



AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Aalborg Universitet

Vejledning om håndtering af fugt i byggeriet

Møller, Eva B.

Publication date:
2010

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):
Møller, E. B. (2010). *Vejledning om håndtering af fugt i byggeriet*. Statens Byggeforskningsinstitut, SBI.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Vejledning om håndtering af fugt i byggeriet

Eva B. Møller (Red.)
Statens Byggeforskningsinstitut, SBI, Aalborg Universitet

December 2010



Indholdsfortegnelse

Indholdsfortegnelse	2
Forord	4
1 Indledning	5
1.1 Baggrund	5
1.2 Læsevejledning.....	5
1.3 Byggeriets faser og parter	6
1.4 Fugtrisikoklasser	7
2 Forslagsfase – Mange væsentlige beslutninger tages tidligt	10
2.1 Valg af materialer.....	10
2.2 Bygningsudformning	12
2.3 Dokumentation.....	13
2.4 Eksempler.....	14
3 Projektering – Fugtkravene detaljeres	18
3.1 Materialevalg	18
3.2 Udformning	25
3.3 Dokumentation af projektering.....	27
3.4 Eksempler.....	30
4 Udbud - Hvad skal bygherren sørge for?	33
4.1 Indledning	33
4.2 Krav til fugtmålinger i udbudskontrolplanerne	35
4.3 Beredskab.....	36
4.4 Dokumentation.....	37
4.5 Eksempler.....	37
5 Udførelse – Arbejdet på byggepladsen	40
5.1 Opstart og detailplanlægning af byggeplads	40
5.2 Materialetransport.....	42
5.3 Lagring på byggepladsen	43
5.4 Projektændringer	47
5.5 Planlagt udtørring	47
5.6 Dokumentation af udførelse	52
5.7 Eksempler.....	53
6 Afhjælpning – Når det alligevel er gået galt	56
6.1 Årsager til fugtskader.....	56
6.2 Eliminering af skadesårsagen	57
6.3 Udbedring	58
6.4 Kontrol og dokumentation af afhjælpning	58
6.5 Eksempler.....	59
7 Aflevering – Hvad skal fugtdokumentationen indeholde	61
7.1 Fugtforhold som mangel.....	61
7.2 Dokumentation ved afslutning af byggeriet	62
7.3 Eksempel.....	63
8 Myndighedsbehandling – Krav kommunen kan stille og hvordan de opfyldes.....	64
9 1- og 5-års eftersyn – Sidste chance for erstatning ved fugtproblemer.....	65
9.1 Kontrolmåling.....	66
9.2 Løbende kontrol.....	66

Bilag 1. Fugt og materialer	68
Uorganiske materialer.....	68
Organiske materialer	73
Fugttransport	75
Maksimalt fugtindhold	78
Bilag 2 Terminologi.....	80
Bilag 3 Referencer.....	81

Forord

Denne vejledning om håndtering af fugt i byggeriet er udarbejdet for Erhvervs- og Byggestyrelsen af et konsortium bestående af Statens Byggeforskningsinstitut, Bygge- og Miljøteknik A/S og EMCON A/S.

Seniorforsker, Ph.d. (Statens Byggeforskningsinstitut) Eva B. Møller har været projektleder og hovedforfatter på vejledningen. Hun har været bistået af en række medforfattere:

Fra Bygge og Miljøteknik A/S:

Charlotte Gudum, civilingeniør, Ph.d.
Georg Christensen, civilingeniør
Tommy Bunch-Nielsen, civilingeniør

Fra EMCON A/S:

Kim Høite, arkitekt m.a.a.
Morten Wind, diplomingeniør (B)

Fra Statens Byggeforskningsinstitut:

Niels-Jørgen Aagaard, civilingeniør, Ph.d.
Erik Brandt, civilingeniør
Anker Nielsen, civilingeniør, Ph.d.

