. Idag redovisas i många fall inte alla detaljritningar utan lösningarna överläts till byggarbetsplatsen.

- Krav på att materialens fuktegenskaper, långtidsegenskaper, m.m. ska preciseras. Det innebär att texter av typen "och likvärdigt" inte får användas då oftast ett visst material med vissa speciella egenskaper förutsätts vid fuktdimensioneringen. Om man ur ekonomisk synvinkel vill byta till "det likvärdiga" krävs att konsekvenserna för detta beaktas genom exempelvis en ny fuktdimensionering.

BAKGRUND

Fuktproblem i våra byggnader började uppmärksammas i större omfattning under 1970-talet med exempelvis byggnadsdelen Golv på mark. I de skrifter som finns talar man oftast om att "om man gör på detta sättet blir det problem". Sällan talas om hur man bör bygga för att undvika skador p.g.a. fukt.

Fuktgruppen i Lund består av forskare som uteslutande arbetar med fuktproblematiken och undersöker bl.a. varför skadorna egentligen uppkommer och hur förbättringar kan göras. Inom gruppen beslöts våren 1989, att man skulle sammanställa den befintliga kunskapen inom området fukt. Sammanställningen hade ett antal krav:

- den skulle vara systematisk i bearbetningen av de olika formerna av fukt och fukttransport som påverkar byggnader eller byggnadsdelar;
- den skulle utformas så att den kan tillämpas oavsett vilken byggnadsdel som skall kontrolleras;
- den skulle resultera i en lättfattlig skrift för projektörer eller konstruktörer.

Den systematiska bearbetningen av olika fuktpåverkningar resulterade i en "ny" metod för fuktdimensionering. Ett första förslag på utformningen av metoden togs fram i ett förprojekt. I detta konstaterades att det fanns en lämplig metod för att beakta fuktpåverkningarna på ett systematiskt sätt, oavsett vilken byggnadsdel som skulle fuktdimensioneras. Varje byggnadsdel behandlades separat med tillhörande anslutningar och blev därmed fuktdimensionerade var för sig. Metoden var också lämplig ur praktisk synpunkt, d.v.s. att projektörer och konstruktörer lätt kunde använda sig av den.

Förprojektets metod behövde dock finjusteras och exemplifieras på någon lämplig byggnadsdel. Exemplifieringen var till för att kontrollera att metoden var användbar i alla sammanhang. I förprojektet fanns inga direkta anvisningar under respektive fuktpåverkan. De redovisades endast i rubrikform vad som krävdes för respektive byggnadsdel för de olika fuktpåverkningarna i en fuktdimensionering. Förprojektet avslutades under våren 1990 och resulterade i skriften "Fuktsäkerhet i byggnader, Förprojekt TVBH-7118". Huvudprojektet startades under sommaren 1990 och har resulterat i två rapporter, denna rapport och en delrapport till Byggeforskningsrådet "Fuktsäkerhet i byggnader, Tak inklusive vindsutrymmen TVBH-7120". Det bör även nämnas att fuktdimensioneringsmetoden också har presenterats i ett antal tidningsartiklar (Bygg & teknik, Isolerat (Gullfibers tidskrift)) samt i Utbildningskampanjen för sunda hus, Kunskapsbas till Hus&Hälsa: Fukt och byggnadsteknik, U5:1992.

Den metod som beskrivs i denna rapport kan tillämpas på olika sätt. Vilken variant på tillämpningen som väljs beror bl.a. på vilka krav som ställs på byggnaden ur fuktsäkerhetssynpunkt. I delrapporten till Byggeforskningsrådet (1990) användes en uppläggning som motsvarar dispositionen i ett datorprogram. Metoden fungerar utmärkt i datormiljö. Metoden kan till exempel användas i någon version av expertsystem eller användas såsom informationsteknologi redovisar. Men i en rapport blir uppläggning för datorer alldeles för komplicerad för att beskrivas på ett enkelt sätt. För att klargöra de olika valmöjligheter som finns krävs det bland annat en mängd olika typsnitt eller olika färger. Varje typsnitt eller färg bör då ha sin speciella funktion

eller betydelse. Oftast leder de olika typsnitten till att förvilla läsaren och gör inte metoden mera lättförståelig. Den komplexa redovisningen som klargjordes i delrapporten till Byggnadsforskningsrådet har medfört att tillämpningen i denna rapport sker i en annan form som är mera anpassad för en skrift. Redovisningen av fuktdimensioneringsmetoden sker dels i en schematisk form och dels i en praktiskt inriktad form med hjälp av anvisningar för de olika fuktpåverkningarna i punktform (sk. checklistor).

SYFTE

Projektets huvudsakliga syfte är att insamla, bearbeta och sammanställa kunskap om fukt i byggnader på ett sådant sätt att projektörer med en rimlig arbetsinsats kan använda resultatet för att utföra byggnaden på ett fuktsäkrare sätt än dagens byggnader. Projektet skall resultera i skrifter som innehåller regler, anvisningar, råd samt hjälpmedel i form av beräkningsmetoder, tabeller, diagram, exempel m.m.

Syftet med denna rapport är att utförligt redovisa en generell metod för fuktdimensionering. Genomförandet ska formuleras på ett sådant sätt att metoden kan tillämpas för utformning av hjälpmedel åt projektörer eller konstruktörer. För att illustrera modellen finns direkta tillämpningar som skall ses som exempel på hur metoden kan användas för utarbetning av hjälpmedel. Tillämpningarna är dels av generell karaktär där man kan finna några byggnadsdelar, dels ett exempel på en mer noggrann karaktär på en byggnadsdel - ett oventilerat varmtak med tätskikt av papp, dukar av plast eller gummi.

Rapporten är i första hand riktad till personer som skall prestera hjälpmedel till projektörer eller konstruktörer. Men vissa delar av rapporten är även praktiskt användbara för projektörer och konstruktörer. Dessa hjälpmedel finns i tillämpningsexemplen.

AVGRÄNSNINGAR

En fuktdimensionering kan genomföras på ett antal olika sätt som bland annat beror på vilka krav som ställs på byggnadsdelen ur fuktsynpunkt. Själva dimensioneringen kan utföras med hjälp av tre olika grundläggande förfaringssätt som sinsemellan kan kombineras. Huvudsakliga avgränsningen i den schematiska beskrivningen (kapitel 1) är att det endast beskrivs några olika kombinationsmöjligheter av de grundläggande förfaringssätten. Den systematiska redogörelsen är övergripande och kan ses som exempel på vilka "vägar" som finns i en fuktdimensionering.

Tillämpningsexemplen (kapitel 2 och 3) är inte fullständigt kompletta ur fuktdimensioneringssynpunkt. De redovisar t.ex. inte alla de beräkningsmetoder eller förslag på lösningar som finns. I tillämpningsexemplen utnyttjas en enkel redovisningsform med olika anvisningar eller kontrollpunkter under respektive fuktpåverkan. Anvisningarna eller kontrollpunkterna sker direkt på enskilda byggnadsdelar. Här används exempelvis uttryck av typen "Kontrollera det", "Välj ...". I en fuktdimensionering finns det normalt sätt många alternativa lösningar. Alla alternativen är dock inte lämpad att redovisa i rapportform utan kräver datoriserade system.

För att förstå metoden och vissa av anvisningarna i tillämpningsexemplen krävs vissa förkunskaper. När man studera tillämpningsexemplet (se kapitel 4) bör det finnas tillgång till litteratur med kompletterade fakta om fukt och fukttransport. Som exempel kan nämnas Fukthandbok (Nevander & Elmarsson 1981) som innehåller ekvationer, materialdata, m.m. Dessutom bör andra handböcker finnas tillhands för kontroller av utförandet, m.m., exempelvis HusAMA eller materialfabrikantens pärmar eller böcker. En del materialdata finns också redovisat i kapitel 5. BILAGOR för några vanligt förekommande byggnadsmaterial.

1. FUKTDIMENSIONERINGSMETOD

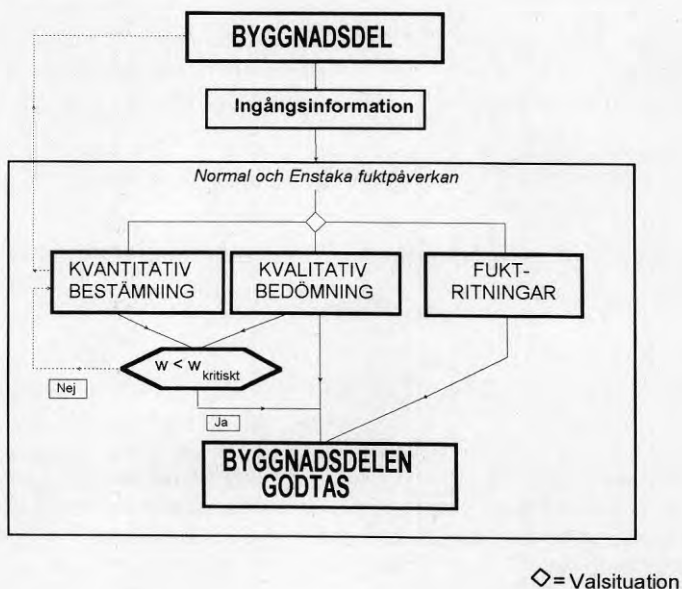
För att korrekt utföra en fuktdimensionering så snabbt och enkelt som möjligt kan olika principer användas. Alternativen är råd man bör följa och medför att byggnadens säkerhet mot fukt i olika former ökas. Exempel:

Välj en beprövad lösning. eller Utför en fuktdimensionering.

Välj fuktökänsliga material. eller Kontrollera genom fuktdimensionering.

I detta kapitel beskrivs hur den principiella strukturen är uppbyggd för fuktdimensioneringen. Metoden innebär en successiv behandling av alla de olika fuktpåverkningar som inverkar på byggnaden under dess livstid. Vid genomgången kan man åtgärda eventuella fel och brister samt "glömda detaljrutningar" kan upptäckas och ritas i tid. För att underlätta dimensioneringen behandlas varje byggnadsdel separat med tillhörande detaljlösningar. Det leder till att vid anslutningsdetaljer mellan två olika byggnadsdelar kommer detta att kontrolleras två gånger. Exempelvis vid en anslutningsdetalj mellan en tak- och ytterväggskonstruktion görs en granskning vid takets anslutning till ytterväggen och en vid ytterväggens anslutning till taket. Dubbelkontrollen medför att bättre hänsyn tas till anslutningsdetaljer, där oftast de största problemen finns.

De ingående komponenterna i en fuktdimensionering beskrivs schematiskt i Figur 1.1.



Figur 1.1 Principiell Fuktdimensioneringsmetod.

Beskrivningen av fuktdimensioneringsmetoden, figur 1.1, sker på följande sätt:

- Alla de ingående komponenterna i en fuktdimensionering beskrivs var för sig utan någon inbördes koppling i avsnittet 1.1 BESKRIVNING AV ENSKILDA KOMPONENTER.

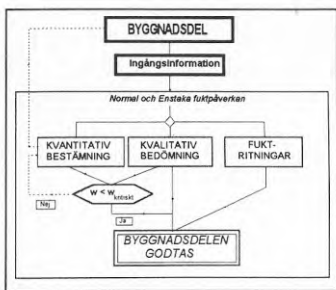
1. Fuktdimensioneringsmetod

- I en fuktdimensionering kan man sammankoppla vissa av de ingående komponenterna på olika sätt och i praktiken kan därmed en fuktdimensionering göras med olika kravnivåer på fuktsäkerheten hos den enskilda byggnadsdelen. Vilken av de olika typerna som praktiskt används beror framförallt på önskad fuktsäkerhet hos byggnadsdelen men även på vilken kunskapsbas som finns disponibel. I avsnittet 1.2 PRAKTISK ANVÄNDNING AV METODEN beskrivs schematiskt de olika typerna av förfaringssätt.

1.1 BESKRIVNING AV ENSKILDA KOMPONENTER

Varje del (ruta i figur 1.1) av metoden innehåller en mängd fakta som behöver förklaras. I de efterföljande avsnitten förklaras innehållet av varje faktaruta med kompletterande text och i vissa fall även med exempel. För att ytterligare förklara vilken av rutorna som avses och som kommer att beskrivas finns figur 1.1 medtagen som en liten onummerad inramad skiss vid avsnittets början. I illustrationen redovisas med kraftigare markerad ram vilken del som beskrivs i avsnittet. Det återgives i texten med *kursiv text*. Den kursiva texten behövs vid beskrivningen av den praktiska användningen av fuktdimensioneringsmetoden, d.v.s. avsnitt 1.2 PRAKTISK ANVÄNDNING AV METODEN. Men den är även avsedd som ett stöd för läsaren under beskrivningen av de enskilda delarna.

1.1.1 INGÅNGSINFORMATION



Vid en fuktdimensionering bör *ingångsinformationen* för den aktuella *byggnadsdelen* innehålla tre olika delar:

1. Ritningar och byggnadshandlingar
2. Byggnadens användningsområde och omgivande klimat
3. Ingående byggnadsmaterial och dess fukttegenskaper

Beskrivning av vad som ingår i varje punkt finns nedan i respektive delavsnitt, 1 tom 3. I delavsnitten finns även exemplifieringar.

1. RITNINGAR OCH BYGGNADSHANDLINGAR

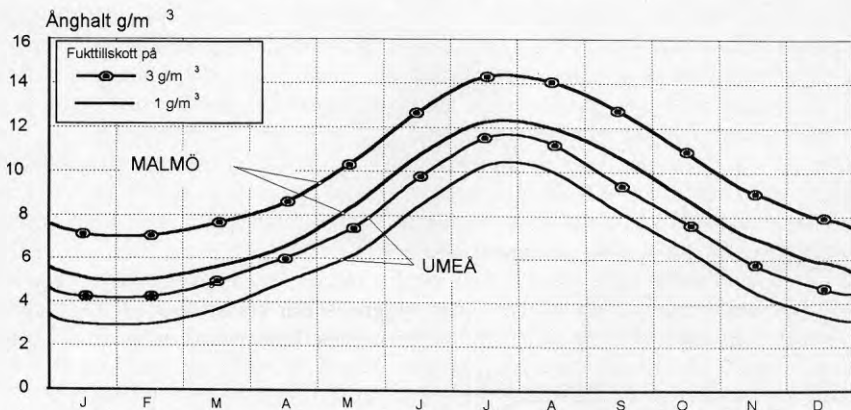
Fuktdimensioneringen utförs i allmänhet när konstruktionen är dimensionerad för andra belastningar (statisk belastning, värme- och energisynpunkt, brand). Ritningar och byggnadshandlingar bör vara kompletta för den aktuella byggnadsdelen, både med avseende på materialval och på utformningen av tänkta detaljer. Vissa byggnadsdelar kräver dock att fuktpåverkningarna beaktas på ett mycket tidigt stadium i byggprocessen. Exempel på en sådan byggnadsdel är grundkonstruktioner där bl.a. temperaturen är en viktig parameter ur fuktsynpunkt. För byggnadsdelen golv på mark kan det vara viktigt att det finns en temperaturskillnad mitt i byggnaden mellan betongplattan och underliggande mark för att förhindra att markfukten transporteras upp mot betongens insida. Det är ytterst angeläget om golvmaterialet inte "släpper igenom" fukten eller om det är av trä eller annat fuktkänsligt material. Ur energisynpunkt behöver man normalt ingen värmeisolerung mitt under en bred byggnad men det behövs ur fuktsynpunkt.

Byggnadshandlingar och ritningar kan kompletteras under en fuktdimensionering, men de kan också revideras helt eller delvis. Det kan exempelvis bero på att det uppmärksammas "glömda detaljer" eller att ett lämpligare val görs av något ingående material i konstruktionen.

2. BYGGNADENS ANVÄNDNINGSMÅRÅDE OCH OMGIVANDE KLIMAT

Ritningar och andra bygghandlingar klargör byggnadens användningsområde och dess geografiska placering. Konstruktionen av byggnadsdelen med dess ingående material och omgivande klimat leder till att man kan definiera vilka fuktpåverkningar som är aktuella. Det är ett mycket viktigt led i fuktdimensioneringen att skaffa sig kunskap om de fuktbelastningar som konstruktionen utsätts för under byggnadens hela livstid. I detta skede bör man ta ställning till vilken säkerhetsnivå eller vilka säkerhetsmarginaler man ska räkna med, t.ex. maximal nederbörd under 30 år, högsta fukttillskottet hos inomhusluften som ett medelvärde under 1 vecka för husets beräknade livslängd. Det kan vara svårt att förutse vilka fuktpåverkningar en byggnadsdel kommer att utsättas för. Man bör noga tänka igenom följderna av att några fuktpåverkningar kan överstiga antagna värden.

Det framtida brukandet av byggnaden antyder bl.a. hur mycket fukt som produceras inomhus. Skillnaden mellan ånghalten inomhus och utomhus kallas fukttillskott. Fukttillskottet till inomhusluften beror på exempelvis vistelsetiden för personer, verksamhet, ventilationstekniken och luftomsättningen. För bostäder antas fukttillskottet normalt till mellan 1 och 4 g/m³ medan för övriga typer av byggnader det måste bedömas från fall till fall. Det kan vara rimligt att anta att fukttillskottet är lägre på sommaren än under vintern. Det beror dels på att den relativa fuktigheten inomhus är högre på sommaren dels på att antalet luftomsättningar kan vara högre under den varma årstiden p.g.a. till exempel vädring. Årsvariationen av fukttillskottet kan antingen sättas som ett konstant värde eller som en variabel. Det variabla värdet kan antingen vara en stegvis förändring eller kan beskrivas med en funktion. Det antagna fukttillskottet används för att beräkna inomhusånghalten. Ånghalten utomhus är inte konstant under året utan varierar både med månaden och från dag till dag. Under vissa utomhusklimat kan ånghalten variera under dygnet beroende på avdunstning och kondensering från omgivningen. I figur 1.2 finns inomhusånghalten beräknad på basis av månadsmedelvärden för två orter under antagandet att man har ett konstant fukttillskott inomhus på 1 resp. 3 g/m³.



Figur 1.2 Exempel på hur ånghalten inomhus varierar om fukttillskottet är konstant (1 resp 3 g/m³) under året för orterna Malmö och Umeå.

Byggnadens användningsområde och dess omgivande klimat kan man normalt inte påverka särskilt mycket. Vissa av fuktpåverkningarnas inflytande kan man dock "styra" eller minska. Ett sådant exempel är "Byggfukt" som man kan påverka t.ex. med olika produktionsmetoder.

3. INGÅENDE BYGGNADSMATERIAL OCH DESS FUKTEGENSKAPER

I ingångsinformationen bör alla material som ingår i konstruktionen vara väl specificerade antingen med respektive fabrikat eller anges med väsentliga fuktegenskaper för varje ingående material i konstruktionen.

Ordet "och likvärdigt" har missbrukats i många sammanhang vilket har orsakat skador på våra byggnader. När det gäller fuktdimensionering måste "likvärdigheten" avses materialets eller komponentens fuktegenskaper eller fuktskyddande beskaftenhet.

Exempel 1:

Ett företag som tillverkar enfamiljshus har i flera år haft samma leverantör (som vi kan här kalla A) av ytterdörrar. Dessa har fungerat mycket klanderfritt. En konkurrerad leverantör (B) av ytterdörrar lämnar ett anbud på samma typ av ytterdörr till byggföretaget. Detta anbud är 200 kr lägre än leverantör A:s nuvarande pris. Byggföretaget jämför dörrarna och finner att dörrarna är "likvärdiga" enligt den gällande beskrivningen. Man beslutar därför att använda leverantör B istället för leverantör A. Redan efter ett års användning av leverantör B:s ytterdörrar måste samtliga dörrar bytas ut till en kostnad av 2000 kr per styck. Ytterdörrarna hade samma utseende som leverantör A men byggföretaget hade inte kontrollerat att leverantör B uppfyllde gällande krav när det gäller ytterdörrarnas lufttätethet; den saknade invändig stabiliserade plåt.

Exempel 2:

På en ritning finns en fuktspärr under träsyllen. Bredden på fuktspärren finns inte angivet vare sig på ritningen eller i anvisningarna, utan endast att det skall finnas en fuktspärr. Byggföretagets ekomoniföreståndare har kommit fram till att om man väljer en fuktspärr som är något smalare än syllen sparas 2 kr/ lm. Denne rådgör med byggföretagets projektör och de finner tillsammans att det kan nog betecknas som att kraven uppfylls. Produktionen av byggnaden startar. Efter några år ringer beställaren upp byggföretaget; Det har blivit dålig luft i bostaden p.g.a. mögel på syllen! Byggföretaget blir tvingad att byta syllen och fuktspärren till en kostnad av 1300 kr/lm.

Omsorgsfull precisering av de ingående materialen leder till att materialens kritiska fuktegenskaper mera exakt kan bestämmas. De kritiska fuktegenskaperna är exempelvis kritisk relativ fuktighet/ånghalt med hänsyn till emission av vissa ämnen, fuktsvällningsegenskaper, ånggenomsläpplighet eller ånggenomgångsmotstånd som funktion av relativ fuktighet och temperatur. Vidare bör man även ha kännedom om långtidsegenskaperna för exempelvis ånggenomsläppligheten eller ånggenomgångsmotståndet hos materialet. Materialfabrikanten bör kunna definiera de kritiska egenskaperna för materialet t.ex. genom kännedom om materialsammansättning och resultat av utförda laboratorieprovningar. Resultatet från laboratorieprovningen bör inte endast anges som medelvärden. I en fuktdimensionering behövs även det lägsta respektive högsta värdet eftersom man skall beakta det för konstruktionen värsta fallet eller "kritiskt fall då skada uppkommer". För vissa typer av beräkningar behöver man hela fördelningsfunktionen, t.ex. vid statistiska beräkningar av hur ofta en skada uppkommer (riskbedömning). Fabrikatet bör i vissa fall preciseras därför att det finns skillnad av fuktegenskaper mellan olika fabrikat av samma typ av material. Ibland kan det även finnas en skillnad mellan olika leveranser av samma fabrikat.

Man måste kontrollera och bestämma vilka fuktegenskaper som kan accepteras för respektive material. Det är därför viktigt att precisera både materialens omgivande klimat och vilket fuktinnehåll som materialet maximalt klarar utan att det skadas. Här är det angeläget att precisera vilka klimatförutsättningar (temperatur och fuktmängd) som skall råda såväl som vilket tidsperspektiv materialen förväntas fungera i konstruktionen. I vissa fall gäller det att ta hänsyn till hur lång tid en yta eller ett material kan vara fuktigt utan att det blir bestående skador t.ex för material mellan kakelplattor vid duschplatser. I andra fall kan man ha höga långvariga fukttillstånd i konstruktionen utan att skada uppkommer. Det kan också vara lämpligt att fundera

över följden av en eventuellt förändrad användning av byggnaden i framtiden. Exempel på förändrad användning är inredning av kallkällare och vindar, tilläggsisolering av vindsbjälklag samt byte av golvbeläggning från ett fuktgenomsläppligt material (klinkers) till ett fuktätt (plastmatta), byte av uppvärmningssystem som t.ex. radiatorer mot golvvärme.

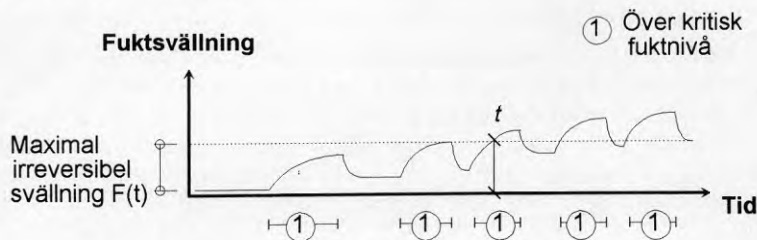
Exempel på kritiska relativa fuktigheter för några olika material finns i tabell 1.1 nedan. I den undre gränsen ingår en säkerhetsfaktor. Detta värde bör lämpligen väljas om osäkerhet råder beträffande högsta tillåtna (förekommande) fuktighet för det aktuella materialet eller materialkombinationen.

Material	Kritisk relativ fuktighet	Risk
Trä och träbaserade	75 - 90 %	Mögel, missfärgning
Plastfiltmattor (jutebaksida)	70 - 75 %	Mögel, missfärgning
Plastmattor	85 - 90 %	Limsläpp, lukt, deformation
Linoleum	85 - 90 %	Limsläpp, lukt, deformation
Helsyntetisk textilmatta, nålfilt	99 %	Tål fukt men lukt kan uppkomma av smuts och damm vid 70-75% RF
"Smuts och damm"	70 - 75 %	Lukt, mögel
Typgodkända flytspackel	90 - 95 %	
Äldre flytspackel med protein (ej typgodkänt)	75%	Lukt, missfärgning av ek

Tabell 1.1 Kritiska fuktillstånd för några vanliga material. Kunskapsbas till Hus&Hälsa, Byggnadsmaterial och emissioner (1992).

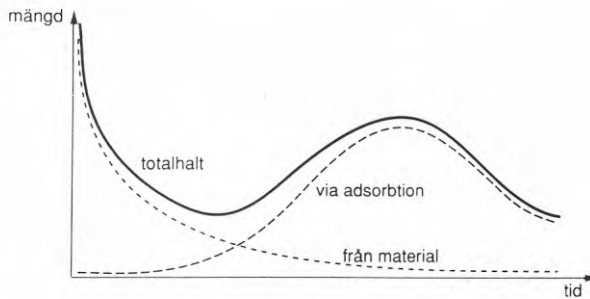
Ur tabellen kan man bland annat utläsa att den relativa fuktigheten inomhus inte långvarigt bör överstiga 70% eftersom det finns en risk att lukt uppkommer på grund av smuts- och dammpartiklar. Den relativa fuktigheten inomhus har också en undre gräns på ca 30%. En lägre relativ fuktighet inomhus leder oftast till besvär av typen torr luft med exempelvis symtomen irritation i ögon och slemhinnor.

Ett annat exempel på fuktkriterier är sk. irreversibel fuktsvällning. Varje gång den relativa fuktigheten i materialet överskrider ett kritiskt värde (se figur 1.3) ökar längden eller bredden. Ändringen går inte tillbaka till ursprungsvärdet utan en del av förändringen blir kvar. Hur stor en ändring blir beror bland annat på hur lång tid den kritiska nivån överskrids samt hur lång tid och på vilken nivå den efterföljande uttorkningsperioden är. Figur 1.3 visar irreversibel svällning $F(t)$ som kan få existera i en aktuell byggnad vid tiden (t). Därefter sker skador på byggnaden. Den irreversibla fuktsvällningen kan inträffa exempelvis i kalla vindsutrymmen med spånskivor som golvmaterial. Skador som kan uppkomma är utskjutna gavelväggar och spruckna gipsskivor i undertaket.



Figur 1.3 Schematisk bild på irreversibel fuktsvällning.

Byggnadsmaterialens emissioner kan i vissa avseenden vara direkt avgörande för vilken fukt-tillstånd som kan accepteras. Källorna kan exempelvis vara målarfärger, lim eller golvbeläggningar som avger ämnen då ett visst värde uppnås på den relativa fuktigheten och temperaturen i omgivande luft eller direkt i materialet. Exempel på ett typiskt emissionsförlopp visas i figur 1.4. Från ett enskilt material avges ämnen. Ämnena avges oftast med en sk. avklingningskurva. Normalt har den det utseende som den redovisade kurvan "från material" visar. Samtidigt som ämnen avges från materialet kan andra ämnen absorberas som kommer ifrån omgivande material. Den beskrivs i figuren med "via adsorption". Totalhalt är därför den mängd av skadliga ämnen som direkt eller indirekt avges från ett material.



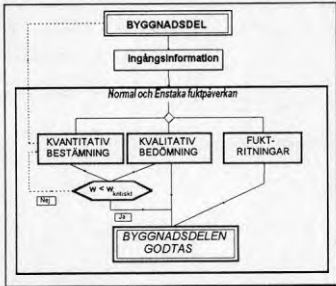
Figur 1.4 Typiska emissionsförlopp för ämnen i byggnadsmaterial. Kunskapsbas till Hus&Hälsa, Byggnadsmaterial och emissioner (1992).

Kritiska gränsvärden för emissioner finns för några olika byggnadsmaterial, men exakta värden saknas för flertalet. De kritiska värden (se exempelvis tabell 1.1) som finns idag baseras oftast på statistiska egenskaper och inte på emissioner. Ett exempel är att den limmade plastmattan inte skall släppa från betonggolvet (ca 90 % relativ fuktighet). Vilka komponenter i materialen som direkt påverkar människor och deras hälsa finns det för närvarande för liten kunskap om.

Andra kritiska materialgränser är exempelvis kapilläritet och kritisk vattenmättnadsgrad. Kapilläritet eller "ett materials förmåga att suga fritt vatten" gör att materialet får höga fukthalter som är över det hygroskopiska området, d.v.s. >96 % relativ fuktighet. Dessa höga fukthalter är viktiga i samband med beständighetsproblematiken. Ex. orsakar höga fukthalter röta hos trä, frostsador hos porösa byggnadsmaterial, kemiska angrepp på material, armeringskorrosion hos betong eller lättbetong. Kritisk vattenmättnadsgraden, S_{cr} , är ett exempel på vad höga fukthalter åstadkommer i material kombinerat med frysning och upptining. Efter ett antal frysning- och upptiningscykler av materialet sker en momentan utmattningseffekt när en viss kvot, S_{cr} , har uppnåtts. Man använder begreppet kritiskt vattenmättnadsgrade vid exempelvis val av fasadtegel; ett fasadtegel med ett högt värde på S_{cr} (nära 1,0) har en god frostbeständighet.

De framtagna kritiska fuktegenskaperna anges oftast med en säkerhetsmarginal. Säkerheten används för att ta hänsyn till inverkan av t.ex. spridningen i materialens egenskaper. Valet av dess storlek är beroende av vilka krav som ställs på byggnadsdelen. Den bestäms också av konsekvenserna av fuktskada. Därmed kan valet bli en indirekt angivelse hur stor risken är att byggnadsdelen kommer att drabbas av fuktsador. Risken behöver inte nödvändigtvis anges med bara ett värde utan man kan ha olika risker för olika fuktpåverkningar.

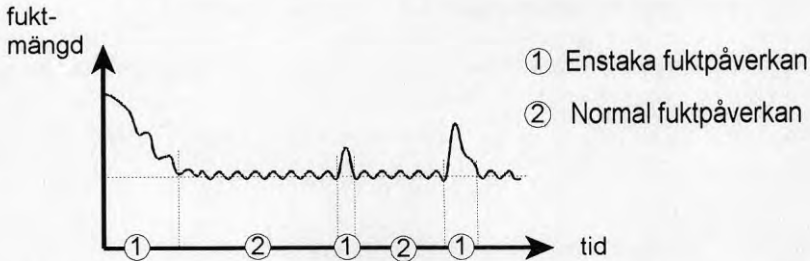
1.1.2 FUKTPÅVERKAN



Fuktpåverkan i och omkring byggnadsdelen kan delas upp i *Normal fuktpåverkan* och *Enstaka fuktpåverkan*. Den normala fuktpåverkan existerar under hela byggnadsdelens livslängd medan den enstaka är tillfällig (se figur 1.5).

När byggfukten har torkat ut ur en konstruktion finns normala årstidsvariationer, den sk. Normal fuktpåverkan. Dessa variationer beror på att utomhusklimatet skiftar under året. I konstruktionen finns en uppfuktningstid och en uttorkningstid. För konstruktionens utsida sker oftast uppfuktningstiden under vinterhalvåret medan

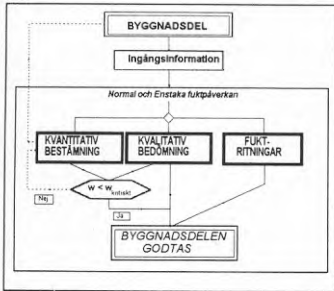
för insidan det under sommarmånaderna uppfuktningen sker. Vid en acceptabel fuktnivå kommer det som lagras upp under uppfuktningstiden att torka ut under uttorkningstiderna, d.v.s. ingen fukt lagras upp i konstruktionen. Konstruktionens fuktnivåer "pendlar" omkring ett visst fuktvärde, sk. jämnviktsläge. Om uttorkningen är mindre än uppfuktningen kommer man på sikt att få oacceptabelt höga fuktnivåer i byggnadsdelen. Jämnviktsläget sett ur årsbasis kommer då att öka år från år till en maximal fuktnivå har uppnåtts. För byggnadsdelen i figur 1.5 finns acceptabla fuktnivåer och detta ger därför en prickad (---) horisontell linje. Den enstaka fuktpåverkan ger ett tillskott till de normala förhållandena i byggnadsdelen. Därmed ger den "toppar" såsom figuren visar.



Figur 1.5 En skiss över förekomsten av normal respektive enstaka fuktpåverkan under en byggnadsdel användningstid.

Till normal fuktpåverkan hör *nederbörd*, *luftfukt utomhus*, *luftfukt inomhus* samt *markfukt* medan enstaka fuktpåverkan är *nederbörd under byggnadstiden*, *byggfukt* och *läckage*. Med "byggfukt" menas här fukt som måste tillföras materialen under uppförandet, t.ex. vid murning av fasadtegel, gjutning av betong. "Nederbörd under byggnadstiden" är fukt som oavsiktligt belastar materialen, t.ex. om det regnar eller snöar på oskyddat material som inte bör belastas av extra fukt. Exempel på sådana material som inte bör belastas av extra fukt är t.ex. trä och träbaserade material. Den enstaka fuktkällan "Byggfukt" kan anses som en normal fuktpåverkan. Men sett ur byggnadens livslängd är fuktkällans tidsrymd normalt sett liten, om man inte bygger om under hela den beräknade livslängden.

1.1.3 FUKTDIMENSIONERINGSNIVÅ



Själva fuktdimensioneringskontrollen av en byggnadsdel kan genomföras med tre olika grundläggande förfaringsätt.

1. Fuktritningar
2. Kvalitativ bedömning
3. Kvantitativ bestämning

Med *Fuktritningar* utnyttjas huvudsakligen erfarenheter från tidigare liknande byggnader och med känd fuktpåverkan.

Kvalitativ bedömning innebär att man kontrollerar byggnadsdelen med enkla hjälpmedel i olika former. Nivån används praktiskt vid produktion av enstaka byggnader.

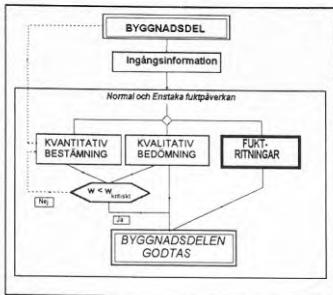
Kvantitativ bestämning innebär i första hand att noggranna beräkningsverktyg (analytiska och numeriska modeller t.ex. till dator) används. I andra hand används försöksuppbyggnader med noggranna mätningar. Man har skaffat sig mycket god kännedom om de ingående materialens fukttegenskaper. Vid utveckling av helt nya lösningar som planeras att användas i stor skala (typgodkännanden) rekommenderas fuktdimensionering enligt denna nivå.

De tre förfaringsätten kräver olika förkunskaper och arbetsinsatser. Fuktritningar innebär i stort sett att redan utförda lösningar kommer till användning. Den Kvalitativa bedömningen kräver något mer i arbetshänseende medan den Kvantitativa bestämningen ofta är arbetsam och i nuläget erfordrar en viss specialkunskap samt diverse programvaror till datorer. Gemensamt för samtliga tillvägagångssätt är att fuktfrågorna behandlas på ett systematiskt sätt. På detta sätt säkerställs att byggnadsdelens fuktsäkerhet ökar.

Beskrivningen av de tre olika grundläggande förfaringsätten behöver kompletteras och i vissa fall beskrivas noggrannare. Det görs i följande avsnitt:

1. FUKTRITNINGAR
2. KVALITATIV BEDÖMNING
3. KVANTITATIV BESTÄMNING.

1. FUKTRITNINGAR



Fuktritningar är lösningar på olika byggnadsdelar som medför acceptabla fuktnivåer. Dessa lösningar bygger på tidigare byggnadstekniska erfarenheter och/eller genom någon av de andra grundläggande förfaringsätt för en fuktdimensionering.

För att använda fuktritningar måste den aktuella byggnadsdelen och fuktritningens ingångsinformation vara helt överensstämmande. Det gäller både med avseende på konstruktionens uppbyggnad med dess omgivande utomhusklimat och inomhusklimat samt på alla de ingående materialen i

1. Fuktdimensioneringsmetod

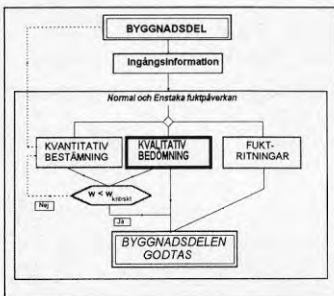
konstruktionen. Vid exempelvis ändrad byggnadsort leder det omedelbart till att en ny fuktdimensionering måste verkställas för den aktuella byggnadsdelen. Detta kan jämföras med den statiska dimensioneringen om byggnaden flyttas från ex Skåne till Västerbotten, etc.

Om man skall använda tidigare produktionslösningar krävs ur fuktsynpunkt mycket goda erfarenheter under mycket lång tid av brukande. Erfarenhetsåterföring behövs för att redovisning av byggnaden eller byggnadsdelen ska uppfylla kravet på en god säkerhet mot fukt. Tiden är följaktligen en viktig faktor, eftersom goda erfarenheter måste vara väl dokumenterade under långa tidsperioder. I händelse av att dessa förhållanden uppnås blir produktionslösningen en fuktritning. Ur fuktsynpunkt är det kanske inte relevant att anse att något års goda erfarenheter är tillräckligt för en byggnad som kanske skall brukas i 100 år. Idag krävs en del specialkunskap för att bedöma om det specifika året kan anses relevant ur fuktsynpunkt eller inte. Som exempel kan nämnas att bedömning av frostbeständigheten hos ett fasadtegel efter en vinter kan vara mycket svår om inte utomhusförhållandena har varit extrema. Det kan ta flera år innan vissa fuktskador upptäcks. Exempel:

- vid fukttransport via ångdiffusion kan det ta många decennier innan en tillräcklig mängd fukt finns för att skador ska uppkomma. För exempelvis rör som alltid har en lägre temperatur än omgivningen lagras vatten upp i värmeisoleringen. Efter ett antal år sägs att "värmeisoleringen är förbrukad";
- för att upptäcka invändig ytkondens krävs en långvarigt låg utomhustemperatur och reellt höga fuktförhållanden inomhus. I södra Sverige har det varit milda vintrar under ett stort antal år. De milda vintrarna gör att köldbryggor såsom t.ex eventuella brister i värmeisoleringen inte upptäcks;
- kondens på baksidan av en plåtbeklädnad kräver bl.a. en relativt snabb temperatursänkning av utomhustemperaturen.

Fuktritning kan också vara kontrollerad med hjälp av 2. KVANTITATIV BESTÄMNING och 3. KVALITATIV BEDÖMNING. Tanken är att ta fram en standardlösning för en byggnadsdel eller ett helt hus. Ur standardlösningen används vissa delar av ritningar vid nästa produktionstillfälle. Därmed behöver dimensionering endast göras för vissa enstaka detaljer, de som avviker från fuktritningen. Noggrann kontroll av byggnaden samt god dokumentation av alla iakttagelser under uppförandeskedet och en tid framöver under förvaltningskedet, bör utföras. Dokumentationen fördras för att kontrollera att uppmätta värden överensstämmer med de värdena som var antagna under dimensioneringen.

2. KVALITATIV BEDÖMNING



Den kvalitativa bedömningen innebär att byggnadsdelen kontrolleras med enkla hjälpmedel. Man kan säga att här behandlas i stor utsträckning regler och anvisningar för hur en detalj skall eller bör utföras. Anvisningarna kan exempelvis vara att

- ur tabeller och diagram utläsa fukttillstånd eller nödvändiga materialdata för enklare beräkningar;
- rekommendera material eller andra komponenter som är acceptabla för vissa klimat med hänsyn till långtidsaspekter etc.

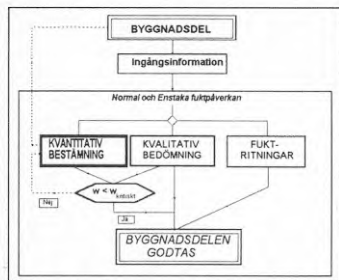
Exempel på typer av regler är "Välj material A" (som är okänsligt för fukt) eller "Välj taklutning 1:X för tätskikt B". Anvisningar, råd och enklare regler kommer oftast från långtidserfä-

1. Fuktdimensioneringsmetod

renheter eller praktiska försök på byggnader. De leder till en grov bedömning av det byggnadsfysikaliska tillståndet och/eller dess konsekvenser.

De beräkningar som används i den kvalitativa bedömningen kommer oftast från långtidsförsök eller förenklingar av beräkningsverktyg från den kvantitativa bestämningen. Oavsett beräkningsförfarande måste resultat verifieras så att de givna gränserna, de kritiska fuktegenskaper, inte överskrids. Det beskrivs vidare i avsnitt 1.1.4 ACCEPTABELT FUKTTILLSTÅND.

3. KVANTITATIV BESTÄMNING



Huvuddragen för den kvantitativa bestämningen innebär;

A. fukttillstånden i konstruktionen bestäms med beräkningar (hänsyn till olika variationer i omgivande klimat, material, etc.).

eller

B. byggnadsdel uppförs på dispens med en noggrann uppföljning.

I följande delavsnitt beskrivs innehållet mera utförligt för både punkt A respektive B.

A. BESTÄMNING VIA BERÄKNINGAR.

För närvarande kräver den kvantitativa bestämningen tillgång till specialkunskap och/eller programvaror för dator. Datorprogrammen bör ta hänsyn till variationer i byggnadsdelens omgivande klimat, m.m. Ett antal beräkningsmetoder finns idag eller är under utveckling. Men mycket behöver studeras och analyseras innan fullständig hänsyn kan tas till variationer i klimat, materialegenskaper, brukarvanor m.m. I dag behandlar programmen oftast endast en eller två fuktpåverknings. Det innebär att fuktdimensioneringen av byggnadsdelen endast är genomförd för den eller de fuktpåverknings som programmet åsyftar. Övriga fuktpåverknings som inte beaktas av programvaran måste också genomgå, antingen med andra programvaror eller med hjälp av någon av de andra nivåerna, Fuktritningar eller Kvalitativ bedömning.

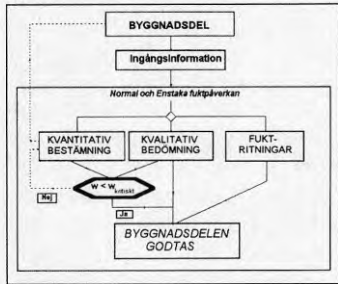
Programvarorna till datorer grundar sig oftast på matematiska beräkningsmodeller med olika antaganden. Antaganden kan gälla matematiska förenklingar men också antaganden om materialkriterier eller klimatvariationer. Exempel på antaganden är att stationära förhållanden måste råda, eller t.ex. konstanta värmeövergångskoefficienter, materialkoefficienter. Modellen verifieras oftast med fältförsök eller laborieförsök för att kontrollera att beräkningen med gjorda förenklingar överensstämmer med den eller de fuktpåverknings som avses.

Resultatet från beräkningarna bör jämföras med vissa materialkriterier för att granska om ett acceptabelt fukttillstånd finns eller inte, se avsnitt 1.1.4 AKTUELLT FUKTTILLSTÅND.

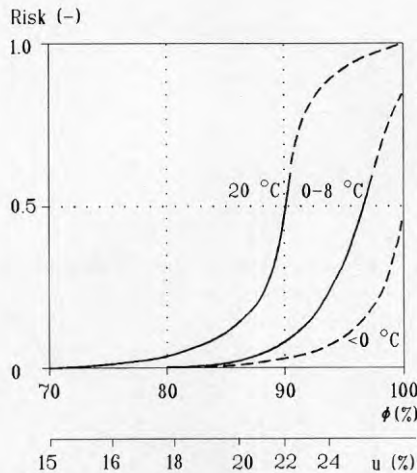
B. DISPENSUPPFÖRANDE AV BYGGNADER

Vid dispensuppförande av byggnadsdelen skall omsorgsfulla mätningar och/eller besiktningar verkställas. Mätningarna utvärderas noggrant av sakkunnig och resultatet måste ge acceptabla fukttillstånd innan konstruktionen produceras i större omfattning. Hur lång tid man behöver för uppföljningen är beroende av byggnadsdelens utformning, de ingående materialen, etc.

1.1.4 AKTUELLT FUKTTILLSTÅND



Kvantitativt bestämda eller kvalitativt bedömda byggnadsfysikaliska värden måste jämföras med kritiska gränsvärden för respektive materials fuktegenskaper. I figuren 1.1 anges detta med $w < w_{\text{kritiskt}}$. Jämförelsen sker för att undvika olika former av skador eller andra olägenheter t.ex. emissioner, korrosion, röta, mögel, frostsador, dimensionsändringar, påverkan på värmekonduktiviteten. Exempel på en jämförelse är risken för mögeltillväxt på trä, se figur 1.6. Ur figuren erhålls att temperaturen är en viktig parameter förutom den kritiska relativa fuktigheten.



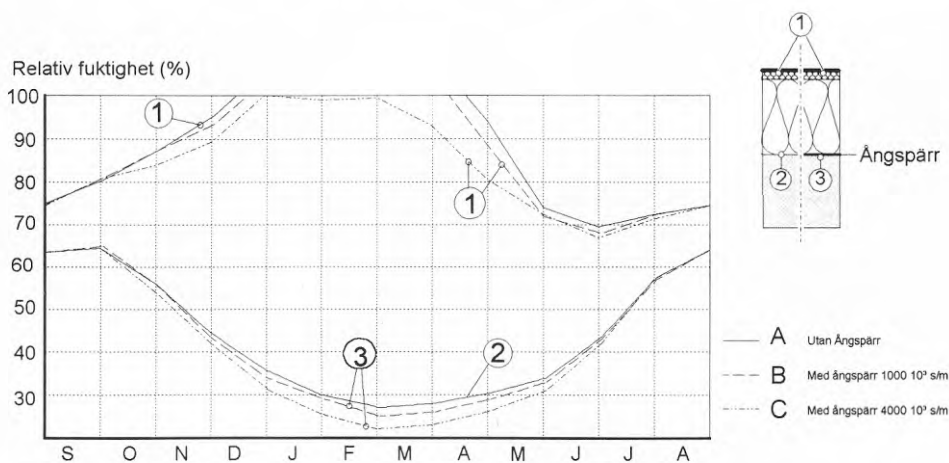
Figur 1.6 Risken för mögeltillväxt vid olika fukttillstånd för virke som hanterats på ett omsorgsfullt sätt. Nevander, Elmarsson (1991).

Om beräknat värde understiger kritisk värde (Ja i figur 1.1) medför det oftast att aktuell fuktpåverkan kan godtas. Varje fuktpåverkan har villkor som måste uppfyllas. Det medför att kontrollen måste utföras ett flertal gånger innan byggnadsdelen kan godtas ur fuktsynpunkt. De värdena man jämför beräkningarna emot, kritiska värdena, innehåller normalt en säkerhet mot fuktskador. Trä och träbaserade produkter är exempel på material som har ett kritisk intervall mellan 75-90% relativ fuktighet (se tabell 1.1). Om man väljer en kritisk relativ fuktighet på 75% innebär det en god säkerhet mot mögel. Då en hög säkerhet väljs och om villkoret $w < w_{\text{kritiskt}}$ inte blir uppfyllt (Nej i figuren) kan man exempelvis välja en lägre säkerhet, utföra en noggrannare beräkning eller välja något annat material som har för ändamålet mer lämplig fuktegenskap (t.ex. är mindre känsligt för fukt). Det rekommenderas dock att inte välja en lägre säkerhet utan att utreda konsekvenserna därav. Välj i så fall hellre något av de andra alternativen. Noggrannare beräkning innebär oftast att den kvantitativa bestämningen utnyttjas.

För en konstruktion kan man t.ex. under någon av fuktpåverkningarna studera ett speciellt materials fuktegenskap. I detta exemplet gäller fuktpåverkan luftfukt inomhus och ångdiffusion. För ett oventilerat varmtak har studerats hur en materialegenskap, ångspärrens ånggenom-

1. Fuktdimensioneringsmetod

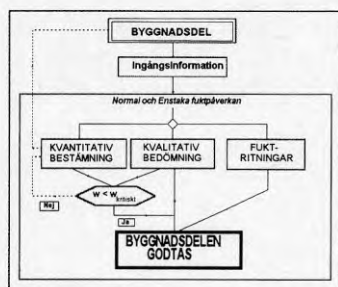
ångsmotstånd (Z), påverkar fuktförhållandena. Varmtaket är uppbyggt av två lager papp-tätskikt, hård mineralull, ångspärr samt betong (se inlagen skiss i figur 1.7). Beräkningar har gjorts månadsvis utan hänsyn till solstrålningen och redovisar dels den relativa fuktigheten precis under tätskiktet (①) och dels på ångspärrs utsida (② och ③). Ångspärren ska bl.a. förhindra att skador uppkommer via en ångtransport från insidan mot utsidan av konstruktionen. För oventilerade varma tak bildas kondens under tätskiktet under uppvärmningssäsongen. För fallet B (streckad) finns en ångspärr med ånggenomgångsmotstånd $Z_B = 1000 \cdot 10^3$ s/m och för C (punktstreckad) en med $Z_C = 4000 \cdot 10^3$ s/m. Genom att öka ånggenomgångsmotståndet för ångspärren från $1000 \cdot 10^3$ till $4000 \cdot 10^3$ s/m, kan kondensens tidsperiod minska från ca. fyra månader till en. I figuren finns ytterligare en kurva för samma konstruktion men som helt saknar ångspärr, kurva A (heldragen linje). Om man jämför kurva A med B finner man att den visar en till två månader lägre kondensperiod. Dessutom blir beräknad kondenserad mängd betydligt högre för fallet A än för fallet B. A är dessutom en oacceptabel lösning på sikt med upplagring av vatten i värmeisoleringen. Ångspärren uppfyller en ytterligare funktion: den hindrar byggfukten från betongen att avdunsta mot värmeisoleringen.



Figur 1.7 Ångspärrs betydelse för kondensens tidsperiod under ett normalt år.

Idag kan man endast beräkna eller uppskatta hur fukttillståndet kommer att vara i konstruktionen som ett minimum och/eller maximumvärde. Man kan även bedöma om konstruktionen torkar ut inom en rimlig tid m.m. Allteftersom kunskapen ökar bör bestämmingar ge förutsägelser om fukttillstånd som sannolikheter för att olika fukttillstånd inträffar under en byggnads livstid. Häre ingår att ta hänsyn till variationer i klimat, materialegenskaper, brukarvanor med mera. Denna sannolikhet kan sedan ställas emot risken för att vissa skador inträffar, vilket innebär att en riskanalys genomförs. I denna bör tas hänsyn till risken för grova fel och exceptionella händelser.

1.1.5 BYGGNADSELEN GODTAS



En fuktdimensionering är "teoretiskt" genomförd när alla fuktpåverkningar har genomgått. Som vi har sett finns det olika förfaringssätt för att kontrollera en byggnadsdel. Oavsett valet av förfaringssätt finns det olika krav under både normal och enstaka fuktpåverkan som måste ge rimligt resultat. Acceptabla nivåer eller beräkningsresultat (kvalitativ bedömning och kvantitativ bestämning), exakta jämförbara lösningar (fuktritningar) för varje fuktpåverkan gör byggnadsdelen att godtas.

En fuktdimensionering är praktiskt genomförd när man har konstaterat att byggnaden är skadefri. För en projektör och med det nuvarande erfarenhetssystemet kan det vara svårt att konstatera om en byggnad är skadefri och utan några fuktproblem. Erfarenheter krävs från byggnadsskedet till förvaltningen av byggnaden. Ett exempel är att reparationsarbetena i vissa fall inte förmedlas. Det innebär att fler liknande fel kan göras innan informationen fås. Produktionen under byggnadstiden är ett annat problem. Projektören får oftast inte underrättelse om hur material eller komponenter hanteras på byggarbetsplatsen. Hanteringen kan vara bristfällig och kan ske även om entreprenadföretaget vet att man inte ska behandla material och komponenter på ett sådant sätt. Som exempel kan nämnas att trä förvaras öppet så att nederbörd och markfukt direkt kommer i kontakt med träet, vilket är en god grogrund för mögelsporer och andra mikroorganismer; prefabricerade element skyddas inte mot nederbörd, utan det finns fritt vatten i elementen som ger skador; den nygjutna betongplattan torkar inte tillräckligt snabbt eftersom man har inte skyddat den mot regn och snö. För att en konstruktionslösning ska bli en Fuktritning är det högst väsentligt att projektören får tillgång till byggsplatsens erfarenheter. Denne måste informeras om hur hanteringen av material och komponenter sker. Informationen kan göras i form av skriftliga veckorapporter och att man gör besök på arbetsplatsen. Som projektör bör man inte fullständigt lita på byggföretagets hantering av material och komponenter utan noggrant skriva in i byggnadens handlingar hur de skall förvaras och att även skriftliga redovisningar samt manuella kontroller skall förekomma.

Erfarenheter från byggnaden krävs även för att kontrollera att fuktdimensioneringen har genomförts på ett ur fuktsynpunkt korrekt sätt. Allt som revideras under uppförandet av byggnaden bör också kontrolleras ur fuktsynpunkt. Det kan gälla att materialleveranser blir försenade varför materialet byts ut, eller att materialen inte kan förvaras på det tänkta sättet p.g.a. förseningar av uppbyggnaden av förvaringsutrymmet (garaget eller carporten). Listan av allt som kan inträffa under själva byggnationen kan göras lång. Det är därför viktigt att redan under fuktdimensioneringen göra klart olika alternativ till lösningar m.m.

Erfarenhetsåterföringen ger projektören exempel på vad som inte kan utföras på det tänkta sättet och på hur den fuktdimensionerade byggnaden eller byggnadsdelen fungerar praktiskt. I vissa fall kan det verifiera de antagna värden som gjordes under fuktdimensioneringen.

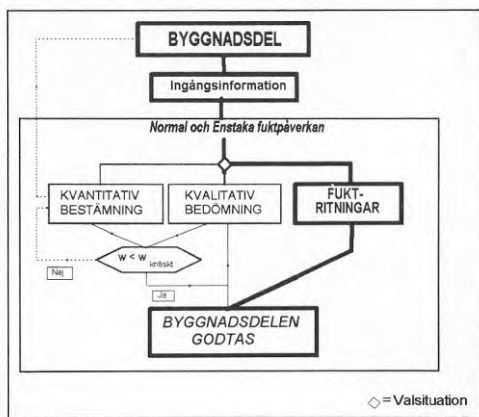
1.2 PRAKTISK ANVÄNDNING AV METODEN

I föregående avsnitt 1.1 BESKRIVNING AV ENSKILDA KOMPONENTER redogjordes för innehållet i de olika komponenterna som ingår i en fuktdimensioneringsmetod. Det tre grundläggande förfaringssätt Fuktritningar, Kvalitativ bedömning och Kvantitativ bestämning, kan kombineras med varandra för att åstadkomma en för byggnadsdelen en rimlig fuktsäkerhetsnivå. Här presenteras fem kombinationsmöjligheter och beskrivs i följande avsnitt.

- 1.2.1 FUKTRITNINGAR
- 1.2.2 KVALITATIV BEDÖMNING
- 1.2.3 KVANTITATIV BESTÄMNING
- 1.2.4 CHECKLISTOR
- 1.2.5 EXPERTSYSTEM

De komponenter i respektive avsnitt som ingår i fuktdimensioneringsmetoden (figur 1.1) anges dels i en schematiskt illustrerad bild i avsnittets början dels efterhand i texten med *kursiv text*. Ytterligare information om innehållet om en särskild komponent finns det i avsnitt 1.1 BESKRIVNING AV ENSKILDA KOMPONENTER.

1.2.1 FUKTRITNINGAR



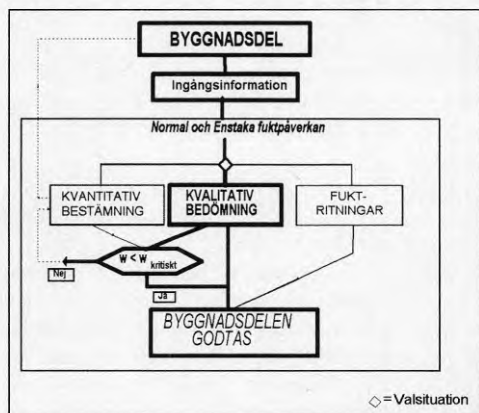
För den aktuella byggnadsdelen tas *ingångsinformationen* fram. Med hjälp av den aktuella ingångsinformationen sker det en jämförelse med *fuktritningen*. Om en överensstämmelse finns är fuktdimensioneringen klar, d.v.s. *byggnadsdelen godtas*.

Ingångsinformationen måste vara mycket noggrant angiven med avseende på alla handlingar och materialspecifikationer både för den "nya" byggnaden och för Fuktritningens. Fuktritningar bygger på tidigare byggnadstekniska erfarenheter och/eller genom en dimensionering med hjälp av de andra förfaringssätten för en fuktdimensionering. Erfarenheterna från byggnadsskedet till förvalt-

ningen av byggnaden måste vara goda ur fuktsynpunkt. För fuktritningen måste man veta hur byggnadens omgivande klimat var under uppförandet och hur det har varit under brukandet. Man bör också känna till hur byggnadsmaterialen förvarades vid uppförandet av byggnaden. Om materialen förvaras torrt skall de även förvaras torrt för den "nya" byggnaden. Under brukandet av byggnaden (fuktritningens) kan fukttillskottet (inomhus) vara lägre än det förväntade. Detta är oftast fördelaktigt ur fuktsynpunkt. Ett annat exempel är att en högre utomhustemperatur än normalt medför bl.a. mindre risk för ångdiffusion och ytkondensation. Eftersom det omgivande klimatet är viktigt för en god fuktsäkerhet ska man veta exempelvis varför vissa detaljer är utformade på ett visst sätt, eller vilken av fuktpåverkningarna som leder till en viss utformning av fuktritningen. Ytterligare beskrivning på innehållet i en fuktritningar finns i avsnitt 1.1.3 FUKTDIMENSIONERINGSNIVÅER, 1. FUKTRITNINGAR.

När fuktritningens ingångsinformation inte stämmer för byggnaden som nu skall produceras bör man genomföra fuktdimensioneringen enligt Kvalitativa bedömning (se avsnitt 1.2.2 KVALITATIVA BEDÖMNING) eller Kvantitativ bestämning (se avsnitt 1.2.3 KVANTITATIV BESTÄMNING).

1.2.2 KVALITATIV BEDÖMNING



Ingångsinformationen för byggnadsdelen tas fram. Fuktdimensioneringen genomförs genom att för varje fuktpåverkan (Normal och Enstaka fuktpåverkan) fuktförhållandena kontrolleras med hjälp av Kvalitativa bedömning, som innehåller enklare råd, anvisningar och beräkningar. När alla fuktpåverkningar är genomgångna och har lett till godtagbara fuktförhållanden via råd eller beräkningar ($w < w_{kritiskt}$) medför det att Byggnadsdelen godtas.

Ingångsinformationen bör vara komplett både när det gäller materialval såsom själva ritningsunderlaget med gällande handlingar. Det

första steget är att bestämma byggnadsdelens omgivande klimat. Utomhusklimatet är meteorologiska data för aktuell ort. Här behövs oftast max- eller minvärden. Men ibland behövs även vissa samvariationer av utomhusklimatet för diverse beräkningar. De som krävs kan vara t.ex. en samvariation av temperatur och relativ fuktighet. Oftast behövs det om inte ånghalten finns tillgänglig. Inomhusklimatet är oftast hur temperatur och relativ fuktighet eller fukttillskottet varierar (med året m.m.). Fukttillskottet kan både anges som ett konstant eller varierande värde. Valet beror bl.a. av byggnadens användning. För bostäder sätts normalt ett konstant värde på mellan 1 till 4 g/m³. Det rekommenderas att använda ett något högre värde på fukttillskottet än det troliga värdet för byggnadsdelen. Fuktförhållandena i konstruktionen varierar med tiden. För konstruktioner med hög fuktkapacitet behövs års- och månadsvärden medan för konstruktionen med liten fuktkapacitet krävs tim- eller dygnsvärden. Exempel på där relativt korta tidsperioder krävs är beräkning för bedömning av risken för invändig kondens på fönster.

Det andra steget är att ta fram aktuella materialdata. Materialdata bör innehålla uppgifter både för värmeberäkningar (värmeledningsförmåga eller övergångsmotstånd) och för fuktberäkningar (ex ånggenomsläpplighet eller ånggenomgångsmotstånd) samt de ingående materialens kritiska fuktegenskaper.

Efter preciseringen av ingångsinformationen börjar själva fuktdimensioneringen. Varje fuktpåverkan genomgås successivt och systematiskt. Under varje fuktpåverkan finns råd och/eller anvisningar om hur en detalj bör utföras för att erhålla den största möjliga fuktsäkerheten för den aktuella byggnadsdelen.

Efter beräkningen av resp. fuktpåverkan måste resultatet jämföras med de kritiska värdena som framtogets i ingångsinformationen. Detta utförs för att kontrollera att inga skador eller andra olägenheter kan uppkomma ($w < w_{kritiskt}$). Godkännande leder till att nästa fuktpåverkan studeras. Om $w > w_{kritiskt}$ leder det till att

- man väljer ett ur fuktsynpunkt bättre material. Efter ändringen utförs en ny beräkning och en ny kontroll.
- beräkningarna utförs igen men för kortare tidsperioder, exempelvis för att kontrollera när under året och under vilka förutsättningar problemet inträffar. Är det under korta tider eller

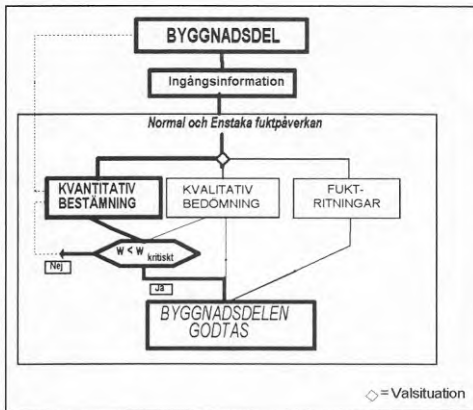
1. Fuktdimensioneringsmetod

små mängder fukt kan det kanske accepteras. Ett exempel på små mängder kan var problem p.g.a. ångdiffusion i form av kondens under tätskiktet i ett oventilerat varmtak. Vissa fall kan det ta flera decennium innan det finns skadliga mängder vatten under tätskiktet. Punkten får endast användas under förutsättning att en utredning redovisar att konsekvenserna är mycket små och inte leder till andra komplikationer.

- beräkningarna kontrolleras med hjälp av mycket noggranna analyser, d.v.s. enligt kvantitativ bestämning.

När konsekvenserna av alla fuktpåverkningar är genomgångna och samtliga ställda krav ur fuktsynpunkt är uppfyllda innebär det att byggnadsdelen godtas ur fuktsynpunkt, d.v.s. byggnaden är "teoretiskt" fuktdimensionerad.

1.2.3 KVANTITATIV BESTÄMNING



Ingångsinformationen för aktuell Byggnadsdel tas fram. För varje fuktpåverkan (Normal och Enstaka fuktpåverkan) genomförs i första hand beräkningar och i andra hand fältförsök inom ramen för Kvantitativ bestämning. För varje genomförd beräkning kontrolleras att fuktförhållandena i konstruktionen är acceptabla ($w < w_{kritiskt}$). Godtagna värden på alla fuktpåverkningarna medför att byggnadsdelen godtas. Fältförsöken godtas inte förrän en utredning av långtidsmätningar påvisar att fuktförhållandena är acceptabla.

Ingångsinformationen bör vara komplett både när det gäller materialval och själva ritnings-

underlaget. Förutom ett komplett ritningsunderlag måste byggnadsdelens omgivande klimat definieras. För utomhusklimatet behövs meteorologiska data för orten samt för inomhusklimatet hur temperatur och relativ fuktighet varierar under året. Det behövs oftast max- eller minvärden för olika typer av data samt vissa samvariationer t.ex. temperatur och relativ fuktighet. Ibland behövs även för vissa statistiska beräkningar frekvenskurvor eller varaktighetsdiagram för den data som ska användas. För inomhusklimatet måste oftast temperaturen och den relativa fuktigheten eller fuktillskottet bestämmas. Normalt sätts inomhusklimatet som ett konstant värde under hela året, eller varierande stegvis, eller det uttrycks i form av en funktion. För bostäder brukar man räkna med ett fuktillskott mellan 1 till 4 g/m³, medan andra lokaler får bedömas från fall till fall. Innan man börjar ta fram det omgivande klimatet för den aktuella byggnadsdelen bör studeras vilka programvaror som finns tillgängliga. Det finns ett antal befintliga programvaror, men mycket saknas för direkta fuktberäkningar eller de som finns är under utveckling. För närvarande utnyttjas ofta program för beräkningar av temperaturförhållandena för att kontrollera fuktens påverkan. Beräkningsprogram för temperaturförhållandet i en konstruktion finns i ett ganska stort urval såsom t.ex. för 1 till 3-dimensionella beräkningar med ett varierande omgivande klimat. Som exempel på användbara fuktberäkningsprogram kan nämnas ångdiffusion (stationära förhållanden) och uttorkning av fukt (ingen skillnad mellan in och utsidans temperatur). I vissa programvaror för exempelvis värmeberäkningar finns meteorologiska data tillgängliga medan inomhusklimatet normalt anges på något enklare sätt. För andra krävs att byggnadens omgivande klimat anpassas till programvaran, t.ex. som stegvisa ändringar eller funktioner. Det är även viktigt att skaffa sig kunskap om programvarans data. Beräkningen bör behandla det "värsta fallet", d.v.s. kontrollera det omgivande klimatet som orsakar skada. För att avgöra det krävs en ganska stor kunskap om

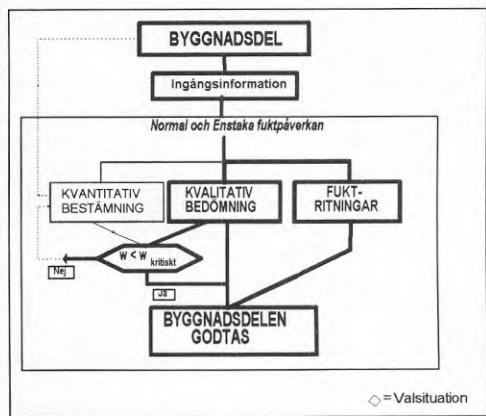
byggnadsdelens mekaniska egenskaper. I ett kommande projekt i Fuktgruppen vid LTH kommer sådana kritiska data, sk. kritiska klimatdatasekvenser, att tas fram för olika typer av konstruktionslösningar.

Ingångsinformationens materialdata bör innehålla både data för värmeberäkningar och för fuktberäkningar. Här behövs även materialens kritiska fuktegenskaper. Ibland krävs att redovisad data uttrycks med någon form av statistiska variabler, t.ex. medelvärden med standardavvikelse eller frekvenskurvor. Materialfabrikanten bör tillhandahålla de nödvändiga statistiska värdena eftersom de utför laboratorieprovningar av sina material. För att ta hänsyn till variationen i materialens fuktegenskaper används i vissa programvaror statistiska frekvensdiagram medan i andra måste man själv ta hänsyn till materialens spridning. Vid ansättningen bör man välja materialegenskaperna så att det "värsta fallet" uppkommer, t.ex. vid en ångdiffusionsberäkning för ett oventilerat varmtak med invändig betongstomme, ångspärr, utvändig värmeisolering och tätskikt: det högsta angivna ånggenomgångsmotståndet för tätskiktet och det lägsta värdet för ångspärren.

Efter genomgången av ingångsinformationen påbörjas fuktdimensioneringen av byggnadsdelen. Varje fuktpåverkan genomgås på ett metodisk sätt. I nuläget måste flera olika program till datorer utnyttjas. Det finns för närvarande inget program som samtidigt behandlar alla fuktpåverkningar som påverkar en byggnadsdel. Sådana programvaror är under utveckling eller olika programvaror kan kanske sammankopplas med hjälp av ex. expertsystem (se 1.2.5 EXPERTSYSTEM). Beräkningsresultaten måste normalt jämföras med materialens kritiska fuktegenskaper så att de inte överskrider ($w < w_{kritiskt}$). För vissa andra programvaror behövs dock ingen direkt bearbetning av resultatet. Dessa analyserar resultatet (beräknar hur lång tid det åtgår för att torka ut byggfukt eller vattnet i materialet efter läckage) eller anger risken för skador (risken för mögelskada är xx %). Den sistnämnda använder statistiska metoder, d.v.s. någon form av riskanalys. Här bedöms sannolikheten för att en skada skall uppkomma i byggnadsdelen. Om man kan godkänna byggnadsdelen beror på om man kan acceptera den framtagna risken eller inte. Givna gränser för skadefrekvensen kommer från t.ex. beställaren, eller byggnadens användningsområde. När det gäller människors hälsa bör risken för fuktskada vara ytterst liten.

Om man inte får acceptabla resultat från beräkningarna (även om man har ändrat materialegenskaper, ex ändrat till ett högre värde på ånggenomgångsmotståndet på ångspärren, kanske bytt något av de ingående materialen, analyserat konsekvenserna av fuktproblemet m.m.) finns det två alternativ: Antingen utförs byggnadsdelen med dispens eller så revideras hela byggnadsdelen. Det sistnämnda fallet medför att en ny fuktdimensionering måste genomföras. Den sista utvägen för att kontrollera en byggnadsdel är att uppföra denna på dispens. Dispens innebär att byggnadsdelen noggrant följs upp med mätning och besiktningar under en längre period. Tidsperioden längd varierar bl.a. med byggnadsdelen och ingående material. Därefter analyseras resultatet noggrant. Någon ytterligare produktion av byggnadsdelen får inte göras förrän resultaten från utvärderingen redovisar att byggnadsdelen har goda fuktförhållanden, d.v.s. inga överskridna kritiska värden eller andra olägenheter.

1.2.4 CHECKLISTOR



Ingångsinformationen för byggnadsdelen tas fram. Fuktdimensioneringen genomförs genom att för varje fuktpåverkan (*Normal och Enstaka fuktpåverkan*) kontrolleras fuktförhållandena med hjälp av *Kvalitativa bedömning* och *Fuktritningar*. Den kvalitativa bedömningen innehåller enklare råd, anvisningar och beräkningar. Fuktritningar är här lösningar på exempelvis detaljer som för en viss fuktpåverkan ger acceptabla fuktförhållanden i konstruktionen. När alla fuktpåverkningar är genomgångna och har lett till godtagbara fuktförhållanden ($w < w_{kritiskt}$) medför det att *Byggnadsdelen godtas*.

Kraven på ingångsinformationen varierar med kravet på byggnadsdelens fuktsäkerhet och checklistans utformning och innehåll. I de flesta fall behövs ett komplett ritningsunderlag med gällande handlingar och materialbeskrivningar. För vissa typer av checklistor finns kravet på en komplett ingångsinformation medan för andra kan en stor del bestämmas vid genomgången av checklisten. För grundkonstruktionen golv på mark bestäms en del ingående material vid fuktdimensioneringen.

Uppgifter om de ingående materialens kritiska fuktegenskaperna samt byggnadsdelens omgivande klimat behövs oavsett typen av checklista. De kritiska fuktegenskaperna tas fram från olika materialpärmar o. dyl. Byggnadens omgivande klimat är både meteorologisk data och inomhusklimat. Meteorologiska data finns antingen angivet i checklisten eller måste den anskaffas genom t.ex. Klimatdatahandbok eller via SMHI. För inomhusklimatet bör man bl.a. veta temperaturen och den relativa fuktigheten eller fuktillskottet. Säkerhetsfaktor bör användas både på de kritiska fuktegenskaperna och för fuktillskottet för att ta hänsyn till variationer både vad gäller materialet och brukarvanorna.

För varje fuktpåverkan finns olika typer av anvisningar. Anvisningarna i en checklista kan avse rent konstruktiva utformningar av olika anslutningar etc. (Fuktritningar) eller utnyttja råd, anvisningar och enklare beräkningar (Kvantitativa bedömningen). En checklista kan dessutom utformas med mer eller mindre detaljerade krav. Exempel på hur t.ex. en detalj skall eller bör utföras. Hur pass detaljerad checklistans utformning blir beror på de krav som ställs på byggnadsdelen och dess säkerhet mot fuktskador. För varje fuktpåverkan kan man tillse att fuktens inverkan kontrolleras från ett fåtal övergripande anvisningar till många anvisningar med detaljerade direktiv. De övergripande anvisningarna har oftast inte en direkt anknytning till en speciell konstruktion utan gäller för byggnadsdelen generellt sett. Som en parentes kan man säga att i befintlig litteratur tas ibland inte hänsyn till vilken byggnadsdel som åsyftas. Exempel på en checklista med övergripande anvisningar finns i kapitel 2. GENERELL CHECKLISTA. Många detaljerade anvisningar innebär att varje fuktpåverkan studeras för olika komponenter, material, etc. som ingår i byggnadsdelen. Checklistor med exakt definierade kontrollpunkter tillämpas oftast på specifika byggnadsdelar. Dessa presenterar de ingående materialens speciella funktioner, där vart och ett bidrar på sitt sätt till att öka fuktsäkerheten för byggnadsdelen. Ett exempel på en sådan checklista finns i kapitel 3. PROJEKTERINGSCHECKLISTA - OVENTILERAT VARMTAK MED TÄTSKIKT AV PAPP, DUKAR AV GUMMI ELLER PLAST. Andra exempel finns i informationskrifterna från Fuktgruppen vid LTH och är byggnadsdelarna Golv på mark, Uteluftsventilerade kryppgrunder samt Skalmurar.

1. Fuktdimensioneringsmetod

De beräkningsmetoder som finns i en checklista kan vara en utveckling från modellerna i kvantitativ bestämning. Från dessa modeller tas tabeller eller diagram fram med tillhörande beräkningsekvationer. Detta görs för att underlätta den kommande fuktdimensioneringen av byggnaden. Beräkningsresultatet måste därefter kontrolleras så att det beräknade fuktillståndet inte överskrider tillåtna gränsvärden, $w < w_{kritiskt}$. Om fuktillståndet överskrids väljs i första hand för ändamålet mera lämpligt material eller materialkombination. Skulle det visa sig att det inte är tillräckligt utförs mer detaljerade beräkningar innan den kvantitativa bestämningen. Om det inte ger ett godtagbart resultat revideras hela ritningsunderlaget och en ny fuktdimensionering utförs.

När alla fuktpåverkningarna är genomgångna är byggnadsdelen "teoretiskt" fuktdimensionerad. Byggnadsdelen blir endast godtagen om alla fuktpåverkningar har gett ett godkännande och kompletteringar är införda i handlingarna.

Om man vill göra en checklista för exempelvis en speciell byggnadsdel finns det en rad faktorer som bör beaktas. Vad man ska ta hänsyn till finns kortfattat beskrivet under nedanstående avsnitt UTFÖRANDE AV CHECKLISTA.

UTFÖRANDE AV CHECKLISTA

För varje byggnadsdel ska det finnas anvisningar som både beaktar normal fuktpåverkan och enstaka fuktpåverkan. När man skall åstadkomma en checklista bör man i första hand tänka på vem som skall använda den. Varje anvisning under respektive fuktpåverkan ska också vara så lättolkad som möjligt.

När man skall beakta alla fuktpåverkningar för en byggnad kan man ställa en rad olika frågor. De första frågorna som uppkommer är vanligen "Vilka är de vanligaste orsakerna till skador?"; "Vad eller vilka fuktpåverkningar är orsaken?". Om man känner till vilken eller vilka fuktpåverkningar som är skadeorsaken är det bra. Men oftast vet ingen vad som orsaken utan man kan konstatera att "om man gör så här blir det skada".

Fukt kan förekomma i flera olika former kan en checklistevariant vara att använda följande frågor:

- ✓ Vad händer om belastar byggnadsdelen? Vilka blir konsekvenserna?
- ✓ Tänk om ... inträffar, vad blir följden?

Istället för ... placeras de olika fuktpåverkan som existerar under en byggnads livslängd (t.ex. nederbörd, luftfukt utomhus, luftfukt inomhus, markfukt, byggfukt och läckage).

Exempel:

- ✓ Vad händer om *nederbörd i form av regn* belastar byggnadsdelen?

De omedelbara frågorna som uppkommer är:

- ✓ Kan det rinna av? Kan det ansamlas någonstans i konstruktionen? Kan det läcka in i skarvar? Kan det transporteras in med hjälp av vinden? etc.

För varje fuktpåverkan kan de sammanställda kraven vara översiktliga, och gälla byggnadsdelen generellt, eller vara mycket väl specificerade. Det sistnämnda gäller endast för en speciell typ av byggnadsdel. Tekniken att använda sig av speciella checklistor är i första hand för att underlätta arbetet för projektören eller konstruktören, men också att ta bättre hänsyn till byggnadsdelens speciella fuktproblem och kravnivåer. Exempel på en checklista som är tillämpad på en bestämd byggnadsdel finns i kapitel 3. PROJEKTERINGSCHECKLISTA. Den översiktliga checklistan finns i kapitel 2. GENERELL CHECKLISTA. Den presenterade checklistan i kapitel 2 är ett exempel på

en koncis form med översiktliga krav. Med den sistnämnda typen upptäcks det bl.a. vilka fukt-påverkningar som kräver noggrannare studier. Hur sofistikerad checklisten skall bli, är beroende på vilka krav som ställs på byggnadsdelen. Konkreta anvisningar som är tillämpade direkt på en speciell byggnadsdel (se ex. kapitel 3) leder oftast minskat missförstånd mellan användaren och personen som har gjort checklisten.

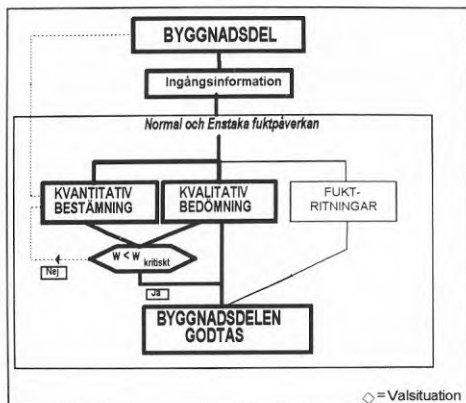
Det finns oftast två eller flera fuktpåverkningar som inverkar samtidigt på fuktillståndet i byggnadsdelen, t.ex. ytkondensation där både luftfukt inomhus och utomhus inverkar. För att utföra anvisningarna på ett korrekt sätt kan man antingen behandla problemet under båda fuktpåverkningarna eller under den fuktpåverkan som har den största inverkan på fuktillståndet.

Oavsett utformningen av checklisten behövs till checklisten någon form av protokoll eller sammanställning. Protokoll är nödvändigt för att se till att varje punkt i checklisten har behandlats och för resultatredovisningen av fuktdimensioneringen. I kapitel 2.4 EXEMPEL PÅ PROTOKOLL finns ett förslag. Protokollet kan även utgöra ett stöd vid eventuella tvister mellan projektören och beställaren, myndigheter, etc. Om man inte har något protokoll är det lätt att någon ritningsdetalj inte kontrollerats i den utsträckning som fordras.

- Vid bearbetning av separat checklistepunkt på alla ritningarna på byggnaden utförs lämpligen en markering på antingen enbart ritningen att punkt X är kontrollerad eller genom att markera på ett protokoll att punkten X är genomgången för ritning AA. Man kan även tänka sig att samtidigt använda både markeringen på ritningen och i protokollet vid checklistekontrollen.
- Vid bearbetning av checklistans punkter på en ritning för byggnaden används normalt någon form av protokoll där alla checklistans anvisningar finns med. Exempel på en sådant formulär finns i avsnitt 4.4 RESULTAT AV FUKTDIMENSIONERINGEN. När ritningen har genomgått övergår man till nästa ritning, o.s.v. Problemet här är att när ändringar på en ritning görs måste dessa jämföras med och avstämmas, direkt eller i efterhand, med alla de andra ritningarna.

Exempel på ett förslag till formulär eller sammanställning av checklistornas punkter finns både i avsnitt 2.4 EXEMPEL PÅ PROTOKOLL och avsnitt 4.4 RESULTAT AV FUKTDIMENSIONERINGEN.

1.2.5 EXPERTSYSTEM



Ingångsinformationen för byggnadsdelen tas fram. Fuktdimensioneringen genomförs genom att för varje fuktpåverkan (*Normal och Enstaka fuktpåverkan*) kontrolleras fuktförhållandena med hjälp av i första hand *Kvantitativ bestämning* och *Kvalitativa bedömning*. I första hand utnyttjas den kvalitativa bedömningen med enklare råd, anvisningar och beräkningar och i sista hand används kvantitativ bestämning för noggranna bestämningar av fuktförhållandena i byggnadsdelen. I ett expertsystem kan man även använda sig av *Fuktritningar*. Dessa används här som förslag på exempelvis detaljlösningar. När alla fuktpåverkningar är genomgångna och har lett

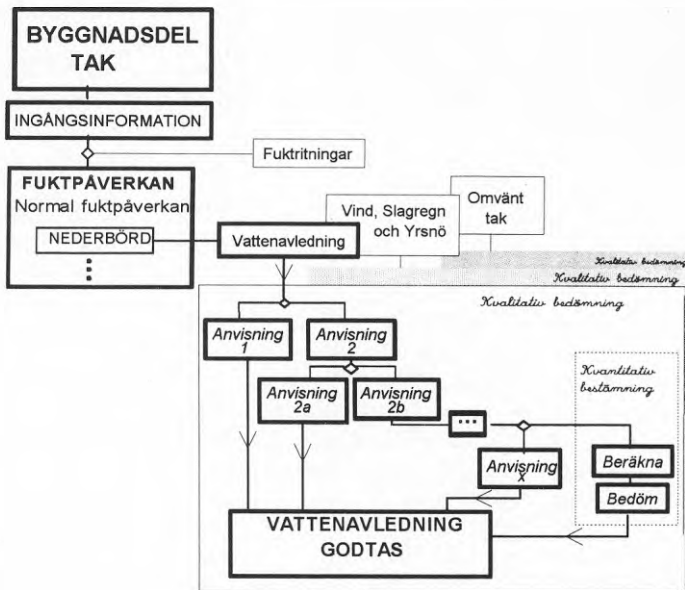
till godtagbara fuktförhållanden ($w < w_{kritiskt}$) medför det att *Byggnadsdelen godtas*.

Fuktdimensioneringsmetoden är väl anpassad till informationsteknologi och dess expertsystem. Metodens användbarhet för datoriserade system finns redovisad i rapporten "Fuktsäkerhet i byggnader, Delrapport till Statens råd för byggnadsforskning". Metoden är idag uppbyggd på det sätt som krävs, men överföring till expertsystem på PC-datorer är nästa steg i utvecklingen av metoden. Det saknas för närvarande vissa programvaror, en hel del materialdata samt även meteorologiska data för att bygga upp ett önskat system. Exempel på programvaror som är under utveckling är transienta fuktberäkningar och statistiska system. De transienta beräkningarna ska ta hänsyn till variationer både i temperatur och relativ fuktighet både på in- och utsidan av konstruktionen. Statistiska metoder tar dessutom hänsyn till exceptionella händelser, t.ex. ett vattenläckage. Resultatet från programmen redovisas för transienta beräkningar som fuktillstånd i konstruktionen under olika tidpunkter och för de statistiska beräkningar anges t.ex. hur ofta ett visst värde överskrids eller möjligheten för att en viss skada kan uppkomma. För båda typerna av beräkningsprogram krävs tillgång till relevant materialdata och klimatdata. När det gäller materialdata för de olika fuktberäkningarna finns en del materialdata tillgängligt i denna rapport. Men mycket saknas fortfarande, vilket beror på att nya material ständigt finns på marknaden och att laboratorieprovnings av materialens fuktegenskaper tar en ganska lång tid till sitt förfogande. Materialens fuktegenskap, ånggenomsläpplighet och ånggenomgångsmotstånd, som funktion av temperatur och relativ fuktighet är under studie bl.a. på Lunds Tekniska Högskola, avd. f. Byggnadsmaterial. Det är inte bara materialdatan som behöver förbättras utan även meteorologiska data. Idag används oftast medelvärden. Dessa är till största delen framtagna för energiberäkningar i olika former. Vid grova undersökningar av fuktförhållandet i en konstruktion kan dessa medelvärden användas. Men när det gäller statistiska metoder krävs noggrannare angivelser än de som finns tillgängliga idag. Vid Fuktgruppen i Lund har ett projekt påbörjats för att åstadkomma ett bättre beräkningsunderlag vid fuktberäkningar. När programmen och indatan finns tillgängliga kommer det att ge projektörer och konstruktörer en uppfattning om risken för fuktskada för olika konstruktioner och därmed ett bättre underlag för beställaren.

För att använda ett expertsystem krävs tillgång till byggnadsdelens konstruktion och dess ingångsinformation. Ingångsinformationen bör redovisa var byggnaden kommer att uppföras, vilka ingående material som finns förutom själva byggnadsdelens konstruktionen. Väl specificerad materialdata krävs för vissa datorberäkningar såsom ånggenomsläpplighetens variation med relativa fuktigheten och i vissa fall även med omgivande temperatur. Alla materialdata bör kunna erhållas från materialtillverkaren. Om inte materialfabrikanten kan ge upplysning om sitt material så väljs ett annat fabrikat som kan ge bättre upplysning om sina produkter.

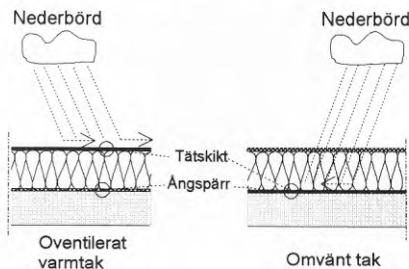
Expertsystem utnyttjar i första hand kvalitativ bedömning och kvantitativ bestämning, men ibland även Fuktritningar. Förfaringssättet mellan de två förfaringssätten är att man i första hand utgår ifrån enkla anvisningar inom ramen för den kvalitativa bedömningen. När regler och anvisningar saknas övergår till den mest avancerade nivån, den kvantitativa bestämningen. I figur 1.8 visas ett exempel på hur metoden är utformad med tillämpning på byggnadsdelen tak.

Under varje fuktpåverkan finns olika delpåkänningar som var och en skall kontrolleras innan man kan fortsätta till nästa fuktpåverkan. I figur 1.8 finner vi att under den normala fuktpåverkan "Nederbörd" finns för taket minst två delkrav som skall uppfyllas, oberoende av konstruktionstyp, nämligen "Vattenavledning" och "Vind, Slagregn och Yrsnö". Vissa typer av takkonstruktioner har ytterligare fuktpåverkningar som måste beaktas. En sådan taktyp är "Omvänt tak" där värmeisoleringen är placerad så att nederbörden ger en högre belastning än normalt för t.ex. ett oventilerat varmtak. För ett omvänt tak är tätskiktet placerat invändigt om den utvändiga värmeisoleringen och ovanpå den invändiga stommen av betong eller lättbetong (se figur 1.9).



Figur 1.8 Princip för tillämpning av fuktdimensioneringsmetoden på byggnadsdelen tak och dess vattenavledning inom ett expertsystem.

Varje delpåkänning har delkrav som skall uppfyllas. Delkraven kan lösas med exempelvis anvisningar, regler, etc. inom ramen för den kvalitativa bedömningen. Anvisningarna (Anvisning 1 tom Anvisning x i figur 1.8) under varje delpåkänning är exempel på olika delkrav. Delkraven blir mer och mer definierade, från exempelvis krav på hela taket till krav på enskilda komponenter i takkonstruktionen. Då regler och anvisningar saknas återstår det endast att utföra beräkningar för att kontrollera att fuktillstånderna är acceptabla. Vid beräkningarna används i första hand förenklade beräkningsmodeller, som är utvecklade från den kvantitativa bestämningen. Ibland finns dock inga förenklade beräkningar utan man måste använda mer noggrann analyser, d.v.s. den kvantitativa bestämningen. I figur 1.8 beskrivs den kvantitativa bestämningen som "Beräkna" och "Bedöm". Här används datorberäkningar, fältförsök, laboratorieförsök eller andra hjälpmedel för att kontrollera fuktens inverkan på byggnadsdelen eller komponenten.



Figur 1.9 Princip skisser på att oventilerat varmtak och ett omvänt tak.

När konsekvenserna av alla fuktpåverkningarna är kontrollerade är byggnadsdelen fuktdimensionerad och teoretiskt *godtagen*.

2. GENERELL CHECKLISTA

En fuktdimensionering har kravet att vara praktiskt utformad. Det innebär att projektören ska ganska enkelt kunna sluta sig till hur en konstruktion ska eller bör utföras. Metoden kan i vissa avseenden jämföras med beräkningsförfarandet vid bestämningen av en byggnadsdelens värmege-nomgångskoefficient, d.v.s. den värmeisolerade förmågan hos byggnadsdelen (U-värdet). Vid be-räkning av energibehovet bestäms ett U-värde för varje byggnadsdel. En fuktdimensionering ut-förs på liknande sätt; Varje byggnadsdel kontrolleras separat.

I detta kapitlet redovisas med ett exempel hur metoden praktiskt används. Beskrivningen sker för att ge en konkret tillämpning av metoden.

Som tidigare nämnts kan fuktdimensioneringsmetoden tillämpas på flera sätt (se avsnitt 1.2 PRAKTISK ANVÄNDNING AV METODEN). I ett av förslagen används sk. checklistor. Vilka komponenter som ingår i en checklista och utformningen av checklistorna beskrevs i avsnittet 1.2.4 CHECKLISTOR. Hur en checklista är utformad beror på vilka krav som ställs på byggnadsdelen ur fuktsäkerhetssynpunkt. Det kan vara allt från övergripande anvisningar till mycket exakt definierade kontrollpunkter. I detta kapitlet redovisas hur en checklista med övergripande kontrollpunkter eller anvisningar kan uttryckas i textform, d.v.s. utformningen av en generell checklista. En generell checklista behövs t.ex. inte tas hänsyn till om konstruktionen är uteluftsventilerad eller inte. Den exemplifierade för-utsättningen gäller för de checklistorna som presenteras i detta kapitlet. De presenterade check-listorna är därför inte direkt anpassad till någon speciell byggnadsdel, t.ex. en sådan som finns ex-emplifierad i avsnitt 3. PROJEKTERINGSCHECKLISTA - OVENTILERAT VARMTAK MED DUKAR AV PAPP, DUKAR AV GUMMI ELLER PLAST.

Generella checklistor har en nackdel jämfört med de som är definierade på en speciell byggnadsdel, t.ex. projekteringschecklistan i kapitel 3: Den kräver ganska mycket tankearbete av projektö-ren eller användaren. Det för att man för de här exemplifierade typerna bl.a. inte skiljer på om konstruktionen är uteluftsventilerad eller inte. Konstruktioner som inte är avsiktligt försedda med en uteluftsventilerad spalt o.dyl. kallas här "kompakta konstruktioner". De flesta anvisningarna i checklistorna andra gäller oavsett av utförandet, medan vissa av dem gäller för endast en speciell typ av byggnadsdel, t.ex. en uteluftsventilerad kryppgrund. Det innebär att man måste vara mycket observant när man genomför en fuktdimensionering med hjälp av de här redovisade checklistorna. Om man är osäker på om en aktuell konstruktion eller ritning ska behandlas bör man inte "hoppa över" den, utan noggrant kontrollera kraven och rekommendationerna innan den ev. förkastas. Anvisningarna i kapitlet är kortfattat beskrivna. För några av anvisningarna finns det ingen direkt ledning till var man bör studera på den aktuella ritningen för att uppfylla punktens krav. Avsakna-den på "ledtrådar" leder till att projektören måste själv avgöra vad och var som avses. I nedan-stående checklistor finns en sammanställning av de olika generella krav som en projektör förväntar sig att finna för respektive byggnadsdel.

De presenterade checklistorna ska ses som ett direkt tillämpningsexempel på fuktdimensione-ringsmetoden. Anvisningarna i checklistorna är inte helt fullständiga ur fuktsynpunkt och är all-mänt hållna. Följande byggnadsdelar finns sk. generella checklistor:

- 2.1 TAK
- 2.2 YTTERVÄGGAR
- 2.3 GRUNDKONSTRUKTIONER

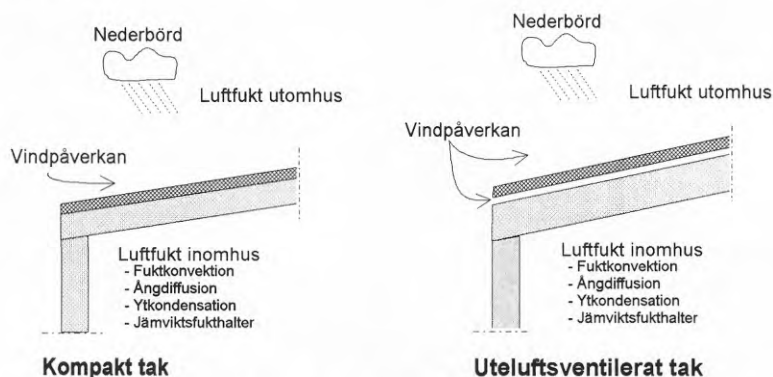
När man genomför en fuktdimensionering med hjälp av checklistor behövs någon för av samman-ställning t.ex. ett protokoll. Protokollet uppfyller två funktioner. För det första underlättar proto-kollet beslutsprocessen, d.v.s. om en konstruktion uppfyller alla kraven i checklistan (godtas) eller det finns kompletteringar som ska utföras (ej godtagen). För det andra kan man lätt kontrollera om alla checklistans punkter har genomgåts, d.v.s. att man inte har försummat någon fuktpåver-kan. Exempel på en sådan sammanställning finns i avsnittet 2.4 EXEMPEL PÅ PROTOKOLL.

2.1 TAK

I avsnitten 2.1.1 NORMAL FUKTPÅVERKAN och 2.1.2 ENSTAKA FUKTPÅVERKAN följer ett antal övergripande anvisningar och rekommendationer för byggnadsdelen tak med tillhörande anslutningar.

2.1.1 NORMAL FUKTPÅVERKAN

I följande avsnitt kontrolleras taket för fuktpåverkningar som finns omkring byggnaden under hela dess totala livslängd. Några av de fuktpåverkningarna som skall beaktas av checklistan finns illustrerade i figur 2.1.