Endvidere har der været tilknyttet en følgegruppe bestående af:

Tine Aabye, Forsikring og Pension
Michael Amstrup, Gyproc A/S
Erik Busch, Saint-Gobain Weber A/S
Jens Dons, Byggeskadefonden
Erik Frederiksen, Skadeservice Danmark A/S
Leif Henriks, E. Pihl & Søn A/S
Anne Pia Koch, Teknologisk Institut
Claus Rasmussen, E. Pihl & Søn A/S
Lauritz Rasmussen, Taasinge træ A/S
Birgitte Dela Stang, Grundejernes Investeringsfond
Niels Strange, Dansk Byggeri
Michael Vesterløkke, COWI A/S

Vi takker følgegruppen og Erhvervs- og Byggestyrelsen for konstruktive diskussioner og værdifulde input til udarbejdelsen af vejledningen.

Statens Byggeforskningsinstitut
Afdelingen for Byggeri og Sundhed
December 2010

Niels-Jørgen Aagaard
Forskningschef

1 Indledning

1.1 Baggrund

Fugt i bygninger kan føre til usundt indeklima. Det har været kendt længe, og derfor er der gennem tiderne produceret mange dokumenter, der skal forhindre at denne situation opstår. De fleste dokumenter har imidlertid omhandlet driftssituationen, som normalt er meget længere end byggefasen. Det er dog også velkendt, at byggeriet tilføres store vandmængder under byggeprocessen, men ofte er dette blevet affejet som uundgåeligt og blot noget, der skal udtørre i løbet af det første år. Imidlertid har der været en række sager, hvor byggefugten har betydet, at den færdige bygning inden ibrugtagning har indeholdt så meget fugt, at dele af konstruktionen har været angrebet af skimmelsvamp. Skaderne har haft store økonomiske omkostninger for både beboere, bygherrer og entreprenører.

Der har været eksempler, hvor nyopførte huse er blevet revet ned, eller nye konstruktioner er blevet skilt ad for at sikre, at de kunne renses for skimmelsvamp og udtørres. Dette har medført betydelige udgifter til både forlængelse af byggeperiode, nye materialer og arbejdstimer. I nogle tilfælde har udgifterne været tocifrede millionbeløb.

Men også uden disse ekstreme tilfælde tegner fugtskader i byggeprocessen sig for en betydelig merudgift.

I erkendelse af at der er behov for øget opmærksomhed på området, er bygningsreglementet blevet skærpet omkring fugt og skimmel i byggeprocessen. Med denne vejledning ønsker Erhvervs- og Byggestyrelsen at bidrage til færre tilfælde, hvor fugt under byggefasen betyder øgede omkostninger.

1.2 Læsevejledning

Denne vejledning er udarbejdet som en hjælp til at håndtere fugt i byggeriet gennem byggeprocessen, således at bygningsreglementets bestemmelser og intentioner overholdes og kan dokumenteres. Udformning af byggeriet, så det også i driftsfasen vil være fri for fugtproblemer, er kun beskrevet i mindre omfang. Disse konstruktionsmæssige forhold er nærmere beskrevet i anden litteratur, f.eks. SBI-anvisning 224, "Fugt i bygninger", og diverse BYG-ERFA Erfaringsblade, TOR-anvisninger, publikationer fra Træinformation, Murerfagets Oplysningsråd og Gulvbranchen. I bilag 4 findes et udvalg af relevante referencer og links til publikationer om fugt i udvalgte konstruktioner.

Denne vejledning er opdelt efter byggeriets forskellige aktiviteter, med henblik på at brugeren kan gå direkte til den aktivitet, der er interessant i den givne situation. Vejledningen er således ikke tænkt som et opslagsværk mere end et dokument, der skal læses fortløbende.