Figur 2.1 Exempel på normala fuktpåverkningar, som finns i och omkring ett "kompakt tak" och ett "uteluftsventilerat tak".

NEDERBÖRD

1. Taklutningen rekommenderas vara större än 1:16 dock minst 1:40.
2. Använd takbeläggingsmaterial som rekommenderas (se tabell 2.1) för rådande taklutning, vid hinder, anslutningar och genomföringar. Taket bör luta ifrån hinder, anslutningar och genomföringar.

Taktäckning	Minsta lutning
Takpapp, dukar av Gummi eller Plastfolie	1:40 (1,5°)
Plan falsad rostfri plåt	1:40 (1,5°)
– dubbelfalsad plåt i bandtäckning	1:10 (6°)
– dubbelfalsad plåt i skivtäckning	1:10 (6°)
– enkelfalsad plåt i bandtäckning	1:4 (14°)
Profilerade skivor (plåt mm)	
– utan tvärskarvar	1:10 (6°)
– med tvärskarvar	1:4 (14°)
Takpannor av plåt, tegel, betong	
– pannor på vattenavledande underlag	1:2 (27°)
– ofalsade pannor på underlagstäckt trä	1:2,5 (22°)
– falsade pannor på underlagstäckt trä	1:3 (18°)

Tabell 2.1 Rekommenderad taklutning för några taktäckningsmaterial. Nevander & Elmarsson (1981).

3. Se till att nederbörden inte kan rinna in i skarvar, anslutningar till andra byggnadsdelar eller föras in i takkonstruktionen med hjälp av vinden.
4. Se till att placera genomföringar i ett fåtal grupper på taket. Rekommendationen gäller inte för invändigt placerade takbrunnar och bräddavlopp. Undvik helt att placera andra genomföringar i rännalden utan placera dem invid takets höjdpunkter.
5. Se till att taket lutar mot takavvattningssystemet och att takavvattningssystemet är uppbyggt på ett sådant sätt att allt vatten avleds, ex. takbrunnen placeras i takets lågpunkten, taket ska luta mot takbrunn etc.
6. Förhindra att snö inte kan återfrysa och ge uppdämningar.
7. Om det finns eller kommer att finnas träd i byggnadens omgivning bör takbrunnarnas antal ökas. Se till att stuprör har resningsmöjligheter som samtidigt förhindrar att löv etc. täpper igen systemet.
8. Undvik försänkta rännaldar p.g.a. svårigheter med arbetsutförande vid invändig takavvattning.
9. Vid invändig takavvattning skall bräddavlopp finnas som indikerar när takbrunnen/na är igentäpta.
10. Om någon enstaka takpanna eller överlagsplatta har gått sönder kan regn på undertäckningen accepteras under kortare tidsperioder. Kontrollera med undertäckningsfabrikanten hur länge regn kan accepteras. Nederbörden bör inte tränga in genom undertäckningens skarvar eller på annat sätt komma in i konstruktionen med hjälp av vinden.

LUFTFUKT UTOMHUS

1. Se till att inte uteluften kan sugas i konstruktionen med hjälp av ett invändigt undertryck invid taket. Kontrollera vid exempelvis rörelsefogar och anslutningsdetaljer, framförallt för konstruktioner som innehåller kyl- och frysrum (invändig temperatur är lägre än årsmedeltemperaturen utomhus) eller när större invändiga undertryck beräknas förekomma.

För ventilerade tak:

2. Tak med pannor eller överlagsplattor och underlagstäckning bör utföras både enligt takpannefabrikantens respektive undertäckningsfabrikantens anvisningar.
3. Materialen i vindsutrymmen rekommenderas att ha en god fuktkapacitet och att tåla normal fuktbelastning utan att ta skada. Vid taktäckning av plåt bör kondenserat vatten tas om hand, t.ex. med hjälp av en undertäckning.
4. Placera trä eller träbaserade material så varmt som möjligt.

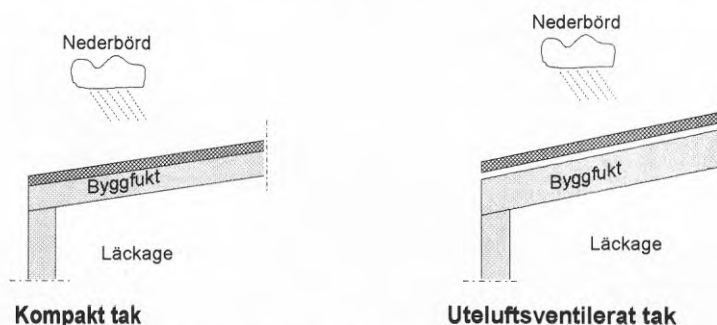
LUFTFUKT INOMHUS

1. Kontrollera om fukttransport p.g.a. ånga (ångdiffusion) kan påverka konstruktionen. Om så är fallet placera en ångspärr i konstruktionens insida.
2. Se till att en god lufttäthet finns. Kontrollera speciellt anslutningar till andra konstruktioner, skarva, överlapp, där luftläckage kan förekomma. Täck på att ett invändigt övertryck alltid kan förekomma temporärt invid taket. Det är därför av största vikt att en god lufttäthet finns för att undvika fuktkonvektion.
3. Om en ångspärr av plastfilm ska placeras i taket rekommenderas att elkablar och ventilationskanaler förläggs helt och hållet på plastfoliens varma sida i en sk. invändig installationspalt.

- Kontrollera att indragningen av ångspärren i taket inte ger kondens med en diffusionsberäkning.
- Undvik håltagning i ångspärren. Om håltagning måste utföras skall tätningen utföras noggrant, se t.ex. ångspärnsfabrikantens anvisningar.
 - Vid håltagningar och sprickor i konstruktioner utan ångspärr skall dessa tätas noggrant så att inget luftläckage kan förekomma.
 - Undvik köldbryggor. Om köldbryggor inte kan undvikas eller åtgärdas bör ev. kondenserad fukt mängd uppskattas. Kontrollera om kondensen kan orsaka fukt skador eller andra olägenheter. Se till att en tillräcklig del av värmeisoleringen placeras på utsidan av köldbryggan.

2.1.2 ENSTAKA FUKTPÅVERKAN

I följande avsnitt kontrolleras taket för fuktpåverkningar som uppkommer under någon tidpunkt av byggnadens totala livslängd. I figur 2.2 finns de enstaka fuktpåverkningarna skisserade.



Figur 2.2 Exempel på enstaka fuktpåverkningar, som finns i och omkring ett "kompakt tak" och ett "utluftsventilerat tak".

NEDERBÖRD UNDER BYGGNADSTIDEN

- Kontrollera att byggnadsmaterial förvaras så som materialfabrikanterna anvisar. Byggnadsmaterial som inte kommer att utsättas för nederbörd under brukartiden bör förvaras torrt, ex. inomhus, luftigt under presenning och avskilt från marken.
- Använd provisoriskt tak eller presenning över byggnaden för att förhindra att nederbörden tränger in i konstruktionen. Tänk på att nederbörd på eller i värmeisoleringen orsakar en förhöjd energiförbrukning om fukt finns instängd mellan två ångtäta skikt. I vissa fall kan instängd fukt ge uppåt 20% högre energiförbrukning mot en normal förbrukning under vissa perioder under året.

BYGGFUKT

- Kontrollera att konstruktioner med material som tillförs fukt under uppförande t.ex. betong eller lättbetong, kan torka ut inom rimliga tider. Kontrollera att det icke hygroskopiska materialet inte orsakar skador på de omgivande materialen efter det att uttorkningen har skett till den lägsta kritiska fuktnivån.

2. Kontrollera att fuktiga material, t.ex. materialen belastas av nederbörd under uppförandet, inte byggs in i konstruktionen. Kontrollera speciellt hygroskopiska material, t.ex. trä och träbaserade material.
3. När fuktkänsligt material, t.ex. trä skall appliceras mot fuktigt material, t.ex. betong eller lättbetong: Se till att placera en fuktspärr/ångspärr mellan dem.
4. Se till att uttorkningstiden inte förlängs av olämplig ytbehandling och/eller av de invändiga beklädnadsmaterialen (tillsammans). Ge anvisningar till beställaren när eventuellt ny ytbehandling kan genomföras.
5. Placera en alkalibeständig ångspärr på betong eller lättbetong.
6. Kontrollera att byggfukten inte kan transporteras till andra konstruktioner och anslutningar där den kan kondensera eller på annat sätt ge skada.

LÄCKAGE

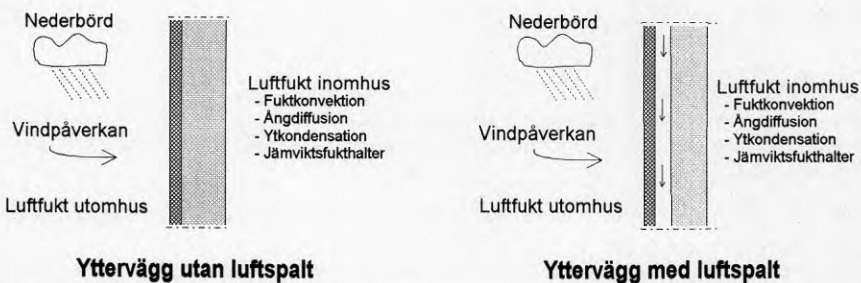
1. Se till att vattenledningsrör placeras så att eventuellt läckage kan upptäckas i tidigt skede.
2. Kontrollera erforderlig rörisolering med avseende på kondens. När det gäller rör som har en lägre temperatur än omgivande luft kan kondens oftast inte undvikas; se till att sådana rör placeras i speciella vattensäkra schakt som tar hand om överskottsvattnet.

2.2 YTTERVÄGGAR

I avsnitten 2.2.1 NORMAL FUKTPÅVERKAN och 2.2.2 ENSTAKA FUKTPÅVERKAN följer vissa övergripande anvisningar och rekommendationer för ytterväggskonstruktionen med tillhörande anslutningar.

2.2.1 NORMAL FUKTPÅVERKAN

I följande avsnitt kontrolleras ytterväggen för fuktpåverkningar som finns omkring byggnaden under hela dess totala livslängd. De normala fuktpåverkningar som skall beaktas finns illustrerade i figur 2.3.



Figur 2.3. Exempel på normal fuktpåverkningar, som finns i och omkring en Yttervägg utan luftspalt, d.v.s. en "kompakt yttervägg", och en yttervägg med luftspalt, d.v.s. en "uteluftsventilerad yttervägg"

NEDERBÖRD

1. Se till att fukt som absorberas av fasadmaterialet/en kan torka ut utan att skador eller andra olägenheter uppkommer.
2. Se till att fasadmaterialets/ens överlapp vid skarvar, anslutningar, etc. är tillräckligt täta och korrekt utförda så att vatten inte kan transporteras in i konstruktionen: kapillärt, eller med hjälp av vinden, eller rinner in, m.m.
3. Vid fasadmaterial av trä bör lämplig färgsystem väljas. Exempel på lämpliga färgsystem är:
 - Täckmålning: Lösningssmedelsbaserad grundolja + Lösningssmedelsbaserad grundning + täckmålning med alkyd- eller akrylatfärg;
 - Lasyr eller täcklasyr: Två strykningar där den första bör vara något förtunnad;
 - Slamfärg (dock inte på hyvlat trä): t.ex. Falu Rödfärg.
4. Använd om möjligt tvåstegstätning av fasaden, d.v.s. en yttervägg med luftspalt och vindsyddande skikt ska finnas bakom fasadmaterialet. I luftspalten ska finnas dräneringsmöjligheter för vatten som tränger in. Vattenutledande skikt med lutning utåt ska finnas i luftspaltens botten. Se till att luftspalten fungerar, ex. inte blir fylld med brukstuggor. Vid enstegstätning (regn och vindsydd i ett skikt), d.v.s. en yttervägg utan luftspalt, krävs noggrant utförande av fogar, överlapp, etc. Det gäller speciellt om fasadmaterialets fuktkapacitet är försumbar (plåt och natursten).
5. Vid byggnader som är lägre än tre plan bör man om möjligt använda ett stort taksprång. Detta för att minska nederbördens inverkan (genom slagregn) på ytterväggen.
6. Vid val av fasadmaterial såsom ett frostbeständigt tegel bör man tänka på att slagregnsbelastningen på en yttervägg varierar med höjden på väggen. Hur mycket som belastar väggen är beroende av bl.a. väggens orientering, geografiska läge, omgivande bebyggelse, omgivande växtlighet, m.m.
7. Ta hänsyn till att fukten kan transporteras från en fuktig fasadbeklädnad, t.ex. fasadtegel mot en invändigt placerade ångspärren. Transporten sker när solen belyser en fuktmättad fasadbeklädnad. Transporten leder till att höga fuktillstånd kan finnas vid ångspärren, p.g.a kondens. Kontrollera hur mycket vatten som kan accepteras innan skada uppkommer i t.ex. syllen. Om stora mängder förekommer vid ångspärren kan fasadteglet impregneras utvändigt eller undersöks om en tillräcklig lufttäthet finns utan ev. ångspärr.

LUFTFUKT UTOMHUS

1. Kondens på fasadbeklädnadens insida kan orsakas av temperaturändringar vid vissa väderförhållanden. Använd tvåstegstätning vid fasadmaterial av icke hygroskopiska karaktär; t.ex. plåt eller natursten (granit, marmor etc).
2. Placera syllen så nära insidan av ytterväggen som möjligt och se till att det finns ett skikt värmeisolerings på utsidan av den.

LUFTFUKT INOMHUS

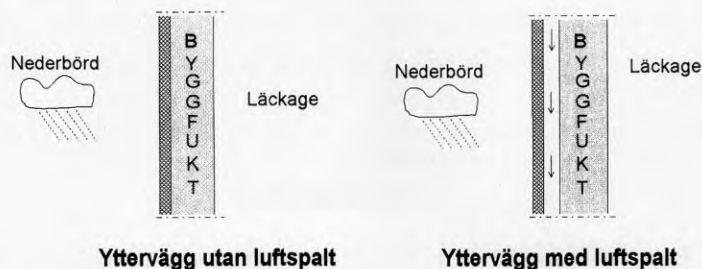
1. Kontrollera om en särskild ångspärr behövs med hjälp av en diffusionsberäkning.
2. Se till att en god lufttätning finns. Kontrollera speciellt anslutningar till andra konstruktioner, skarvar, överlapp etc. där ett luftläckage kan förekomma. Tänk på att övertryck temporärt kan förekomma vid ytterväggens övre delar, t.ex. vid anslutningen till taket, även om man har

frånluftventilation av byggnaden. Övertrycket kan orsakas av kombinationer av vindens påverkan, temperaturskillnader mellan in och utsidan och det ökar när fläktsystemet (frånluft) är ur funktion. Det är därför av största vikt att man har en god lufttätethet för att undvika fuktkonvektion.

3. Då ångspärr behövs i ytterväggen rekommenderas en installationsspalt närmast väggens insida, där elkablar och ventilationskanaler kan placeras. Indragning av ångspärren av ytterväggen bestäms av en diffusionsberäkning. Vattenledningsrör skall dock placeras väl synliga.
4. Det rekommenderas att alla installationer etc. placeras innanför ångspärren. Vid klimatanläggningar med kondensorn placerad på ytterväggens utsida bör risken för fuktskador i fasadbeklädnaden undersökas.
5. Undvik håltagning i ångspärren. Ångspärren skall tätas mycket noggrant vid alla skarva, genomföringar, etc. enligt ångspärrsfabrikantens anvisningar.
6. Vid håltagningar eller sprickor i konstruktioner utan ångspärr (t.ex. invändig betongstomme) skall dessa tätas noggrant så att inget luftläckage kan förekomma.
7. Undvik köldbryggor. Se till att en del av värmeisoleringen placeras på utsidan av köldbryggan. Om köldbryggor inte kan undvikas eller åtgärdas bör den kondenserade mängden fukt uppskattas. Kontrollera att kondensen kan orsaka fuktskador eller andra olägenheter.
8. Rum med en hög fuktbelastning skall ventileras väl.
9. Om ytterväggens insida belastas av direkt vattenspolning måste väggen förses med speciellt fuktskydd som förhindrar en vidare transport in i konstruktionen.

2.2.2 ENSTAKA FUKTPÅVERKAN

I följande avsnitt kontrolleras ytterväggen för fuktpåverkningar som uppkommer under någon tidpunkt av byggnadens totala livslängd. I figur 2.4 finns de enstaka fuktpåverkningarna skisserade.



Figur 2.4 Exempel på enstaka fuktpåverkningar, som finns i och omkring en yttervägg utan luftspalt, d.v.s. en "kompakt yttervägg" och en yttervägg med luftspalt, d.v.s. "uteluftventilerad yttervägg".

NEDERBÖRD UNDER BYGGNADSTIDEN

1. Kontrollera att byggnadsmaterialen som ska användas i konstruktionen förvaras som materialfabrikantens anvisning. Det rekommenderas att de byggmaterial som inte kommer att utsättas för nederbörd under brukstiden ska förvaras torrt. Exempel inomhus, luftigt och avskilt från marken samt luftigt under presenning eller tak.

2. Använd provisoriskt tak eller presenning för att förhindra fuktbelastning från nederbörden på redan uppförda delar av ytterväggen.
3. Se till att prefabricerade byggnadsdelar skyddas väl mot nederbörd i olika former. Täck över med presenning etc.

BYGGFUKT

1. Kontrollera att konstruktioner med material som tillförs fukt under uppförandet, ex. betong, lättbetong och skalmurar, kan torka ut inom rimliga tider. Kontrollera att det icke hygroskopiska materialet inte orsakar skador på de omgivande materialen efter det att uttorkningen har skett till den lägsta kritiska fuktnivån.
2. Kontrollera att fuktiga material, t.ex. materialen belastas av nederbörd under uppförandet, inte byggs in i konstruktionen. Kontrollera speciellt hygroskopiska material, t.ex. trä och träbaserade material och ange vilket maximalt fuktnivå som kan accepteras utan att skador uppkommer.
3. När fukt känsligt material, t.ex. trä skall appliceras mot fuktigt material, t.ex. betong eller lättbetong: Se till att placera en fuktspärr/ångspärr mellan dem.
4. Se till att uttorkningstiden inte förlängs av olämplig ytbehandling och/eller av de invändiga beklädnadsmaterialen (tillsammans). Ge anvisningar till beställaren när eventuellt ny ytbehandling kan genomföras.
5. Kontrollera att byggfukten inte kan transporteras till andra konstruktioner och anslutningar där den kan kondensera eller på annat sätt ge skada.

LÄCKAGE

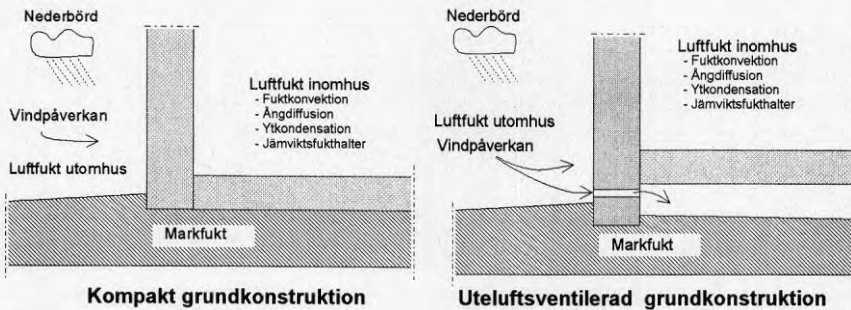
1. Se till att vattenledningsrör placeras så att eventuellt läckage kan upptäckas i tidigt skede.
2. Kontrollera att erforderlig rörisolering finns för att undvika kondens. Rör som har lägre temperatur än den omgivande luften bör placeras i ett speciellt vattensäkert schakt som tar hand om överskottsvattnet eller man bör ange när värmeisoleringen troligen måste bytas ut.
3. Kontrollera att tillfälligt läckande stuprör och hängrännor inte kan orsaka skador i eller på konstruktionen.
4. Kontrollera takavvattnings stuprör och hängrännor. Finns det risk för ett läckage vid ytterväggen som ledet till en förhöjd fuktpåverkan?

2.3 GRUNDKONSTRUKTIONER

I avsnitten 2.3.1 NORMAL FUKTPÅVERKAN och 2.3.2 ENSTAKA FUKTPÅVERKAN följer vissa övergripande anvisningar och rekommendationer för grundkonstruktioner med tillhörande anslutningar.

2.3.1 NORMAL FUKTPÅVERKAN

I följande avsnitt kontrolleras grundkonstruktionen för fuktpåverkningar som finns omkring byggnaden under hela dess totala livslängd. I figur 2.5 finns illustrerat de normala fuktpåverkningar som skall beaktas under fuktdimensioneringen med checklistan.



Figur 2.5 Exempel på normal fuktpåverkningar, som finns i och omkring en "kompakt konstruktion" (t.ex. golv på mark) och en "uteluftsventilerad konstruktion" (t.ex. krypprunder).

NEDERBÖRD

1. Se till att marken utanför byggnaden lutar med minst 1:20 och minst 3 m ut från grunden räknat.
2. Se till att nederbörden som rinner ner mot grunden t.ex. från ytterväggar, antingen kan avledas ut från grundkonstruktionen eller kan samlas upp i dräneringen, utan att några skador uppkommer.
3. Se till att nederbörden inte kan transporteras in i grunden via ventiler, springor eller spalter. Transporten kan exempelvis sugas in kapillärt, eller föras in med hjälp av vinden, eller rinna in genom springor eller spalter.
4. Sockelhöjden bör minst vara 200 - 300 mm för att förhindra att vattenstänk från markytan ökar fuktbelastningen mot fasadbeklädnaden.

LUFTFUKT UTOMHUS

1. Uteluftsventilerade konstruktioner (ex. krypprum) skall konstrueras så att en bra luftventilation erhålls i krypprunden. Kontrollera att inte buskar m.m. täcker ventilationskanalerna och att ventilationskanalernas utformas så att en horisontell luftströmning fås genom ventilen. Ventilationsöppningarna placeras så att hela utrymmet ventileras. Observera att det i allmänhet också måste finnas öppningar för luftventilation i hjärtväggsmuren.
2. Placera syllen så nära insidan av ytterväggen som möjligt och se till att det finns ett skikt av värmeisolering på utsidan av syllen.

3. För uteluftsventilerade grundkonstruktioner rekommenderas att materialen i det uteluftsventilerade utrymmet kan ta upp fukt under vissa tidsperioder (hög fuktkapacitet) under året och avge dessa under torrare förhållanden utan att materialen eller andra ingående komponenter tar skada.

LUFTFUKT INOMHUS

1. Den största delen av värmeisoleringen bör placeras på konstruktionens kallaste sida, ex. för platta på mark direkt på marken ovanpå dräneringslager och geotextilduk. För krypgrunder placeras en del av värmeisoleringen på marken ovanpå dräneringslagret och geotextilduk.
2. Kontrollera att diffusionen inte leder till en hög fuktbelastning i något av konstruktionens ingående material. Ett materials lägsta kritiska värde (ex. kritiska relativ fuktighet/ånghalt) bestämmer den högsta tillåtna fuktbelastningen.
3. Kontrollera att konstruktionen är lufttät, inklusive ex. alla skarvar, genomföringar och anslutningsdetaljer. Normalt sätt finns undertryck vid grundkonstruktionen om inte byggnadens ventilationssystem ändrar förhållandena. Lufttätning behövs för att bl.a. undvika golvdrag och olägenheter i form av dålig luftkvalitet, t.ex. unken lukt och radonhaltig luft från grunden.
4. Undvik köldbryggor. Se till att en del av värmeisoleringen placeras på utsidan av köldbryggan. Om köldbryggor inte kan undvikas eller åtgärdas bör kondenserad mängd fukt uppskattas. Kontrollera att kondensen inte kan orsaka fuktskador eller andra olägenheter.

MARKFUKT

För fuktpåverkan markfukt skall hänsyn tagas både till vatten i gasform, ÅNGFAS, och vatten i flytande form, VÄTSKEFAS.

ÅNGFAS

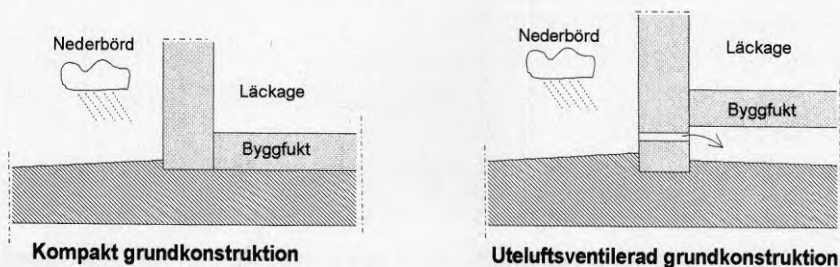
1. För golv på mark finns 4 olika alternativ för att motverka markfukt i ångfas:
 - a. Välj en golvbeläggning med litet ånggenomgångsmotstånd. Detta gäller endast där man tillåter "fuktiga golv" (eller vid renovering av gamla byggnader).
 - b. Utforma grunden med en underliggande värmeisolering under hela grundkonstruktionen mellan betongplattan och den underliggande marken. Kontrollera med beräkning att värmeisoleringens översida är 2 till 3 °C varmare än dess undersida under hela byggnaden.
 - c. Placera ett alkalibeständigt fuktskydd (ångspärr eller fuktspärr) mellan betongplattan och fuktkänslig golvbeläggningen.
 - d. Använda en mekaniskt inomhusventilerad luftspalt i grundkonstruktionen med kontinuerlig drift.
2. För uteluftsventilerade krypgrunder:
 - a. Placera en del av värmeisoleringen på den fuktiga marken ovanpå en ångspärr.
 - b. Se till att avlägsna virkesrester, humus och andra organiska material innan ångspärren läggs ut i krypprummet. Se till att eventuell kondens på plastfolien kan rinna av.

VÄTSKEFAS

1. Se till att ett kapillärbrytande lager finns under hela byggnadsdelen med en minsta tjocklek av 2 ggr. det kapillärbrytande skiktets stighöjd. För att förhindra att den befintliga jorden transporteras in i det kapillärbrytande lagret kan en geotextilduk användas. Den bör placeras mellan den befintliga jorden och det kapillärbrytande skiktet.
2. Se till att fungerade dränering finns med en minsta lutningen på 1:200 mot uppsamlingskanalen. Vattnet skall ifrån uppsamlingskanalen transporteras direkt till ex. dagvattenavloppet. Minsta dimension är 70 mm och rören skall vara placerade i underkant av dräneringslagret vid grundmur. Oavsett grundkonstruktion skall schaktbotten luta mot dräneringsrören.

2.3.2 ENSTAKA FUKTPÅVERKAN

I följande avsnitt kontrolleras grundkonstruktionen för fuktpåverkningar som uppkommer under någon tidpunkt av byggnadens totala livslängd. En skiss av enstaka fuktpåverkan finns i figur 2.6.



Figur 2.6 Exempel på enstaka fuktpåverkningar, som finns i och omkring en "kompakt grundkonstruktion" och en "uteluftsventilerad grundkonstruktion"

NEDERBÖRD UNDER BYGGNADSTIDEN

1. Se till att förvara byggnadsmaterialen torrt och så som materialfabrikanten föreskriver. De byggnadsmaterialen som inte kommer att utsättas för utomhusklimat under brukartiden bör inte utsättas för höga fuktpåverkningar under uppförandet av byggnaden. Förvaringen kan ske t.ex. inomhus, luftigt under presenning eller tak och avskilt från marken.
2. Använd provisoriskt tak eller presenning över grundkonstruktionen för att förhindra att nederbörd belastar grunden. Nederbörd medför bl.a. en förlängd uttorkningstiden för betongen.
3. Se till att dräneringen fungerar innan den övriga grundkonstruktionen finns på plats.
4. För prefabricerade element ska dessa förvaras så att inte nederbörd kan ge någon ökad fuktbelastning. De bör förvaras luftigt presenningar eller provisoriskt tak och väl avskilda från marken.

BYGGFUKT

1. Kontrollera att konstruktioner med material som tillförs fukt under uppförande t.ex. betong eller lättbetong, kan torka ut inom rimliga tider. Kontrollera att det icke hygroskopiska materialet inte orsakar skador på de omgivande materialen efter det att uttorkningen har skett till den lägsta kritiska fuktnivån. Följ upp uttorkningstiden med fältmätningar.

2. Kontrollera att fuktiga material, t.ex. materialen belastas av nederbörd under uppförandet, inte byggs in i konstruktionen. Kontrollera speciellt hygroskopiska material, t.ex. trä och träbaserade material.
3. Se till att alkalibeständigt fuktskydd (ångspärr eller fuktspärr) placeras mellan fukt känsliga material (t.ex. trä) och fuktökänsliga material (t.ex. betong).
4. Se till att fuktiga material inte stängs in mellan två ångtäta skikt.
5. Kontrollera att byggfukten inte kan transporteras till andra konstruktioner och anslutningar där den kan kondensera eller på annat sätt ge skada.

LÄCKAGE

1. Undvik att placera vattenledningsrör inuti en konstruktion. Om vattenledningsrör måste placeras i grundkonstruktionen ska dessa vara placerade i speciella fack så att eventuellt läckage kan upptäckas snabbt.
2. Behandla grundens utsida med ett åldersbeständigt fuktskydd. Detta är speciellt viktigt om det finns rabatter, avspolningsplatser etc. invid huset.
3. Se till att lutningen mot golvbrunn är tillfredsställande och att tätning utförs med omsorg.
4. Kontrollera var avlopps- och ev. värmekulverts systemet är placerade. Se till att eventuellt läckage kan upptäckas snabbt samt att läckaget inte kan ge skada.
5. Kontrollera takavvattningsanslutning till dagvattenavloppet. Finns det risk för läckage?
6. Se till att dräneringssystemet har rensningsmöjligheter.
7. För att förhindra direkt vattenläckage in i konstruktionen (exempelvis bad, tvättstuga eller kök) rekommenderas att det antingen finns en uppvikt plastmatta (fukttät och helsvetsad matta) på väggarna som är minst 50 mm hög (från golvnivån räknat) eller att en ordentlig fuktspärr finns omedelbart bakom väggens ytbeklädnad och golvbeläggningen.
8. Om vattenledningar passerar genom eller finns bakom en fast inredning bör golvet luta från ytterväggen så att ett vattenläckage uppmärksammas snabbt.

2.4 EXEMPEL PÅ PROTOKOLL

När man använder generell checklista finns det en risk att någon av punkter i checklistan glömmas bort. Därför är det bra med någon typ av protokoll som bekräftar vilka punkter som har genomgått. Tabell 2.2 är ett exempel på ett sådant sammanställningsprotokoll, som används vid genomgången. Protokollet i tabellen är avsett för byggnadsdelen tak.

För varje byggnadsdel bör det finnas liknade tabeller, såsom tabell 2.2 redovisar för byggnadsdelen tak. En tabell för varje byggnadsdel är önskvärd. I tabellen fylls punkterna i vartefter de behandlas, med kryss eller en signatur under "Godkänd". Vissa punkter behöver kompletteras eller utredas närmare. För sådana fall sker anteckningar under "Anmärkning". Det kan exempelvis vara frågan om ett nytt val av material eller att checklistans punkt måste kontrolleras med en annan ritning, ex. ritning XX.

2. Generell checklista

Tak	Punkt nr	Godkänd		Anmärkningar
		Ja	Nej	
NORMAL FUKTPÅVERKAN Nederbörd	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
	8			
	9			
	10			
Luftfukt utomhus	1			
	2			
	3			
	4			
Luftfukt inomhus	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
ENSTAKA FUKTPÅVERKAN Nederbörd under byggnadstiden	1			
	2			
Byggfukt	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
Läckage	1			
	2			

Tabell 2.2. Exempel på ett sammanställningsprotokoll.

När alla ritningarna är genomgångna är det ganska enkelt att sammanställa de krav som har uppkommit under fuktdimensioneringen med checklistorna. Nästa steg är att tillse att allt alla ställda krav uppfylls, d.v.s. alla revideringar genomförs, detaljritningar ritas, korrigeringar utförs på gällande handlingar och ritningarna, etc. Allteftersom korrigeringar etc. utförs, "prickas" de av från protokollet. När allt är tillrättalat är byggnaden teoretiskt konstruerad på ett fuktsäkert sätt. Byggnaden bör följas upp både under byggnadsskedet och under själva brukandet. Uppföljningen görs för att kontrollera att värden på olika fuktillstånd, materialparametrar har antagits korrekt under fuktdimensioneringens gång. All erfarenhetsåterföring och kvalitetssäkring är viktigt ur fuktdimensioneringssynpunkt och medför att dimensioneringen successivt förbättras med tiden.

3. PROJEKTERINGSCHECKLISTA - OVENTILERAT VARMTAK MED TÄTSKIKT AV PAPP, DUKAR AV GUMMI ELLER PLAST.

Ett av fuktdimensioneringens huvudkrav är att metoden skall vara praktiskt inriktad och användbar för projektören eller konstruktören. Användaren skall ganska enkelt kunna komma fram till hur en konstruktion skall eller bör utföras ur fuktsynpunkt. För att uppfylla kravet på användarvänlighet redovisas också i detta kapitel ett exempel på hur metoden kan användas under projekteringen av ett oventilerat varmtak.

En fuktdimensionering kan utföras på ett antal sätt. För vidare upplysning om de olika tillvägagångssätten finner man dessa i avsnitt 1.2 PRAKTISK ANVÄNDNING AV METODEN. Här presenteras en sk. checklista som är direkt tillämplad på en speciell byggnadsdel. Vilka komponenter som ingår i en checklista beskrivs i avsnittet 1.2.4 CHECKLISTOR. I avsnittet 1.2.4 redovisades bland annat att det finns olika utformning av anvisningarna i checklistan. Utformningen beror bland annat på vilka krav som ställs på byggnadsdelen ur fuktsäkerhetssynpunkt. I kapitel 2. GENERELL CHECKLISTA redovisades en utformning av checklistor med övergripande anvisningar för olika byggnadsdelar. I detta kapitel används noggrannare eller direkta anvisningar för respektive fuktpåverkan eftersom tillämpningen görs på en speciell byggnadsdel; ett oventilerat varmtak med tätskikt av papp eller dukar av gummi eller plast. Checklistan innehåller fler detaljer och exempel än den generella checklistan i det föregående kapitlet. Observera att den inte är helt komplett med avseende på alla angivna anvisningar. Det kan finnas anvisningar som bör behandlas för den aktuella taktypen, men som inte har kommit med. Den presenterade checklistan skall huvudsakligen ses som ett exempel på fuktdimensioneringsmetoden och dess tillämpning på en speciell byggnadsdel.

I detta kapitel finns en sammanställning av de olika kraven som en projektör förväntar att finna när en speciell byggnadsdel skall fuktdimensioneras med hjälp av checklista. Kontrollpunkterna finns både för normal och enstaka fuktpåverkan.

3.1 ANVISNINGAR TILL CHECKLISTAN

Under varje fuktpåverkan finns en mängd anvisningar för olika kontrollpunkter presenterade i rutor, ex. "Anvisning 1" och "Anvisning 2" i figur 3.1. Varje kontrollpunkt med anvisningar, råd och andra hjälpmedel bidrar till att förbättra fuktsäkerheten hos den studerade byggnadsdelen.

Anvisning 1	Rutan innehåller: <i>Vänster sida</i>	<i>Höger sida</i>
Anvisning 2a	Kontrolltext med typ-	Kommentarer och hjälp-
Anvisning 2b	snittet :	medel : Roman
Exempel:	Courier	Exempel: Arial

Figur 3.1 Exempel på uppbyggnaden av ett delkrav under en given fuktpåverkan.

Varje ruta innehåller en anvisning om vad man skall kontrollera samt hur och vilka hjälpmedel som behövs för kontrollen. På vänster sida finns själva kontrollpunkten, d.v.s. "Gör det...", "Se till att...", etc. Hjälpmedlen finns i rutans högra sida och är exempelvis tabeller för enklare beräkningar, skisser på utförandet, enklare beräkningsekvationer och hänvisningar till gällande normer. Olika fuktpåverkningar och dess kontrollpunkter med beräkningar m.m. kräver olika typer av data. De data som behövs redovisas normalt i rutan för aktuell kontrollpunkt. Vissa data (ex. material-

3. Projekteringschecklista

data eller meteorologiska data) kräver stort utrymme varför de finns i ett separat kapitel, 5. BILAGOR.

En fuktpåverkan har ibland flera krav som måste uppfyllas. I figur 3.1 är "Anvisning 1" och "Anvisning 2" ett exempel på sådana krav. Varje krav kan i sin tur innehålla fler delkrav såsom "Anvisningen 2" har två delkrav: "Anvisning 2a" och "Anvisning 2b". De avskiljs med en tunn linje. Om det finns mer än ett krav under en fuktpåverkan sker det en uppräknning i början av avsnittet.

Direktiv om vilken fuktpåverkan (med delkrav) som studeras, finns presenterad på två olika sätt. Förutom att delkravet finns angivet med en rubrik, finns det även nämnt längst upp i högra hörnet på den aktuella sidan, i det s.k. sidhuvudet (se figur 3.2). I sidhuvudet återfinns också vilket av delkraven som beaktas på den presenterade sidan. I mitten av sidhuvudet nämns om det är normal eller enstaka fuktpåverkan som kontrolleras.

Kapitel xx

FUKTPÅVERKAN

Anvisning xx

Figur 3.2 Sidhuvudets utformning i projekteringschecklistan.

I början av vissa avsnitt för en fuktpåverkan finns en kort inledning. Dess syfte är till för att öka förståelsen för vilka problem som kan orsakas av den aktuella fuktpåverkan.

När man skall använda projekteringschecklistan bör man ha tillgång till data om respektive material från de olika materialfabrikanterna, förutom den för fuktdimensioneringen behövliga ingångsinformationen. Materialdata behövs för att; anslutningar, genomföringar m.m. skall utföras på ett korrekt sätt för valt material; kunskap om vilka kombinationer som rekommenderas från fabrikanterna; etc. Materialfabrikanten har erfarenheter som kanske inte det egna företaget har. Det kan även vara bra om det finns tillgång till någon handbok om fuktransport som kan användas som ett komplement till checklistans anvisningar.

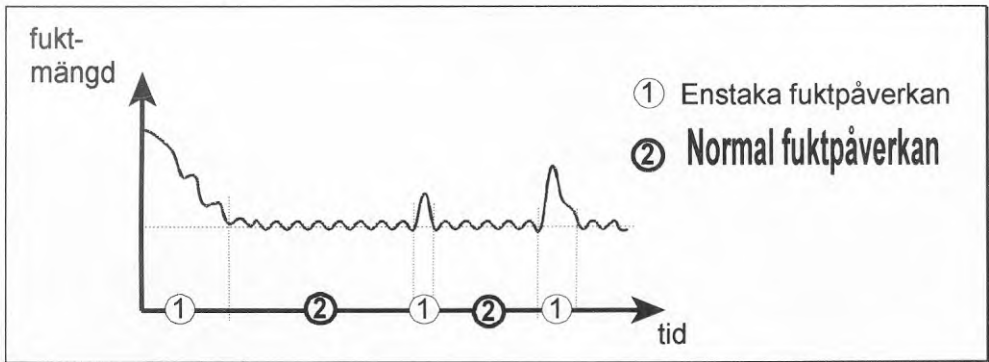
Exempel på hur man använder projekteringschecklistan finns i kapitel 4. TILLÄMPNINGSEXEMPEL PÅ CHECKLISTORNA. I det kapitlet kontrolleras en takkonstruktion på ett varuhus som skall nyproduceras.

3.2 NORMAL FUKTPÅVERKAN

I avsnittet kontrolleras de fuktpåverkningar som existerar under hela takets livstid. För den nu aktuella taket, ett oventilerat varmtak, är dessa:

3.2.1 NEDERBÖRD

3.2.2 LUFTFUKT INOMHUS



3.2.1 NEDERBÖRD

Huvudkravet på en takkonstruktion är:

Taket skall utformas så att nederbörden förhindras tränga in i själva takkonstruktionen samt att nederbörden skall avledas och förhindras att transporteras till andra byggnadsdelar.

Taket skall transportera allt vatten till speciella avvattningsanordningar. Detta skall ske utan att vatten läcker in i taket via skarvar, eller att vattnet blir kvarstående på vissa delar av takets yta eller att vattnet leds in i taket via genomföringar eller andra anslutningar. För ventilerade takkonstruktioner skall man även se till att den uteluftsventilerade spalten och/eller ventilationsdonen eller ventilerna inte tillåter att yrsnö och slagregn (nederbörd under vindpåverkan) fritt kan transporteras in.

För att uppfylla det ställda huvudkravet finns två olika avsnitt som måste gås igenom för den aktuella takkonstruktionen:

1. VATTENAVLEDNING
2. VIND, SLAGREGN OCH YRSNÖ

1. VATTENAVLEDNING

För delpåverkan VATTENAVLEDNING finns det fyra olika punkter som måste beaktas, för att uppfylla fuktsäkerheten för den aktuella takkonstruktionen. Dessa är:

1. TAKLUTNING OCH TAKTÄCKNING
2. HINDER, ANSLUTNINGAR OCH GENOMFÖRINGAR
3. TAKAVVATTNING
4. TRAFIK PÅ TAKET

Var och en av dessa har olika krav som måste uppfyllas för att taket skall erhålla god säkerhet mot fuktpåverkan NEDERBÖRD och dess delkrav VATTENAVLEDNING. De olika delkraven ur fuktsynpunkt för vattenavledning finns under respektive delavsnitt 1 till 4.

1. TAKLUTNING OCH TAKTÄCKNING

- 1a** Minsta taklutning är 1:40 vilket inkluderar sättningar, materialdeformationer, utsättningsfel m.m. Det rekommenderas att välja en taklutning som är större eller lika med 1:16.

- 1b** Taktäckningsmaterial för en given taklutning antingen väljs eller kontrolleras med hjälp av tabell 3.1, om det inte är förutbestämt på ritningen.

Vid val av takpapp, gummi- eller plastduk:

Se till att följande är uppfyllt för vald tätskikt:

1. Funktionskrav
 - Baskrav
 - Objektskrav
2. Utförandemetod:
 - Systemsäkerhet

Baskrav i form av åldringsbeständighet för tätskikt finns under 1c.

För vidare information se:

Rapport R57:1990. Vissa kvantifierbara funktionskrav finns angiva i kapitel 5. BILAGOR avsnitt 5.4 KVANTIFIERBARA FUNKTIONSKRAV FÖR TÄTSKIKT.

Taktäckning	Minsta lutning
Takpapp	1:40 (1,5°)
Gummi, Plastfolie	1:40 (1,5°)
Plåt falsad rostfri plåt	1:40 (1,5°)
– dubbelfalsad plåt i bandtäckning	1:10 (6°)
– dubbelfalsad plåt i skivtäckning	1:10 (6°)
– enkelfalsad plåt i bandtäckning	1:4 (14°)
Profilerade skivor (plåt mm)	
– utan tvärskarvar	1:10 (6°)
– med tvärskarvar	1:4 (14°)
Takpannor av plåt, tegel, betong	
– pannor på vattenavledande underlag	1:2 (27°)
– ofalsade pannor på underlagstäckta trä	1:2,5 (22°)
– falsade pannor på underlagstäckta trä	1:3 (18°)

Tabell 3.1 Rekommenderad taklutning för några taktäckningsmaterial. Nevander, Elmarsson (1981)

1c. Kontrollera kraven för tätskiktets åldringsbeständighet med avseende på:

1. UV-ljus
2. Temperaturdifferenser
3. Ozonbeständighet

1. UV-ljus

Åldringsbeständigheten för valt tätskikt med avseende på UV-ljus. Kontrollera att kraven uppfylls i tabell 3.2.

UV-åldring

Efter UV-strålning får vid okulär besiktning inga synliga sprickor förekomma.

Draghållfasthet: förändring högst 30 %

Brottöjning: förändring högst 30 %

Sprödbestämmning (plast- och gummidukar):

Förändring av sprödpunktstemperaturen med högst 10°K. (Statistiskt säkerställt underlag saknas för detta värde).

Töjning med bibehållen täthet (asfaprodukter):

Högst 50% förändring. (Statistiskt säkerställt underlag saknas för detta värde).

Tabell 3.2 Krav vid UV-åldring av tätskikt.
Törnqvist (1990)

2. Temperaturdifferenser

Temperaturens inverkan på tätskiktets åldring. Kontrollera att kraven uppfylls med tabell 3.3.

Värmeåldring

Efter värmeåldring får vid okulär besiktning inga synliga sprickor förekomma.

Draghållfasthet: > 80 % och < 150% av ursprungsvärdet

Brottöjning: förändring högst 50 %

Sprödbestämmning (plast- och gummidukar):

Förändring av sprödpunktstemperaturen med högst 10°K. (Statistiskt säkerställt underlag saknas för detta värde).

Töjning med bibehållen täthet (asfaprodukter):

Högst 50% förändring. (Statistiskt säkerställt underlag saknas för detta värde).

Tabell 3.3 Krav för värmeåldring av tätskikt.
Törnqvist (1990)

3. Ozonbeständighet

Krav på ozonbeständighet endast för gummidukar.

Vid en okulär besiktning efter provning skall inga synliga sprickor förekomma.

1d. Följ anvisningar för vald taktäckning punkt 1 och 2 nedan.

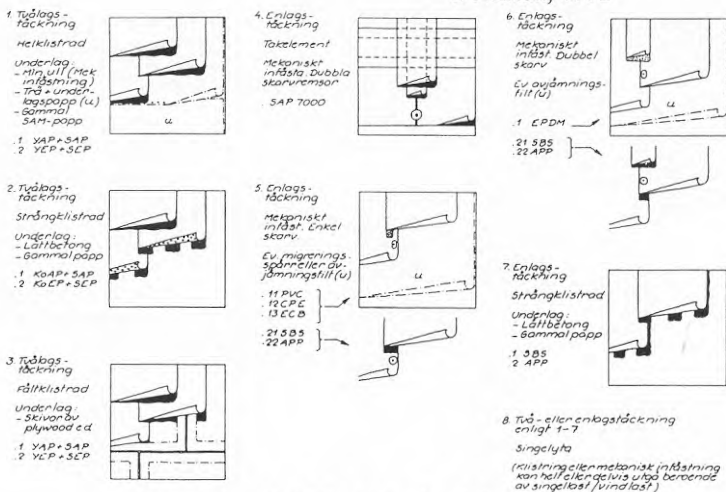
1d 1. Skriv in på ritningen vilken taktäckning som anvisningarna är utförda för, med fabrikat och noggrann materialspecifikation.

Kontrollera vilket appliceringsalternativ som är lämpligt för valt tätskikt. Se figur 3.3 och tabell 3.4.

Ange minsta överlapp, skarvningsteknik m.m. enligt fabrikant eller HusAMA för vald tätskikt.

Grupp Enl BST	Benämning	Applicering	Tätskiktstyp, enl. figur 3.3
I. Pappmattor av oxiderad bitumen			
YAM 2000	ytbelagd papp	Spikning	1, 5, 6, 8
YAP 2500	"	Klistring	1, 3, 8
KoAP 2500	kornbelagd "	Strängklistring	2, 8
SAP 4000	skyddsbelagd "	Klistring	1, 2, 3, 8
SAP 7000	"	"	4, 8
II Pappmattor av polymer-bitumen			
YEP 2500	ytbelagd papp	Klistring	1, 3, 8
KoEP 2500	kornbelagd "	Strängklistring	2, 8
SEP 4000	skyddsbelagd "	Klistring	1, 2, 3, 8
SEP 5500	SBS-matta	Strängklistring	5, 6, 7, 8
		Mek. infästning	
APP 4mm	APP-matta	Mek. infästning	5, 6, 7, 8
ECB 2mm	takduk av ECB	" "	5, 6, 7, 8
III Takdukar av ester (gummi)			
EPDM	takduk av EPDM	Mek. infästning	6, 8
IV Takdukar av termoplaster			
PVC	takduk av PVC	Mek. infästning	5, 8
CPE	" " CPE	" "	5, 8
PIB	" " PIB	" "	5, 8

Tabell 3.4 Tätskikt för låglutande tak.
S Nilsson, 1992



Figur 3.3

Tätskiktstyper för låglutande tak. Uppbyggnader samt principer för applicering och skarvning. S Nilsson (1992)

1c 2. Utför taktäckningen med hänsyn till underlaget, se figur 3.4.

Tänk på att fukt eller temperatur kan ge svällningar och rörelser i värmeisoleringen.

Vid överliggande isolering på varmtak:
Kontrollera med värmeisoleringsfabrikantens anvisningar om infästningen av värmeisoleringen i taket.

konstruktion/underlag	Tätskiktstyp							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<p>I Tråttak</p>	•		•		•	•	•	•
<p>II Plåttak</p>	•			•	•	•		•
<p>III Lättbetongtak</p>			•	•	•	•	•	•
<p>IV Betong- el. lättbetongtak med utv. isolering</p>	•			•	•	•		•
<p>V Omvänt tak</p>			•		•	•	•	•
<p>VI Gammal papp (omtäckning)</p>	•	•		•	•	•	•	•

Figur 3.4 Låglutande tak. Konstruktioner med lämpliga tätskiktstyper enligt figur 3.3. S Nilsson (1992)

2. HINDER, ANSLUTNINGAR OCH GENOMFÖRINGAR

- 2a** Placera genomföringar gruppvis för att minimera håltagningarna i taktäckningen och aldrig i rännalen. Se till att tillräckligt avstånd finns för en säker intäckning.

Anvisningen gäller inte för takbrunnar och bräddavlopp.

Observera: Placera inte från- och tilluftskanaler i samma grupp p.g.a. risken att förorenad luft från frånluftssystemet kan transporteras in via tilluften in i byggnaden och ge en dålig inomhusluft.

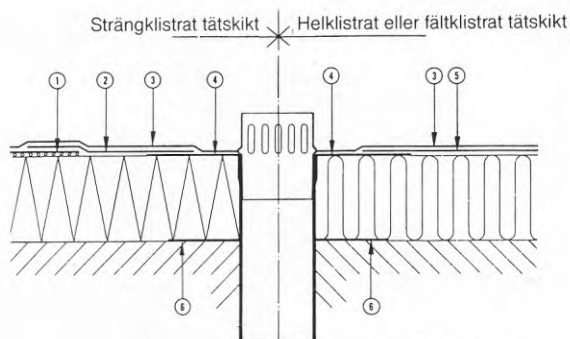
Tänk på att fall ska finnas mellan hinder, uppbyggnader o.dyl. och det minsta avståndet mellan dem bör minst vara 300 mm. Genomföringar får *inte* placeras i takets vattengångar eller så nära takets lågpunkter att anslutningar av takbrunnar försvåras.

- 2b** Kontrollera att genomföringar är utförda enligt HusAMA eller taktäckningsfabrikantens anvisningar.

Exempel på genomföringar:

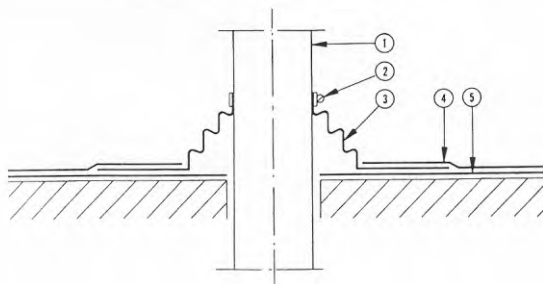
- Takbrunn
- Fläkttrummor och andra ventilationsrör
- Luftning till avlopp

- ① Under lag, luftspaltbildande
 ② Undre lag, icke luftspaltbildande förseglingskappa
 ③ Övre lag
 ④ Brunnsfläns
 ⑤ Undre lag
 ⑥ Infästningsplåt för lägesfixering av brunn



Exempel på takbrunn, 2-lags hel- eller strängklistring av tätskiktet.

- ① Rör
 ② Rostfri slangklämma
 ③ Gummistos
 ④ Övre lag
 ⑤ Undre lag



Exempel på takstosgenomförande, 2-lags-tätskikt.

2c

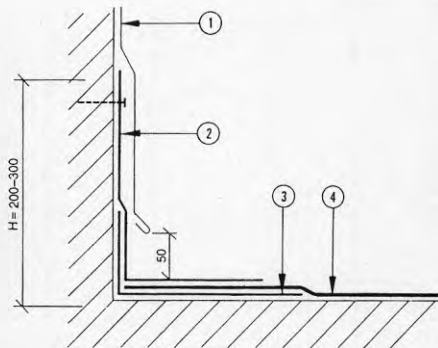
Kontrollera att uppdragningar vid hinder och anslutningar är utförda korrekt för den valda taktäckningen, enligt HusAMA eller taktäckningsfabrikanten.

Vid hinder $\geq 1\text{ m}$ skall takytan ovanför hinder utföras med fall.

- ① Plåtbeslag enl. HusAMA 83
- ② Övre lag, långsgående kappa
- ③ Vid taklutningar större än 1:16 från vertikal yta förankras kappan med plåtklammer
- ④ Undre lag, långsgående kappan
- ⑤ Övre lag
- ⑥ Undre lag

Exempel på uppdragningar:

- vid burspråk, takfönster, hisschackt, takkrön, m.m.



Exempel på anslutning vid vertikal yta, 2-lags helklistrat tätskikt.

2d

Observera risken för snösmältning vid fläktar, frånluftskanaler m.m.

Kontrollera att valt tätskikt har rätt klass med avseende på risken för isbildning och tätskiktets försämrade rörelseförmåga vid låga temperaturer (Se Tabell 3.5).

Klass	Klassindelning	Töjning med bibehållen täthet vid $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$
1	Används vid taklutning $< 1:16$, vid risk för isbildning tjockare än 50 mm och/eller vid överförda rörelser i underlaget som överstiger 5 mm.	$\geq 10\%$
2	Används vid taklutning $< 1:16$, vid risk för isbildning som är 50 mm eller tunnare och/eller vid överförda rörelser i underlaget som överstiger 5 mm.	$\geq 5\%$
3	Får användas vid taklutning $\geq 1:16$, vid liten risk för isbildning och små överförda rörelser i underlaget	$\geq 1\%$

Tabell 3.5 Krav på rörelseupptagande förmågan hos tätskikt. Resultat efter provning. Törnkvist (1990)

3. TAKAVVATTNING

Under avsnittet behandlas endast invändig takavvattning. Om man skall använda utvändigt takavvattning rekommenderas att följa fabrikanternas anvisningar; Tänk på att återfrysning kan ske i hängrännan om den inte utförs på ett korrekt sätt.

För att uppnå en god säkerhet mot fuktpåverkan nederbörd måste tre olika avsnitt genomgå för TAKAVVATTNING.

- 3A. TAKBRUNNAR
- 3B. RÄNNDAL
- 3C. BRÄDDAVLOPP

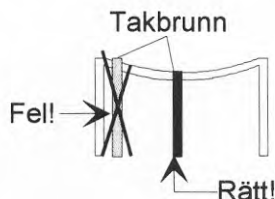
3A. TAKBRUNNAR

- 3A** Placera takbrunnarna i fältmitten och/eller i takets lågpunkter.

1

Tänk på att ta hänsyn till naturlig nedböjning ($L/200$), materialdeformationer, utsättningsfel, sättningar m.m. vid bestämningen av plushöjden. Takbrunnen placeras i den lägsta plushöjden i takbrunnens avvattningsområde.

Inga takbrunnar intill bärande pelare, balkar eller andra delar av primärbärverket.



Exemplifieringar av olika uppbyggnader finns under delavschnitt 3B RÄNNDAL.

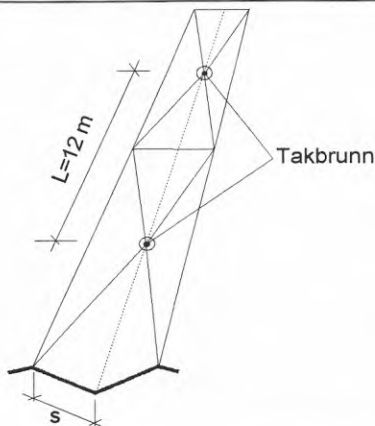
- 3A** 2 Kontrollera följande punkter 1 och 2, antingen genom taktäckningsfabrikanten rekommendation av takavvattningssystem eller via HusAMA.

1. Vid invändig takavvattning rekommenderas maximalt $L \leq 12$ m mellan brunnarna och en maximal takavvattningsarea på 225 m^2 , d.v.s att $2 \cdot s \cdot L < 225$.

Takbrunnen får inte placeras närmare ytterkant än 500 mm. Se figur under 3B. Rännadal, punkt 1.

Vid risk för igensättning av löv, m.m.:

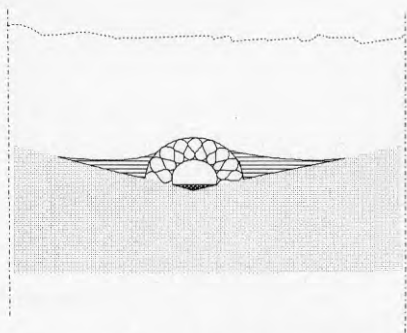
Öka antalet brunnar!



3A 2. Se till att smältande snö
2 inte kan återfrysa och ge
uppdämningar vid takbrunnen!

Kontrollera

- att värmeisoleringens tjocklek är tillräckligt liten så att det blir ett större värmefflöde invid brunnen än för övriga taket.
- att ett tätskikt används som inte tar skada om det fryser vid brunnen, se nedan tabell 3.6.
- att anslutningen av tätskiktet mot brunnen utförs noggrant och enligt fabrikantens anvisningar.



Ett exempel: Värmeisolering placeras över
rännalen.
Johanson, Wredling (1989).

Klass	Klassindelning	Töjning med bibehållen täthet vid -10 °C
1	Används vid taklutning < 1:16, vid risk för isbildning tjockare än 50 mm och/eller vid överförda rörelser i underlaget som överstiger 5 mm.	≥ 10 %
2	Används vid taklutning < 1:16, vid risk för isbildning som är 50 mm eller tunnare och/eller vid överförda rörelser i underlaget som överstiger 5 mm.	≥ 5 %
3	Får användas vid taklutning ≥ 1:16, vid liten risk för isbildning och små överförda rörelser i underlaget	≥ 1 %

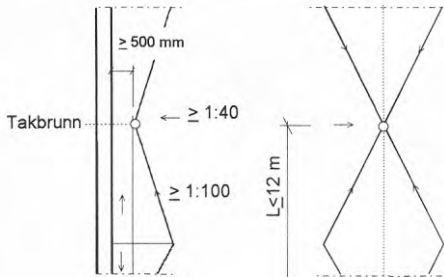
Tabell 3.6 Krav på rörelseupptagande förmågan hos tätskikt. Resultat efter provning. Törnkvist (1990)

3B. RÄNNDAL

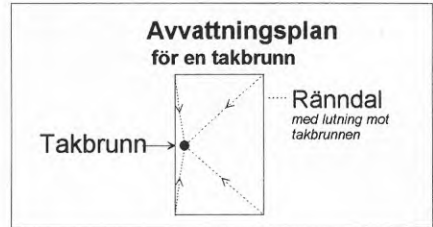
3B

- 1 Se till att ränn dalen lutar mot takbrunnen med en minsta rekommenderad lutning på 1:40.

I nedanstående skiss finns exempel på lämplig placeing av takbrunn och lutningar i ränn dalen.



Redovisa på ritning ränn dalens lutning mot takbrunnen. Vid bestämningen av lutningen tas hänsyn till utsättningsfel, materialdeformationer, m.m.



Lutningen i ränn dalen kan överslagsmässigt bestämmas med figur 3.5 och tabell 3.7.

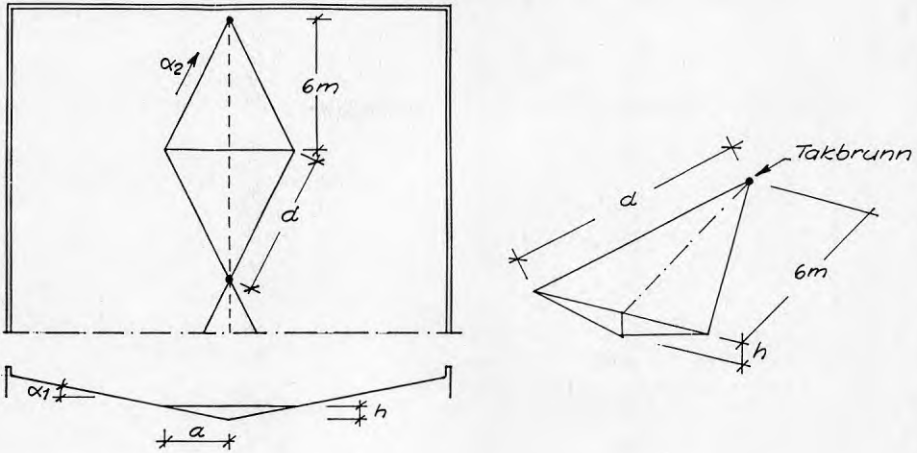
FÖRUTSÄTTNING: Avståndet mellan takbrunnarna är 12 m.

Tabell 3.7 redovisar falluppbyggnadens höjd, h , mellan brunnarna och fallet, α_2 , i ränn dalen för taklutningar (α_1) från 1:80 till 1:20 och för ränn dalsbredder ($2 \cdot a$) från 2 m (2.1) till 10m (2.5).

För yttertak är den lägsta taklutningen (α_1) = 1:40 enligt NR. Vid 1:40 blir inte taklutningen i ränn dalen godkänd. Boverket diskuterar frågan med att sänka lutningen i ränn dalen till 1:100.

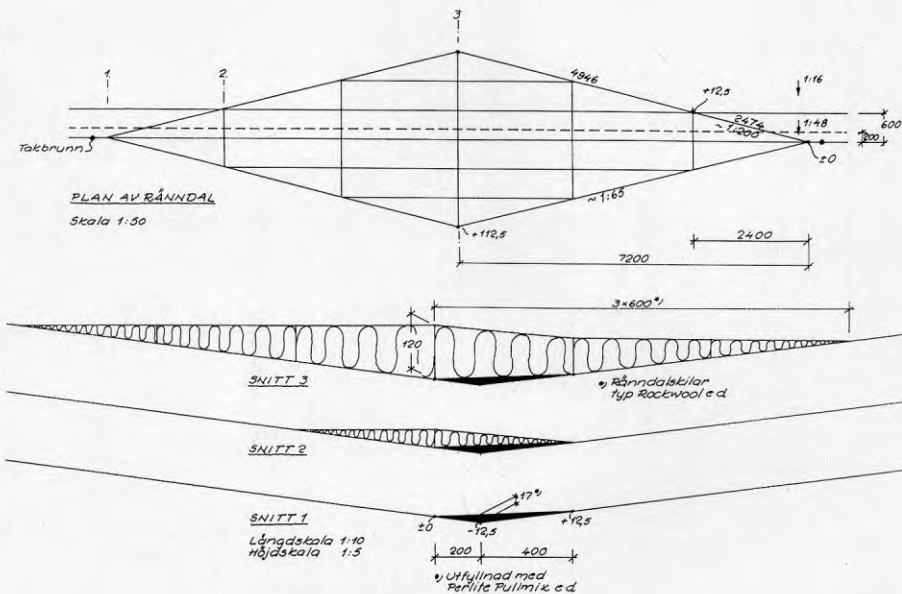
a mm	d mm	Taklutning α_1 (Se figur 3.5)							
		1 : 80		1 : 60		1 : 40		1 : 20	
		h mm	α_2	h mm	α_2	h mm	α_2	h mm	α_2
1000	6080	12,5	1:486	16,7	1:364	25	1:296	50	1:121
1500	6180	18,7	1:330	25	1:247	37,5	1:164	75	1:82
2000	6320	25	1:252	33,3	1:190	50	1:126	100	1:63
3000	6710	37,5	1:179	50	1:134	75	1:89	150	1:45
4000	7210	50	1:144	66,7	1:108	100	1:72	200	1:36
5000	7810	62,5	1:124	83,3	1:94	125	1:62	250	1:31

Tabell 3.7 Ränn dalslutning (S Nilsson 1992).



Figur 3.5 Skiss över olika ingångsdata för beräkning av rännaldalen (S Nilson 1992).

Exempel på parallellförflyttad rännadal finns i skissen nedan. Ändring byggs upp av mineralull eller specialtillverkad extruderad styrencellplast.



3B

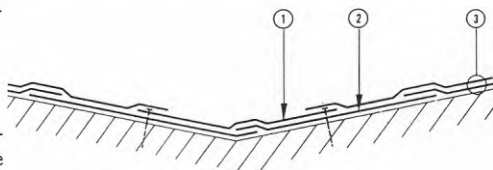
- 2** Kontrollera taktäckningens montering i ränn dalen, antingen via HusAMA eller fabrikantens anvisningar.

Se till att taktäckningen i ränn dalen kan användas för rådande ränn dalsslutning.

Vid anslutning av ränn dal mot vertikal yta bör noggrant kontrolleras att nederbörden inte tränger in i konstruktionen via skarvar, m.m.

Observera risken för rörelser mellan de olika byggnadsdelarna. Använd gärna rörelsefog vid anslutningar.

Exempel av tätskiktet i ränn dalen:

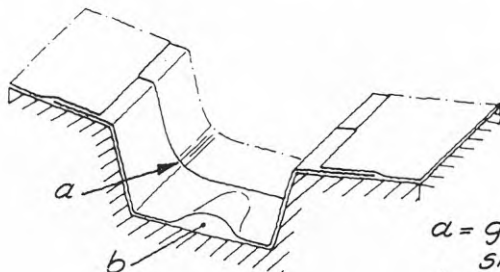


Anslutning av 2-lags helklistrat eller fältklistrat tätskikt. Motsvarar i princip L/27 och L/28 i HusAMA 83.

- ① Övre lag, längsgående våd
- ② Undre lag, två resp en längsgående våd
- ③ Tätskikt

3B

- 3** Undvik alltid försänkta ränn dalar p.g.a. svårigheter i arbetsutförandet.



a = glidning och skarvs/löppa
b = gasblåsa

- 3B** Se till att snö inte kan återfrysas i ränn-dalen och ge upp-dämningar.

Kontrollera tätskiktet i ränn-dalen med hänsyn till isbildningsrisken med tabell 3.8.

Exempel på några rekommendationer är att

- använda en tunnare värmeisolering i ränn-dalen
- se till att inga hinder finns som kan ge upp-dämningar
- använda ett tillräckligt tätskikt med goda mekaniska egenskaper som tål på-frestningarna.

Klass	Klassindelning	Töjning med bibehållen täthet vid -10 °C
1	Används vid taklutning < 1:16, vid risk för isbildning tjockare än 50 mm och/eller vid överförda rörelser i underlaget som överstiger 5 mm.	≥ 10 %
2	Används vid taklutning < 1:16, vid risk för isbildning som är 50 mm eller tunnare och/eller vid överförda rörelser i underlaget som överstiger 5 mm.	≥ 5 %
3	Får användas vid taklutning ≥ 1:16, vid liten risk för isbildning och små överförda rörelser i underlaget	≥ 1 %

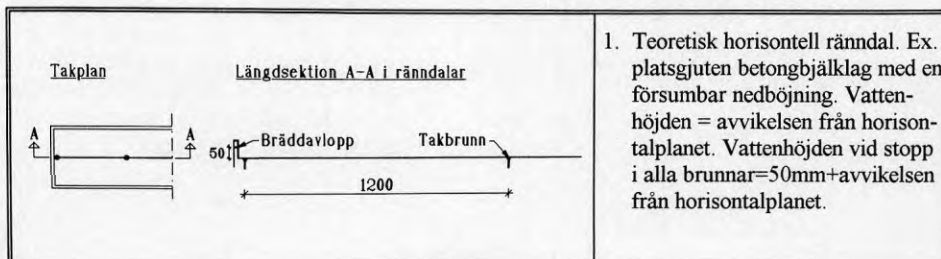
Tabell 3.8 Krav på rörelseupptagande förmågan hos tätskikt. Resultat efter provning. Törnkvist (1990)

3C. BRÄDDAVLOPP

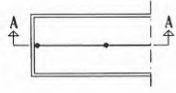
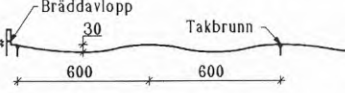
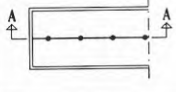

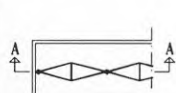
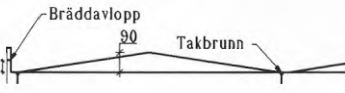
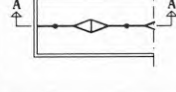
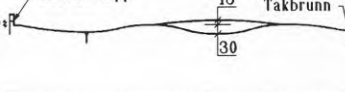
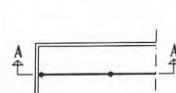
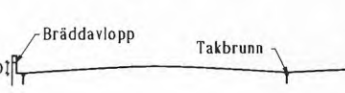
- 3C** Minst ett bräddavlopp skall finnas till varje takbrunn.

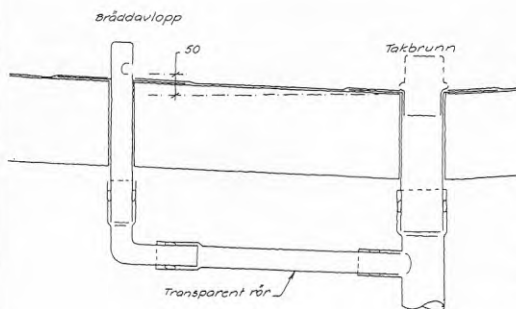
Se till att anslutningarna för bräddavloppet utförs enligt fabrikkantens eller AMA's anvisningar.

Exempel på hur mycket vatten det finns teoretiskt på taket för några vattenavledningar vid olika ränn-dalsystem finns nedan 1 t.om. 6. (S Nilsson 1992). Tänk på att utsättningsfel, materialdeformationer, sättningar kan orsaka att mer vatten blir kvarstående på taket.



1. Teoretisk horisontell ränn-dal. Ex. platsgjuten betongbjälklag med en försumbar nedböjning. Vattenhöjden = avvikelserna från horisontalplanet. Vattenhöjden vid stopp i alla brunnar=50mm+avvikelsen från horisontalplanet.

<p>Takplan</p> 	<p>Längdsektion A-A i ränndalar</p> 	<p>2. Teoretisk horisontell rännadal. En slank konstruktion med takbrunnarna vid pelare. Normal nedböjning ($L/200$) blir 30 mm och det är den vattenhöjden som alltid kommer att finnas i fält utan att stopp finns hos brunnarna.</p>
<p>Takplan</p> 	<p>Längdsektion A-A i ränndalar</p> 	<p>3. Samma konstruktion som 2 men med brunnar i fältmitt. Inget kvarstående vatten förrän vid stopp i brunn. Vattenhöjden blir då 30 mm i detta fält, varefter vattnet rinner över till nästa fält.</p>
<p>Takplan</p> 	<p>Längdsektion A-A i ränndalar</p> 	<p>4. Samma konstruktion som i 1, men med falluppbyggnad som enligt "standard" ger 90 mm i höjd i rännadalen mellan brunnarna. Här rekommenderas ett invändigt bräddavlopp i de inre fälten som kan reglera vattenhöjden och indicera stopp i brunn.</p>
<p>Takplan</p> 	<p>Längdsektion A-A i ränndalar</p> 	<p>5. Samma konstruktion som i 3, men med brunn endast i varannan lågpunkt. En falluppbyggnad utförs. Vattenhöjden vid stopp i brunn är $15+30$ mm = 45 mm; vid stopp i alla brunnar = $20+30=50$ mm.</p>
<p>Takplan</p> 	<p>Längdsektion A-A i ränndalar</p> 	<p>6. Teoretisk horisontal rännadal. "överhöjd" konstruktion, t.ex. betongelement med förspänd armering. Brunnar vid elementets upplag som i detta fallet är lågpunkterna. Inget kvarstående vatten förrän vid stopp i brunn. Vattenhöjden i detta fält blir då lika med elementets överhöjd.</p>



INVÄNDIGT BRÄDDAVLOPP:

Ett bräddavlopp skall indikera när takbrunnen har satts igen av löv o. dyl. Man skall se när detta sker. Figuren är ett exempel på en anslutning av ett bräddavlopp till den ordinarie takavvattningens stuprör. Bräddavloppets inlopp är vänt mot takbrunnen och därmed förhindras att vatten som rinner mot brunnen rinner in via bräddavloppet.

4. TRAFIK PÅ TAKET

4a Kontrollera taktäckningens lämplighet med hänsyn till belastningar och underlag. För parkeringsdäck och liknande bör man även kontrollera de horisontella krafterna.

Se tabell 3.9 för olika klasser på tätskikten för funktionskrav på motståndsförmågan för dynamiskt stansmotstånd och mot statisk last med hänsyn till underlag och belastning.

Exempel på belastningar under brukartiden:

- Vid rensning av takbrunnar.
- Tillsyn av fläktar, inspektion av takets kondition.

Klass	Klassindelning	Dynamiskt stansmotstånd vid -10°C	Motståndsförmåga mot statisk last
1	Används för mjuka underlag, som t.ex. mineralull, där tätskiktet under byggtiden eller senare utsätts för frekvent gångtrafik och/eller materialtransporter	$\leq \Phi 10 \text{ mm}$	$\geq 250 \text{ N}$
2	Används för mjuka underlag, som t.ex. mineralull, med endast tillfälligt förekommande gångtrafik eller för fasta underlag där tätskiktet under byggtiden och senare utsätts för frekvent gångtrafik och/eller materialtransporter.	$\leq \Phi 20 \text{ mm}$	$\geq 150 \text{ N}$
3	Används för fasta underlag med endast tillfälligt förekommande gångtrafik	$\leq \Phi 30 \text{ mm}$	$\geq 70 \text{ N}$

Tabell 3.9 Funktionskravet: Motståndsförmåga mot mekanisk påverkan för tätskikt. Törnkvist (1990).

4b Förstärkningar dimensioneras efter maximal belastning på taket.

Exempel:

Speciella gångbryggor till fläktar, skorstenar m.m.

2. VIND, SLAGREGN OCH YRSNÖ

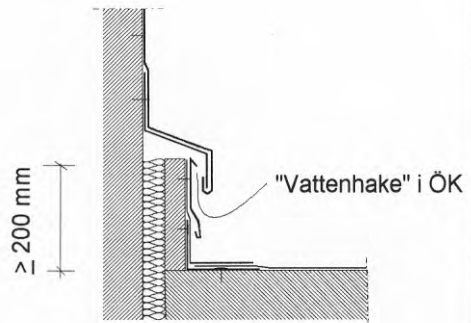
a Taktäckningen skall vara ordentligt fastsatt

- vid alla ränder
- i underliggande material
- vid anslutningar
- vid genomföringar

Se fabrikantens anvisningar eller i HusAMA.

b Kontrollera anslutning mot vägg, takkrön m.m. med avseende på vindbelastningen på taket.

Finns det sprickor, skarvar, etc där läckage kan förekomma?



3.2.3 LUFTFUKT INOMHUS

Temperaturen och ånghalten inomhus bestämmer:

1. graden av olägenheter vid fukttransport genom skillnader i lufttrycket mellan in- och utsidan av konstruktionen (Fuktkonvektion).
2. graden av olägenheter vid fukttransport orsakade av skillnader i ånghalt mellan konstruktionens in- och utsidan (Ångdiffusion).
3. jämviktsfukthalten för materialen mellan ångspärren och inomhusluften (Jämviktsfukthalter innanför ångspärren).
4. risken för kondens på kalla invändiga ytor (Ytkondensation).
5. om byggfukten torkar ut och hur lång uttorkningstiden blir (Uttorkning av byggfukt).

Var och en av dessa fem punkter har betydelse för fuktsäkerheten hos byggnadsdelen och dess givna konstruktion. För att uppnå en bra fuktsäkerhet och ett bra inomhusklimat måste alla fem punkterna bli uppfylla. Var och en av punkterna finns i följande avsnitt:

1. FUKTKONVEKTION
2. ÅNGDIFFUSION
3. JÄMVIKTSFUKTHALTER INNANFÖR ÅNGSPÄRREN
4. YTKONDENSATION
5. UTTORKNING AV BYGGFUKT

För ett oventilerade varmtaket behöver alla fem punkterna genomgå. Avsnittet 5. UTTORKNING AV BYGGFUKT behandlas under kapitel 3.3 ENSTAKA FUKTPÅVERKAN i avsnittet 3.3.2 BYGGFUKT.

1. FUKTKONVEKTION

Fuktkonvektion är den övervägande orsaken till skador i oventilerade varmtak. Den uppkommer genom att en lufttrycksdifferens finns mellan in- och utsidan (högst lufttryck invändigt; övertryck) som gör att varm inomhusluft strömmar inifrån och ut i konstruktionen, där kondensation kan ske. För att undvika fuktkonvektion bör man helt undvika övertryck inomhus eller göra byggnaden helt lufttät. Det har visat sig vara i det närmaste praktiskt omöjligt att utföra taket helt lufttätt. Därför finns det minst två punkter som ska uppfyllas:

1. Minimera den invändiga övertrycket vid taket, Punkten 1a
2. Gör konstruktionen lufttät, Punkten 1b - 1e

1a Undvik om möjligt invändigt övertryck invid taket.

Tryckdifferenser uppkommer vid taket till följd av:

1. Termiska krafter, uppkomna av temperaturskillnad mellan golv och tak,
 Δp_{temp}
2. Vindens påverkan som ger alltid en sugkraft för låglutande tak, Δp_{vind}
3. Fläktar, $\Delta p_{fläkt}$.

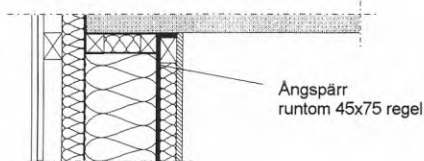
Även om fläktar injusteras för ett undertryck i byggnaden kan det ändå förekomma att ett övertryck förekommer. Det kan exempelvis bero på dålig rengöring av filter eller att utomhustemperaturen eller vindförhållandena påverkar byggnaden annorlunda än när fläktsystemet injusterades.

1b Kontrollera ångspärrens eller lufttätningens applicering och utförande vid håltagningar, genomföringar, etc. Kontrollera även utförandet vid överlapp och andra typer av skarvingar m.m.

För betong och lättbetong ska alla synliga sprickor etc. tätas.

För plåtkonstruktioner och en ångspärr finnas och anslutningar, genomföringar etc. noggrant tätas.

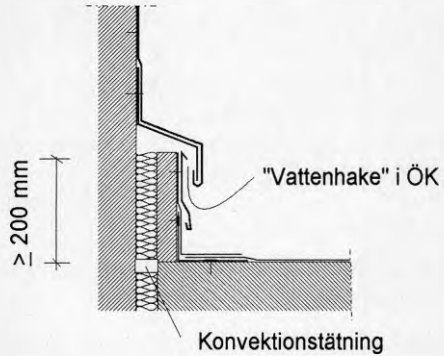
Se till att alla anslutningar och genomföringar är noggrant tätade så att inget luftläckage kan förekomma. Följ HusAMA eller ångspärrsfabrikantens anvisningar och krav.



Vid konstruktioner av betong eller lättbetong ska håltagningar etc. tätas omsorgsfullt.

- 1c** Vid inomhuslokaler som har en lägre temperatur än årsmedelvärdet utomhus, t.ex. kyl- och frysrum:

Se till att rörelsefogar m.m. inte ger att uteluften suges in.

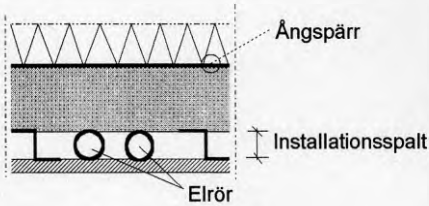


Konvektionstätningen ska vara en lufttätning som kan klara rörelser.

- 1d** Se till att alla installationer, rördragningar m.m. är placerade innanför ångspärren.

Om håltagning i lufttätningen/ångspärren måste göras så skall den tätas noggrant.

Följ materialfabrikantens rekommendationer.



INOMHUS

- 1e** Kan fukt- och temperaturrörelser orsaka otätheter i konstruktionen?

Om det ingår trä och träbaserade material i konstruktionen och dessa är fastsatta i t.ex. betong eller lättbetong bör man använda ett tätningsförfarande som medger rörelser utan att konstruktionens lufttätning försämras.

2. ÅNGDIFFUSION

En allmän rekommendation är att placera en ångspärr på den sidan av konstruktionen som har högst ånghalt för att motverka ångdiffusion. Normalt är det den varma sidan av konstruktionen.

Diffusionen ger störst påverkan där fukttillskottet är högt d.v.s. i bad- eller duschrum, tvättstugor och förekommer temporärt även i kök. Man bör se upp med ångdiffusion om man har byggnader eller delar av byggnader som har temperaturdifferens med lång varaktighet över konstruktionen, exempel kyl- och frysrum.

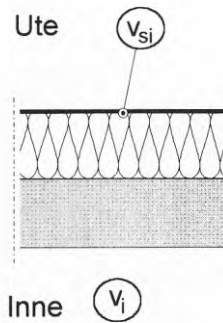
Följande ska kontrolleras:

- Om det behövs en ångspärr i konstruktioner av betong eller lättbetong kontrolleras i punkten 2a.
- Var i konstruktionen ångspärren ska placeras sker i punkten 2b.
- Kontroll av ångspärrens förmåga att motverka diffusion kontrollberäknas i punkten 2c.

2a Kontrollera om takkonstruktionen torkar ut och att det inte lagras upp någon fukt från inomhusluften efter det att byggfukten har torkat ut.

Punkten kan överhoppas för konstruktioner med en invändig betongstomme; där ångspärren finns placerad mellan värmeisolereringen och betongen.

För uppskattningsförfarandet för oventilerade takkonstruktioner, se figur 3.6 med förklarade text.



Figur 3.6. Uppskattningsförfarandet för varmtak.

Om uttorkning inte sker används en för ändamålet lämplig ångspärr (ex. alkalibeständig plastfolie på betong) som förhindrar att den fuktiga luften transporteras mot konstruktionens kalla sida. Exempel på andra alternativ är att ändra på fukttillskottet inomhus, eller ändra/byta de ingående komponenterna i takkonstruktionen.

Fall utan Ångspärr:

- Sätt först att $v_{si} = v_s(T_{ute})$ med T_{ute} = Årsmedeltemperaturen eller månadsmedeltemperaturen för orten.

För vissa valda orter finns temperaturerna i 5 BILAGOR, avsnitt 5.1 KLIMATDATA.

För bestämning av v_s se avsnitt 5.3 MÄTNADSÅNGHALT.

2. Beräkna inomhusånghalten

$$v_{inne} = v_{ute} + v_{ft}$$

där

$$v_{ft} = \text{Fuktillskottet normalt 2 till 4 g/m}^3$$

$$v_{ute} = \text{utomhusånghalten} = v_s(T_{ute}) \cdot RF_{ute}$$

Tänk på hur lokalerna används vid uppskattningen av fuktillskottet. Ånghalten kan vara konstant eller variabel. På årsbasis är det lämpligt att välja ett konstant värde. För bostäder och om man räknar per månad, kan man välja ett högt värde under vintermånaderna och ett lägre värde för sommarmånaderna.

3. Jämför v_{si} med v_{inne} antingen för hela året eller för varje månad separat.

Är $v_{inne} < v_{si}$ behövs ingen ångspärr.

Exempel:

Bostadshuset i Göteborg har följande konstruktion: Tätskikt, 220 mm värmeisolering, 250 mm lättbetong.

Lösning:

Vi skall kontrollera om det behövs en ångspärr mellan betongen och värmeisoleringen för att förhindra att fuktig inomhusluft transporteras in i konstruktionen. Inomhustemperaturen antas vara 20 °C. Vid beräkningarna tas ingen hänsyn till byggfukten.

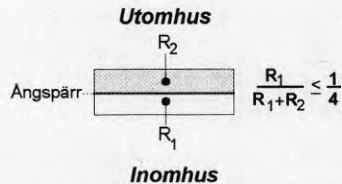
1. Årsmedeltemperaturen finns i kap 5 BILAGOR, 5.1 KLIMATDATA. Detta är 7.7°C. Ånghalten under tätskiktet blir: $v_{si} = v_s(\text{Årsmedeltemperaturen}) = v_s(7.7^\circ\text{C}) = 8.1\text{g/m}^3$.
2. För att beräkna ånghalten inomhus måste man anta ett värde på fuktillskottet, v_{ft} . Här antas den till 4 g/m³. Den relativa fuktigheten antas till det högsta medelvärdet för månaderna, d.v.s 86%.
 $v_{inne} = v_s(\text{Årsmedeltemperaturen}) \cdot RF_{ute} + v_{ft} = v_s(7.7^\circ\text{C}) \cdot 0.86 + 4.0\text{ g/m}^3 = 11.0\text{ g/m}^3$
3. Jämför $v_{si} = 8.1\text{g/m}^3$ med $v_{inne} = 11.0\text{ g/m}^3$ ger att kravet inte blir uppfyllt. Det resulterar i att:

KONSTRUKTIONEN BEHÖVER EN ÅNGSPÄRR.

2b Indragen ångspärr;

Maximalt 1/4 av totala värmemotståndet för taket från insidan.

Kontrollera om placeringen av ångspärren är korrekt med punkten 2c.



2c Kontrollera fuktpåverkan av diffusionen. Använd maximalt fuktillskott för byggnaden och den förväntade inomhus-temperaturen vid beräkningarna. Undersök speciellt rum med hög fuktproduktion, exempelvis badrum och tvättstugor.

Om någon av följande villkor är uppfyllda kan ångdiffusion accepteras:

1. Ingen kondens vid en kontrollberäkning med lägsta dimensionerande utomhus-temperaturen för orten.
2. Mängden kondens som bildas under ortens kallaste månad kan torka ut under en varmare period. Om uttorkningsförmågan är tillräckligt stor i förhållande till den kondenserade mängden kan konstruktionen accepteras. Periodens längd sätts till 60 dygn med kallt resp. varmt utomhusklimat. Den mängd som bildas under kondensationsperioden får inte medföra skador på konstruktionen.
3. Kondensvattnet kan bortföras utan att några olägenheter uppstår.

Användbar tabellform.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Sikt	d	λ	R	ΔT	T	v_s	δ	Z	Δv	v	ϕ
Ute											
skikt											
skikt											
skikt											
Inne											
Σ $\Sigma\Delta$											
								Σ $\Sigma\Delta$			

Se även beräkningsexempel i kapitel 4, avsnitt 4.2 Fuktdimensionering-Oventilerat varmtak.

Beräkningsgång för diffusion:

- Tag fram materialdata för de materialen som ingår i konstruktionen såsom värmekonduktivitet (λ_p), ånggenomsläpplighet (δ_v) eller ånggenomgångsmotstånd (Z_v). Se kapitel 5. BILAGOR avsnitt 5.2 MATERIALDATA samt Isolerguiden.
- Tag fram omgivande klimat och övergångsmotstånd (både för fukt och värme). Utomhusklimatet finns i kapitel 5. BILAGOR avsnitt 5.1 KLIMATDATA. Inomhusklimatet måste uppskattas och antag alltid något för högt fuktillskott.

Beräkning utförs lämpligen genom att använda tabellformen som finns nederst på sidan.

Kort beskrivning av innehållet i kolumnerna :

1. Beskrivning av de ingående skikten.
2. Skiktens tjocklek d (m).
3. Värmeledningsförmågan hos skiktet, λ . Glöm inte påslaget för fuktig miljö.
4. Skiktets värmemotstånd ($R=d/\lambda$) eller övergångsmotstånd, R_{se} och R_{si} , se Nybyggnadsreglerna eller Isolerguiden.
5. Temperaturdifferensen beräknas över respektive skikt, ΔT (ekv. 1). Kontrollera att $\Sigma\Delta T = T_{inne} - T_{ute}$.

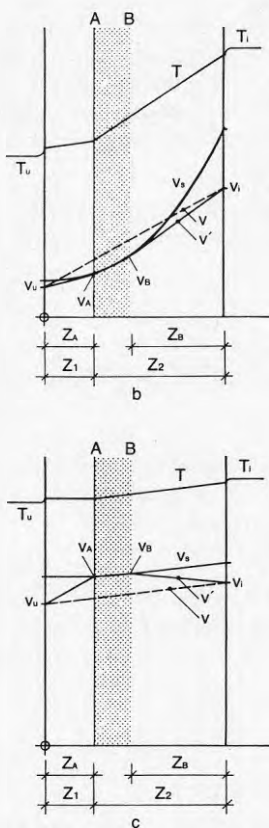
$$\Delta T_i = \frac{R_i}{\Sigma R} \cdot (T_{inne} - T_{ute}) \quad (1)$$

6. Temperaturen i skiktgränserna, $i=1,2,\dots,n$.

$$T_i = T_{inne} + \sum_n \Delta T_j \quad \text{eller} \quad T_i = T_{ute} - \sum_1^i \Delta T_j \quad (2)$$

7. Måttandsånghalten, v_s . Se 5. BILAGOR avsnitt 5.3 MÄTTNADSÅNGHALT.
8. Ånggenomsläppligheten, δ_v , för de ingående materialen, Se 5. BILAGOR avsnitt 5.2 MATERIALDATA.
9. Ånggenomgångsmotståndet kan antingen beräknas $Z_v = d/\delta_v$ eller antas till ett konstant värde. För in och utsidan anges normalt ett konstant värde sk. fuktövergångsmotstånd. Välj alltid det för konstruktionen som ger den sämsta situationen. För varmtak är det oftast ett högt Z_v för tätskiktet och lågt värde för ångspärren.

2c



Figur 3.7 Principfall: b) kondens bildas i området AB; c) Tidigare kondenserad fukt avges till omgivningen. Nevander, Elmarsson 1981.

OBS! Temperaturen antas linjär, men det är inte mätnadsånghalten.

10. Beräkning av ånghaltsdifferensen över respektive materialskikt, Δv genom (ekv. 3). Kontrollera att $\Sigma \Delta v = v_{inne} - v_{ute}$.

$$\Delta v_i = \frac{Z_i}{\Sigma Z} \cdot (v_{inne} - v_{ute}) \quad (3)$$

11. Ånghalten vid gränsskiktet, $i=1, 2, \dots, n$.

$$v_i = v_{inne} - \sum_1^i \Delta v_j \quad \text{eller} \quad v_i = v_{ute} + \sum_i^n \Delta v_j \quad (4)$$

12. Beräkning av relativ ånghalt $\phi_i = (v_i/v_s)$, d.v.s. resultatet från kolumnen 11 delas med resultatet från 7. Om något värde är större eller lika med 100 % bildas kondens.

Kondenserad mängd beräknas med ekvationen 5 [$\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$]:

$$g_{kond} = \frac{v_i - v_B}{Z_B} - \frac{v_A - v_u}{Z_A} \quad (5)$$

Kondenserad mängd [kg/m^2] under 60 dygn blir

$$G_{kond} = g_{kond} \cdot t(60 \text{ dygn}) \quad (5')$$

Vid beräkning av uttorkad mängd kontrolleras samma delskikt eftersom man antar att kondensen inte transporteras till annan plats. Uttorkad mängd [$\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$] beräknas med ekvation 6:

$$g_{uttork} = \frac{v_B - v_i}{Z_B} + \frac{v_A - v_u}{Z_A} \quad (6)$$

Kondenserad mängd [kg/m^2] under 60 dygn blir

$$G_{uttork} = g_{uttork} \cdot t(60 \text{ dygn}) \quad (6')$$

För vidare information och beräkningsexempel finns i Fukthandbok och i kapitel 4 TILLÄMPNING AV CHECKLISTORNA.

Alternativ: Ett datorprogram finns tillgängligt för diffusionsberäkningar, Gullfibers GFKOND. Programmet använder ovanstående beräkningsförfarande och utför beräkningar med avseende på månadsmedelvärden. Tänk på att beräkningen skall kontrollera det "värsta fallet" för konstruktionen. Ett normalt månadsmedelvärde kan ge en mindre mängd än vid användning av extremmedelvärden.

3. JÄMVIKTSFUKTHALTER INNANFÖR ÅNGSPÄRREN

I avsnittet kontrolleras att alla material som befinner sig innanför ångspärren inte utsätts för höga ånghalter som leder till skador.

3a Materialen mellan ångspärr och inomhusluften för en konstruktion utan anslutningsdetaljer:

Se till att de material som finns invid ångspärren inte belastas av en ökad fuktighet (p.g.a. temperatursänkningen) så att materialens kritiska fuktegenskaper överskrids. Använd ekvation 7 med tillhörande förklarande text.

Antag vid beräkningarna att ånghalten är konstant fram till ångspärren. Kontrollera att temperaturändringen, från insidan av konstruktionen till ångspärren, inte medför att materialens kritiska fuktegenskaper överskrids.

Temperaturen vid ångspärren beräknas med följande ekvation 7.

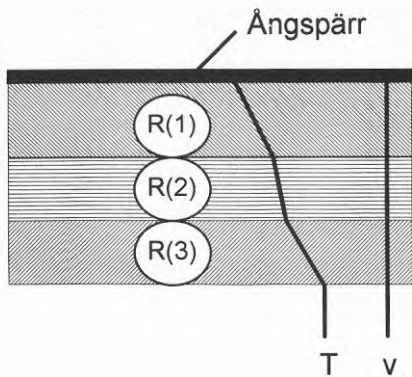
$$T_i = T_{inne} - \frac{R_{si} + \sum_i R_k}{R_{se} + R_{si} + \sum_1 R_k} \cdot (T_{inne} - T_{ute}) \quad (7)$$

där

T_i = Temperaturen invid ångspärren [°C]
 T_{inne} = Temperaturen inomhus [°C]
 T_{ute} = Utomhustemperaturen [°C]
 R = Värmemotstånd [m²C/W]

index

n = Totalt antal skikt
 i = Skiktet invid ångspärren
 si = Invändigt
 se = Utvändigt
 k = Skikt nummer



Figur över uppskattningsförfarandet

Beräkningsgång:

1. Beräkna temperaturen med hjälp av ekvation 7.
2. Bestäm mätnadsånghalten vid rådande temperatur, T_i med kapitel 5. BILAGOR avsnitt 5.3 MÄTNADSÅNGHALT. Därmed erhålls maximal ånghalt invid ångspärren, $v_s(T_i)$.
3. Materialet närmast ångspärren bestämmer maximal ånghalt som får finnas för att skador inte skall uppkomma genom dess kritiska värden, t ex RF_{krit} .