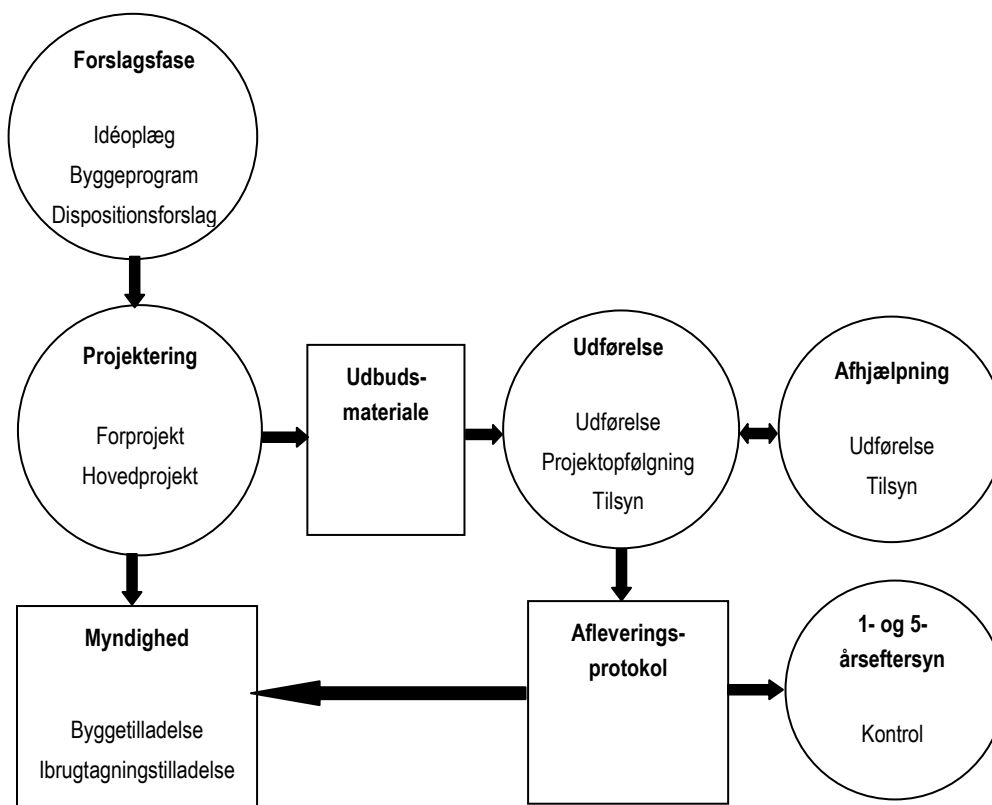
I vejledningen anvendes begrebet "fugtrisikoklasser". Dette bruges også i flere af faserne og beskrives derfor i dette indledende afsnit. I notatet "Fugtsagkyndiges kompetencer og virke" (Erhvervs- og Byggestyrelsen, 2010b) beskrives i detaljer, hvilke kompetencer og opgaver en fugtsagkyndig kan have.

I bilag 1 findes en uddybende beskrivelse af, hvordan forskellige materialer reagerer, når de udsættes for fugt.

1.3 Byggeriets faser og parter

1.3.1 Byggeriets faser

Byggeriets faser er i denne vejledning opdelt som illustreret i figur 1. Opdelingen er inspireret af ydelsesbeskrivelsen for byggeri og planlægning, der er udarbejdet af FRI, PLR og DANSKE ARK, men medtager også aktiviteter, hvis dette har relevans for håndtering af fugt i byggeriet. Der er derfor medtaget en afhjælpningsfase samt 1- og 5-års eftersyn. Da der er konkrete ting, der skal foreligge i udbudsmaterialet og ved aflevering af byggeriet, er indholdet af dette materiale beskrevet særskilt. Dertil kommer et selvstændigt afsnit om myndighedernes rolle.



Figur 1. Byggeriets faser, som de er behandlet i denne vejledning. Hver af vignetterne repræsenterer en aktivitet, hvis fugtmæssige indhold er beskrevet i et selvstændigt kapitel.

1.3.2 Byggeriets parter

Vejledningens opbygning efter forskellige aktiviteter i byggeriet er fokuseret på byggeriets processer frem for organisering. Dette er fundet mest hensigtsmæssigt, da rollerne og dermed ansvarsområderne varierer mere end de egentlige arbejder. For eksempel har entreprisformen stor betydning for organiseringen.