En säkerhetsfaktor bör användas. Välj en säkerhetsfaktor som ger ett lägre kritiskt värde än det högsta angivna värdet på materialens kritiska fuktegenskaper

4. Beräkna maximala ånghalt som får finnas för att skador eller andra olägenheter inte skall förekomma. Använd punkten 2 och 3, t.ex. Om s =säkerhetsfaktor

$$v_{krit} = RF_{krit} \cdot s \cdot v_s(T_i) \quad (8)$$

5. Beräkna maximal ånghalt inomhus eller en maximal relativ fuktighet med hjälp av punkten 4 och följande ekvation 9.

$$RF_{inne} < \frac{v_{ångspärr}}{v_s(T_{inomhus})} \quad (9)$$

Kan denna situation förekomma under husets livstid? Om det kan förekomma så byt till mindre fuktökansliga material.

Med information i nedanstående exempel.

Exempel:

Ett tak består av 2-lags tätskikt, 200 mm Mineralull, 0.15 PE-folie, 200 mm Betong, 20 mm Trällsplatta. Byggnaden skall uppföras i Stockholm och är ett bostadshus.

Lösning:

Utomhustemperaturen är i februari -3.1°C och vi antar att inomhustemperaturen är 20°C .

Vi börjar med att beräkna värmemotstånden, R för att använda ekvation 7.

1.

$$R_1 = R_{BTG} + R_{Träll} + R_{sj} = \frac{d_{BTG}}{\lambda_{BTG}} + \frac{d_{Träll}}{\lambda_{Träll}} + R_{sj} = \frac{0,2}{1,7} + \frac{0,02}{0,08} + 0,13 \text{ m}^2\text{C}^\circ / \text{W} = 0,498 \text{ m}^2\text{C}^\circ / \text{W}$$

$$R_2 = R_{se} + R_{Tätskikt} + R_{Minull} = R_{se} + R_{Tätskikt} + \frac{d_{Minull}}{\lambda_{Minull}} = 0,04 + 0,25 + \frac{0,2}{0,042} \text{ m}^2\text{C}^\circ / \text{W} =$$

$$= 5,052 \text{ m}^2\text{C}^\circ / \text{W}$$

$$T_{Plastfolie} = T_{inne} - \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot (T_{inne} - T_{ute}) = 20 - \frac{0,498}{5,052 + 0,498} \cdot (20 - (-3,1)) \text{ C}^\circ = 17,9 \text{ C}^\circ$$

2. $v_s(17,9^\circ\text{C}) = 15,27 \text{ g/m}^3$, enligt kap 5. BILAGOR avsnitt 5.3 MÄTTNADSÅNGHALT.
 3. Kritisk fuktighet för Trällsplattan med antas vara 75%, d.v.s antas lika med trä.
 4. Det ger att tillåten inomhusånghalt blir

$$v_{inomhus}^{max} = RF_{kritiskt} \cdot v_s(T_{Plastfolie}) = 0,75 \cdot 15,27 \text{ g/m}^3 = 11,45 \text{ g/m}^3$$

5. Tillåten RF inomhus blir $RF_{max} = \frac{v_{inomhus}^{max}}{v_s(T_{inomhus})} = \frac{11,45}{17,28} = 0,66 = 66\%$

6. Med 100 % relativ fuktighet utomhus blir mätnadsånghalten utomhus

$$v_s(T_{ute}) = v_s(-3,1^\circ\text{C}) = 3,8 \text{ g/m}^3.$$

7. Fuktillskottet inomhus blir

$$v_{ft} = v_{inomhus}^{max} - v_s(T_{ute}) = 11,5 - 3,8 \text{ g/m}^3 = 7,7 \text{ g/m}^3$$

Fuktillskottet är mycket högt. Det inte sannolikt att det blir så stort under längre perioder. Konstruktionen kan således godtas i detta skedet.

4. YTKONDENSATION

Ytkondensation uppkommer oftast på ytor som har en lägre temperatur (omkring daggpunkt för inomhustemperaturen) än temperaturen inomhus. Ytor kan få en lägre temperatur p.g.a. köldbryggor eller via inläckande kall uteluft.

Under ytkondensation undersöks följande:

- ett appoximativt värde för maximalt fuktillskott inomhus i punkten 4a.
- köldbryggor i punkten 4b.
- kondens på rör i punkten 4c.

4a Kontrollera maximalt fuktillskott för taket (utan ev. avslutningsdetaljer, etc.) speciellt för rum som har en stor fuktproduktion, ex. badrum och tvättstuga.

Ytkondensation kan accepteras under kortare perioder (5 till 10 minuter) i samband med t.ex. duschning. Konstruktionen dimensioneras för att i normalfallet tåla ett högre fuktillskott (större än 4 g/m³) än övriga bostaden. Jämför det framtagna ventilationsomsättningen med ritningens.

Överslagsmässig kontroll:

$$T_{yta} = T_{inne} - \frac{R_{si}}{R_{si} + R_{se} + \Sigma R} \cdot (T_{inne} - T_{ute}) \quad (10)$$

där

$$T_{yta} = \text{Yttemperaturen} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

$$T_{inne} = \text{Temperaturen inomhus} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

$$T_{ute} = \text{Temperaturen utomhus} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

$$R_{si} = \text{Invändigt Värmeövergångsmotstånd} \quad [\text{m}^2\text{K/W}]$$

$$R_{se} = \text{Utvändigt Värmeövergångsmotstånd} \quad [\text{m}^2\text{K/W}]$$

$$\Sigma R = \text{Summa värmemotstånd} \quad [\text{m}^2\text{K/W}]$$

Kondens bildas då $v_{inne} \geq v(T_{yta})$

Fukttillskottet: v_{ft} , kan beskrivas med två ekvationer, 11 och 12:

$$v_{ft} = v_{inne} - v_{ute} \quad (11)$$

$$v_{ft} = \frac{G}{n \cdot V} (1 - e^{-nt}) \quad (12)$$

där

$$v_{inne} = \text{Ånghalten inomhus [kg/m}^3\text{]}$$

$$v_{ute} = \text{Ånghalten utomhus [kg/m}^3\text{]}$$

$$G = \text{Fuktproduktionen [kg/s]}$$

$$n = \text{Ventilationsomsättningen [s}^{-1}\text{]}$$

$$V = \text{Ventilerad volym [m}^3\text{]}$$

$$t = \text{Tiden [s]}$$

Vid stationära beräkningar blir ekvation 12

$$v_n = \frac{G}{n \cdot V} \quad (12a)$$

Sammanslagning av ekvation 11 och 12a ger:

$$n = \frac{G}{V \cdot (v_{inne} - v_{ute})} = \frac{G}{V \cdot (v_s(T_{yta}) - v_{ute})} \quad (13)$$

Beräkningen med ekvation 13 ger ett mycket överslagsmässigt resultat. Detta eftersom man inte tar hänsyn till en rad faktorer som påverkar både negativt och positivt på konstruktionen ur fuktsynpunkt.

Tänk på att:

- ⇒ Ytmaterial som inte kan absorbera fukt, t.ex. plåt eller glaserat kakel, kan ge takdropp redan vid liten kondenserad mängd.
- ⇒ Material som kan absorbera fukt, t.ex. betong kan ha låga yttemperaturer under ganska långa tider utan att skada eller andra olägenheter uppkommer.

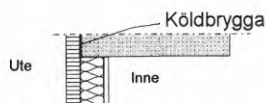
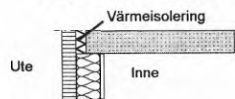
Fuktproduktion G:
Bad : 40 g/timme
Dusch : 2000 g/timme

4b Undvik köldbryggor.

Kontrollera anslutningar mot yttervägg, takfönster m.m. Där inte köldbryggan kan undvikas beräkna maximalt fukttillskott eller erforderligt ventilationsflöde (jämför med ritningens).

En köldbryggas påverkan på omgivningen m.m. beräknas lämpligen med hjälp av PC-datorer. Exempel på användbara program är HEAT (T Blomberg) och HPComp (C E Hagetoft).

Exempel på hur en lösning kan förbättras:

"DÅLIG LÖSNING"**"BÄTTRE LÖSNING"****4c** Kondens vid varm- eller kallvattenrör, från och tilluftskanaler, etc. undviks genom erforderlig rörisolering.

Rör med kontinuerlig kylning (alltid lika kallt i rören) får dock alltid kondens varför dessa bör placeras i speciella schakt med avledning för kondensvattnet.

Se värmeisoleringsfabrikantens anvisningar.

3.3 ENSTAKA FUKTPÅVERKAN

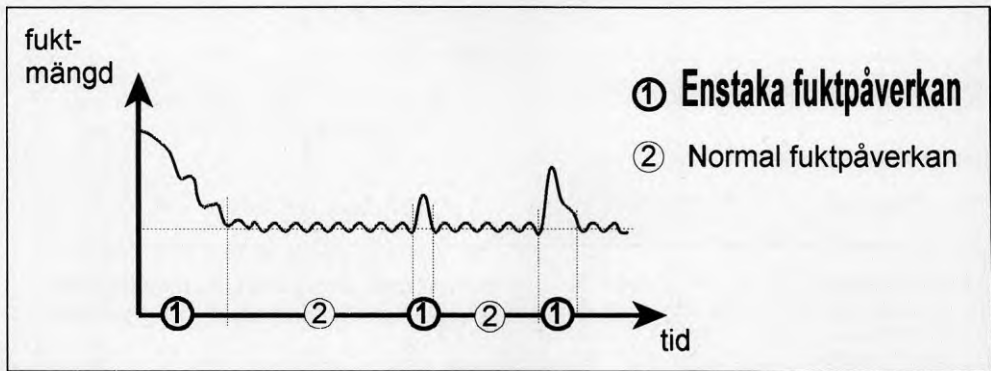
I avsnittet kontrolleras de fuktpåverkningar som uppkommer vid enstaka tillfällen under vissa begränsade tidsrymder.

Det är tre delavsnitt måste kontrolleras för det oventilerade varmtaket:

3.3.1 NEDERBÖRD UNDER BYGGNADSTIDEN

3.3.2 BYGGFUKT

3.3.3 LÄCKAGE



3.3.1 NEDERBÖRD UNDER BYGGNADSTIDEN

Med fuktpåverkan "Nederbörd under byggnadstiden" menas en oavsiktlig belastning av fukt på material eller komponenter. Om man använder fuktiga material i konstruktionen, finns det en stor risk att dessa material orsakar onödiga fuktskador eller andra onödiga problem. Mögel kan börja gro och andra biologiska aktiviteter kan påbörjas för att senare utvecklas under lägre fukt-förhållanden i den färdiga konstruktionen. Fuktiga material ökar även energiförbrukningen som pågår tills materialen har torkat ut. Materialegenskaper kan försämrats helt eller delvis, ex. spånskivor sväller och gipsskivornas papp blöts upp. Man ska därför undvika att utsätta materialen för nederbörd eller höga fuktbelastningar i olika former.

För att se till att materialen hanteras på ett lämpligt sätt kontrolleras följande:

- Materialen skall förvaras på ett ur fuktsynpunkt korrekt sätt.
- Monteringsbetingelserna under uppförandet av byggnaden.
- Nederbörden inte ska påverka uttorkningstiden.

a Förvaring av material och komponenter skall ske:

- Under tak
- Lufttat
- Skiljt från marken

De material som vid normalt brukande inte utsätts för nederbörd i olika former skall inte heller utsättas för det under byggtiden.

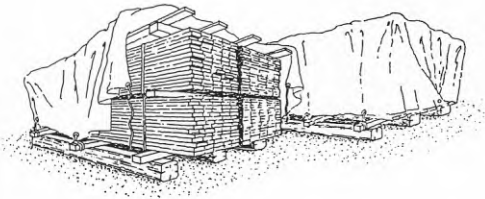
Kontrollera med materialfabrikanterna vad som rekommenderas för deras produkter.

Se till att garage och förråd färdigställs först så att materialen kan förvaras där.

Trä och träbaserade material skall alltid förvaras under tak utan kontakt med fuktig mark eller fuktiga material (t.ex nygjuten betong).

För fler exempel på hur olika material kan lagras se exemplet nedan som är hämtade från T Hanssons skrift "Att bygga torrt", 1989.

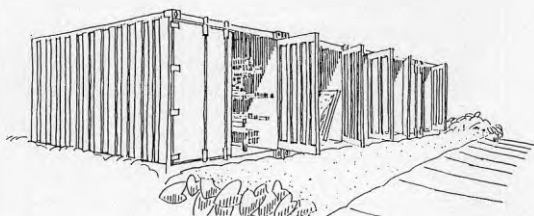
Exempel på Förvaring av material:



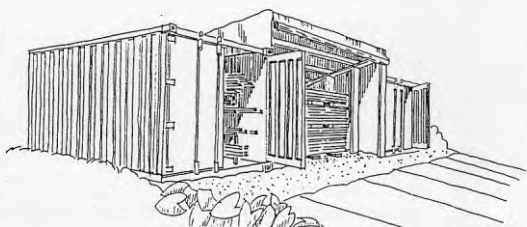
Virke skall lagras luftigt under presenningar. Man måste se till att skydda virket mot nederbörd, solstrålning, nedsmutsning samt fukten från markytan.



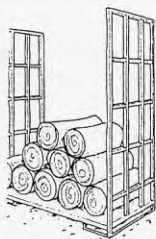
Tidigt färdigställda carportar eller garage med provisoriska grindar för att minska stöldrisken.



Låsbara containers.

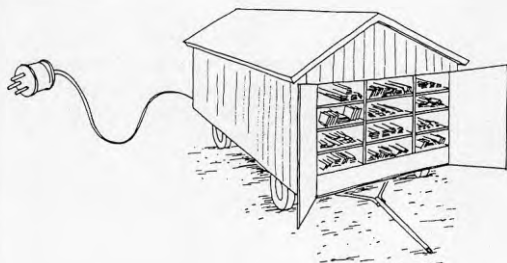


Tillfälliga skjul. Dessa skjul kan vara speciellt avpassade för skivmaterial. Här är skjulet placerat mellan två containrar och skjulets öppning är en presenning.



Utvecklade transport- och hanteringssystem, t.ex. häckar för mineralull, täcks lämpligen med speciella kapell eller i nödfall med presenning.

Lagring av inomhusmaterial:



Socklar och lister skall förvaras i uppvärmda utrymmen. Här ett exempel på en uppvärmd och värmeisolerad vagn.

- b** Vid nederbörd under uppförandet av byggnadsdelen:

Se till att taket monteras under goda väderbetingelser.

Undvik att uppföra byggnadsdelen när det t.ex. snöar, regnar.

Kanadensiska undersökningar redovisar att höga fukthalter i värmeisoleringen ger en högre energiförbrukning mot normalt. För vissa tider under året gav det uppåt 20% större jämfört mot en torr konstruktion. Den förhöjda energiförbrukningen pågår ända tills vattnet har diffunderat ut, antingen genom tätskiktet eller genom den helklistrade ångspärren

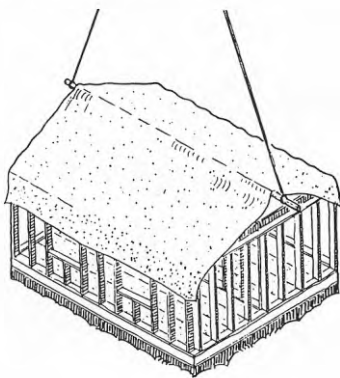
- c** Regn på material, såsom betong eller lättbetong, förlänger uttorkningen av byggfukten.

Se till att provisoriskt tak appliceras ovanpå konstruktionen.

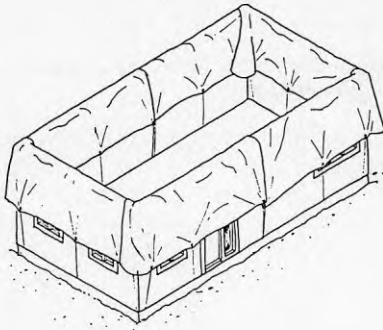
Det provisoriska taket kan vara en presenning med god lutning för att avleda vattnet ut från konstruktionen.

Nedan illustreras några typer av tillfälliga taktäckningar. Här visas även hur man kan avleda vatten från byggnadsdelen med provisoriska stuprör. Exemplena är hämtade från T Hansson (1989) "Att bygga torrt".

Exempel på tillfällig taktäckning:



Man kan använda en presenning som är större än boytan. Som också används ett rör o. dyl. som lyfts på med hjälp av en kran.



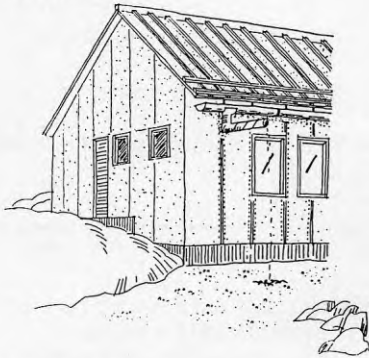
Vid prefabelement täcks lämpligen elementen med presenningar innan taket är på plats. Det är speciellt lämpligt att utföra detta före helger och längre ledigheter. Tänk på att bjälklaget inuti huset också bör skyddas under längre ledigheter.

I stället för stuprör



Exempel på provisoriska stuprör.

Utkast från hängränna



3.3.2 BYGGFUKT

Fuktpåverkan byggfukt har tre delkrav som måste uppfyllas för att erhålla en god fuksäkerhet.

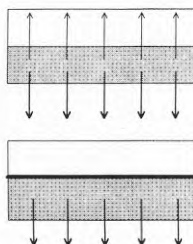
1. UTTORKNINGSPOTENTIAL
2. MATERIALKOMBINATIONER
3. YTBEHANDLING

1. UTTORKNINGSPOTENTIAL

Uttorkningen av byggnadsdelen kontrolleras med följande:

- a. För att kontrollera uttorkningen av byggfukt måste man först se till att den inte transporteras till andra platser i konstruktionen. För varmtak med platsgjuten betongstomme och den största delen av värmeisoleringen placerad på konstruktionens kalla sida behövs oftast en ångspärr. Ångspärren fyller här två funktioner dels skyddar ovanliggande material för höga fuktbelastningar under uttorkningskedet (punkt 1a) dels ser till att fukten innefrån inte fördröjer uttorkningen genom en upplagring via ångdiffusion (punkt 1b).
- b. Uppskattning av uttorkningstiden utan eventuell målning o.dyl. behandlas i punkt 1c.

- 1a** Placera en ångspärr ovanpå betong eller lättbetong.
Välj en alkalibeständig ångspärr.



Utan Ångspärr
Uttorkningen sker både inåt och in i konstruktionen.
Skador kan uppkomma!

Med Ångspärr
Uttorkningen sker huvudsakligen inåt.
Inga eller obetydliga skador.

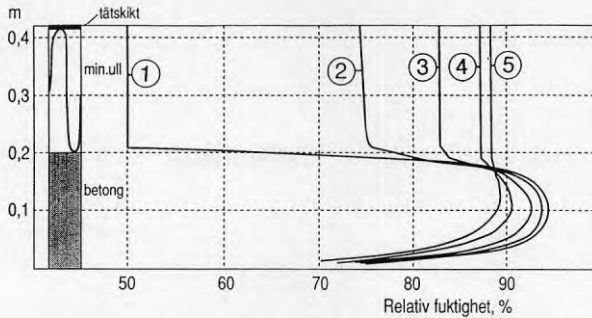
Exemplet nedan redovisar vad som inträffar när inte en ångspärr finns.

Exempel. Oventilerat varmtak utan ångspärr.

Observera att för följande exempel är beräkningarna utförda utan temperaturpåverkan, d.v.s. isoterma beräkningar. Här är temperaturen konstant 20 °C genom hela konstruktionen.

Konstruktionen består utifrån räknat av 2-lags helklistrat tätskikt, 220 mm mineralull och 200 mm platsgjuten betong. Den platsgjutna betongen har torkat dubbelsidigt vid det omgivande klimatet 50 % relativ fuktighet ner till medelnivån 90 %. Denna medelnivå har använts för båda fallen nedan. På konstruktionens utsida antas att den är lika med årsmedelvärdet för en ort och är konstant på 80% relativ fuktighet. Inomhus antas en konstant relativ fuktighet på 50 %.

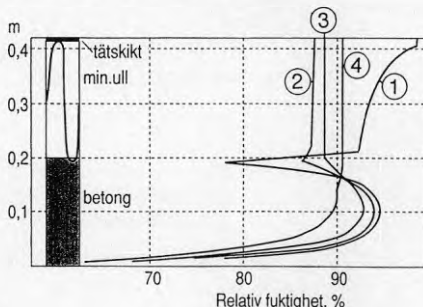
När betongen har torkat ner till medelnivån 90% monteras isoleringen och tätskiktet under goda väderförhållanden ("torr väderlek"). Mineralullen har förvarats inomhus (20 °C och 50 % relativ fuktighet), d.v.s. under mycket goda förhållanden. I figur 3.8 redovisas vad som inträffar.



Figur 3.8. Fuktprofilen i konstruktionen vid jämna tidsintervall under uttorkning av betongkonstruktion utan ångspärr och en "torr" värmeisolering. Kurva 1 är vid start och kurva 5 är 5 tidsintervall senare.

I figuren 3.8 visas att om man anbringar en "torr" värmeisolering (50% relativ fuktighet) på en fuktig betongen så kommer fuktigheten i värmeisoleringen att stiga till ett maximalt värde (jämför kurva ① och ⑤). Fukten som finns i betongen transporteras dels mot den invändiga sidan dels mot tätskiktet, se kurva ① till ④. Fuktransporten mot tätskiktet kommer att pågå tills det finns ungefär samma fuktighet i hela värmeisoleringens tjocklek, se kurva ⑤. När fukten i värmeisoleringen har jämnats ut erhålls oftast ett maximumvärde. I figur 3.8 är den 89%, vilket innebär att fuktigheten i värmeisoleringen har ökat gentemot startvärdet på 50%. Dessutom är maximumvärdet för kurva ⑤ i det närmaste konstant, d.v.s. fuktransporten genom tätskiktet är mycket liten eller försumbar.

Om man använder en fuktigare mineralull (ett högre värde än 50%) blir maximumvärdet i värmeisoleringen högre än 89%. Exempelvis kan det bli högre om mineralullen utsätts för en hög relativ fuktighet (100%) innan eller under monteringen. I figur 3.9 visas en sådan fuktprofil. För det aktuella fallet blir utjämningsfuktigheten ca 92%.



Figur 3.9. Fuktprofilen i konstruktionen vid jämna tidsintervall under uttorkning av betongkonstruktion utan ångspärr och en "fuktig" värmeisolering ($90 < \phi < 100\%$). Kurva 1 är vid start och kurva 4 är 4 tidsintervall senare.

När man jämför figur 3.8 och 3.9 kan det tyckas vara en försumbar differens. Skillnaden är dock stor ur fuktsynpunkt. Den fukt som finns i isoleringen kan huvudsakligen torka ut på ett håll, nämligen genom betongen. Endast en liten del sker genom tätskiktet mot utsidan. Uttorkningstiden kommer att totalt sätt vara mycket längre för figur 3.9 än för 3.8. Den förlängda uttorkningstiden ger att de höga fuktförhållandena i mineralullen kan påverka, (ex..svällning) och skada mineralullen eller andra komponenter, ex. i drastiska fall såsom sönderfruset tätskikt.

Resultatet av beräkningarna redovisade att om vi inte använder en ångspärr ovanpå betongen så kan det medföra till höga relativa fuktigheter i värmeisoleringen. Med ångspärr förhindras fuktransporten helt eller delvis att medföra höga fuktbelastningar i värmeisoleringen.

1b

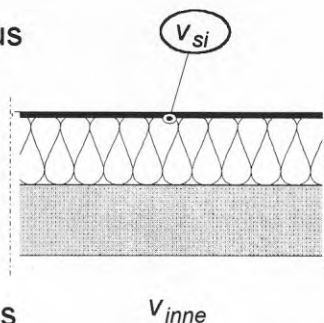
Kontrollera om takkonstruktionen torkar ut. Beräkningen kan förbigås om kontrollen är genomförd under punkten för NORMAL FUKTPÅVERKAN: LUFTFUKT INOMHUS - ÅNGDIFFUSION eller om konstruktionen har en ångspärr.

Om betongen inte gör det, använd en för ändamålet lämplig ångspärr (ex. alkalibeständig plastfilm på betong) som förhindrar att den fuktiga luften transporteras till konstruktionens kalla sida. Exempel på andra alternativ är att ändra på fukttillskottet inomhus eller ändra eller byta de ingående komponenterna i takkonstruktionen.

För uppskattningsförfarandet se figur 3.10 med efterföljande förklarande text.

Se även exempel under NORMAL FUKTPÅVERKAN: LUFTFUKT INOMHUS - ÅNGDIFFUSION.

Utomhus



Inomhus

 v_{inne}

Figur 3.10 Principskiss.

Beräkningsgång:

1. Sätt först att $v_{si} = v_s(T_{ute})$ med T_{ute} = Årmedeltemperaturen eller månadsmedeltemperaturen för orten.

För vissa valda orter finns temperaturerna i 5. BILAGOR, avsnitt 5.1 KLIMATDATA.

För bestämning av v_s se avsnitt 5.3 MÄTTNADSNÄNGHALT.

2. Beräkna inomhusånghalten

$$v_{inne} = v_{ute} + v_{ft}$$

där

$$v_{ft} = \text{Fukttillskottet normalt 2 till 4 g/m}^3$$

$$v_{ute} = \text{utomhusånghalten} = v_s(T_{ute}) \cdot RF_{ute}$$

Tänk på hur lokalerna används vid uppskattningen av fukttillskottet. Ånghalten kan vara konstant eller variabel. På årsbasis är det lämpligt att välja ett konstant värde. För bostäder och om man räknar per månad kan man välja ett högt värde under vintermånaderna och ett lägre värde för sommarmånaderna.

3. Jämför v_{si} med v_{inne} antingen för hela året eller för varje månad separat.

Är $v_{inne} < v_{si}$ behövs ingen ångspärr.

1c Kontrollera uttorkningstiden av betongen genom beräkning med någon av följande metoder:

1. Tabeller
2. Fouriertal
3. Datorprogram

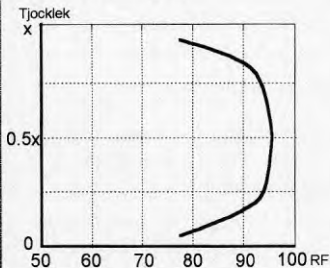
Tänk på att resultatet från metoderna 1 och 2 ger en medelnivå. Uttorkningsprofilen ser i princip ut som figur 3.11 visar

Tänk på att kvarsittande formar av t.ex. plåt eller fukttäta material ger en enkelsidigt uttorkning.

Se till att kritiska fukthalter, m.m. finns för alla materialen. Om de saknas bör materialfabrikanten tillfrågas. Det rekommenderas att den högsta kritiska relativa fuktigheten antas till 90%.

Tänk på att resultatet från de nämnda beräkningsalternativen endast är en uppskattning på den tid som åtgår till uttorkningen. Det rekommenderas att välja "pessimistiskt" omgivande klimat, ex. antaga något högre relativ fuktighet, lägre temperatur, m.m. än vad som kan uppskattas eller förväntas.

1. Tabeller



Figur 3.11 Principskiss på den relativa fuktighetens fördelning i en betongplatta med dubbelsidig uttorkning. Medel RF är 90%.

Erforderlig torktid för byggfukt i betong vid anläggning av tät fuktkänsliga ytskikt med kritisk fuktighet på 90%.

Normalfall:

- Enkelsidig uttorkning, ex Betongkonstruktion med ovanliggande ångspärr eller fuktspärr.
- Btg II K 25 T, tjocklek = 10 cm
- Membranhärdad
- Uttorkningen startar efter 1 månad.

Erforderlig torktid: 60 dygn

Vid avvikelser från normalfallet multipliceras erforderlig torktid med nedan angivna "multiplikatorer".

Variabel	Multiplikator = M					
Betongkvalitet M	K 15 ~2	K25 1	K25I ~0,5	K40 0,5-0,6	K40L 0,3	
Torkklimat M	φ	20-50 1	60 1,2	80 1,5	%	
M	Temp.	10 1,3-1,4	20 1	30 0,6-0,7	°C	
Plattjocklek, enkelsidig uttork. M	6 0,4	8 0,7	10 1	12 1,4	14 1,8	cm
M	16 2,3	20 3,3	30 6,3			cm
Kritiskt fuktill- stånd M	90% 1		80% ~4		70% ~6	
Härdning, gäller för K25 M		Membranhärdning 1		Vattenlagring 1,2		

Tabell 3.10 Erforderlig torktid för betong. LO Nilsson (1977)

Exempel 1:

200 mm membranhärdad Betong, typ BTG II K 25 T. Vi antar att det bästa torkklimat som kan uppnås är 60% relativ fuktighet och en temperatur på 20°C. Tabell 3.10 ger följande resultat:

Dubbelsidig uttorkning: $60 \cdot 1 \cdot 1.2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1$ dygn = 72 dygn

Enkelsidig uttorkning: $60 \cdot 1 \cdot 1.2 \cdot 1 \cdot 3.3 \cdot 1$ dygn = 274 dygn

Av beräkningarna framkommer att uttorkningstiden ligger mellan 72 till 274 dygn. Den dubbelsidiga uttorkningen ger ~ 4 gånger snabbare torkning.

Exempel 2:

Samma betong med dubbelsidig uttorkning men...

- ① Uttorkning vid en omgivning på 80% relativ fuktighet istället för 60% vid 20°C ger resultatet 90 dygn
- ② Temperaturen 10°C istället för 20°C vid en omgivande relativ fuktighet på 60% ger resultatet 100 dygn.

Om man jämför ① och ② med exempel 1 finner man att det omgivande klimatet kan ha en ganska stor betydelse på resultatet. Det rekommenderas att använda värden som är verklighetsförankrade, eventuellt något pessimistiska. Det är bättre att ange en något för lång uttorkningstid och planera för denna längre tiden vid byggandet.

2. Fouriertal

Uppskattningsförfarandet med Fouriertal får endast användas om ingen eller obetydlig temperaturskillnad finns över betongen.

Uppskatta uttorkningsförloppet av den invändigt obehandlade betongen, genom en beräkning med hjälp av ekvationerna 14, 15 och 16 samt diagrammen 3.1 eller 3.2.

$$U_m = \frac{w_m - w_\infty}{w_0 - w_\infty} \quad (14)$$

där

U_m = fuktpotential [-]

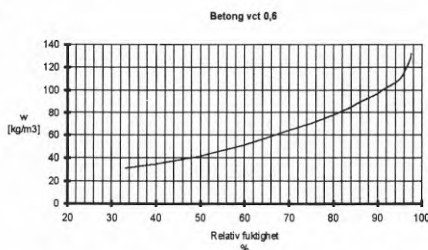
w_m = fukthalten i det aktuella ögonblicket [kg/m^3]

w_∞ = fukthalten vid jämnvikt [kg/m^3]

w_0 = fukthalten vid uttorkningens start [kg/m^3]

Tänk på att ytbehandling förlänger torkningen av betongen. Efter uttorkningsberäkningen är klar så se vidare under detta avsnittet BYGGFUKT under 2. YTBEHANDLING.

Fukthalterna fås från den aktuella betongens desorptionsisoterm.



w_m är den fukthalt som betongen skall torka ner till, den sk. önskade nivå.

$$D_w = D_{w0} \cdot (1 + b \cdot (U_m)^n) \quad (15)$$

$$D_{w0} = \frac{\delta_v \cdot v_s(T)}{\frac{\partial w}{\partial \phi}} \quad (15')$$

där

D_{w0} = Diffusiviteten för låga relativa fuktigheter [m²/s].

Använd tabell 3.11 eller utför en beräkning med ekvation 2b'.

v_s = mättnadsånghalten [kg/m³]

T = temperaturen [°C]

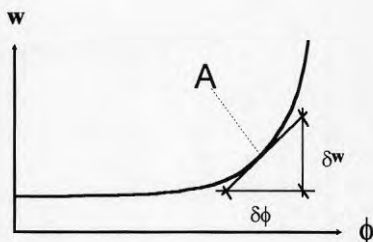
b, n = konstanter för aktuell betong

$\partial w / \partial \phi$ = sorptionskurvas lutning mellan uttorkningens startpunkt och dess slutvärde, Se figur 3.12.

Ånggenomsläppligheten, δ_v eller finns angiven för några betongkvaliteter i kapitel 5. BILAGOR avsnitt 5.3 MATERIALDATA. Diffusiviteten, D_{w0} finns i tabell 3.11 nedan för några olika vct:er hos betongen.

Mättnadsånghalten finns i kapitel 5. BILAGOR avsnittet 5.3 MÄTTNADSÅNGHALT.

För betong sätts n oftast till antingen 2 eller 5. Välj $b=0$ om den inte finns angiven för aktuell betong.



Figur 3.12 Sorptionskurvas lutning för punkten A.

vct	Diffusivitet $D_{w0} \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
0,3	8
0,4	14
0,5	22
0,6	35
0,7	45
0,8	60
0,9	90
1,0	140

Tabell 3.11 Diffusiviten för några olika vct som gäller ungefär när halva uttorkningstiden har gått. L O Nillson (1976).

$$t_0 = \frac{F_0 \cdot h^2}{D_w} \quad (16)$$

där

- t_0 = uttorkningstiden [s]
 D_w = Diffusiviteten från ekvation 15 [m^2/s]
 h = halva tjockleken för dubbelsidig uttorkning och hela tjockleken för enkelsidig uttorkning [m]
 F_0 = Foriertalet, bestäms av diagram 3.1 ($n=2$) eller 3.2 ($n=5$) med kännedom om U_m och b .

För ytterligare information om Foriortal:
 Se Betonghandbok, Material kapitel 8.6.

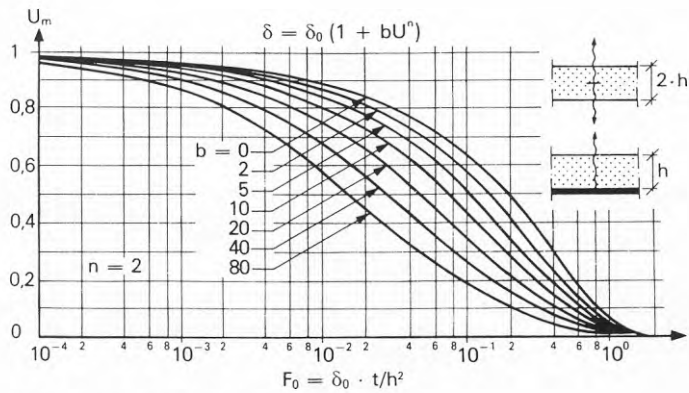


Diagram 3.1 Forieratal för $n=2$
 Pihlajjavaara (1969)

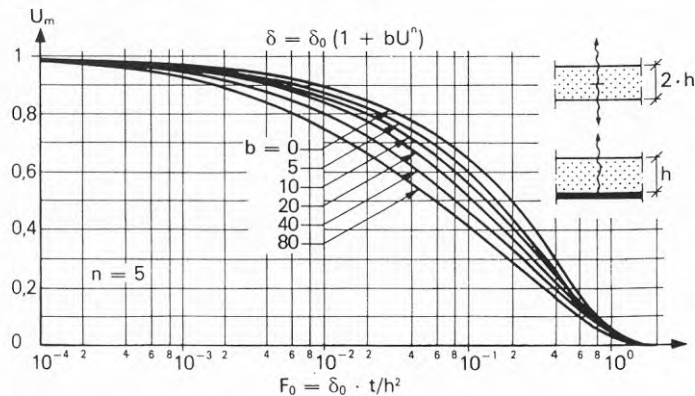


Diagram 3.2 Forieratal för $n=5$
 Pihlajjavaara (1969)

Exempel:

Hur lång tid tar det innan en 100 mm tjock mellanbjälklag av betong (vct 0,6) torkar från 132 kg/m³ ner till 97 kg/m³. Efter oändlig tid antas att den slutliga fukthalten blir 35 kg/m³. Plattan kan endast torka på en sida p.g.a. en kvarsittande form. Den omgivande temperaturen är 20°C. Betongen uttorkningskoefficienter är kända (b=10 och n=2).

Lösning:

För beräkningen är följande parametrar givna:

$$w_0 = 132,0 \text{ kg/m}^3$$

$$w_\infty = 34,8 \text{ kg/m}^3$$

$$w_m = 97,2 \text{ kg/m}^3$$

Ekvation 14 blir med angivna värden:
$$U_m = \frac{w_m - w_\infty}{w_0 - w_\infty} = \frac{97 - 35}{132 - 35} = 0,64$$

Diffusiviteten, D_{w0} för betongen (vct 0,6) uppskattas med Tabell 3.11 till $35 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$. Uttorkningskoefficienterna är kända för betongen (b=10 och n=2). En omräkning av diffusiviteten sker för att ta bättre hänsyn till att den varierar under uttorkningstiden. Uttorkningen sker snabbare i början än i slutet.

Ekvation 15 blir:
$$D_w = D_{w0} \cdot (1 + b \cdot U^n) = 35 \cdot 10^{-12} \cdot (1 + 10 \cdot 0,64^2) = 180 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2 / \text{s}$$

Vi vet nu $U_m = 0,64$ samt b och n. Diagram 3.1 används (n=2) för att läsa av Fourietelet, F_n . För det aktuella fallet uppskattas den till $F_n = 0,03$. Med kännedom om alla parametrar kan uttorkningstiden nu beräknas.

Uttorkningstiden blir med ekvation 16:

$$t_0 = \frac{F_n \cdot h^2}{D_w} = \frac{0,03 \cdot 0,1^2}{180 \cdot 10^{-12}} = 1666667 \text{ s} \approx 19 \text{ dygn}$$

3. Datorprogram

Uttorkningen kan bestämmas med hjälp av program till PC-datorer.

Programvaran används för att kontrollera hela konstruktionslösningen och används framförallt vid minsta osäkerhet om materialens kritiska fukthalter överskrids under uttorkningsförloppet.

Exempel på användbart beräkningsprogram är JAM (J Arfvidson, 1988). Kontrollen görs här med hjälp av persondator och beräkningarna är utan temperaturpåverkan, d.v.s. isoterma förhållanden.

2. YTBEHANDLING

Uttorkningstiden kan t.ex. påverkas om man behandlar betongens insida med en tät färg. Här kontrolleras i vilken utsträckning valet av t.ex. färg eller annan ytbehandling påverkar uttorkningstiden.

- 2a** Kontrollera vilken typ av ytbehandling som kan accepteras för att inte öka uttorkningstiden så att skador kan uppkomma.
- För betongkonstruktioner där all värmeisolering är placerad på utsidan av konstruktionen, kan uttorkningstiden bedömas genom 1. *Biottal*.
- För andra konstruktioner bör programvara till dator användas. Se vidare 2. *Datorprogram*.

Det rekommenderas att välja en ytbehandling som endast i liten grad förlänger uttorkningstiden. Den skadliga påverkan kan exempelvis vara att för lättbetong armeringen rostar, eller hög energiförbrukning för byggnaden uppkommer p.g.a. att avdunstningen från betongen kräver energi.

Ett exempel på olika ytbehandlingars påverkan på uttorkningstiden finns under 2. *Datorprogram* nedan. Det redovisade exemplet ger en ytterligare förklaring på varför man bör ta hänsyn till ytbehandling och dess påverkan på uttorkningstiden.

1 *Biottal*

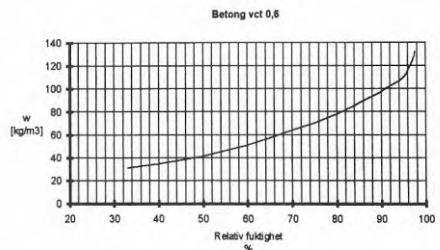
Uppskatta uttorkningsförloppet av den invändigt obehandlade betongen, genom en beräkning med hjälp av ekvationerna 17, 18, 19, 20, 21 och 22 samt diagram 3.3.

$$U_m = \frac{w_m - w_\infty}{w_0 - w_\infty} \quad (17)$$

där

- U_m = fuktpotential [-]
- w_m = fukthalten i det aktuella ögonblicket [kg/m^3]
- w_∞ = fukthalten vid jämnvikt [kg/m^3]
- w_0 = fukthalten vid uttorkningens start [kg/m^3]

Fukthalten fås från den aktuella betongens sorptionskurva, desorptionsisotermen.



w_m är den fukthalten som betongen skall torka ner till, den sk. önskade nivån.

$$D_w = D_{w0} \cdot (1 + b \cdot (U_m)^n) \quad (18)$$

$$D_{w0} = \frac{\delta_v \cdot v_s(T)}{\frac{\partial w}{\partial \phi}} \quad (18')$$

där

D_{w0} = Diffusiviteten för låga relativa fuktigheter (m^2/s). Använd tabell 1a eller utför en beräkning med ekvation 1b'.

v_s = mätnadsånghalten [kg/m^3]

T = temperaturen [$^{\circ}C$]

b och n = konstanter

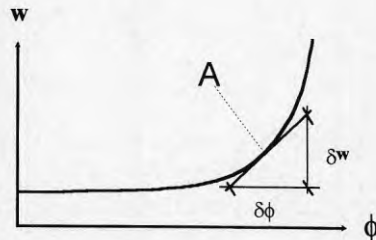
$\partial w / \partial \phi$ = Sorptionskurvens lutning mellan uttorkningens startpunkt och dess slutvärde, Se figur 3.13.

U_m = Bestäms av ekvation 17.

Ånggenomsläppligheten, δ_v eller finns angiven för några betongkvaliteer i kapitel 5. BILAGOR avsnitt 5.3 MATERIALDATA. Diffusiviteten, D_{w0} finns även i tabell 3.12 nedan för några olika vct:er hos betongen.

Mätnadsånghalten finns i kapitel 5. BILAGOR avsnittet 5.3 MÄTNADSÅNGHALT.

För betong sätts n oftast till antingen 2 eller 5. Välj $b=0$ om inte konstanten finns angiven för den aktuella betongen.



Figur 3.13 Sorptionskurvens lutning vid punkten A.

vct	Diffusivitet $D_{w0} \cdot 10^{-12} m^2/s$
0,3	8
0,4	14
0,5	22
0,6	35
0,7	45
0,8	60
0,9	90
1,0	140

Tabell 3.12 Diffusiviten för några olika vct som gäller ungefär när halva uttorkningstiden har gått. L O Nilsson (1976).

$$Bi = \frac{\beta \cdot h}{D_w} \quad (19)$$

där

β = bestäms med ekvation 20 eller 20' [m/s]

D_w = Enligt ekvation 18 eller 18' [m²/s]

h = halva tjockleken för dubbelsidig uttorkning och hela tjockleken för enkelsidig uttorkning [m]

$$\beta = \frac{\delta_v(ytb)}{d_{ytb}} \cdot v_s(T) \cdot \frac{\partial \Phi}{\partial w} \quad (20)$$

eller

$$\beta = \frac{1}{Z_v(ytb)} \cdot v_s(T) \cdot \frac{\partial \phi}{\partial w} \quad (20')$$

där

$\delta_v(ytb)$ = ytbeläggnings ånggenomsläpplighet [m²/s]

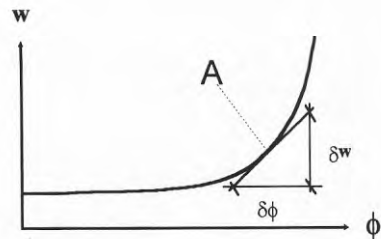
$Z_v(ytb)$ = ytbeläggnings ånggenomsläpplighet [s/m]

d_{ytb} = ytbeläggnings tjocklek [m]

$v_s(T)$ = Mättnadsånghalt vid rådande temperatur, T [°C]

$\partial \Phi / \partial w$ = inversen på sorptionskurvans lutning (betongens) mellan maximalt värde (w_∞) och jämviktstillstånd (w_0) [m³/kg].

Ånggenomsläppligheten, δ_v och ånggenomsläpplighetsmotståndet, Z_v , finns redovisade i kapitlet 5. BILAGOR avsnitt 5.2 MATERIALDATA. För material som saknas i tabellen måste fabrikkanten bistå med information.



Sorptionskurvans lutning vid punkten A för betongen.

Bestäm F_0 -talen med hjälp av framräknat U_m och diagram 3.3 för följande två fall:

1. $Bi = \infty$
2. $Bi =$ ekvation 20 eller 20'

Beräkna tidsökningen ε :

$$\varepsilon = \frac{F_0(\text{ekv. } 20 \text{ eller } 20')}{F_0(\infty)} \quad (21)$$

Erforderlig torktid är:

$$t = \varepsilon \cdot t_0 \quad (22)$$

där t_0 = uttorkningstiden för en obehandlad betong (från avsnitt 1. UTTORKNINGPOTENTIAL.)

För mer information om Bi-tal: Se P I Sandberg's rapport BYGGNADSDELARNAS FUKTBALANS I NATURLIGT KLIMAT eller G Fagerlund's rapport GOLV PÅ MARK UTAN FUKTSKADOR.

Se även nedanstående exempel på en beräkning med Biotal, Bi.

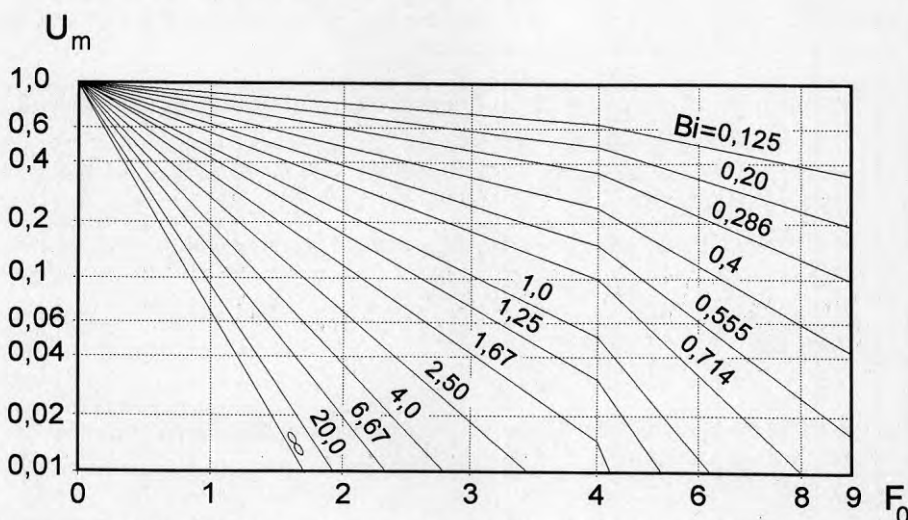


Diagram 3.3 Biotal (Bi) som funktion av F_0 och U_m . P I Sandberg(1973).

Exempel:

Hur lång tid tar det innan en 100 mm tjock mellanbjälklag av betong (vct 0,6) torkas från 132 kg/m³ (97% RF) ner till 97 kg/m³ (90% RF). Om jämnviktsfukthalten efter oändlig lång tid efter det att uttorkningen startar är 35 kg/m³ (40% RF). Plattan kan endast torka på en sida p.g.a. en kvarsittande form. På den andra sidan målas betongen med en färg med ånggenomgångsmotståndet $Z_v = 50 \cdot 10^3$ s/m.

Lösning:

För beräkningen är $w_0 = 132$ kg/m³, $w_\infty = 35$ kg/m³ och $w_m = 97$ kg/m³ givna. Det leder till att Ekvation 17 blir:

$$U_m = \frac{w_m - w_\infty}{w_0 - w_\infty} = \frac{97 - 35}{132 - 35} = 0,64$$

Ur tabell 3.12 bestäms D_{w0} för betongen till $35 \cdot 10^{-6}$ m²/s och den antas vara lika med D_w . Bi-talet beräknas med ekvation 19. För att använda ekvation 19 måste först ekvation 20 eller 20' användas för att beräkna ett β . Mättnadsånghalten fås ur tabellen i kapitel 5. BILAGOR avsnittet 5.3 MÄTTNADSÅNGHALT och är vid 20°C är 17,28 g/m³. Alla ingångsparametrar är nu kända som behövs för att beräkna β . Eftersom vi har kännedom om färgens ånggenomgångsmotstånd Z_v utförs beräkningen lämpligen med ekvation 20'.

$$\beta = \frac{1}{Z_{y,b}} \cdot v_s(T) \cdot \frac{\partial \phi}{\partial w} = \frac{1}{50 \cdot 10^3} \cdot v_s(20^\circ \text{C}) \cdot \frac{(0,97 - 0,40)}{(132 - 35)} \text{ m/s} = 2,03 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$$

Bi-talet kan beräknas med ekvation 19 med $h=0,1$: $Bi = \frac{\beta \cdot h}{D_w} = \frac{2,03 \cdot 10^{-9}}{35 \cdot 10^{-12}} \cdot 0,1 = 5,8$

Nu vet vi alla faktorer (Bi , U_m) som behövs för att använda diagram 3.3.

1. Med $Bi=\infty$ och $U_m=0,64$ ger det att $Fo(Bi=\infty) \cong 0,14$
2. Med $Bi=5,8$ och $U_m=0,64$ ger det att $Fo(Bi=5,8) \cong 0,24$

Tidsökningen blir nu $\varepsilon = \frac{F_0(\text{ekv. 1d eller 1d}')}{F_0(\infty)} = \frac{0,24}{0,14} = 1,68 \Rightarrow \approx 1,7$ ggr längre uttorkningstid!!

Vi anser kanske att uttorkningstiden är för lång och föreslår att man väljer en färg med ett lägre ånggenomgångsmotstånd Z_v . Färgen får kanske bara ge en ökad uttorkningstid med maximalt 10%. Vilket ånggenomgångsmotstånd skall färgen (Z_v) maximalt ha om förutsättningarna är samma som ovan?

Ny lösning för att bestämma färgens högsta tillåtna ånggenomgångsmotstånd Z_v :

Vid en 10%-ökning blir $Fo(Bi=?) = 1,1 \cdot 0,14 = 0,15$. U_m -värdet är samma som tidigare, d.v.s. 0,64. Vi använder diagram 3.3 "baklänges" och får att Bi-talet blir $Bi \approx 20$ om $Fo=0,15$ och $U_m=0,64$.

Om $Bi = 20$ medför att kan Z_v bestämmas genom att utnyttja ekvation 19 på följande sätt:

$$Bi = \frac{\beta \cdot h}{D_w} \Leftrightarrow \beta = \frac{Bi \cdot D_w}{h} = \frac{20 \cdot 35 \cdot 10^{-12}}{0,1} = 7,0 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$$

När Bi-talet är beräknat, kan ånggenomgångsmotståndet Z_v för färgen beräknas genom att utnyttja ekvation 20':

$$\beta = \frac{1}{Z_v(ytb)} \cdot v_s(T) \cdot \frac{\partial \phi}{\partial w} \Leftrightarrow Z_v(ytb) = \frac{1}{\beta} \cdot v_s(T) \cdot \frac{\partial \phi}{\partial w} = \frac{1}{7,0 \cdot 10^{-9}} \cdot 17,28 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{0,97 - 0,4}{132 - 35} \cong 15 \cdot 10^3 \text{ s/m}$$

Av den sista beräkningen finner vi att färgen får maximalt ha en ånggenomgångsmotstånd på $Z_v = 15 \cdot 10^3 \text{ s/m}$ för att man endast skall få en 10%-ig ökning av uttorkningstiden för betongplattan.

2 Datorprogram

Valet av ytbehandlingens påverkan på konstruktionens uttorkningsförlopp kan även bedömas med hjälp av programvara till dator. Dock måste programmet vara avsett för den typen av beräkningar som erfordras.

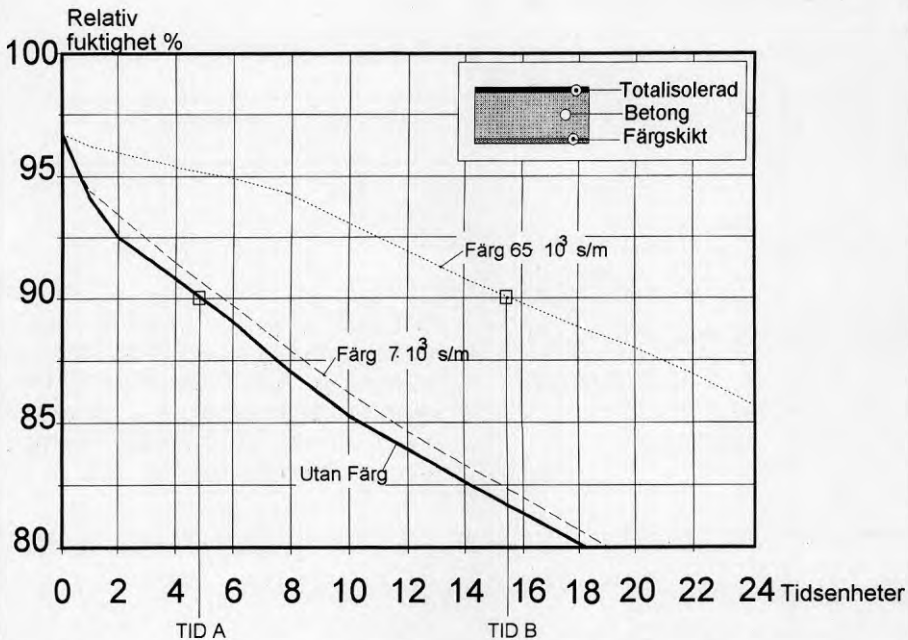
Exempel på ett användbart program är JAM, J Arfvidsson (1988). Programmet är dock avsedd för isoterma förhållanden vilket noggrant måste beaktas vid bedömningen av den totala uttorkningstiden.

Exempel på beräkningsresultat från programmet JAM redovisas i nedanstående exempel. Det är även ett exempel på varför man måste ta hänsyn till ytbehandlingen.

Exempel:

En 100 cm tjock betongkonstruktion torkar enkelsidigt, eftersom man använder kvarsittande plåtform. Det omgivande klimatet är 20°C och 50 % relativ fuktighet och antas vara konstant under hela uttorkningstiden. Betongkonstruktionen är av en speciell betongblandning som vi vet torkar enligt nedan figur 3.14 (Utan Färg).

Byggnaden har kommit till under tidspress och målningen av betongen måste utföras direkt efter att hårdningen är avklarad. I beskrivningen av byggnaden förutsätts att man målar betongen med två olika färger. Det skall vara en ångtät färg (Färg 1 med ånggenomgångsmotståndet $Z_v=65 \cdot 10^3$ s/m) för vissa delar i byggnaden medan för andra skall ha en mycket ånggenomsläpplig färg (Färg 2 med ånggenomgångsmotståndet $Z_v=7 \cdot 10^3$ s/m). I figur 3.14 redovisas hur uttorkningsförloppet är med eller utan färg för betongen.



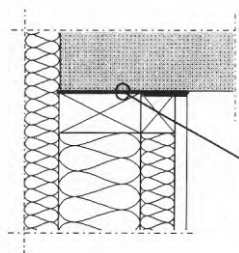
Figur 3.14. Uttorkning av 100 mm specialbetong med respektive utan färg.

Vi vill veta hur lång tid det tar tills betongen har torkat ner till medelnivån 90 % relativ fuktighet.

Ur figuren utläser vi att för vår specialbetong (utan färg) åtgår det 4,8 tidsenheter för att torka ner till 90 % relativ fuktighet. För betongen med den "täta" färgen (Färg 1) fås 15,6 tidsenheter medan för den mindre "täta" (Färg 2) 5,6. Betongen med Färg 1 ger ca 3 gånger så lång uttorkningstid vid jämförelse med den obehandlade. För den fuktgenomsläppligare färgen erhålls endast en faktor på 1,2.

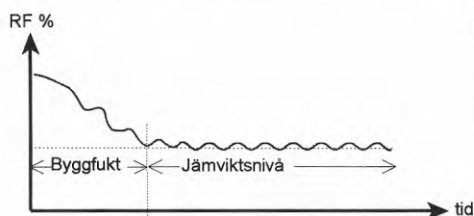
3. MATERIALKOMBINATIONER.

- 3a** vid infästning av träkomponenter i betong eller lättbetong skall en fuktspärr placeras mellan träet och betongen.



Fuktspärr

Se till att fuktspärren är t.ex alkalibeständig i samband med betong eller lättbetong och att fuktspärrens funktioner inte försämras under uttorkningsförloppet ner till normala fuktförhållanden (jämviktsnivå). Kontrollera med materialfabrikanten hur lång tid fuktspärrens skyddande egenskaper bibehålls.



Tänk på att fuktspärren fyller inte sin funktion om trä och fuktig betong är inspärrad mellan två täta skikt. Detta leder till att byggfukten inte kan torka ut utan blir kvar mellan de täta skikten och ger för höga fuktbelastningar på träet med mögel och röta som följd.

3.3.3 LÄCKAGE

- a** Undvik att placera vattenledningsrör i takkonstruktionen.

Se gällande normer från Försäkringsbolag m.fl. om rekommenderad placering av vattenledningsrören.

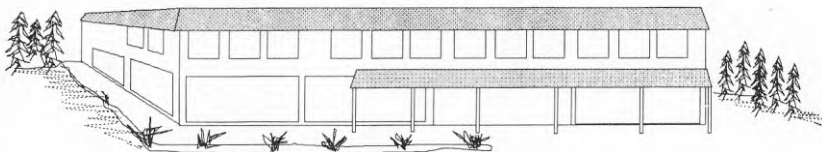
Om vattenledningsrör måste placeras i taket skall dessa vara placerade på insidan av konstruktionen och invändigt om ångspärren. Placera gärna dem i speciella fack eller väl synliga så att eventuellt läckage kan upptäckas direkt.

- b** Placera invändiga takavvattningsledningar i invändigt belägna speciella schakt e.dyl. där eventuellt läckage inte orsakar skador eller andra olägenheter, eller där läckage lätt kan upptäckas och direkt åtgärdas.

4. TILLÄMPNINGSEXEMPEL AV CHECKLISTORNA PÅ EN TAKKONSTRUKTION.

Ett nytt stort varuhus skall byggas i Kommuncity. Byggnaden har två plan för att tomten är ganska liten i förhållande till den totala byggnadens invändiga yta. På tomten skall det förutom byggnaden även finnas parkeringsmöjligheter, plats för kundvagnar i ett separat skjul och allt annat som tillhör ett varuhus (lastnings och lossningsmöjligheter etc.). I och med att byggnaden utförs i två våningar sparas utrymme för framtida expansionsmöjligheter. Fler våningsplan än två tillåter inte byggnadsnämnden för att den omgivande bebyggelsen är äldre enfamiljshus från 50-talet som är två våningar höga.

Den omgivande bebyggelsen har tegelfasad och pulpettak eller sadeltak med takpannor. Beställaren till byggnaden vill ha en betongstomme och ett låglutande tak för att dels minska på kostnaderna för uppförandet dels få en stor invändig rumshöjd så att god plats finns för ventiationsstrumror m.m. För att varuhuset skall "passa in" i omgivningen har arkitekten tänkt att taket skall se ut som om det var ett vanligt pulpettak istället för ett traditionellt låglutande tak. Pulpettaket kommer även att dölja en del ventilationstrumror m.m. som delvis kommer att förläggas på varmtaket. Förslaget från arkitekten (se figur 4.1 nedan) godtas av beställaren och projekteringsarbetet påbörjas.



Figur 4.1 Konturteckning över det nya varuhuset i Kommuncity.

Under projekteringen av varuhuset kommer det upp ett antal olika frågor om man kan utföra varuhuset i Kommuncity på det nu tänkta sättet, med det lilla extra taket på ett annat tak (ett oventilerat varmtak). Du får en ritning av en arbetskamrat på varuhusets tak som Du endast ska kontrollera med avseende på fukt och dess inverknings på det nu tänkta utförandet. Du skall alltså utföra en fuktdimensionering av taket. Till Din hjälp finns projekteringschecklista som enbart behandlar ett oventilerat varmtak (kapitel 3. PROJEKTERINGSCHECKLISTA - OVENTILERAT VARMTAK MED TÄTSKIKT AV PAPP, DUKAR AV GUMMI ELLER PLAST) samt dels en generella checklisten som behandlar tak i allmänhet (kapitel 2. GENERELL CHECKLISTA).

Huvuddelen av taket på varuhuset har en liten taklutning och konstrueras som ett oventilerat varmtak. I kapitel 3. PROJEKTERINGSCHECKLISTA finns en checklista som kan användas för ett oventilerat varmtak för det nu tänkta utförandet på varuhusets tak. Andra möjliga lösningar för ett tak med liten taklutning är t.ex. ett omvänt tak (isoleringen ligger placerad ovanpå tätskiktet) eller ett DUO-tak (en kombination mellan ett varmtak och ett omvänt tak). Taktäckningarna för ett oventilerat varmtak är normalt papp, gummi eller plast. Det innebär att checklisten i kapitel 3 är ändamålsenlig för dimensioneringen med avseende på fukt. För pulpettaksdelen görs en översiktlig fuktdimensionering. Den utförs lämpligen med hjälp av den generella checklisten som finns i kapitel 2. GENERELL CHECKLISTA. De båda fuktdimensioneringarna av det oventilerade varmtaket och pulpettaket redovisas i detta kapitlet i var sitt separat avsnitt: 4.2 FUKTDIMENSIONERING - OVENTILERAT VARMTAK respektive 4.3 FUKTDIMENSIONERING - PULPETTAK. Resultatet av genomgången av de två olika checklistorna presenteras i avsnittet 4.4 RESULTAT AV FUKTDIMENSIONERING. Den framtagna lösningen är endast ett exempel på tillvägagångssättet vid en fuktdimensionering och är inte den enda tänkbara lösningen. Det kan finnas andra och bättre konstruktionslösningar på varuhusets tak.

4. Tillämpningsexempel av checklistorna

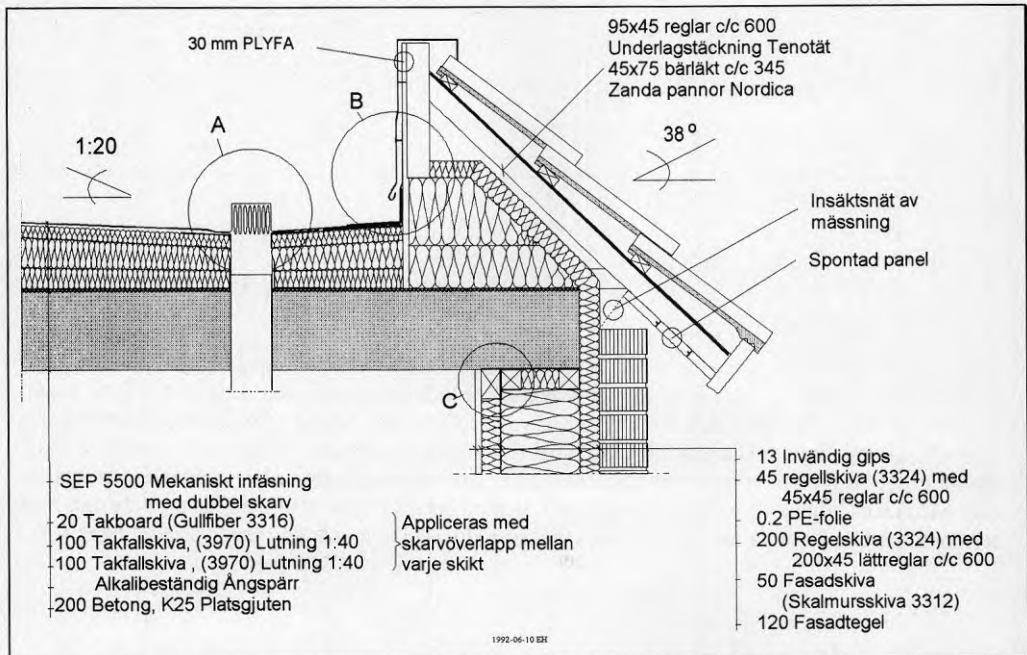
Innan en fuktdimensionering kan genomföras måste kännedom finnas om konstruktionen och dess ingående komponenter. Det gäller i vårt fall både för det oventilerat varmtaket såsom för pulpet-taket. I informationen om varuhusets tak och dess ingående komponenter finns det mesta som krävs för en fuktdimensionering (avsnitt 4.1 INGÅNGSINFORMATION). Det som saknas är exempelvis vissa materialfabrikanters anvisningar m.m. som tas fram när checklistornas kontrollpunkter kräver denna typen av information.

4.1 INGÅNGSINFORMATION

För att korrekt utföra en dimensionering behöver man en hel del information om de ingående komponenterna i konstruktionen. Den statiska dimensioneringen kräver till exempel E-modulen för de i konstruktionen bärande delarna. I en fuktdimensionering behöver man tillgång till ritningar och andra handlingar som berör byggnaden. Dessutom behöver man veta vilka material som ingår i konstruktionen och varje materials kritiska fuktegenskaper, t.ex. kritisk relativ fuktighet eller att svällningar uppkommer över en viss ånghalt. Var och en av dessa tre punkterna är grundläggande information för en fuktdimensionering och bör beskrivas för varje enskilt objekt. För vårt varuhus i Kommuncity finns det beskrivet i de nedanstående avsnitten 4.1.1 RITNINGAR, 4.1.2 BYGGNADENS ANVÄNDNINGOMRÅDE OCH ÖMGIVANDE KLIMAT och 4.1.3 INGÅENDE BYGGNADSMATERIAL OCH DESS KRITISKA FUKTEGENSKAPER.

4.1.1 RITNINGAR.

För varuhuset i Kommuncity finns en ritning. Den kan i nuläget anses vara en skiss och finns i Detaljskiss 1.



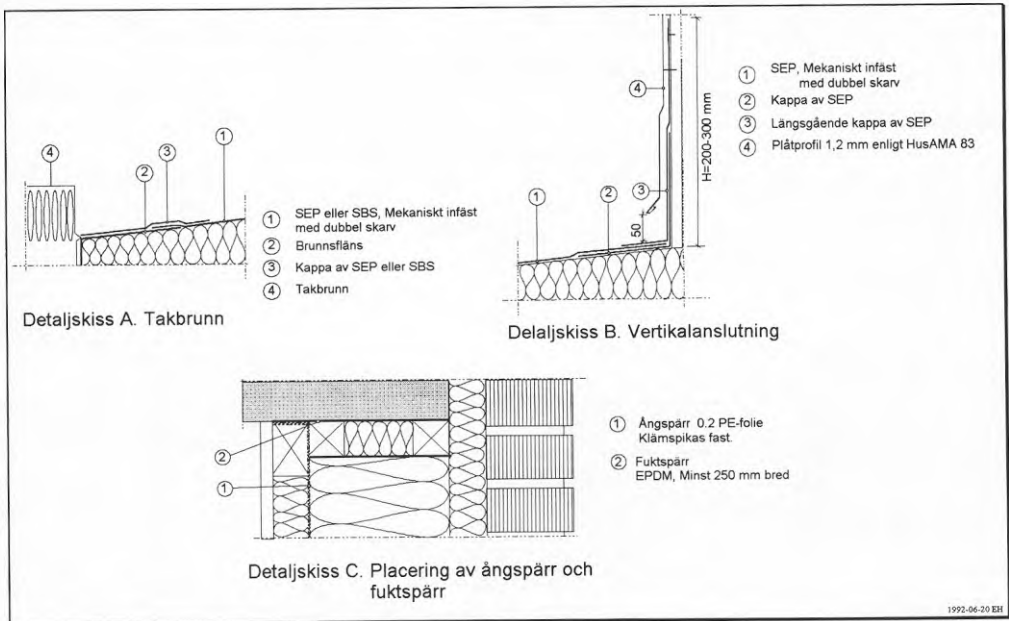
Detaljskiss 1. Skiss över anslutningsdetalj tak och utfackningsvägg på varuhuset i Kommuncity.

Taket är en kombination av ett oventilerat varmtak och ett pulpettak. Den yttre delen av taket är ett pulpettak med takpannor, ventilerad luftspalt o.s.v., medan huvuddelen är ett oventilerat

4. Tillämpningsexempel av checklistorna

varmtak. Om vi skall utföra en fuktdimensionering av taket måste båda delarna kontrolleras. Varmtaket kontrolleras lämpligen med hjälp av kapitel 3. PROJEKTERINGSCHECKLISTA - OVENTILERAT VARM TAK MED PAPP, DUKAR AV GUMMI ELLER PLAST. När det gäller pulpettak med giver skissen inte en noggrannare dimensionering utan endast en mycket översiktlig sådan. Den översiktliga fuktdimensioneringen kan exempelvis utföras med den generella checklisten som finns i kapitel 2. GENE-RELL CHECKLISTA.

I Detaljskiss 1 finns tre detaljer markerade: A, B och C. Dessa finns presenterade i Detaljskiss 2.

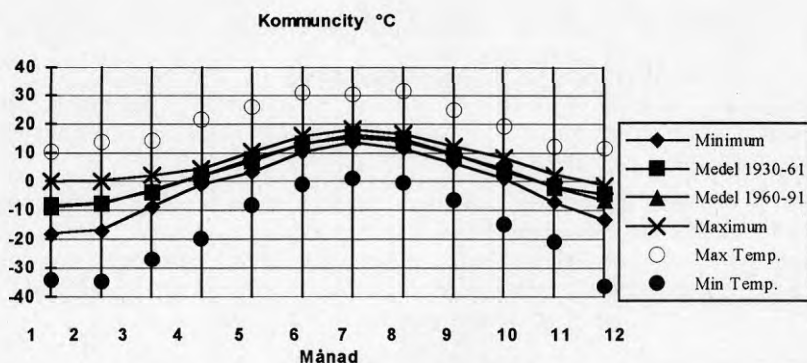


Detaljskiss 2. Tillhörande detaljer till Detaljskiss 1 till varuhuset i Kommuncity.

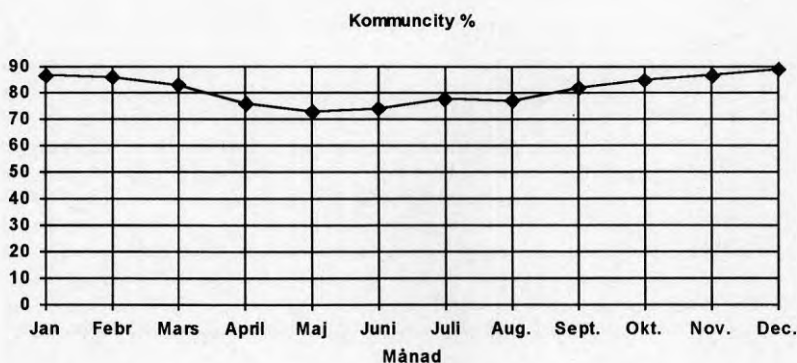
4.1.2 BYGGNADENS ANVÄNDNINGSSOMRÅDE OCH OMGI- VANDE KLIMAT

Utomhusklimatet i Kommuncity finns beskrivet i figur 4.2 och 4.3 för några av klimatdataparametrarna som behövs vid kommande beräkningar i fuktdimensioneringen. I figur 4.3 finns utomhustemperaturen redovisad dels som månadsvärden (Minimum, Medel 1930-61 resp 1960-91 och Maximum) dels finns månadsens högsta respektive lägsta temperatur. Minimum respektive maximum är det lägst resp. högsta månadsmedelvärde som har uppmätts sedan mätstationen inrättades. Månadsens högsta resp. lägsta temperatur är momentant registrerad med hjälp av en min-max termometer. Den relativa fuktigheten finns endast redovisad som månadsmedelvärden i figur 4.3.

4. Tillämpningsexempel av checklistorna



Figur 4.2. Temperaturen för Kommuncity redovisade som månadsvärden (linjer) och månadens högsta respektive lägsta temperatur (punkter).



Figur 4.3. Den relativa fuktigheten för Kommuncity redovisad som månadsvärden (%).

I en fuktdimensionering behövs utomhusånghalten vid vissa beräkningar. Det hade varit önskvärt att det fanns ett liknande diagram för dess variation under året som figur 4.2 och 4.3 visar. Ånghalten är starkt beroende av temperaturen. När man uppskattar utomhusånghalten utifrån diagrammen i figur 4.2 och 4.3 gör man ett fel. Den uppskattade ånghalten utomhus blir lägre. Hur mycket lägre är för närvarande inte undersökt i tillräcklig omfattning för att ett värde ska kunna anges. Det kommer att studeras i ett kommande projekt vid Fuktgruppen vid LTH som behandlar klimatdataparametrar för fuktberäkningar.

Inomhusklimatet ska också bestämmas och en viktig faktor är inomhusånghalten. Ånghalten inomhus är beroende bl.a. av byggnadens användningsområde. Vid kontakt med beställaren konstaterades att byggnaden ska ha en klimatanläggning. Den medför en konstant temperatur (20°C) och en konstant relativ fuktighet (50%) inomhus under hela året. Anläggningen resulterar i att inomhusklimatet kan antas vara helt oberoende av utomhusförhållandena. I och med att det finns ett konstant inomhusklimat så medför det ett konstant värde på inomhusånghalten som gäller under hela året. För varuhuset blir inomhusånghalten 8,64 g/m³.

4.1.3 INGÅENDE BYGGNADSMATERIAL OCH DESS KRITISKA FUKTEGENSKAPER

I ritningarna (avsnitt 4.1.1 RITNINGAR) finns ett antal material angivna. Nu gäller det att skaffa sig kunskap om de ingående materialen och dess kritiska värden. Det är ett mycket viktigt led i fuktdimensioneringen att ta fram information om de ingående materialen.

Fukttransport är mycket starkt kopplat till rådande temperaturförhållanden i och omkring byggnadsdelen. Det är därför det måste finnas kunskap om vissa materialegenskaper som är direkt förknippade med värmetransport. Exempel på ett sådant värde är materialens praktiska värmeledningskoefficient, λ_p . Om man vill utföra beräkningar över hur temperaturfördelningen varierar med tiden, d.v.s. transienta beräkningar, måste man veta värmekapaciteten, C .

I nedanstående tabell finns de materialdata som härstammar från materialfabrikanten för både värme och fukt. De behövs vid beräkningar i fuktdimensioneringen av taket i Kommuncity.

Material	Värmeledningskoefficient λ_p [W/mK]	Ånggenomsläppighet $\delta \cdot 10^{-6}$ [m ² /s]	Ånggenomsångsmotstånd $Z \cdot 10^3$ [s/m]
Tätskikt SEP	-	-	6000
Mineralull Gullfiber			
Takboard 3316 $\rho = 125 \text{ kg/m}^3$	0,033	a)	-
Takfallsskiva 3970 $\rho = 115 \text{ kg/m}^3$	0,039	a)	-
Regelskiva 3324 $\rho = 26 \text{ kg/m}^3$	0,033	a)	-
Skalmursskiva 3312 $\rho = 35 \text{ kg/m}^3$	0,033	a)	-
Betong K25	1,7	a)	-
Fasadtegel	0,6	a)	-
Ångspärr			
Alkalibeständig	-	-	a)
PE-folie	-	-	a)
Fuktspärr EPDM	-	-	2000 - 8000
Invändig gips		a)	-
Trä, Ö-virke	0,14	a)	-

Tabell 4.1 Materialdata från materialfabrikanter a) Materialdata saknas från materialfabrikanten.

Det saknas mycket som man behöver vid olika fuktberäkningar från materialfabrikanterna, markerade med a) i tabell 4.1. Det innebär att man måste ta fram den sökta datan från forskningsrapporter m.m. Data kan gälla direkta fuktparametrar såsom ånggenomsläpplighet eller ånggenomsångsmotstånd eller för beräkningar av lufttäteten såsom luftpermabilitet. Det som oftast finns angivet i materialpärmarna är t.ex. de värden som rekommenderas med tanke på typgodkännandet. När värden saknas används i första hand kapitel 5. BILAGOR avsnittet 5.2 MATERIALDATA eller de anges vid respektive beräkning vilken rapport som har används.

4.2 FUKTDIMENSIONERING - OVENTILERAT VARMTAK.

När ingångsinformation till vissa delar är kartlagd för varuhusets tak, kan själva kontrollen påbörjas. Under fuktdimensioneringen kan ingångsinformationen fastställas ganska noggrant för det oventilerade varmtaket. Det för att man används en checklista med detaljerade anvisningar eller

4. Tillämpningsexempel av checklistorna

exakt definierade kontrollpunkter, d.v.s. kapitel 3. PROJEKTERINGSCHECKLISTA - OVENTILERAT VARMTAK MED PAPP, DUKAR AV GUMMI ELLER PLAST.

Varje punkt som finns angiven i kapitel 3 genomgås och kontrolleras med nämnda regler och anvisningar. Hänvisningar till figurer eller beräkningsmetoder görs dock under varje fuktpåverkan, t.ex. "Enligt tabell ...". För tillbakablick på den aktuella kontrollpunkten i kapitel 3. PROJEKTERINGSCHECKLISTA har man god hjälp av sidhuvudets speciella utformning. Den aktuella fuktpåverkan återfinns där längst upp till vänster.

4.2.1 NORMAL FUKTPÅVERKAN

Den normala fuktpåverkan förekommer under hela byggnadens livstid. För varmtak är den huvudsakligen NEDERBÖRD och LUFTFUKT INOMHUS.

NEDERBÖRD

För att kontrollera fuktpåverkan finns två avsnitt som ska genomgås för aktuell takkonstruktion; VATTENAVLEDNING och VIND, SLAGREGN OCH YRSNÖ.

VATTENAVLEDNING

För kontrollen av takets vattenavledning finns fem delavsnitt som måste behandlas; 1. TAKLUTNING OCH TAKTÄCKNING, 2. HINDER, ANSLUTNINGAR OCH GENOMFÖRINGAR, 3. TAKAVVATTNING OCH 4. TRAFIK PÅ TAKET.

1. TAKLUTNING OCH TAKTÄCKNING

- 1a) Minsta taklutning är 1:40 och man rekommenderar 1:16. Taklutningen på varuhuset är 1:20. Taklutningen är mindre än den rekommenderade. Den nu gällande taklutningen (1:20) kan accepteras eftersom den är större än kravet från gällande normer.
- 1b) Taklutningar för olika takmaterial kontrolleras under denna punkt. Taket har takpapp vilken enligt tabell 3.1 bör ha en minsta lutning på 1:40. Det ger godkänd taklutning för vårt tak.

Funktionskrav och utförandemetoden skall också kontrolleras för valt tätskikt och fabrikant. Eftersom fabrikatet inte är angivet på ritningen kan vi i nuläget inte se om Funktionskraven och utförandemetoden blir uppfyllda. Ett exempel på sådana funktionskrav och utförandemetod är Företaget Trebolit tillverkar SBS-tätskiktet SEP 5500. Enligt fabrikantens typgodkännandebevis uppfyller tätskiktet SEP 5500 kraven enligt nedanstående tabellen.

Funktionskrav	
Baskrav	Uppfyllda
Rörelseupptagande förmåga	Klass 1
Motståndsförmåga mot mekanisk påverkan	Klass 1
Motståndsförmåga mot utmattning	-
Utförandemetod	
Skarvmetod	A eller B

Skarvmetod A innebär två separata arbetsmoment som vart och ett ger täthet. I metoden B utförs tätningen i ett arbetsmoment som sen måste kompletteras med kontroll vid skarv, anslutning, detaljtäckning enligt redovisat kontrollsystem.

- 1c) Åldringsbeständighet. Fabrikatet på tätskiktet finns inte utsatt på varken Detaljskiss 1 eller 2. Vi kan välja en mängd fabrikat t.ex. Mataki, Icopal, Trebolit m.m. Då angivelse av fabrikat saknas kan man inte kontrollera om kraven blir uppfyllda. Inom parentes kan sägas att

4. Tillämpningsexempel av checklistorna

normalt uppfyller tätskikten de nu gällande kraven på ålderingsbeständighet, med det bör alltid kontrolleras.

1d) Punkten har två delkrav som måste uppfyllas.

- 1) Det skall anges på ritningen vilket fabrikat man tänker använda och vilken appliceringsteknik som skall användas för valt tätskikt. Det skall även preciseras minsta överlapp, skarvningsteknik etc.

Appliceringstekniken finns på ritningen (Detaljskiss 1): Mekanisk infästning med dubbel skarv (skarvningsteknik A). Vi kontrollerar om det kan godtas med hjälp av figur 3.3 och tabell 3.4. Enligt Tabell 3.4 finner vi att skarvningstekniken tillhör klass II: "Mekanisk infästning med Tätskiktstyp enligt figur 3.3: 5, 6, 7, eller 8". I figur 3.3 fås att punkten 6 är Enskiktstäckning: Mekaniskt infäst med dubbel skarv kan användas på tätskiktet SEP.

Överlapp för valt tätskikt är svårt att ange exakt eftersom fabrikatet saknas. Exempel på skavöverlapp: Företagets Trebolits tätskikt SEP 5500 har 120 mm eller 150 mm vid enkel skarvningsteknik.

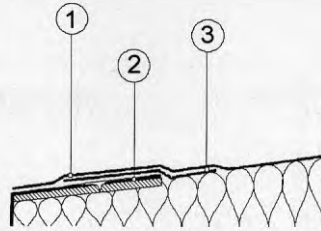
- 2) Punkten 2 tar upp om underlaget är lämpligt valt med hänsyn till tätskiktet. Enligt figur 3.3 tillhörde tätskiktstyp nummer 6, d.v.s. enskiktstäckning som är mekanisk infäst med dubbel skarv. Vår konstruktion är i figur 3.4 typ IV: Betong- eller lättbetongstomme med utvändigt isolering. Tätskiktstyp 6 kan mycket väl användas för konstruktionen IV.

Det oventilerade varmtaket har en tjock värmeisolering som kan ge rörelser genom dimensionsändringar, t.ex. kompression eller svällning. Ändringar av tjocklek är framförallt viktigt att det inte inträffar vid takbrunnen. Om det inträffar kan det medföra att t.ex. vatten inte kan rinna till takbrunnen. Rådgör med materialfabrikanten om man kan acceptera den nuvarande utformningen av Detaljskiss 1.

2. HINDER, ANSLUTNINGAR OCH GENOMFÖRINGAR

- 2a) Genomföringar skall placeras gruppvis på taket. För vår konstruktion finns det en genomföring: takbrunnen. Takbrunnar ska inte placeras i grupper. De andra genomföringarna kan vi inte säga något om eftersom det saknas ritningsunderlag. Punkten bör kontrolleras vid ett senare tillfälle under projekteringen.

- 2b) Täthet mot nederbörd vid takbrunnen är viktigt att uppfylla. Problemet är bara att tätskiktsfabrikanten inte är angiven. Vi får här nöja med oss att kontrollera med HusAMA. Detalj A i Detaljskiss 2 i avsnittet 4.1.1 RITNINGAR är ett förslag på en detaljlösning vid takbrunnen. I HusAma-83 finns det inga direkta anvisningar som gäller för ett mekaniskt infäst tätskikt med dubbel eller enkel skarvningsteknik. Det kan finnas risk för läckage av regnvatten in i konstruktionen med den nuvarande utformningen. Hur tätskiktet skall appliceras vid takbrunnen bör lämpligen kontrolleras när tätskiktsfabrikanten är vald genom dennes anvisningar. Ett alternativ förslag på lösningen vid takbrunnen finns i figur 4.4.



Figur 4.4 Alternativ lösning på skarvning av tätskikt invid takbrunnen. Takbrunnen är placerad längst till vänster.

- 2c) Uppdragningen invid takbrunnen är ett annat exempel där läckage av nederbörd kan förekomma. Detalj B i Detaljskiss 2 i avsnittet 4.1.1 RITNINGAR är ett förslag på detaljlösning vid en uppdragning vid "takkrönet". Samma sak gäller som vid tätheten vid takbrunnen: Anvisningar om hur tätskikten skall utföras vid "takkrönet" får kontrolleras när tätskiktsfabrikanten är vald eftersom generella anvisningar i HusAMA-83 saknas. Dessutom saknas vad det är för material som tätskiktet skall fästas i. Det bör kompletteras.
- 2d) Man skall kontrollera risken för snösmältning vid fläktar och andra kanaler som ger en varmare omgivning vid tätskiktet. På Detaljskiss 1 finns endast takbrunnen som påverkar takets tätskikt. När man väljer tätskikt bör den rörelseupptagande förmågan vara av klass 1 för att det skall finnas en säkerhetsmarginal mot sönderfrysning av tätskiktet.

3. TAKAVVATTNING

I avsnittet finns tre olika delavsnitt som skall genomgå: 3A. TAKBRUNNAR, 3B. RÄNNDAL och 3C. BRÄDDAVLOPP.

3A. TAKBRUNNAR

- 3A.1) Placering av takbrunnarna i fältmitt. Inga takbrunnar skall vara placerade intill bärande delar, t.ex. stommen. På Detaljskiss 1 finner vi att takbrunnen är placerad vid en icke bärande vägg, en utfackningsvägg. Men hur nära den är stommen "på andra hållet" kan man inte utläsa ur detaljskissen. Kontrollen måste utföras med hjälp av andra ritningar under ett senare skede av projekteringen.
- 3A.2) Under punkten finns det två delkrav som måste uppfyllas för takavvattningssystemet.
- 1) Det rekommenderas att det skall vara maximalt 12 m mellan varje takbrunn. Varje takbrunn ska också ha en maximal avvattningsyta på 225 m². Hur många meter det är mellan takbrunnarna och hur stor avvattningsarean för vårt tak måste kontrolleras med andra ritningar eller under ett senare skede av projekteringen. Vi kan här endast rekommendera ett maximalt avstånd mellan brunnarna på 12 m och en avvattningsarean på maximalt 225 m². Takbrunnens avstånd från sargen finns inte utsatt på ritningen. Det rekommenderas att den placeras minst 500 mm från uppdragningen.
 - 2) Isbildningsrisken vid takbrunnen skall kontrolleras. Värmeisoleringens tjocklek är vid takbrunnen ganska tunn i förhållande till den övriga isoleringstjockleken på varmtaket. Värmefflödet kommer att vara större invid takbrunnen än för övriga taket. Dock bör man kontrollera att tätskiktet (SEP) klarar klass 1 (högst 2) för att det inte skall skadas av eventuellt isbildning. Man bör tänka på att isbildning alltid kan uppstå.

3B. RÄNNDAL

- 3B.1) Lutningen i rännaldalen finns inte angiven på vår ritning (Detaljskiss 1 i avsnitt 4.1.1 RITNINGAR). Den totala projekteringen av byggnaden är för närvarande inte klar, varför punkten måste kontrolleras vid ett senare tillfälle när avvattningsplanen är klar.
- 3B.2) Hur tätskiktet ska utföras i rännaldal kan heller inte kontrolleras eftersom ritning saknas.
- 3B.3) Försänkning av rännaldalen verkar inte troligt för typen av tätskikt. Tyvärr måste också denna punkt kontrolleras vid ett senare tillfälle. En ritning på utförandet av rännaldalen med skarvöverlapp, etc. bör göras.
- 3B.4) Det är svårt att kontrollera isbildningsrisken i rännaldalen eftersom ritning saknas. Återigen får vi kontrollera denna punkten vid ett senare tillfälle. Det finns alltid en risk att isbildningen kan förekomma, därför bör ett tätskikt väljas med Rörelseupptagande förmågan klass 1.

3C. BRÄDDAVLOPP

- 3C.1) Bräddavlopp finns inte utritat på vår skiss. Eftersom takkonstruktionen är lite "knepig" måste bräddavloppet vara av en invändig typ. Det bör troligen finnas ett bräddavlopp till varje takbrunn eftersom den tillhör grupp 4. Minst en ritning bör utföras på bräddavloppet där det tydligt framgår hur konstruktionen är uppbyggd med avslutningen av tätskikt, fastsättning av bräddavloppet i konstruktionen etc. Det behövs dessutom en ritning var bräddavloppet skall placeras i de olika takbrunnarnas avvattningsområden.

4. TRAFIK PÅ TAKET

- 4a) Tätskiktets lämplighet med avseende på belastningar kan här bedömmas med utgångspunkt från ett obelastat tak, dvs att endast temporära transporter (ex. gångtrafik) får förekomma. Det rekommenderas att gångbryggor monteras bl.a. till fläktutrustningen där trafiken beräknas vara mer intensiv (fler gånger än exempelvis en gång per år). Tätskiktet bör lämpligen tillhöra högst klass 2 för fuktionskravet: motståndsförmåga mot mekanisk påverkan, tabell 3.9.
- 4b) Förstärkningar skall dimensioneras efter maximal belastning. I vår ritning behövs inga direkta förstärkningar för tillsynen av takbrunnen utan den kan anses vara av temporär art (ungefär en gång per år).

VIND, SLAGREGN OCH YRSNÖ

- a) Tätskiktet skall vara ordentligt förankrat i konstruktionen. Fastsättning av tätskiktet görs mekaniskt och skarvarna limmas enligt tätskiktsfabrikantens anvisningar. På Detaljskiss 1 finns inte antalet infästningar eller hur dessa skall utföras. Det bör kompletteras för det valda tätskiktet genom det senare valet av tätskiktsfabrikant. Ortens vindförhållanden är inte kända vilket innebär att man får dimensionera för det värsta fallet, d.v.s. för en kraftig vindpåverkan.
- b) Det skall kontrolleras om nederbörden kan transporteras in i takkonstruktionen med hjälp av vinden. Anslutningar mot takbrunnen och uppdragningen vid pulpettaget (se Detaljskiss 2) verkar bra om det arbetstekniskt utförs med största noggrannhet. Dock bör kontrolleras vid ett senare tillfälle under projekteringen om detaljerna (A och B i Detaljskiss 2) är korrekt utförda när tätskiktsfabrikant är bestämd.

LUFTFUKT INOMHUS

Under fuktpåverkan Luftfukt inomhus finns fyra avsnitt som måste genomgå för den aktuella takkonstruktionen: 1. FUKTKONVEKTION, 2. ÅNGDIFFUSION, 3. JÄMVIKTSFUKTHALTER INNANFÖR ÅNGSPÄRREN och 4. YTKONDENSATION.

1. FUKTKONVEKTION

1a) Man skall undvika invändigt övertryck invid taket. Det är svår att kontrollera med hjälp av Detaljskiss 1. För att kontrollera vad det invändiga trycket blir vid taket krävs tillgång till invändig byggnadshöjd, fläktsystemets ventilationskapacitet m.m. Ur lufttäthetsynpunkt är den nuvarande utformningen av taket mycket lufttät. En sprickfri betong, ångspärr och tätskikt gör att konstruktionen utan anslutningsdetaljer är i det närmast opåverkad av ett litet övertryck inomhus.

1b) Tätningar vid anslutningen mot ytterväggen verkar vara bra ur fuktsynpunkt. Ytterväggens ångspärr är placerad runt om regeln som Detaljskiss 2 redovisade i avsnittet 4.1.1 RITNINGAR.

Tätningen runt om takbrunnen är av stor betydelse för att undvika fuktkonvektion. När betongen är färdiggjuten bilas ett hål ut för takbrunnen som sedan gjuts igen när stupröret finns på plats. Det kan bildas sprickor i den nygjutna betongen om inte gjutningen utförs noggrant. Sprickor kan även bildas p.g.a. temperaturrelser. Temperaturrelser kan uppkomma om stupröret är av plåt. En rekommendation är att täta ytterligare på insidan med en sträng med silicon runt om röret.

Ångspärrens montering vid håltagningar, dess överlapp etc. skall kontrolleras. Ångspärren är enligt Detaljskiss 1 en alkalibeständig ångspärr. Vi kan välja en ångspärr med en stomme av krysslaminerad polyetenfolie. Minsta överlapp är 80 mm när ångspärren limmas direkt på betongen. Efter appliceringen skall ångspärren skyddas mot mekanisk påverkan och UV-stålning.

1c) Av Detaljskiss 1 framgår inte om det finns kyl- och frysrum i anslutningen till taket. Det får kontrolleras med hjälp av andra ritningar.

1d) Det finns inga installationer (ex. elrör) på varken Detaljskiss 1 eller 2. Punkten kan inte kontrolleras eftersom de aktuella installationerna i taket saknas.

1e) Rörelser i lättregelstommen p.g.a. olika fukttätheter mellan in och utsidan kan förekomma. Välj en fuktspärr som även fungerar som en lufttätning. En tjock EPDM kan vara bra så som Detaljskiss 2 detalj C föreslår.

2. ÅNGDIFFUSION

2a) Under punkten kontrolleras att fukten inte lagras upp under tätskiktet, under förutsättning att ångspärr saknas. I ritningen finns en ångspärr, vilket medför att punkten inte behöver behandlas.

2b) Var ångspärrens ska placeras i konstruktionen kontrolleras. Den skall vara maximalt 1/4 av takets totala värmemotstånd från insidan. Vi utför en beräkning med hjälp av de angivna ekvationerna (ÅNGDIFFUSION, punkten 2b).

Värmeövergångsmotståndet på in och utsidan sätts enligt Isolerguiden d.v.s.

$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{C/W}$ respektive $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{C/W}$. Tätskiktets övergångsmotstånd väljs till

$R_{Tätskikt} = 0,25 \text{ m}^2\text{C/W}$.

4. Tillämpningsexempel av checklistorna

$$R_1 = R_{BTG} + R_{st} = \frac{0,2}{1,7} + 0,13 \text{ m}^2\text{C/W} = 0,25 \text{ m}^2\text{C/W}$$

$$R_2 = R_{se} + R_{Tatskikt} + R_{Minull} = 0,04 + 0,25 + \left(\frac{0,02}{0,033} + \frac{0,2}{0,039} \right) \text{ m}^2\text{C/W} = 6,03 \text{ m}^2\text{C/W}$$

$$\frac{R_1}{R_1 + R_2} = \frac{0,25}{0,25 + 6,03} \cong \frac{1}{25} < \frac{1}{4} \Leftrightarrow \text{Ångspärren är korrekt placerad!}$$

- 2c) Diffusionsberäkningar är vår nästa uppgift. Då kontrolleras om det uppkommer kondens i konstruktionen. För oventilerade varmtak uppkommer kondens normalt invid tätskiktet. I projekteringschecklistan finns det tre olika punkter. Om någon av dessa punkter är uppfyllda kan man acceptera fuktpåverkan p.g.a. diffusion.

Vi kan inte kontrollera den första punkten (punkten 1) med den lägsta dimensionerade utomhustemperaturen för orten. Den lägsta dimensionerade utomhustemperaturen finns inte angiven för orten Kommuncity. Istället utförs en kontroll av varmtaket enligt alternativ två: den för året lägsta temperaturen jämfört med en varm sommarmånad. I figur 4.1 (avsnittet 4.1.2 BYGGNADS ANVÄNDNINGSSOMRÅDE OCH OMGIVANDE KLIMAT) finns månadsmedelvärden av temperaturen och i figur 4.2 finns den relativa fuktigheten. Utomhustemperaturen har ett lägsta månadsmedelvärde i februari med $-9,0^\circ\text{C}$ och för samma månad är relativa fuktigheten 86%. Inomhusklimatet är konstant under året med 20°C och 50% relativ fuktighet eftersom det finns en klimatanläggning i varuhuset. När vi har bestämt vilken materialdata som skall användas vid beräkningen utförs beräkningen med hjälp av beskrivningen i kapitel 3 under ÅNGDIFFUSION. En del materialdata finns framtagen i avsnittet 4.1.3. Materialdata väljs så att det sämst tänkbara fallet beaktas. För varmtakskonstruktioner innebär det att tätskiktets ånggenomgångsmotstånd sättes till det största värdet och ångspärrens till det lägsta. I vårt fall är tätskiktets ånggenomgångsmotstånd känt ($6000 \cdot 10^3 \text{ s/m}$) medan ångspärrens väljs till $2000 \cdot 10^3 \text{ s/m}$.