For fugt i byggeriet gælder der generelt, at hver aktør har ansvar for eget arbejde. Af vejledningsteksten til kapitel 4.1, stk. 5, i Bygningsreglement 2010 fremgår det dog eksplicit:

- *At der i planlægnings- og projekteringsfasen fokuseres på at undgå materialer og byggetekniske løsninger, der er unødigt fugtfølsomme.*
- *At der i bygherrens udbuds- og tidsplan eksplicit skal afsættes tid til den nødvendige udtørring af byggematerialer og -konstruktioner.*
- *At bygherren, hvis muligt inden udbuddet, foretager en cost-benefit analyse af totalinddækning af byggeriet under opførelsen og foreskriver totalinddækning, hvor det er økonomisk fordelagtigt, eller hvor der i udbudsmaterialet er foreskrevet særligt fugtfølsomme materialer eller byggetekniske løsninger.*
- *At bygherren ved udbud i fagentrepriser foranstalter fælles faciliteter til opbevaring af fugtfølsomme materialer.*

Hurtig aktion ofte er meget væsentlig inden for håndtering af fugtproblemer. Derfor bør enhver, der opdager potentielle eller eksisterende fugtproblemer, gøre opmærksom herpå, overfor hvem det måtte angå, oftest den ansvarlige byggeleder. Dette vil især gælde på byggepladsen, hvor for eksempel overdækninger kan forskubbe sig. Her bør man gøre opmærksom på problemet, også selv om de berørte materialer ikke har indflydelse på eget arbejde. Der er ikke nogen juridisk forpligtigelse, men for byggesagens bedste er det mest hensigtsmæssigt, hvis alle er opmærksomme på, hvor vigtigt det er at begrænse fugtskader hurtigt.

1.3.3 Myndighederne

Et byggeri skal altid overholde kravene i bygningsreglementet. Derudover kan myndighederne stille specifikke krav til dokumentation af fugtforhold, jf. Bygningsreglement 2010, kapitel 1.4, stk. 2. Denne vejlednings afsnit 8, *Myndighedsbehandling*, henvender sig til kommunens sagsbehandlere med vejledning om, hvornår det er hensigtsmæssigt at bede om dokumentation. Samtidig giver det vejledning i, hvad en sådan dokumentation skal indeholde, således at afsnittet også kan anvendes til de af byggeriets parter, der i forbindelse med udstedelse af en byggetilladelse, bliver mødt af et sådant krav.

1.4 Fugtrisikoklasser

Risikoen for, at der vil opstå fugtproblemer under et byggeris opførelse, afhænger især af:

- Hvor stor fugtpåvirkningen er under byggeriet
- Hvor sårbart byggeriet er overfor fugt.

Ved at kombinere disse to egenskaber kan det vurderes, hvilken fugtrisikoklasse byggeriet befinder sig i, og herudfra kan byggeriets parter vurdere, hvilke forholdsregler det vil være hensigtsmæssigt at tage overfor fugt. Klassificeringen er derfor især en hjælp til at vurdere hvilke krav om målinger og dokumentation, der er behov for. Tabel 1 beskriver hvilke fugtrisikoklasser, der opereres med.

Tabel 1. Fugtrisikoklasser som funktion af fugtpåvirkninger under udførelse og byggeriets sårbarhed for fugt

Bygværkets sårbarhed for fugt	Fugtpåvirkninger under udførelse		
	Lav	Middel	Høj
Lav	Fugtrisikoklasse 1	Fugtrisikoklasse 2	Fugtrisikoklasse 2
Middel	Fugtrisikoklasse 1	Fugtrisikoklasse 2	Fugtrisikoklasse 3
Høj	Fugtrisikoklasse 2	Fugtrisikoklasse 3	Fugtrisikoklasse 3

1.4.1 Fugtpåvirkninger under udførelse

Inddelingen efter fugtpåvirkning sker efter nedenstående overordnede retningslinjer. I tvivlstilfælde bør den højeste klasse vælges. Hvis for eksempel et af punkterne fra middel fugtpåvirkning er gældende samtidig med et af punkterne fra høj fugtpåvirkning, bør byggeriet placeres under høj fugtpåvirkning.