Betongens ånggenomsläpplighet, δ_v , varierar med den relativa fuktigheten. Det leder till ett beräkningsproblem. Problemet är att man får ansätta ett troligt värde på ånggenomsläppligheten och beräkna vilken den relativa fuktigheten blir. Stämmer det överrens så är resultatet godkänt. Om så inte är fallet måste man ansätta ett nytt värde på betongens ånggenomsläpplighet och göra en ny beräkning tills överensstämmelse finns. För vårt varmtak finns all värmeisolering på konstruktionens kalla sidan (utsidan) och ångspärren finns korrekt placerad mellan isoleringen och betongen. Ångspärren minskar risken för att betongen skall påverkas av den eventuella kondens som kan uppträda invid tätskiktet. Med ledning av resonemanget kan vi välja den ånggenomsläpplighet som har ligger mellan 35 till 70 % relativ fuktighet. I kapitel 5 BILAGOR avsnittet 5.2 MATERIALDATA blir medelvärdet av ånggenomsläppligheten (mellan 35 - 70 %) för betongen $0,2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

Värmeisoleringens ånggenomsläpplighet varierar med densiteten. Det saknas materialdata för isoleringen på ånggenomsläppligheten från materialfabrikanterna. Det vore önskvärt att få liknande värden som för exempelvis betong i kapitel 5. BILAGOR avsnittet 5.2 MATERIALDATA. På Lunds Tekniska Högskola, avdeln. för Byggnadsfysik pågår det laboratorieprovning av några typer av tätskikt och vissa typer av värmeisolering (hög densitet). Resultatet av laboratorieförsöken är inte klara för att redovisas i denna rapport utan kommer att presenteras vid ett senare tillfälle. För att vid beräkningen få en uppskattning på ånggenomsläppligheten för isoleringen har vi gjort en rätlinjig approximation med kännedom om endast de två variablerna som finns i tabellen i avsnittet 5.2. Vid uppskattningsförfarandet används mineralullens densitet.

4. Tillämpningsexempel av checklistorna

Vinterfall:

Skikt	d m	λ W/m ² K	R mC/W	ΔT °C	T °C	v_s g/m ³	δ_v 10 ⁻⁶ m ² /s	Z_v 10 ³ s/m	Δv g/m ³	v g/m ³	Φ %
					-9,0	2,31				1,99	86
UTE	-	-	0,04	0,2			-	-	-		
					-8,8	2,36				1,99	83
Tätskikt	-	-	0,25	1,2			-	6000	4,43		
					-7,6	2,61				6,42	> 100
Takboard	0,02	0,033	0,61	2,8			~14	1	0		
					-4,8	3,29					
Mineralull	0,2	0,039	5,13	23,7			~15	13	0		
					18,9	16,19					
Ångspärr	-	-	-	-			-	2000	1,48		
					18,9	16,19					
Betong	0,2	1,7	0,12	0,5			0,20	1000	0,74		
					19,4	16,68				8,64	
Inomhus	-	-	0,13	0,6			-	-	-		
					20,0	17,28				8,64	50
			6,28	29,0				9014	6,65		

Tabell 4.2 Vinterfall för varmtaket

Det blir kondens i varmtaket invid tätskiktet >100 %, se tabell 4.2. Eftersom kondens uppstår måste den kondenserade mängden beräknas. De termerna som används i ekvation 5 står i tabellen med kursiv text (d.v.s. $v_i = 8,64 \text{ g/m}^3$, $v_u = 1,99 \text{ g/m}^3$ och $v_A = v_B = 2,61 \text{ g/m}^3$). Den kondenserade mängden blir:

$$g_{kond} = \frac{v_i - v_B}{Z_B} - \frac{v_A - v_u}{Z_A} = \frac{8,64 - 2,61}{(1 + 13 + 2000 + 1000) \cdot 10^3} - \frac{2,61 - 1,99}{6000 \cdot 10^3} \text{ g/m}^2\text{s} = 1,9 \cdot 10^{-6} \text{ g/m}^2\text{s}$$

Den kondenserade mängden på 60 dygn blir (ekv. 5):

$$G_{kond} = g_{kond} \cdot t = 1,9 \cdot 10^{-6} \cdot 60 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \text{ g/m}^2 = 9,84 \text{ g/m}^2$$

Sommarfall:

Den mängden som kondenserar i konstruktionen under vintern måste kunna torka ut under andra tider under året. För varmtak sker uttorkningen under sommaren. Man antar att kondensatet inte transporteras till andra delar av konstruktionen utan finns på samma ställe i konstruktionen fram tills det att uttorkningen påbörjas. I vårt fall finns kondensen under tätskiktet. I beräkningarna medför det 100% relativ fuktighet under tätskiktet.

Vi utför en ny beräkning för ett sommarfall med samma materialdata, 100 % relativ fuktighet mellan tätskikt och isolering. Utomhus är temperaturen i juli 13,4 °C och den relativa fuktigheten 78 % (se figur 4.1 och 4.2 i avsnittet 4.1.2). Resultatet finns i tabell 4.3.

4. Tillämpningsexempel av checklistorna

Skikt	d m	λ W/m ² K	R mC/W	ΔT °C	T °C	v_s g/m ³	δ_v 10 ⁻⁶ m ² /s	Z_v 10 ³ s/m	Δv g/m ³	v g/m ³	Φ %
					13,4	11,62				9,06	78
UTE	-	-	0,04	0,0							
					13,4	11,62				9,06	78
Tätskikt	-	-	0,25	0,3				6000	0,28		
					13,7	11,84					> 100
Takboard	0,02	0,033	0,61	0,7			~14	1	0,0		
					14,4	12,36					
Mineralull	0,2	0,039	5,13	5,4			~15	13	0,0		
					19,8	17,08					
Ångspärr	-	-	-	-				2000	0,09		
					19,8	17,08					
Betong	0,2	1,7	0,12	0,1			0,20	1000	0,05		
					19,9	17,18					
Inomhus	-	-	0,13	0,1							
					20	17,28				8,64	50
			6,28	6,6				9014	0,42		

Tabell 4.3. Sommar för varmtaket

Den uttorkade mängden kan nu beräknas med hjälp av ekvation 6. Värderna som används står i tabell 4.3 med kursiv text ($v_i = 8,64 \text{ g/m}^3$, $v_u = 9,06 \text{ g/m}^3$ och $v_A = v_B = 11,84 \text{ g/m}^3$) och blir:

$$g_{\text{uttork}} = \frac{v_B - v_i}{Z_B} + \frac{v_A - v_u}{Z_A} = \frac{11,84 - 8,64}{(1 + 13 + 2000 + 1000) \cdot 10^3} + \frac{11,84 - 9,06}{6000 \cdot 10^3} \text{ g/m}^2\text{s} = 1,53 \cdot 10^{-6} \text{ g/m}^2\text{s}$$

Den kondenserade mängden på 60 dygn blir (ekv. 6'):

$$G_{\text{uttork}} = g_{\text{uttork}} \cdot t = 1,53 \cdot 10^{-6} \cdot 60 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \text{ g/m}^2 = 7,91 \text{ g/m}^2$$

Jämförelser mellan vinter- och sommarfallet:

Villkor: $G_{\text{kond}} \ll G_{\text{uttork}}$

$$G_{\text{kond}} = 9,84 \text{ g/m}^3$$

$$G_{\text{uttork}} = 7,91 \text{ g/m}^3 \quad \text{Konstruktionen behöver modifieras eftersom } G_{\text{kond}} > G_{\text{uttork}}!$$

Modifieringar:

1. Minska på fuktillskottet. Den relativa fuktigheten inomhus minskas från 50% till 40%.
2. Höj ångspärrens ånggenomgångsmotstånd. Välj en ångspärr med ånggenomgångsmotståndet $4000 \cdot 10^3 \text{ s/m}$, exempelvis med en stomme av krysslaminerad polyetenfolie med helsvetsade fogar.

Nya beräkningar krävs för att kontrollera om de två modifieringarna är tillräckliga för att uppfylla kraven under ångdiffusion.

Nya beräkningar för ett vinter resp. sommarfall med modifieringarna.

Skikt	d m	λ W/m ² K	R mC/W	ΔT °C	T °C	v_s g/m ³	δ_v 10 ⁻⁶ m ² /s	Z_v 10 ³ s/m	Δv g/m ³	v g/m ³	Φ %
UTE	-	-	0,04	0,2	-9,0	2,31	-	-	-	1,99	86
					-8,8	2,36				1,99	83
Tättskikt	-	-	0,25	1,2	-7,6	2,61	-	6000	2,68	4,67	> 100
Takboard	0,02	0,033	0,61	2,8	-4,8	3,29	-14	1	0		
Mineralull	0,2	0,039	5,13	23,7	18,9	16,19	-15	13	0		
Ångspärr	-	-	-	-	18,9	16,19	-	4000	1,79		
Betong	0,2	1,7	0,12	0,5	19,4	16,68	0,20	1000	0,45		
Inomhus	-	-	0,13	0,6	20,0	17,28	-	-	0	6,91	40
			6,28	29,0				11014	4,92		

Tabell 4.4. Vinterfall för varmtaket med modifieringar.

Det blir fortfarande kondens i varmtaket invid tättskiktet, se tabell 4.4. Eftersom kondens uppstår, >100 %, måste den kondenserade mängden beräknas ($v_i = 6,91$ g/m³, $v_u = 1,99$ g/m³ och $v_A = v_B = 2,61$ g/m³). Ekvation 5 används:

$$g_{kond} = \frac{v_i - v_B}{Z_B} - \frac{v_A - v_u}{Z_A} = \frac{6,91 - 2,61}{(1 + 13 + 4000 + 1000) \cdot 10^3} - \frac{2,61 - 1,99}{6000 \cdot 10^3} \text{ g/m}^2\text{s} = 0,75 \cdot 10^{-6} \text{ g/m}^2\text{s}$$

Den kondenserade mängden på 60 dygn (ekv. 5') blir mindre med de aktuella modifieringarna:

$$G_{kond} = g_{kond} \cdot t = 0,75 \cdot 10^{-6} \cdot 60 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \text{ g/m}^2 = 3,91 \text{ g/m}^2$$

Skikt	d m	λ W/m ² K	R mC/W	ΔT °C	T °C	v_s g/m ³	δ_v 10 ⁻⁶ m ² /s	Z_v 10 ³ s/m	Δv g/m ³	v g/m ³	Φ %
UTE	-	-	0,04	0,0	13,4	11,62	-	-	-	9,06	78
					13,4	11,62				9,06	78
Tättskikt	-	-	0,25	0,3	13,7	11,84	-	6000			> 100
Takboard	0,02	0,033	0,61	0,7	14,4	12,36	-14	1			
Mineralull	0,2	0,039	5,13	5,4	19,8	17,08	-15	13			
Ångspärr	-	-	-	-	19,8	17,08	-	4000			
Betong	0,2	1,7	0,12	0,1	19,9	17,18	0,20	1000			
Inomhus	-	-	0,13	0,1	20	17,28	-	-	-	6,91	40
			6,28	6,6				11014	2,15		

Tabell 4.5 Sommar för varmtaket

4. Tillämpningsexempel av checklistorna

Den uttorkade mängden kan nu beräknas med hjälp av ekvation 6. Den blir med $v_i = 6,91 \text{ g/m}^3$, $v_u = 9,06 \text{ g/m}^3$ och $v_A = v_B = 11,84 \text{ g/m}^3$:

$$g_{\text{uttork}} = \frac{v_B - v_i}{Z_B} - \frac{v_A - v_u}{Z_A} = \frac{11,84 - 6,91}{(1 + 13 + 4000 + 1000) \cdot 10^3} + \frac{11,84 - 9,06}{6000 \cdot 10^3} \text{ g/m}^2\text{s} = 1,45 \cdot 10^{-6} \text{ g/m}^2\text{s}$$

Med de aktuella modifieringarna blir den uttorkade mängden på 60 dygn (ekv. 6'):

$$G_{\text{uttork}} = g_{\text{uttork}} \cdot t = 1,45 \cdot 10^{-6} \cdot 60 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \text{ g/m}^2 = 7,5 \text{ g/m}^2$$

Jämförelser mellan vinter- och sommarfallet för modifikationen:

Villkor: $G_{\text{kond}} \ll G_{\text{uttork}}$

$$G_{\text{kond}} = 3,91 \text{ g/m}^3$$

$$G_{\text{uttork}} = 7,50 \text{ g/m}^3$$

Konstruktionen är "bra" om modifieringarna genomförs!
Säkerhetsfaktorn blir 1,9 och den anses vara tillräcklig för vårt varuhus.

3. JÄMVIKTSFUKTHALTER INNANFÖR ÅNGSPÄRREN

- 3a) Materialens kritiska fukttegenskaper innanför ångspärren får inte överstigas. På vår ritning finns det ett material som befinner sig innanför ångspärren: betong. Betongen har ingen direkt kritisk fukttegenskap utan kan i nuläget anses som fuktökänsligt material.

4. YTKONDENSATION

- 4a) Utan anslutningsdetaljer (takbrunn och anslutningen mot pulpettak) finns det en mycket liten risk för ytkondensation för varuhusets varmtak. All värmeisolering är placerad på takets kalla sida (utsidan). Om man studerar diffusionsberäkningarna (under 2. Ångdiffusion ovan) finner man att invid ångspärren är temperaturen endast någon grad lägre än inomhus. Den största delen (i det närmaste hela) av temperaturskillnaden över konstruktionen sker i värmeisoleringen. Det leder i sin tur till att det måste råda mycket höga relativa fuktigheter inomhus för att kondens skall uppträda på betongens insida (se exempelvis mätnadsånghaltstabellen i 5.3 MÄTTNADSÅNGHALT och beräknar kvoten mellan aktuell temperaturs mättnadsånghalt invid ångspärren och inomhustemperaturens mättnadsånghalt). Betongen har dessutom en förmåga att lagra fukt och sedan avge det vid ett annat tillfälle.

- 4b) Undvik köldbryggor. I vår konstruktion finns två köldbryggor, en vid takbrunnen och en vid anslutningen till ytterväggen.

Takbrunnens köldbrygga måste troligen vara kvar för att brunnen skall fungera på ett korrekt sätt, t.ex. smälta snö och förhindra isbildning. Kondensvattnet bör tas omhand med ett ur fuktsynpunkt lämpligt utformat schakt o.dyl.

Anslutningen till ytterväggen blir mer komplicerad att genomföra om man skall minska effekterna av köldbryggan. Utformningen är dock inte helt olämplig ur värmsynpunkt. En del av värmeisoleringen är placerad på utsidan av köldbryggan. Ytterväggens regler är dessutom lättreglar som bidrar till att minska värmeläckaget jämfört mot massiva träreglar. Eventuellt kan mer värmeisolering placeras på betongens utsida invid ytterväggen. Men vi har ingen kännedom om var bärande delar krävs i ytterväggen (Exempel är var fönster och dörrar skall placeras i ytterväggen). En kontrollberäkning bör göras under ett senare skede av projekteringen.

4. Tillämpningsexempel av checklistorna

- 4c) Kondens på rör. På ritningen finns ett rör, stupröret. Stupröret kan vara oisolerat för att öka värmeläckaget till takbrunnen. Ökat värmeläckage kan motverka exempelvis isbildningsrisken vid takbrunnen. Kondens kommer att sporadiskt finnas på stupröret. Det bör tas om hand genom att det uppsamlas och avleds utan att skador kan uppkomma; exempelvis i ett lämpligt och ur fuktsynpunkt speciellt schakt.

4.2.2 ENSTAKA FUKTPÅVERKAN

Den enstaka fuktpåverkan uppkommer sporadiskt under en byggnads livslängd. För ett oventilerat varmtak är det tre avsnitt som måste genomgå: NEDERBÖRD UNDER BYGGNADSTIDEN, BYGGFUKT och LÄCKAGE.

NEDERBÖRD UNDER BYGGNADSTIDEN

- a) Förvaring av material: Värmeisolering, gips, trämaterial (lätreglar, träreglar, etc) bör förvaras under tak, t.ex. garage eller carport och får inte komma i kontakt med nederbörd i någon form. Takpappen och ångspärren skall förvaras som fabrikanter anger i sina beskrivningar, t.ex. ska takpappen förvaras stående.
- b) Materialen i taket skall monteras under goda väderbetingelser, d.v.s. ingen nederbörd, duggregn eller dimma får förekomma vid monteringen. Eftersom värmeisoleringen finns placerad mellan två ångtäta skikt (tätskikt och ångspärr) är det av största vikt att ingen nederbörd in-stängs.
- c) Montera ett provisoriskt tak ovanpå konstruktionen eller på annat sätt förhindra att nederbörd belastar den nygjutna betongen. Låt det provisoriska taket vara kvar tills takkonstruktionens tätskikt är applicerat på hela takytan så uppfylls automatiskt punkten b ovan.

BYGGFUKT

1. UTTORKNINGSPOTENTIAL

- 1a) En alkalibeständig ångspärr finns i konstruktionen.
- 1b) Punkten behandlas inte eftersom taket har en ångspärr.
- 1c) Beräkning av betongens uttorkningstid skall genomföras. För att uppskatta hur lång tid det tar använder vi 1. *Tabeller*.

1. *Tabeller*: Betongtjocklek 200 mm K25 II, uttorkningsklimat antas till 60% relativ fuktighet och 20°C resp 10°C. Betongen är membranhärdad.

20°C: Enkelsidig uttorkning: $60 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 3,3 \cdot 1 \cdot 1 = 237$ dygn

Dubbelsidig uttorkning $60 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 72$ dygn

10°C: Enkelsidig uttorkning: $60 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,4 \cdot 3,3 \cdot 1 \cdot 1 = 333$ dygn

Dubbelsidig uttorkning $60 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,4 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 101$ dygn

Uttorkningstiden har en minsta uttorkningstid på 72 dygn och en längsta på nästan ett år. Variationerna beror i huvudsak på det omgivande klimatet på ömse sidor om betongen. Se till att det omgivande klimatet runt om betongplattan har högst 60 % relativ fuktighet och minst 20 °C. Tänk på att det inte får snöa eller regna på betongen för att uttorkningens tid skall gälla.

2. YTBEHANDLING

- 2a) Ytbehandlingen kan avsevärt förlänga uttorkningstiden för taket. Det finns ingen ytbehandling angiven på ritningen varför vi inte kan kontrollera hur mycket längre tid uttorkningen tar i förhållande till obehandlad betong. Det rekommenderas att välja en färg som är mycket diffusionsöppen (fuktgenomsläpplig färg), d.v.s. en låg ånggenomsläpplighet eller ett lågt ånggenomgångsmotstånd. Det för att t.ex. inte byggfukten torkar ut genom ångspärren mot värmeisoleringen och försämrar dess värmetekniska egenskaper. Redogör med färgfabrikanten vilket färgsystem som är lämpligt för konstruktionen.

3. MATERIALKOMBINATIONER

- 3a) En fuktspärr skall vara placerad mellan trä och fuktig betong. Det finns en fuktspärr inritad av ett gummimaterial (EPDM) på Detalj C i Detaljskiss 2.

LÄCKAGE

- a) Vattenledningsrör bör inte vara placerade i taket. Det finns inga vattenledningsrör utritade på den nu studerade detaljskissen (Detaljskiss 1), varför punkten bör kontrolleras med andra ritningar eller under ett senare skede i projekteringen.
- b) Takavvattningsledningar bör vara placerade i speciella schakt där läckaget inte kan orsaka skador och lätt kan upptäckas samt åtgärdas. På ritningen finns det inget schakt o.dyl. för stupröret. Däremot kan man vid nuvarande utformningen lätt upptäcka kondens. Ett schakt bör nog kompletteras till ritningen (Detaljskiss 1) med tanke på användningen av byggnaden (varuhus).

Den oventilerade varmtaksdelen av taket till varuhuset är nu genomgången med hjälp av kapitel 3. Eftersom takkonstruktionen består av två olika taktyper, ett oventilerat varmtak och ett pulpettak, är inte fuktdimensioneringen (Detaljskiss 1) komplett. Det återstår en fuktdimensionering av pulpettaket. Det utförs i avsnitt 4.3 FUKTDIMENSIONERING - PULPETTAK. Sammanställningen av fuktdimensioneringen för både varmtaket och pulpettaket redovisas i avsnitt 4.4 RESULTAT AV FUKTDIMENSIONERINGEN.

4.3 FUKTDIMENSIONERING - PULPETTAKET

Som vi redan vet är varuhusets tak en kombination av ett oventilerat varmtak och ett pulpettak (se Detaljskiss 1). Det oventilerade varmtaket med tillhörande anslutningar och genomföringar har genomgått en fuktdimensionering (se kapitel 4.2). Pulpettaket kan inte kontrolleras lika noggrant som det oventilerade varmtaket eftersom det inte finns någon projekteringschecklista som är tillämplig för pulpettak. Fuktdimensioneringen får därför göras mycket översiktlig. För ändamålet används kapitel 2 GENERELL CHECKLISTA, avsnittet 2.1 TAK.

Det finns ytterligare en anledning till att den generella checklisten används för fuktdimensioneringen av pulpettak. Det saknas många uppgifter om takets konstruktion på Detaljskiss 1. Exempelvis saknas vissa detaljer (ex. hur "nocken" skall utföras, ventilationsspaltens bredd vid takfoten) och materialbeskrivningar (ex. värmeisoleringens tjocklek, fabrikat eller typ av värmeisolering).

4.3.1 NORMAL FUKTPÅVERKAN

Till normal fuktpåverkan hör följande fuktpåverkningar: NEDERBÖRD, LUFTFUKT UTMOMHUS och LUFTFUKT INOMHUS.

NEDERBÖRD

1. Taklutningen (38°) är större än den rekommenderade 1:16 ($3,6^\circ$).
2. Man skall använda material som rekommenderas för den aktuella taklutningen. Taket har takpannor. Takpannor kan användas vid rådande taklutning enligt tabell 2.1.
Taket ska luta från hinder etc. Anslutningen mellan det oventilerade varmtaket och pulpettaket (Detalj B på Detaljskiss 2) kontrollerades vid fuktdimensioneringen av det oventilerade varmtaket.
Anslutningen vid "nock" kan inte kontrolleras eftersom anslutningen mellan plåt och takpannor inte är redovisad på någon detaljskiss o.dyl. Nuvarande utformning är inte bra eftersom tätningen mellan tegelpannor och plåt troligen sker med provisoriska lösningar, t.ex. silicon.
3. Nederbörd skall avledas från taket och inte transporteras in i konstruktionen även om vind påverkar. Det stora lutningen på taket (38°) innebär att nederbörden kan rinna av. Om nederbörd kan komma in med hjälp av vindpåverkan vidnocken och i överlappet mellan takpannor kan inte kontrolleras (de inte finns konstruerade eller redovisade på något annat sätt; varken på Detaljskiss 1 eller 2).
4. Genomföringar skall placeras i grupper på taket. På ritningen finns inga genomföringar i pulpettaket. Punkten måste kontrolleras vid ett senare tillfälle under projekteringen med hjälp av andra ritningar.
5. Taket skall luta mot takavvattningsystemet. Pulpettaket har inget avvattningsystem utan allt smältvatten etc. kommer att rinna rakt ner på marken (nedanför). Med tanke på att byggnaden är ett varuhus och människor kommer att vistas nedanför, bör nog taket kompletteras med hängrännor och stuprör i någon form. Diskussion bör göras med beställaren och dennes arkitekt om lämplig utformning av avvattningsystem.
6. Risken för att snö skall återfrysas på pulpettaket är mycket liten eftersom där finns både en ventilerad luftspalt (sänker temperaturen på taket) och en tillsynes god värmeisolering. Hur tjock värmeisoleringen är finns inte utsatt på ritningen utan det bör kompletteras.
7. Byggnadens omgivning kan påverka takbrunnarna genom en igensättning med löv eller barr. Vi kan inte konstatera om det finns träd i närheten av varuhuset varken från figur 4.1 eller detaljskisserna 1 och 2. Om ett avvattningsystem ska finnas och när vi har konstaterat att det finns träd i varuhusets omgivning bör punkten behandlas på nytt.
8. Pulpettaket har ingen invändig takavvattning utan kan förses med en utvändig typ.
9. Bräddavlopp till invändig takavvattning behöver inte behandlas här.
10. Regn på undertäckningen under kortare tidsperioder kan accepteras eftersom undertäckningen på Detaljskiss 1 är av plast. Där är en detalj vid takfoten som inte är bra, fotbrädan. Brädan hindrar allt vatten som kommer på undertäckningen att rinna bort. Här krävs ett annat utförande som gör att vatten som samlas på undertäckningen lätt kan rinna bort.

LUFTFUKT UTOMHUS

Pulpettaket är en uteluftsventilerad konstruktion varför fuktpåverkan LUFTFUKT UTOMHUS måste kontrolleras.

1. Undersök om det förekommit t.ex. rum som har en lägre temperatur än årsmedelvärdet för orten. Punten kan inte undersökas eftersom det saknas underlag.
2. Takpannorna och undertäckningens utförande skall kontrolleras.

Takpannor: Taket är utförd enligt gällande branschstandard "Betongtakpannor TP-1/88". Bärträcken skall vara minst 45x70 mm Ö-virke vid c/c takstolar 1200 mm. Takpannornas (betongtakpannor) överlapp skall utföras enligt fabrikantens anvisningar (fabrikant Zanda). Hur stort överlappet på takpannorna skall vara är inte fastställt på Detaljskiss 1 utan det bör kompletteras.

Ventilationsspalten mellan takpannor och undertäckning rekommenderas vara minst 20 mm och ventilationen vid "nock" skall utföras enligt Zandas anvisningar. Hur stor luftspalten är vid takfoten anges inte på Detaljskiss 1, inte heller anges hur ventilationen vid "nocken" skall utföras. Båda dessa sakerna bör kompletteras med anvisningar och detaljerade ritningar på utförandet.

Undertäckningen: På Detaljskiss 1 redovisas att undertäckningen är Tenotät. Varken nedhänget eller överlappet finns angiver på Detaljskiss 1 eller 2 och det bör kompletteras.

3. Det rekommenderas att fuktkapaciteten skall vara god i ett vindsutrymme. Konstruktionslösningen behöver inte behandlas.
4. Man skall enligt rekommendationen placera trä och träbaserade material så varmt som möjligt. De trädetaljer som redovisas i Detaljskiss 1 är inte placerade varmt (spontad panel vid takfoten och bärträkt). Vad "takstolarna med stödben" är gjorda av står inte utsatt på ritningen. Den spontade panelen och bärträkten kan vi inte i nuläget hitta på något annat sätt att placera så att en del av värmeisoleringen befinner sig på utsidan (den kalla sidan). Om det finns god ventilation som kan bortföra fukt kan konstruktionens nuvarande utformning accepteras.

LUFTFUKT INOMHUS

1. Ångspärrens vara eller inte vara i konstruktionen skall kontrolleras med diffusionsberäkning. För det oventilerade varmtaket konstaterades att taket behöver en ångspärr med ett högt ånggenomgångsmotstånd ($Z_v = 4000 \cdot 10^3$ s/m). Ångspärren bör lämpligen placeras i pulpettakets på samma plats som för det oventilerade varmtaket (mellan värmeisolering och betong) och såsom det redovisas i Detaljskiss 1.
2. Se till att en god lufttätet finns för den aktuella konstruktionen. Man skall speciellt undersöka anslutningsdetaljer, skarvar, etc. Pulpettakets anslutning till ytterväggen är ur lufttätethessynpunkt god om betongen är sprickfri; ytterväggens ångspärr är klämspikad runt om regeln; mellan ytterväggens regelsystem och betongplattan finns en gummiduk av EPDM.
3. Någon installationsspalt finns inte i taket. Däremot finns en indragen ångspärr som maximalt ska vara 1/4 av takets totala värmemotståndet räknat från takets insida. Placeringen verkar vara korrekt eftersom den finns mellan betongen och värmeisoleringen.
4. Man skall undvika håltagning i ångspärren. På detaljritningen finns det inga håltagningar i pulpettakets, så punkten bör kontrolleras när bättre ritningsunderlag finns vid ett senare skede av projekteringen.
5. Konstruktionen har ångspärr.

6. Undvika köldbryggor är inte lätt. Man kan dock försöka att minska påverkan från dem. Det görs lämpligen genom att en del av värmeisoleringen placeras på köldbryggans utsida (den kalla sidan). För vår konstruktion finns en köldbrygga vid anslutningen mellan pulpettaget och ytterväggen (se Detaljskiss 1). En del av isoleringen är placerad på betongkantens utsida. Det är i nuläget svårt att kontrollera om man kan förändra konstruktionen genom att placera mer värmeisolering på betongens utsida (mellan tegel och betongkant). Detta med anledning av att vi inte vet var exempelvis de bärande delar måste finnas i konstruktionen, ex. var fönster, dörrar skall placeras. När vi har kännedom om detta kan en kontrollberäkning genomföras.

4.3.2 ENSTAKA FUKTPÅVERKAN

Till enstaka fuktpåverkan tillhör fuktbelastningar som uppkommer sporadiskt under i en byggnads livstid och de är normalt följande tre: NEDERBÖRD UNDER BYGGNADSTIDEN, BYGGFUKT och LÄCKAGE.

NEDERBÖRD UNDER BYGGNADSTIDEN

1. De material som skall förvaras torrt är värmeisoleringen och träet för pulpettaget. De ska förvaras inomhus och under tak. Takpannor och undertäckning behöver inte förvaras mer än på ett stödsäkert sätt eftersom de klara påfrestningen av utomhusklimatet.
2. Använd ett provisoriskt tak ovanpå konstruktionen under byggnadstiden som förhindrar att nederbörden belastar den nygjutna betongen eller att nederbörden åsamkar andra olägenheter t.ex. en ökad energiförbrukning.

BYGGFUKT

1. Beräkning av uttorkningstiden har vi redan gjort för det oventilerade varmtakpartiet varför någon beräkning här inte är nödvändig.
2. Kontrollera under byggnadsskedet att inte fuktiga material byggs in i konstruktionen. Exempel: Trä rekommenderas maximalt ha en fuktkvot på 18%.
3. Konstruktionen har ett fuktkänsligt material (träregel och lättregel som innehåller trä) som skall appliceras mot ett fuktigt och fuktokänsligt material (betong). Lättregeln skyddas i detta fallet av en EPDM som är bredare än träregeln och lättregeln tillsammans.
4. Någon ytbehandling finns inte angiven på Detaljskisserna 1 eller 2. Därför kan vi inte svara på frågan om den eventuella förlängningen av uttorkningstiden och när en ny ytbehandling kan genomföras.
5. Det rekommenderas att placera en alkalibeständig ångspärr ovanpå en betong- eller lättbetongkonstruktion. Det finns redan i Detaljskiss 1.
6. Kontrollera att byggfukten i betongen inte transporteras till andra delar av byggnaden. Det innebär att man måste kontrollera hur uttorkning av betongstommen görs. Dessa anvisningar finns inte för närvarande utan vi får kontrollera dem vid ett senare tillfälle under projekteringen.

LÄCKAGE

1. Några vattenledningsrör finns inte på Detaljskiss 1. Om vattenledningsrören placeras i taket går det alltså inte att utvärdera från den aktuella skissen utan det får kontrolleras med hjälp av andra ritningar. Det innebär att punkten bör kontrolleras vid ett senare tillfälle under projekteringen.
2. Takbrunnen tillhör det oventilerade varmtaket och belastar inte pulpettaget. Punkten behandlas därför inte här.

4.4 RESULTAT AV FUKTDIMENSIONERINGEN

Fuktdimensioneringen av varuhusets tak är nu genomförd. Vi har utfört en fuktdimensionering av det oventilerade varmtaket och en av pulpettaket. Under genomgången upptäcktes en del tveksamheter; det var bl.a. ritningsdetaljer som saknades och dessa måste finnas om taket ska bli så fuktsäkert som möjligt. I kapitel 2. GENERELL CHECKLISTA finns i avsnitt 2.4 EXEMPEL PÅ PROTOKOLL rekommenderas att man sammanställer resultatet på ett överskådligt sätt. Det överskådliga sättet leder till att det inte försummas någon fuktpåverkan som i framtiden kan ge skador på byggnaden. När vi nu har genomfört fuktdimensioneringen av taket finns alla kommentarer nedskrivna i avsnitten 4.2 (oventilerade varmtaket) och 4.3 (pulpettaket). Det är nu lämpligt att sammanställa alla kommentarer från dessa avsnitten i någon form av protokoll. Eftersom checklistornas punkter skiljer sig mellan ett oventilerat varmtak och ett pulpettak finns två olika protokoll; ett för oventilerade varmtaket (4.4.1 PROTOKOLL - OVENTILERAT VARMTAK); ett för pulpettaket (4.4.2 PROTOKOLL - PULPETTAK).

När sammanställningen av de båda protokollen är gjorda finns det en del frågor att besvara: Går det att utföra varuhusets tak som det är tänkt? Vad bör man tänka på vid den fortsatta projekteringen? Finns det andra alternativa utformningar på den nuvarande takskissen? En del av dessa frågor besvaras i avsnittet 4.4.3 FÖRBÄTTRINGAR OCH KOMMENTARER.

4.4.1 PROTOKOLL - OVENTILERAT VARMTAK

Sammanställning av resultatet från fuktdimensioneringen av oventilerade varmtak finns uppställt i nedanstående tabell 4.6.

FUKTPÅVERKAN	PUNKT I CHECK-LISTAN	GODKÄND	ANMÄRKNING
NORMAL FUKTPÅVERKAN			
NEDERBÖRD			
Vattenavledning			
<i>1. Taklutning och taktäckning</i>			
	1a	ja	
	1b	nej	<input type="checkbox"/> Takpapp är godkänd för gällande taklutning 1:20. <input type="checkbox"/> Kompletteras. Se till att ✓ ange tätskiktsfabrikant eller krav på typgodkännande med Klass 111A eller 111B. ✓ funktionskrav och utförandemetod är uppfyllda för vald tätskiktsfabrikant. ✓ ange överlapp för valt tätskikt
	1c	nej	Tätskiktsfabrikant eller TG saknas
	1d-1	ja	Mekanisk infästning med dubbel skarv kan användas på ett SEP-tätskikt. (Ange den valda tätskiktsfabrikantens skarvöverlapp).
	1d-2	?	Tätskiktstypen kan användas på den tänkta konstruktionen, Detaljskiss 1. Kontrollera med värmeisoleringsfabrikanten att isoleringen kan appliceras på det tänkta sättet och att det inte blir några dimensionsändringar.

4. Tillämpningsexempel av checklistorna

2. Hinder, anslutningar och genomföringar	2a	?	Gruppvis placerade genomföringar kan inte kontrolleras med Detaljskiss 1.
	2b	?	Kontrollera anslutningen av tätskiktet vid takbrunnen när tätskiktsfabrikanten är bestämd.
	2c	?	Kontrollera uppdragningen av tätskiktet vid "pulpettak" med hjälp av den valda tätskiktsfabrikantens anvisningar. Kompletera och ange vad det är för material som finns vertikalt invid pulpettaksdelen som tätskiktet skall sättas fast på.
	2d	?	Kontrollera att det valda tätskiktet tillhör klass 1 då det gäller den rörelseupptagande förmågan.
3. Takavvattning			
3a. Takbrunnar 3B Rännal 3C. Bräddavlopp	1	nej	Kan ej kontrollera om brunnen är placerad intill bärande delar.
	2 1)	nej	Takavvattningsplan saknas. Rekommendationer: ✓ maximalt 12 m mellan takbrunnarna ✓ 225m ² takavvattningsarea per takbrunn ✓ minst 500mm från uppdragningen.
	2 2)	nja	Välj ett tätskikt som klarar klass 1 eller 2 ur rörelseupptagande förmåga.
	1- 4	nej	Kontrollera samtliga 4 punkter (a t.o.m. d) när det finns ritningar på rännalen.
	1	nej	Invändigt bräddavlopp rekommenderas. Kompletera med ritningar på bräddavlopp.
4. Trafik på taket	4a	ja	Taket måste vara obelastat tak. Välj klass 1 på funktionskravet motståndsförmåga mot mekanisk påverkan.
	4b	ja	Det behövs inga extra gångbryggor vid takbrunnen.
Vind, slagregn och yrsnö	a	nej	Kompletera med antalet infästningar när tätskiktsfabrikanten är vald. Dimensionera för maximal vindpåverkan.
	b	ja	Den nuvarande utformningen ger en godtagbar täthet mot nederbörd under vindpåverkan.
LUFTFUKT INOMHUS			
1. Fuktkonvektion	1a	nja	Kontrollera om det finns risk för övertryck inomhus.
	1b	ja	Om gjutningen invid takbrunnen sker med största noggrannhet så att inga sprickor uppkommer kan konstruktionen accepteras. En alkalibeständig ångspärr med en krysslaminerad polyetenstomme som klistras på betongen väljs. Minsta överlapp är 80 mm. Efter appliceringen måste ångspärren skyddas mot mekanisk påverkan och UV-strålning.
	1c	?	Kontrollera om kyl- och frysrum finns med andra ritningar.
	1d	?	Kontrollera med andra ritningar installationsdragningar i taket.
	1e	ja?	Små rörelserna i lättreglen?

4. Tillämpningsexempel av checklistorna

2. Ångdiffusion	2a	ja	Taket har en ångspärr.
	2b	ja	Ångspärren är korrekt placerad i Detaljskiss 1.
	2c	ja om modifieringar genomförs!	Modifieringar: ✓ Maximalt får 20°C och 40% relativ fuktighet finnas inomhus under vintern. ✓ Ångspärrens ånggenomgångsmotstånd bör vara $4000 \cdot 10^3$ s/m.
3. Jämviktsfukthalter innanför ångspärren	3a	ja	Den invändigt betongen är ett fukt känsligt material.
4. Ytkonsensation	4a	ja	Liten risk för ytkondens på varmtaket utan anslutningsdetaljer.
	4b	nja	De nuvarande utformningen anslutningarna godtas, både anslutningen av taket till ytterväggen och vid takbrunnen. Se till att stupröret placeras i ett speciellt schakt. Kontrollera ytterväggsanslutningen med beräkning.
	4c	ja	Takavvattningssystem bör inte värmeisoleras utan placeras i ett speciellt schakt.
ENSTAKA FUKTPÅVERKAN			
NEDERBÖRD UNDER BYGGNADSTIDEN	a	-	Förvaring inomhus (torrt och under tak): Värmeisolering, gips, trä och träbaserade material. Kontrollera med materialfabrikanterna om förvaringsplats för de övriga materialen.
	b	-	Takmaterialen får inte utsättas för någon nederbörd under monteringen i konstruktionen.
	c	-	Använd ett provisoriskt tak ovanpå takkonstruktionen som avleder nederbörden från taket.
BYGGFUKT			
1. Uttorkningspotential	1a och 1b	ja	Ångspärr finns.
	1c		Uttorkningstid vid 20°C och 60% RF Ensidig uttorkning: 237 dygn Dubbelsidig uttorkning: 72 dygn Se till att inte den nygjutna betongen belastas av nederbörd i olika former.
2. Ytbehandling	2a	nja	Får kontrolleras när färgsystemet är valt. Kontakta beställare och ev. färgleverantör.
3. Materialkombinationer	3a	ja	Fuktspärr av EPDM finns
LÄCKAGE	a	?	Vattenledningar finns inte utritade på aktuell skiss, Detaljskiss 1. Kontrollera punkten med andra ritningar.
	b	nja	Konstruera ett speciellt schakt för stupröret som tar omhand om kondensen.

Tabell 4.6 Protokoll över resultatet av fuktdimensioneringen för oventilerat varmtak.

4.4.2 PROTOKOLL - PULPETTAK

Sammanställning från fuktdimensioneringen av pulpettaksdelen på varuhuset finns i nedanstående tabell 4.7.

TAK PULPETTAK	Punkt nr	Godkänd		ANMÄRKNING
		Ja	Nej	
NORMAL FUKTPÅVERKAN NEDERBÖRD	1	x		Taklutning är 38°
	2	?	?	✓ Takpannorna kan användas vid rådande taklutning. ✓ Utförandet av plåtprofil(?) vidnocken?
	3	?	?	✓ Takpannornas överlapp? ✓ Anslutningsdetaljen av plåt(?) vidnock?
	4	x		Kontrollera med andra ritningar om det finns genomföringar i pulpettaksdelen och hur dessa är utförda.
	5		x	Pulpettaket behöver ett utvändigt avvattningssystem. Rådgör med beställaren och arkitekten vilket system som skall användas.
	6	x		Risken för skador av återfrysning är liten.
	7			Kontrollera om det finns träd som kan dimensionera takbrunnarnas antal för det kommande avvattningssystemet
	8	-	-	För invändig takavvattning.
	9	-	-	För invändig takavvattning.
	10		x	Undertäckningen är av ett fuktökänsligt material (plast). Ändra utförandet vid takfoten, yttersta brädan.
LUFTFUKT UTOMHUS	1	?	?	✓ Kontrollera om det finns kyl- eller frysrum vid anslutning till taket med hjälp av andra ritningar.
	2	?	?	<i>Takpannor:</i> ✓ Ange ventilationsspaltens bredd. ✓ Ritning på nockutförandet krävs. ✓ Takpannornas överlapp skall anges och utföras enligt Zandas anvisningar. <i>Undertäckning:</i> ✓ Nedhängt och överlapp skall kompletteras.
	3	x		Konstruktionen anses inte ha ett vindstrymme.
	4		x	Ange vad "takstolarna" är gjorda av.

4. Tillämpningsexempel av checklistorna

LUFTFUKT INOMHUS	1	x		Se oventilerat varmtak under ångdiffusion.
	2	x		Konstruktionens lufttätet är god
	3	x?		✓ Ange värmeisoleringens tjocklek, fabrikat och kvalitet.
	4	x		Det finns inge håltagning av betongen i pulpettakets närhet.
	5	x		Konstruktionen har ångspärr
	6	x?		Köldbryggan i konstruktion kan godtas.
ENSTAKA FUKTPÅVERKAN				
NEDERBÖRD UNDER BYGGNADSTIDEN	1	-	-	Förvara byggnadsmaterialen torrt; i garage eller i carport. Undantagna är takpannor och undertäckning vilka skall förvaras såsom respektive materialtillverkare föreslår.
	2	-	-	Använd provisoriskt tak under uppförandet av taket.
BYGGFUKT	1	-	-	Uttorkningstid: Se oventilerat varmtak
	2	-	-	Trä bör maximalt ha 18% fuktkvot vid insättningen i konstruktionen
	3	x		Gummiduk mellan betong och reglar.
	4	?	?	Kontrollera vilken ytbehandling som skall utföras.
	5	x		Alkalibeständig ångspärr finns.
	6	?	?	✓ kontrollera anvisningarna för uttorkningen av konstruktionen.
LÄCKAGE	1	-	-	Finns inga vattenledningsrör på ritningen.
	2	-	-	

Tabell 4.7 Protokoll över resultatet av fuktdimensioneringen av pulpettaksdelen.

4.4.3 FÖRBÄTTRINGAR OCH KOMMENTARER

När nu sammanställningen för de båda takdelarna är uppställda i protokoll kan resultatet studeras. Resultatet av fuktdimensioneringen är att taket går att bygga, om alla de punkter som uppkom under fuktdimensioneringen korrigeras som anvisningarna i checklistorna anger. Nedan finns några huvudpunkter som bör kontrolleras och kompletteras:

1. Bestäm tätskiktsfabrikant och kontrollera att tätskiktets anslutningar utförs enligt dennes anvisningar. Använd en tätskiktsfabrikant vars tätskikt är typgodkänt och som kan appliceras med mekaniskt infästning och med en dubbel skarvningsteknik. Under fuktdimensioneringen bestämdes två funktionskrav för tätskiktet: den rörelseupptagande förmågan samt motståndsförmågan mot mekanisk påverkan som båda måste tillhöra klass 1.
2. Eftersom värmeisoleringen appliceras mellan två ångtäta skikt får ingen nederbörd förekomma under monteringen av de olika skikten i takkonstruktionen. Höga fukthalter i värmeisoleringen ger förhöjd energiförbrukning.

4. Tillämpningsexempel av checklistorna

3. Klimatanläggningen måste inställas på en annan nivå än det var tänkt från början (20°C och 50% RF). Den nivå som har framkommit, är att under vintern får den relativa fuktigheten maximalt vara 40%, för att större mängder kondens inte skall ackumuleras under tätskiktet.
4. För pulpettak är det en mängd åtgärder som behöver genomföras innan det kan accepteras ur fuktsynpunkt. Så det är lättare att studera protokollet från fuktdimensioneringen istället för att upprepa det här. Ett förslag (diskussionsunderlag) är att ändra ett material i pulpettak; att använda stålplåt istället för takpannor. Stålplåten behöver inte vara en plan plåt utan en som utseendemässigt liknar takpannor, ex. "Anna-pannor". Plåttäckning kan i vissa avseenden vara mer fördelaktigt än takpannor (man minskar antalet monteringsmoment) men i vissa mindre fördelaktigt (stålplåt har en kortare livslängd än takpannor).

Det finns ett antal punkter till (se avsnitt 4.4.1 och 4.4.2) som måste genomgå för att man skall acceptera Detaljskiss 1 ur fuktsynpunkt. Detaljskiss 1 är i och för sig genomgången, men resultatet från dimensioneringen är inte positivt för alla fuktpåverkningarna. Uppförandet av byggnaden bör inte göras förrän en ny genomgång ger positiva resultat för de punkter ovan (tabell 4.6 och 4.7) nu har tveksamheter. Byggnaden är under projektering varför alla ritningar och byggnadshandlingar kan kompletteras. Under den fortsatta projekteringen av byggnaden bör man tänka på att kontrollera de framtagna ritningarna med hjälp av checklistorna. Då kan man mycket snabbt minska felen och bristerna för olika konstruktionslösningar.

5. BILAGOR

Kapitlet innehåller data som behövs för olika typer av fuktberäkningar och för kontroll av vissa funktionskrav för tätskikt av papp, dukar av gummi eller plast. En kort beskrivning av innehållet i kapitlets fyra olika avsnitt:

- Klimatdata finns i avsnitt 5.1 KLIMATDATA. Här finns 9 olika orter i Sverige representerade med års- och månadsbasis för några klimatdatavariabler som behövs vid fuktberäkningar.

Temperaturen finns presenterat både som månadsmedelvärden och som enstaka värden. I tabellerna finns både den lägsta respektive den högsta temperaturen som har inträffat sen mätstationen inrättades. Det gäller både för månadsmedelvärdet och för enstaka registrerad temperatur, sk. Min-Max temperatur. När det gäller det månadsvisa medelvärden för temperaturen finns den angiven för två olika 30-års perioder 1930-61 och 1960-91.

Den relativa fuktigheten presenteras som ett medelvärde för en enskild månad samt för tre olika tidpunkter på dygnet, klockan 7, 13 och 19. Avsaknaden av klimatdata kommer att behandlas i ett fortsättningsprojekt, varför den meteorologiska data som lämnas i denna rapport skall användas med försiktighet.

- Materialdata behövs vid olika typer av beräkningar, för att exempelvis bedömma fuktillståndet i en konstruktion. Beräkningar utförs exempelvis i de presenterade checklistorna i kapitel 2. GENERELL CHECKLISTA och 3. PROJEKTERINGSCHECKLISTA - OVENTILERAT VARMTAK MED TÄTSKIKT AV PAPP, DUKAR AV GUMMI ELLER PLAST. Materialdata finns sammanställt i avsnitt 5.2 MATERIALDATA för några vanligt förekommande byggnadsmaterial. Här finns materialens ånggenomsläpplighet och ånggenomgångsmotstånd, vilka i sammanhanget är speciella fuktparametrar. Om det saknas värden på exempelvis ånggenomsläppligheten eller ånggenomgångsmotståndet bör man kontakta materialfabrikanten.

- Mättnadsånghalten finns i avsnitt 5.3 MÄTNADSÅNGHALT. Den behövs också vid olika beräkningar. Här finns både en teoretisk metod för beräkning av mättnadsånghalten och tabellerade värden för en direkt avläsning.

- Tätskikt av papp eller dukar av gummi och plast måste uppfylla vissa funktionskrav. Några av dessa funktionskrav finns sammanställda i 5.4 KVANTIFIERBARA FUNKTIONSKRAV som har en direkt anknytning till fuktproblem av olika slag, ex. sönderfrysning av tätskikt. För ytterligare uppgifter som berör tätskiktens funktionskrav, utförandemetod och systemsäkerhet finns det sammanställt av Enar Törnkvist i rapporten R57:1990.

5.1 KLIMATDATA

Meteorologiska data registreras på över 100 olika orter i Sverige (se figur 5.1). Från dessa har nio representativa orter valts ut: Kiruna, Luleå, Umeå, Östersund-Frösön, Sundsvall, Västerås, Göteborg, Kalmar och Malmö. De utvalda orterna finns i figur 5.1.



Figur 5.1 De nio utvalda meteorologiska stationer i Sverige.

Värden på temperatur och relativ fuktighet är hämtade dels från Klimatdatahandboken 1930-61 dels från tidskriften Väder och Vatten (årgång 1985 till 1992). Alla värdena behandlas här som oberoende variabler, vilket i vissa sammanhang är fel. Den relativa fuktigheten är ett exempel på en sådan variabel. Relativ fuktighet är starkt beroende av temperaturen. Beroende variabler kräver bearbetning som det finns inte utrymme för i detta projekt. I ett kommande projekt skall klimatdata tas fram som behövs för olika typer av fuktberäkningar. Det kommer att redovisas på ett liknande sätt som i denna rapporten, men med en noggrannare beskrivning av under vilka förutsättningar man kan använda givna klimatdata. För den relativa fuktigheten saknas dessutom en sammanställning för den senaste 30-årsperioden varför den endast finns medtagen för perioden 1930-61.

Utomhustemperaturen finns i avsnitt 5.1.1 TEMPERATUR presenteras både som månadsmedelvärden och med enstaka värden. I tabellerna redovisas både den lägsta respektive högsta temperaturen som har inträffat sen mätstationen inrättades, både för månadsmedelvärdet (Minimum resp. Maximum) och för enstaka registrerad temperatur med en sk. Min-Max temperatur (Min Temp. resp. Max Temp). Det finns även månadsvisa medelvärden på temperaturen för två olika 30-års perioder 1930-61 och 1960-91. Om byggnaden finns på någon annan ort än de ovanstående orterna hämtas lämpligen temperaturen från tidskriften "Väder och vatten" eller beställs från SMHI.

Relativ fuktighet finns i avsnitt 5.1.2 RELATIV FUKTIGHET. Den relativa fuktigheten presenteras som ett medelvärde för en enskild månad samt för tre olika tidpunkter på dygnet (07, 13 och 19).

Om det behövs ytterligare klimatdata för beräkningar finns det i bl.a. Klimatdatahandbok.

5.1.1 TEMPERATUR

Följande temperaturer är hämtade från tidskriften Väder och Vatten (1991 och 1992) och Klimatdata för Sverige (Taesler, 1972). Minimum resp maximum är den lägsta resp högsta månadsmedelvärde. Max temp. och Min temp. är den högsta resp lägsta registrerade temperaturen för månaden.

Månadsvärden (maximum, medel och minimum) utnyttjas vid exempelvis ångdiffusionsberäkningar. Max temp. (inträffa oftast dagtid) och Min temp. (inträffar oftast nattetid) kan exempelvis användas vid kontroll av ytkondensation (Max temp.) eller vid datorberäkningar av takets temperatursvängningsförlopp.

Sist i detta avsnittet finns del lägsta dimensionerade utomhustemperaturen för orterna.

Kiruna °C	Året	Jan	Feb.	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
Minimum	-3,6	-19,2	-20,9	-14,3	-6,7	-0,8	5,6	9,2	7,5	1,7	-7,1	-11,8	-17,8
Medel 1930-61	-1,6	-12,7	-12,9	-9,4	-3,9	2,3	9,0	12,8	10,5	5,0	-1,6	-7,0	-10,5
Medel 1960-91		-13,8	-12,4	-8,7	-3,1	3,5	9,6	12,1	9,9	4,6	-1,3	-7,8	-11,7
Maximum	0,2	-4,7	-4,8	-5,0	0,0	8,7	13,4	15,7	13,2	7,5	3,6	-3,3	-5,4
Max Temp.	-	6,5	7,3	6,6	11,3	24,8	29,0	28,5	27,7	22,8	13,2	9,2	6,9
Min Temp.	-	-39,7	42,3	-36,0	-27,1	-17,4	-4,5	-1,0	-3,3	-11,8	-24,7	-32,3	-37,5

Luleå °C	Året	Jan	Feb.	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
Minimum	-0,6	-18,9	-21,4	-14,3	-3,6	3,6	9,9	12,6	11,1	5,6	-2,3	-9,4	-17,0
Medel 1930-61	1,5	-10,0	-10,2	-6,5	-0,5	6,1	12,1	16,0	14,0	9,0	2,5	-2,6	-6,5
Medel 1960-91		-11,5	-10,7	-6,0	0,1	6,4	13,0	15,5	13,6	8,3	3,0	-4,0	-9,0
Maximum	3,4	-3,3	-1,4	-0,4	2,0	10,1	16,8	19,3	16,0	11,0	7,5	1,3	-1,6
Max Temp.		10,3	9,5	11,0	17,3	25,6	32,2	30,5	29,2	21,8	17,1	13,0	8,0
Min Temp.		-39,4	-38,2	-32,3	-20,8	-8,8	-1,2	1,5	-0,2	-8,4	-20,7	-30,3	-33,7

Umeå °C	Året	Jan	Feb.	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
Minimum	0,4	-18,1	-19,1	-8,6	-1,5	4,9	10,3	13,5	10,5	5,4	-0,5	-7,1	-14,7
Medel 1930-61	2,7	-8,0	-7,9	-4,6	1,2	7,4	12,6	16,2	14,5	9,4	3,4	-1,0	-4,5
Medel 1960-91	-	-9,1	-8,6	-4,3	1,2	7,3	13,0	15,2	13,5	8,7	3,8	-2,4	-6,6
Maximum	4,6	-0,7	-0,1	-0,5	3,5	10,6	15,5	19,1	16,0	11,0	6,5	2,1	0,4
Max Temp.	-	10,6	8,4	11,1	19,4	25,5	29,1	29,4	30,2	24,5	16,5	13,2	8,4
Min Temp.	-	-35,6	-38,2	-29,9	-15,9	-7,8	-2,2	1,9	-0,8	-7,3	-20,2	-24,4	-32,7

Frösön	Året	Jan	Feb.	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
Östersund °C	0,6	-16,2	-17,1	-8,9	-2,1	3,3	8,5	11,1	9,7	5,2	-0,8	-8,2	-15,1
Minimum	2,5	-7,9	-6,8	-3,5	1,5	7,0	11,4	14,5	13,0	8,4	3,0	-1,4	-4,5
Medel 1930-61	-	-6,1	-7,3	-3,6	1,0	7,2	11,8	13,4	12,3	8,0	3,8	-2,2	-6,1
Medel 1960-91	4,3	-0,1	0,3	1,2	3,6	10,3	15,7	16,2	16,7	11,4	7,5	2,0	-0,3
Maximum	-	9,8	10,3	17,8	20,0	25,9	31,5	30,9	30,2	25,0	16,9	11,6	9,3
Max Temp.	-	-38,0	-34,6	-30,1	-16,0	-8,1	-1,5	2,3	-0,8	-4,2	-14,2	-25,2	-38,1
Min Temp.													

Sundsvall °C	Året	Jan	Feb.	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
Minimum	1,0	-17,9	-16,8	-8,8	-1,2	5,0	10,4	13,7	11,4	6,4	1,1	-7,3	-13,3
Medel 1930-61	3,2	-8,4	-7,5	-3,6	2,1	8,0	13,0	16,4	14,8	9,6	3,8	-0,8	-4,6
Medel 1960-91	-	-9,0	-7,9	-3,1	2,1	7,8	13,4	15,3	14,0	9,4	4,5	-2,0	-6,7
Maximum	5,1	-0,2	0,2	2,1	4,4	10,2	15,8	18,2	16,5	12,3	8,4	2,5	-1,4
Max Temp.	-	10,5	13,9	14,3	21,7	26,4	31,0	30,2	31,3	24,6	19,2	12,4	11,5
Min Temp.	-	-34,2	-34,8	-27,1	-20,0	-9,8	-1,0	0,9	-0,5	-6,5	-14,7	-21,0	-36,6

Västerås °C	Året	Jan	Feb.	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
Minimum	3,9	-12,6	-12,8	-5,7	0,9	6,9	12,1	14,3	13,0	9,0	4,2	-2,8	-8,5
Medel 1930-61	5,9	-4,1	-4,1	-1,4	4,1	10,1	14,6	17,2	15,8	11,3	6,3	1,9	-1,0
Medel 1960-91	-	-4,1	-4,2	-0,6	4,2	10,5	15,3	16,6	15,5	11,3	6,9	1,5	-2,4
Maximum	8,1	3,0	3,8	4,7	7,0	12,4	17,8	19,4	19,3	13,7	10,7	4,9	3,6
Max Temp.	-	10,1	11,2	17,8	14,1	28,9	33,6	33,2	35,2	27,8	19,9	13,5	11,9
Min Temp.	-	-27,5	-31,8	-27,3	-19,8	-5,1	-0,2	2,8	0,5	-3,9	-9,0	-16,7	-25,2

Göteborg °C	Året	Jan	Feb.	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
Minimum	5,9	-8,9	-9,6	-4,3	2,5	8,1	11,5	14,3	13,6	10,1	5,1	-0,4	-4,7
Medel 1930-61	7,9	-1,7	-2,0	0,7	5,8	11,5	15,2	17,5	16,8	13,1	8,6	4,5	1,8
Medel 1960-91	-	-0,9	-1,1	1,6	5,7	11,5	15,6	17,0	16,2	12,6	8,9	4,2	0,9
Maximum	9,7	5,6	5,7	6,0	8,8	14,6	18,2	20,5	19,6	16,1	12,2	7,8	5,1
Max Temp.	-	10,3	11,0	17,0	26,0	28,6	32,0	32,0	33,5	28,5	20,7	13,8	10,9
Min Temp.	-	-26,0	-22,8	-19,2	-11,0	-3,3	1,8	6,0	4,3	-2,5	-6,0	-13,5	-20,0

Kalmar °C	Året	Jan	Feb.	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
Minimum	4,7	-8,7	-8,7	-6,7	1,0	6,6	11,1	13,5	13,4	9,4	4,5	-0,5	-5,4
Medel 1930-61	6,9	-1,6	-1,7	0,3	4,7	9,6	14,5	17,3	16,4	12,5	7,8	3,7	1,0
Medel 1960-91	-	-0,1	-1,8	0,8	4,8	10,1	14,7	16,3	15,7	12,1	7,9	3,4	-0,1
Maximum	8,9	4,3	3,9	5,8	7,8	12,4	16,5	20,4	19,1	16,3	11,5	7,1	4,0
Max Temp.	-	11,3	15,6	19,7	25,0	28,6	33,0	33,2	33,1	27,0	22,8	15,4	12,5
Min Temp.	-	-31,0	-26,5	-22,5	-12,7	-7,1	-1,0	2,6	1,3	-5,7	-7,6	-17,3	-24,3

Malmö °C	Året	Jan	Feb.	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
Minimum	6,0	-8,4	-7,7	-4,5	3,2	9,0	12,6	14,3	14,4	11,3	6,3	1,7	-2,9
Medel 1930-61	8,2	-0,3	-0,5	1,6	6,3	11,4	15,3	17,7	17,2	14,0	9,2	5,2	2,3
Medel 1960-91	-	-0,2	-0,2	2,1	6,1	11,5	15,4	17,0	16,8	13,6	9,6	5,2	1,8
Maximum	10,2	4,8	5,8	6,5	8,7	13,4	17,4	19,2	19,3	16,1	11,5	7,9	5,1
Max Temp.	-	10,1	12,2	19,5	23,5	29,6	34,0	33,0	33,6	28,0	20,4	16,5	11,5
Min Temp.	-	-28,0	-23,1	-23,3	-12,1	-4,5	-0,1	2,5	3,0	-4,0	-8,5	-15,0	-22,1

Ort	LUT 1 °C	LUT 5 °C
Kiruna	-31	-29
Luleå	-34	-28
Umeå	-25	-22
Östersund	-29	-25
Sundsvall	-24	-21
Västerås	-22	-19
Göteborg	-18	-15
Kalmar	-20	-18
Malmö	-18	-13

Tabell över den lägsta dimensionerande utomhustemperaturen.

LUT 1 för lätt byggnad och LUT 5 för tung byggnad.

5.1.2 RELATIV FUKTIGHET

Värden i nedanstående tabeller är hämtade från Klimadata för Sverige, Taesler (1972). Om byggnadsorten saknas i de nedanstående tabellerna hänvisas till ovanstående litteratur.

Kiruna %	Jan	Feb.	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
Medelvärde	83	82	77	71	64	61	68	72	77	81	85	85
Klockan: 07	83	83	81	75	66	64	72	77	81	84	85	84
13	82	78	68	62	54	52	56	60	65	75	84	85
19	83	82	77	72	63	59	65	74	79	82	85	85

Umeå %	Jan	Feb.	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
Medelvärde	85	83	80	76	66	66	72	77	83	86	88	87
Klockan: 07	85	84	82	77	63	65	71	67	85	89	89	87
13	84	79	71	66	56	59	62	81	71	77	86	86
19	85	83	82	80	68	68	73	77	87	88	89	87

Frösön %	Jan	Feb.	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
Östersund												
Medelvärde	86	84	80	76	69	70	74	75	82	85	88	87
Klockan: 07	87	86	84	81	73	74	77	83	88	88	89	87
13	85	81	72	67	55	59	62	64	71	78	87	85
19	86	84	79	75	65	67	70	73	82	86	88	87

Västerås %	Jan	Feb.	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
Medelvärde	84	82	74	66	62	64	69	74	81	83	86	86
Klockan: 07	85	86	80	73	66	69	74	82	87	87	88	87
13	82	74	62	54	48	54	55	60	65	72	83	85
19	85	81	73	65	57	60	64	73	82	83	86	86

Göteborg %	Jan	Feb.	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
Medelvärde	85	82	77	71	66	69	73	74	79	81	84	86
Klockan: 07	87	87	85	79	71	74	78	83	87	87	87	88
13	81	76	67	60	54	58	62	63	67	72	80	83
19	84	81	75	68	60	64	68	71	77	80	84	85

Kalmar %	Jan	Feb.	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
Medelvärde	89	87	84	82	81	77	79	80	82	83	87	89
Klockan: 07	89	88	84	84	85	78	81	85	87	87	89	89
13	87	84	81	76	72	71	72	74	72	76	84	87
19	89	87	86	82	77	76	77	79	82	83	87	89

Malmö %	Jan	Feb.	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
Medelvärde	87	86	83	76	73	74	78	77	82	85	87	89
Klockan: 07	88	89	88	82	76	77	81	85	88	89	89	89
13	85	82	74	65	60	62	66	67	70	76	83	87
19	87	86	83	75	70	71	74	75	83	86	88	89

5.2 MATERIALDATA

De fuktberäkningar som måste utföras för att kontrollera en konstruktion kräver bl.a. tillgång till materialdata. Den här presenterade datan är inte komplett i alla avseenden. Här finns endast direkta fuktvariabler såsom ångpermabilitet och ånggenomsläpplighet. För andra variabler för luftpermeabilitet, värmeledningsförmåga, m.m. hänvisas till annan litteratur eller direkt till materialfabrikanten. Den nedanstående materialdatan är sammanställd av Civ.ing. Göran Hedenblad (avd. Byggnadsmaterial, Lunds Tekniska Högskola).

5.2.1 TEORI

Nedanstående två avsnitt innehåller mycket kort teori om ångpermeabilitet och ånggenomsläpplighet.

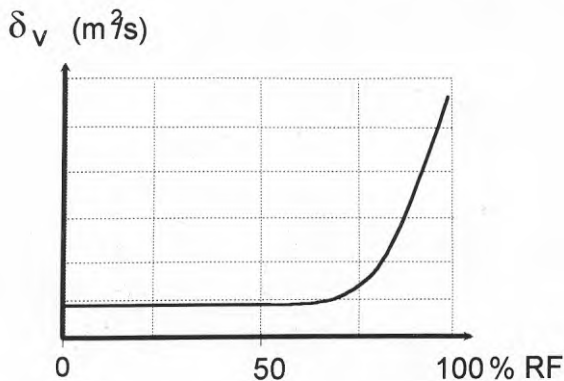
ÅNGGENOMSLÄPPLIGHET δ_v (m^2/s)

Fukttransport vid konstanta förhållanden kan skrivas

$$g = \delta_v \cdot \frac{v_1 - v_2}{\Delta x}$$

där	g	= fuktflödestäthet	[$kg/(m^2s)$]
	v_1, v_2	= ånghalten på ömse sidor om ett material	[kg/m^3]
	Δx	= tjockleken på materialet	[m]
	δ_v	= ånggenomsläpplighet	[m^2/s]

För många material är ånggenomsläppligheten, δ_v inte en konstant utan varierar med fukttätheten i materialet. Ett exempel på ånggenomsläpplighetens variation med fukttätheten finns i figur 5.2. På x-axeln finns den relativa fuktigheten (RF, ϕ) i materialets porer.



Figur 5.2 Exempel på ånggenomsläpplighetens variation med relativ fuktighet i ett material.

ÅNGGENOMGÅNGSMOTSTÅND Z_v (s/m)

Ånggenomgångsmotståndet kan tecknas

$$Z_v = \frac{\Delta x}{\delta_v}$$

där δ_v är ånggenomsläpligheten. Fukttransporten vid konstanta förhållanden kan därför skrivas.

$$g = \frac{v_1 - v_2}{Z_v}$$

Ånggenomgångsmotståndet, Z_v kan variera med fukttinnehållet i materialet.

5.2.2 TABELLER FÖR ÅNGGENOMSLÄPPLIGHET OCH ÅNGGENOMGÅNGSMOTSTÅND

Några typiska värden på ånggenomsläplighet, δ_v , och ånggenomgångsmotståndet, Z_v , för vanliga material redovisas i Tabell 5.1 och 5.2 nedan. Värdena har hämtats från olika skrifter. Vissa värden har nyligen bestämts vid CTH och LTH (se referenserna /6/ och /4/). I flertalet av dessa fall redovisas även den uppmätta spridningen från ett litet slumpmässigt urval från något eller några fabrikat av materialet. Övriga värden ger enbart storleksordningen på ånggenomsläppligheten, δ_v och ånggenomgångsmotståndet, Z_v . Det verkliga värdet varierar med fabrikat, densitet etc. Materialfabrikanten bör uppmanas att lämna mer exakta värden för just sin produkt.

Projektören bör välja värden på δ_v och Z_v med tanke på beräkningens ändamål. Ibland är kanske medelvärden eller medelvärden av δ_v och Z_v korrekt att använda. I andra fall kanske ett annat värde på δ_v eller Z_v som anger det värsta fallet för konstruktionen. Då används givna gränsvärden för δ_v och Z_v . För en viss typ av beräkning är kanske det låga värdet (t.ex. Z_v för fuktspärrar) dimensionerande medan för en annan beräkning är det höga värdet (t.ex. Z_v för vindskydd).

Beträffande δ_v och Z_v för färger är dessa mycket osäkra och beror på underlag, färgtyp etc. Färgfabrikanten måste tillfrågas om mera exakt information anses nödvändig.

Material	δ_v (10^{-6} m ² /s)					Ref	
	RF (%)						
	35-70	70-80	80-90	90-95	Ospecc.		
Stillastående luft		~25	~25	~25	~25	~25	1
Betong	ca. K30	0,12-0,25	0,20-0,50	0,55-1,60	1,75-4,8		2
	ca. K45	0,12-0,25	0,15-0,50	0,45-0,90	1,65-2,0		2
Kalkbruk		~1	~1	~1,5	~2,5		3
Cementbruk		~0,2	~0,2	~0,5	~1		3
KC-bruk		~1	~1	~1	~1,5		3
Lättbetong	$\rho \sim 400$ kg/m ³	3,5 - 4,3	3,5 - 4,3	3,8 - 4,3	5,8 - 6,4		4
	$\rho \sim 500$ kg/m ³	2,1 - 2,8	2,1 - 2,8	2,9-3,5	4,6 - 4,7		4
Lättklinkerblock	$\rho \sim 650$ kg/m ³					~3	5
Fasadtegel						2,7-5,5	1
Trä; furu, gran	⊥ fibrer	0,2-0,9	0,5-2,0	1,0-3,5			6
Träfiberskiva	$\rho_{\text{torr}} \sim 280$ kg/m ³	3,8-4,6	3,8-4,6	3,8-4,6	3,8-4,6		4
	$\rho \sim 700$ kg/m ³					~0,6	6
	$\rho \sim 900$ kg/m ³					~0,25	6
	$\rho_{\text{torr}} \sim 1000$ kg/m ³	0,13-0,16	0,13-0,16	0,17-0,31	0,38-0,49		4
Spånskiva; V313	$\rho_{\text{torr}} \sim 690-640$ kg/m ³	0,13-0,33	0,13-0,33	0,2-0,6	0,9-1,1		4
Spånskiva	$\rho \sim 700$ kg/m ³					~0,5	6
	$\rho \sim 800$ kg/m ³					~0,1	6
Fibercementskiva	$\rho_{\text{torr}} \sim 1650-1550$ kg/m ³	0,28-0,42	0,28-0,42	0,35-0,50	0,50-0,75		4
Mineralull	$\rho \sim 15$ kg/m ³					~24	1
	$\rho \sim 200$ kg/m ³					~8	1
Cellplast, expanderad	$\rho_{\text{torr}} \sim 20$ kg/m ³	0,9-1,4	0,9-1,4	0,9-1,4	0,9-1,4		4
Cellplast, extruderad	$\rho_{\text{torr}} \sim 25$ kg/m ³	0,17-0,23	0,17-0,23	0,17-0,23	0,17-0,23		4

Tabell 5.1 Ånggenomsläpplighet vid cirka +20 °C. Sammanställt av G Hedenblad.

1. Nevander L-E och Elmarsson B 1981 Fukthandbok, Svensk byggtjänst, Stockholm
2. Hedenblad G 1992 Kommande rapport om fukttransport i flera år gammal betong, LTH, TVBM-1014
3. Sandin 1980 Putsens inverkan på fasadens fuktbalans, LTH, Byggnadsmaterial, TVBM-1005
4. Hedenblad G och Roszak W 1992 Kommande rapport om fukttransportkoefficienter för några byggnadsmaterial.
5. Lekapärmen 1991 Egenskapsredovisning Leca Murblock, AB Svenska Leca Linköping
6. Nilsson L-O 1990 Fukttegenskaper hos furu, gran och träfiberbaserade skivor, CTH, BM
7. Sveriges Plastförbund 1980 SPF Verksnorm 2200 utgåva 2 (under utgivning), Stockholm
8. Sveriges Plastförbund 1980 SPF Verksnorm 2200 utgåva 1, Stockholm
9. Nilsson L-O 1991 Grundläggning av betonggolvet på mark- Fuktskyddet mot markfukt i ångfas, AMA-Nytt Mark-Hus 1/91, s. 34-38
10. Statens provningsanstalt 1984 Mätprotokoll betr. ånggenomsläpplighet av Kork och Plast, Statens Provningsanstalt

Material	Z_v (10^3 s/m)					Ref
	RF (%)					
	35-70	70-80	80-90	90-95	Osprec.	
Gipsskiva	13 mm invändig	5,6-7,2	5,6-7,2	4,1-4,3	2,5-3,2	4
	9 mm utvändig	2,7-3,5	2,7-3,5	2,7-3,5	2,7-3,5	4
Polyetenfolie	0,2 mm				>2000*	7
Luftspaltbildande fuktspärr av HD-polyeten,	~0,5mm				>10000*	8
Normala PVC-mattor					~500-2000	9
Mycket täta PVC-mattor					~10000	9
Plastbelagda korkplattor					~5000	10
Tuftad textilmatta med latexbaksida					~6	1
Linoleum	~2,5 mm	~400	~200	~150	~75	6
Lamellbrädor 14 mm med slitskikt av ek		130-160	55-70	22-28	11-13	4
Byggpapp; se Svensk standard SS 23 68 03						
Täckskiktspapp					>1000	1
Vindskyddspapp					~20	1

* Gäller för oskarvat material.

Tabell 5.2 Ånggenomgångsmotstånd vid cirka +20 °C. Sammanställt av G Hedenblad

- | | | |
|---------------------------------|------|---|
| 1. Nevander L-E och Elmarsson B | 1981 | Fukthandbok, Svensk byggtjänst, Stockholm |
| 2. Hedenblad G | 1992 | Kommande rapport om fukttransport i flera år gammal betong, LTH, TVBM-1014 |
| 3. Sandin | 1980 | Putsens inverkan på fasadens fuktbalans, LTH, Byggnadsmaterial, TVBM-1005 |
| 4. Hedenblad G och Roszak W | 1992 | Kommande rapport om fukttransportkoefficienter för några byggnadsmaterial. |
| 5. Lekapärmen | 1991 | Egenskapsredovisning Leca Murblock, AB Svenska Leca Linköping |
| 6. Nilsson L-O | 1990 | Fuktegenskaper hos furu, gran och träfiberbaserade skivor, CTH, BM |
| 7. Sveriges Plastförbund | | SPF Verksnorm 2200 utgåva 2 (under utgivning), Stockholm |
| 8. Sveriges Plastförbund | | SPF Verksnorm 2200 utgåva 1, Stockholm |
| 9. Nilsson L-O | 1991 | Grundläggning av betonggolvs på mark- Fuktskyddet mot markfukt i ångfas, AMA-Nytt Mark-Hus 1/91, s. 34-38 |
| 10. Statens provningsanstalt | 1984 | Mätprotokoll betr. ånggenomsläpplighet av Kork och Plast, Statens Provningsanstalt |

5.3 MÄTTNADSÅNGHALTER

Mättnadsånghalten är av central betydelse vid alla fuktberäkningar. De finns tabellerade i de flesta handböcker, t.ex. Fukthandbok. Uppgifterna mellan de olika skrifterna kan variera beroende på om man har bestämt mättnadsånghalten från vattenånga eller från fuktig luft. Det sistnämnda faller ger oftast ett högre värde.

I avsnittet finns dels en standardmetod (avsnitt 5.3.1 NUMERISK METOD) med vilken man teoretiskt beräknar mättnadsånghalten dels en tabell (avsnitt 5.3.2 TABELL ÖVER MÄTTNADSÅNGHALTEN).

Beräkningsformeln är en standard (DIN 4108) som kan vara lämplig att använda vid datorberäkningar eller när värden saknas i tabellen. Metoden beskrivs i avsnitt 5.3.1 NUMERISK METOD.

De tabellerade värdena finns i avsnitt 5.3.2 TABELL ÖVER MÄTTNADSÅNGHALTEN.

5.3.1 NUMERISK METOD.

Den europeiska standarden DIN 4108 gäller med tillfredsställande noggrannhet upp till ca 70°C. Sambandet mellan temperatur och mättnadstrycket formuleras enligt ekvation 5.1.

$$p_s = a \cdot \left(b + \frac{T}{100}\right)^n \quad (5.1)$$

Mättnadsånghalten får ur ekvation 2:

$$v_s = \frac{p_s}{461,4 \cdot (T + 273,2)} \quad (5.2)$$

där	p_s	=	mättnadstryck	Pa
	v_s	=	mättnadsånghalt	kg/m ³
	T	=	Temperaturen	°C

Parametrarna a, b och n är beroende på temperaturen varför de ska ges följande värden:

$$\begin{array}{llll} 0 < T < 30 & a = 288,68 & b = 1,098 & n = 8,02 \\ -20 < T < 30 & a = 4,689 & b = 1,486 & n = 12,30 \end{array}$$

5.3.2 TABELL ÖVER MÄTTNADSÅNGHALTEN

Mättnadsånghalt (g/m ³) som funktion av temperaturen.										
Temp. (°C)	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9
-20	0,87									
-19	0,96	0,95	0,94	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90	0,89
-18	1,05	1,05	1,04	1,03	1,02	1,01	0,99	0,98	0,98	0,97
-17	1,16	1,15	1,14	1,12	1,11	1,10	1,09	1,08	1,07	1,06
-16	1,26	1,25	1,24	1,23	1,22	1,21	1,20	1,19	1,18	1,17
-15	1,38	1,37	1,36	1,34	1,33	1,32	1,31	1,30	1,29	1,28
-14	1,51	1,49	1,48	1,47	1,46	1,45	1,43	1,42	1,40	1,39
-13	1,65	1,63	1,62	1,61	1,59	1,58	1,56	1,54	1,53	1,52
-12	1,80	1,78	1,77	1,75	1,74	1,71	1,70	1,69	1,67	1,66
-11	1,96	1,94	1,93	1,90	1,89	1,87	1,86	1,84	1,83	1,81
-10	2,14	2,12	2,09	2,07	2,06	2,04	2,02	2,01	1,99	1,98
-9	2,31	2,30	2,28	2,26	2,24	2,22	2,21	2,19	2,17	2,15
-8	2,52	2,50	2,48	2,46	2,44	2,42	2,40	2,38	2,36	2,34
-7	2,74	2,72	2,70	2,68	2,66	2,63	2,61	2,59	2,57	2,54
-6	2,98	2,96	2,93	2,91	2,89	2,86	2,84	2,82	2,79	2,76
-5	3,24	3,21	3,19	3,16	3,14	3,10	3,08	3,05	3,03	3,00
-4	3,52	3,49	3,46	3,42	3,40	3,37	3,34	3,32	3,29	3,26
-3	3,81	3,78	3,75	3,72	3,69	3,66	3,63	3,60	3,57	3,54
-2	4,13	4,10	4,06	4,03	4,00	3,97	3,94	3,91	3,88	3,84
-1	4,48	4,44	4,41	4,36	4,33	4,29	4,26	4,23	4,19	4,16
0	4,84	4,80	4,76	4,73	4,69	4,66	4,62	4,58	4,55	4,51
1	5,19	5,22	5,26	5,29	5,33	5,37	5,40	5,44	5,48	5,52
2	5,55	5,59	5,63	5,67	5,71	5,75	5,78	5,82	5,86	5,90
3	5,94	5,98	6,02	6,07	6,11	6,15	6,19	6,23	6,27	6,32
4	6,36	6,40	6,45	6,48	6,52	6,57	6,61	6,66	6,70	6,75
5	6,79	6,84	6,88	6,93	6,98	7,02	7,07	7,12	7,16	7,20
6	7,25	7,30	7,35	7,40	7,45	7,50	7,55	7,60	7,64	7,69
7	7,74	7,78	7,85	7,90	7,95	8,00	8,06	8,10	8,16	8,21
8	8,26	8,32	8,37	8,43	8,48	8,53	8,59	8,65	8,70	8,76
9	8,81	8,87	8,93	8,99	9,04	9,09	9,15	9,21	9,28	9,34
10	9,40	9,45	9,51	9,57	9,64	9,69	9,75	9,82	9,88	9,95
11	10,00	10,07	10,14	10,20	10,26	10,33	10,39	10,46	10,52	10,59
12	10,66	10,72	10,79	10,86	10,93	10,99	11,06	11,13	11,19	11,27
13	11,34	11,40	11,48	11,55	11,62	11,69	11,77	11,84	11,91	11,99
14	12,06	12,13	12,20	12,28	12,36	12,43	12,51	12,59	12,66	12,75
15	12,82	12,90	12,97	13,06	13,14	13,21	13,30	13,37	13,46	13,54
16	13,62	13,70	13,79	13,87	13,96	14,04	14,13	14,21	14,30	14,38
17	14,47	14,55	14,64	14,73	14,82	14,91	14,99	15,09	15,17	15,27
18	15,36	15,44	15,54	15,63	15,73	15,82	15,91	16,01	16,10	16,19
19	16,30	16,39	16,48	16,59	16,68	16,78	16,88	16,98	17,08	17,18
20	17,28	17,38	17,48	17,58	17,69	17,79	17,90	18,00	18,10	18,22
21	18,32	18,42	18,52	18,63	18,74	18,86	18,97	19,08	19,19	19,30
22	19,41	19,52	19,63	19,74	19,85	19,97	20,08	20,20	20,32	20,44
23	20,56	20,69	20,80	20,92	21,04	21,15	21,27	21,39	21,51	21,63
24	21,76	21,89	22,00	22,13	22,26	22,38	22,51	22,64	22,77	22,90
25	23,03	23,15	23,28	23,41	23,54	23,66	23,80	23,94	24,08	24,21
30	30,40									
35	39,60									
40	51,20									
45	65,40									
50	83,00									

5.4 KVANTIFIERBARA FUNKTIONSKRAV FÖR TÄTSKIKT

Följande är en sammanställning av funktionskraven för tätskikt av papp eller dukar av gummi eller plast från rapporten R57:1990 " Tätskikt på yttertak - Papp och dukar av gummi eller plast" av Enar Törnkvist.

Ett tätskikt skall uppfylla följande fordringar för

1. VATTENTÄTHET
2. ÅLDERSBESTÄNDIGHET
3. VÄRMETÄLIGHET
4. DIMENSIONSSTABILITET
5. MOTSTÅNDSFÖRMÅGA MOT FLYGBRAND
6. SKYDD MOT HALKNING
7. VIDHÄFTNING HOS SKYDDSBELÄGGNING
8. RÖRELSEUPPTAGANDE FÖRMÅGA
9. MOTSTÅNDSFÖRMÅGA MOT MEKANISK PÅVERKAN
10. MOTSTÅNDSFÖRMÅGA MOT UTMATTNING
11. ÖVERIGA MATERIALEGENSKAPER SOM SKA REDOVISAS
12. UTFÖRANDEMETOD

I var och en av de funktionskrav som berör ämnet fukt finns kraven beskrivna och sammanställda under respektive nedanstående delavsnitt. Det innebär att 5. MOTSTÅNDSFÖRMÅGA MOT FLYGBRAND, 6. SKYDD MOT HALKNING och 7. VIDHÄFTNING HOS SKYDDSBELÄGGNING inte beskrivs i här. Vilken provningsmetod som skall användas för respektive funktionskrav finns i rapporten av Enar Törnkvist.

1. VATTENTÄTHET

Krav: Tät vid belastning av 1 mvp.

2. ÅLDERSBESTÄNDIGHET

Krav enligt nedanstående tabeller:

<p>UV-åldring</p> <p>Efter UV-strålning får vid okulär besiktning inga synliga sprickor förekomma.</p> <p>Draghållfasthet: förändring högst 30 %</p> <p>Brottöjning: förändring högst 30 %</p> <p>Sprödbestämmning (plast- och gummidukar): Förändring av sprödpunktstemperaturen med högst 10°K. (Statistiskt säkerställt underlag saknas för detta värde).</p> <p>Töjning med bibehållen täthet (asfaprodukter): Högst 50% förändring. (Statistiskt säkerställt underlag saknas för detta värde).</p>
--

<p>Värmeåldring</p> <p>Efter värmeåldring får vid okulär besiktning inga synliga sprickor förekomma.</p> <p>Draghållfasthet: > 80 % och < 150% av ursprungsvärdet</p> <p>Brottöjning: förändring högst 50 %</p> <p>Sprödbestämmning (plast- och gummidukar): Förändring av sprödpunktstemperaturen med högst 10°K. (Statistiskt säkerställt underlag saknas för detta värde).</p> <p>Töjning med bibehållen täthet (asfaprodukter): Högst 50% förändring. (Statistiskt säkerställt underlag saknas för detta värde).</p>

<p>Ozonbeständighet</p> <p>Krav på ozonbeständighet för gummidukar.</p> <p>Vid en okulär besiktning efter provning skall inga synliga sprickor förekomma.</p>
--

3. VÄRMETÅLIGHET

För bitumenösa tätskikt är kravet att högst 2 mm glidning av beläggningsskiktet får förekomma.

4. DIMENSIONSSTABILITET

Krav: Längdförändringen i längd- och tvärriktningen respektive diagonalt skall vara < 0,50%.

8. RÖRELSEUPPTAGANDE FÖRMÅGA

Klassindelningen sker med utgångspunkt från bedömda påfrestningar i tätskiktet på grund av risk för isbildning vid låga lutningar eller på grund av rörelser i underlaget.

Klass	Klassindelning	Töjning med bibehållen täthet vid -10 °C
1	Används vid taklutning < 1:16, vid risk för isbildning tjockare än 50 mm och/eller vid överförda rörelser i underlaget som överstiger 5 mm.	≥ 10 %
2	Används vid taklutning < 1:16, vid risk för isbildning som är 50 mm eller tunnare och/eller vid överförda rörelser i underlaget som överstiger 5 mm.	≥ 5 %
3	Får användas vid taklutning ≥ 1:16, vid liten risk för isbildning och små överförda rörelser i underlaget	≥ 1 %

Krav på rörelseupptagande förmåga hos tätskikt. Resultat efter provning. Törnkvist (1990)

9. MOTSTÅNDSFÖRMÅGA MOT MEKANISK PÅVERKAN

Klassindelningen sker med utgångspunkt från fastheten i underlaget.

Klass	Klassindelning	Dynamiskt stansmotstånd vid -10°C	Motståndsförmåga mot statisk last
1	Används för mjuka underlag, som t.ex. mineralull, där tätskiktet under bygg-tiden eller senare utsätts för frekvent gångtrafik och/eller materialtransporter	$\leq \Phi 10 \text{ mm}$	$\geq 250 \text{ N}$
2	Används för mjuka underlag, som t.ex. mineralull, med endast tillfälligt förekommande gångtrafik eller för fasta underlag där tätskiktet under byggtiden och senare utsätts för frekvent gångtrafik och/eller materialtransporter.	$\leq \Phi 20 \text{ mm}$	$\geq 150 \text{ N}$
3	Används för fasta underlag med endast tillfälligt förekommande gångtrafik	$\leq \Phi 30 \text{ mm}$	$\geq 70 \text{ N}$

Krav på motståndsförmågan mot mekanisk påverkan hos tätskikt. Resultat efter provning. Törnkvist (1990)

10. MOTSTÅNDSFÖRMÅGA MOT UTMATTNING.

Krav: Enligt SP-metod 0902.

Klass 1	≥ 5000 cykler
2	≤ 5000 cykler

11. ÖVERIGA MATERIALEGENSKAPER SOM SKA REDOVISAS

Följande materialegenskaper skall redovisas för tätskikt.

- Rivhållfasthet
- Draghållfasthet och brottöjning
- Köldflexibilitet
- Ånggenomgångsmotstånd
- Sprödpunkt för dukar av gummi

12. UTFÖRANDEMETOD

Utförandemetod	Krav
A	I <u>två</u> separata arbetsmoment utförs materialskarvning, tätskiktsanslutningar och detaljintäckningar. Varje arbetsmoment ger god täthet.
B	I <u>ett</u> separat arbetsmoment utförs materialskarvning, tätskiktsanslutning och detaljintäckning. Arbetsmomentet ger täthet med redovisat kontrollsystem för utförandet av skarvar, anslutningar och intäckningar.

6. ATT LÄSA VIDARE

Informationen för denna rapport är hämtad från olika skrifter om fukt och fukttransport. Några av de mest aktuella skrifterna finns angivna nedan. Tillämpningsexempel på checklistorna, kapitel 4, är en del information hämtad dels från tidningsartiklar och dels från materialfabrikanternas pärmar.

- | | | |
|--------------------------|------|---|
| Arfvidsson J | 1988 | DATORMODELLER FÖR FUKTTRANSPORT I PORÖSA MATERIAL
Lunds Tekniska Högskola
Avdelningen för Byggnadsfysik
TVBH-7108 |
| Blomberg T | 1991 | HEAT2, A HEAT TRANSFER PC-PROGRAM
Lunds Tekniska Högskola
Avdelningen för Byggnadsfysik
TVBH-7122 |
| Fagerlund G | 1980 | GOLV PÅ MARK UTAN FUKTPROBLEM
BPA - Riksbyggen
Handling nr 32
Stockholm |
| Hagetoft C-E | 1991 | HCONP - HEAT CONDUCTION PROGRAM
Version 2.0
Svensk byggtjänst
Stockholm |
| Hansson T | 1989 | ATT BYGGA TORRT
Byggförlaget
Stockholm |
| Harderup E, Sandberg P I | 1989 | FUKTSÄKERHET I BYGGNADER-FÖRPROJEKT
Lunds Tekniska Högskola
Avdelningen för Byggnadsfysik
TVHB-7118 |
| Harderup E, Sandberg P I | 1990 | FUKTSÄKERHET I BYGGNADER- DELRAPPORT TILL STATENS RÅD FÖR BYGGNADS-FORSKNING
Lunds Tekniska Högskola
Avdelningen för Byggnadsfysik
TVBH-71120 |
| Harderup E | 1991 | FUKTSÄKERHET I BYGGNADER
Tidskriften Bygg & teknik
Nummer 2/91
Stochholm |

- | | | |
|-------------------------|------|--|
| Harderup E | 1992 | FUKTDIMENSIONERING
Tidskriften Isolerat
Nummer 2/1992
Gullfiber
Billesholm |
| Harderup E | 1993 | HOW TO MAKE BUILDINGS MOISTURE-PROOF; A GENERAL METHOD OF CONSTRUCTIONAL MOISTURE DESIGN
Lunds Tekniska Högskola
Avdelningen för Byggnadsfysik
TVBH-7142 |
| Harderup L-E | 1993 | FUKTSÄKERHET I BYGGNADER- GOLV PÅ MARK
Statens råd för byggnadsforskning
T11:1993
Stockholm |
| Hedenblad G | 1993 | FUKTSÄKERHET I BYGGNADER - KATALOG ÖVER FUKTTRANSPORTKOEFFICIENTER
Under utgivning av BFR
Stockholm |
| Hedenblad G | 1993 | FUKTSÄKERHET I BYGGNADER - UTTORKNING AV VATTENSKADAD BETONG
Under utgivning av BFR
Stockholm |
| Hus & Hälsa Kunskapsbas | 1992 | MÄNNISKAN & INOMHUSKLIMATET
Statens råd för byggnadsforskning
U4:1992
Stockholm |
| Hus & Hälsa Kunskapsbas | 1992 | FUKT OCH BYGGNADSTEKNIK
Statens råd för byggnadsforskning
U5:1992
Stockholm |
| Hus & Hälsa Kunskapsbas | 1992 | BYGGNADSMATERIAL OCH EMMISIONER
Statens råd för byggnadsforskning
U6:1992
Stockholm |
| Hus & Hälsa Kunskapsbas | 1992 | VENTILATION
Statens råd för byggnadsforskning
U7:1992
Stockholm |
| Hus & Hälsa Kunskapsbas | 1992 | BYGGNADSUTFORMNING
Statens råd för byggnadsforskning
U8:1992
Stockholm |

6. Att läsa vidare

- | | | |
|------------------------------------|------|--|
| Hus & Hälsa Kunskapsbas | 1992 | BESTÄLLARENS KRAV
Statens råd för byggnadsforskning
U9:1992
Stockholm |
| Hus & Hälsa Kunskapsbas | 1992 | FÖRVALTNING OCH BRUKANDE
Statens råd för byggnadsforskning
U10:1992
Stockholm |
| Johanson A, Wredling S | 1989 | SNÖN SOM FÖLL I FJÖL
Tidskriften Bygg & teknik
Nummer 3/89
Stockholm |
| Möller G, Peterson N, Samuelsson P | 1980 | BETONGHANDBOK - MATERIAL
AB Svensk Byggtjänst
Stockholm |
| Nevander L E, Elmarsson B | 1981 | FUKTHANDBOK
AB Svensk Byggtjänst
Stockholm |
| Nevander L E, Elmarsson B | 1991 | FUKTDIMENSIONERING AV TRÄKONSTRUKTIONER RISKANALYS
Statens råd för byggnadsforskning
R38:1991
Stockholm |
| Nilsson, S | 1992 | TÄTSKIKT PÅ LÅGLUTANDE TAK
Tidskriften Bygg & teknik
Nummer 2/92
Stockholm |
| Pihlaajavaara SE | 1969 | AN APPROXIMATE SOLUTION OF A QUASILINEAR DIFFUSION PROBLEM
The institut for technical research
Julkasu 153 Publication
Helsingfors |
| Sandberg P I | 1973 | BYGGNADSELDERS FUKTBALANS I NATURLIGT KLIMAT
Lunds Tekniska Högskola
Instutionen för Byggnadsteknik
Report 43 |
| Sandin K | 1990 | VÄRME, LUFT, FUKT
Lunds Tekniska Högskola
Avdelningen för Byggnadsfysik
Kompendium i Byggnadsfysik |
| Sandin K | 1993 | FUKTSÄKERHET I BYGGNADER - SKALMURAR
Statens råd för byggnadsforskning
T10:1993
Stockholm |

6. Att läsa vidare

- | | | |
|--------------------|------|--|
| Skadeblad 75 | 1992 | Författare Hans Pettersson, e-gruppen
Stockholm |
| SMHI | 1985 | VÄDER OCH VATTEN |
| | - | SMHI |
| | 1992 | Tidskrift från SMHI
Norrköping |
| Svensk byggtjänst | 1983 | HUSAMA
Stockholm |
| Svensk byggtjänst | 1983 | RAAMA
Stockholm |
| Takpanneföreningen | 1989 | BEANSCHSTANDARD BETONGTAKPANNOR
TP-1/88
Takpanneföreningen Branchförening inom
Byggvaruindustrins Riksorganisation |
| Teasler R | 1972 | KLIMATDATA FÖR SVERIGE 1930-61
Statens råd för byggnadsforskning
T2:1972
Stockholm |
| Törnqvist E | 1990 | TÄTSKIKT PÅ YTTERTAK - PAPP OCH
DUKAR AV GUMMI ELLER PLAST.
Statens råd för byggnadsforskning
R57:1990
Stockholm |

R32:1993

ISBN 91-540-5566-0

Bygghälsan, Stockholm

Art.nr: 6813032

Abonnemangsgrupp:

Z. Konstruktioner
och material

Distribution:

Svensk Byggtjänst

171 88 Solna

Cirkapris: 112 kr inkl moms