Lav fugtpåvirkning

Der er tale om lav fugtpåvirkning under udførelse, når følgende to forhold gælder:

- Bygge- og montageprocesser er tørre. Det vil sige ikke omfatter vand- eller fugtholdige byggematerialer, dvs. materialerne har ikke et fugtindhold højere end svarende til 75 % RF.
- Bygge- og montageprocesser udføres under forhold, der beskytter fuldt ud mod klimatiske påvirkninger, f.eks. på fabrik og/eller under totaloverdækning.

Middel fugtpåvirkning

Der er tale om middel fugtpåvirkning under udførelse, når et af følgende to forhold gælder:

- Bygge- og montageprocesser omfatter et tilsigtet, men begrænset vand- eller fugtindhold i byggematerialer, f.eks. anvendelse af selvudtørrende beton.
- Under udførelsen er der risiko for enkelte klimatiske påvirkninger, f.eks. indpakkede byggematerialer, som indbygges uden, at byggeriet er overdækket.

Høj fugtpåvirkning

Der er tale om høj fugtpåvirkning under udførelse, når et af følgende to forhold gælder:

- Bygge- og montageprocesser omfatter et betydeligt vand- eller fugtindhold i byggematerialer, f.eks. udstøbning af beton.
- Der er betydelig risiko for klimatiske påvirkninger, f.eks. uindpakkede byggematerialer, som indbygges uoverdækket, eller byggematerialer, der under transport har haft risiko for fugtpåvirkning.

1.4.2 Bygværkets sårbarhed for fugt

Byggeriets sårbarhed over for fugt hænger sammen med materialevalget og hvor meget tid, der er sat af til udtørring. Inddelingen kan således ske på basis af følgende tre parametre:

- Materialernes evne til at opsuge/optage fugt
- Skimmelrisikoen ved det enkelte materiale
- Hvor meget udtørringstid, der er sat af.

Alle tre forhold vurderes i henhold til tabel 2. Projektets sårbarhed er den højeste værdi, der opnås på de tre parametre.

Tabel 2. Inddeling efter byggeriets sårbarhed over for fugt efter tre parametre: Materialets evne til at opsu-
ge/optage fugt, materialernes følsomhed overfor skimmel og materialenedbrydning samt den afsatte udtør-
ringstid. Hvis der er forskellige sårbarhed for de tre parametre, vælges den højeste sårbarhed.

	Lav sårbarhed	Middel sårbarhed	Høj sårbarhed
Materialets evne til at op- suge/optage fugt	Ingen, f.eks. glas og stål	Middel, f.eks. beton og træ med mulighed for udtørring	Stor, f.eks. sammensatte komponenter, stærkt su- gende som porebeton, lukkede træelementer
Risiko for skimmelvækst eller materialenedbrydning	Begrænset risiko	Nogen risiko	Stor risiko
Afsat tid til udtørring	Tilstrækkelig tid	Presset tidsplan, men fokus på udtørring	Presset tidsplan, van- skeligt at nå udtørring

1.4.3 Anvendelse af fugtrisikoklasser

Et byggeri kan i princippet ændre fugtrisikoklasse i løbet af byggeriet, ligesom nogle dele af byggeriet kan være i en højere klasse end andre dele.

En opdeling i fugtrisikoklasse er alene en hjælp til at vurdere behovet for ekstra forholdsregler mod fugt. Det er ikke et krav, og det ligger derfor ikke fast hvem, der afgør i hvilken klasse, at byggeriet befinder sig, eller om klassen varieres over tid eller lokalitet. Det vil dog normalt vurderes af bygherre eller af dennes repræsentant.

Oplysningen kan hjælpe bygherre og myndighed til at vurdere, om der er behov for en fugtsagkyndig og til at fastlægge niveauet for tiltag mod fugt inden og under udførelsen.

Tabel 3. Vejledende opdeling i hvordan fugtrisikoklassen kan benyttes til at fastlægge behovet for tiltag in-
den og under udførelsen. Alle tiltag skal dokumenteres.

	Fugtrisikoklasse 1	Fugtrisikoklasse 2	Fugtrisikoklasse 3
Inden udførelse	Opfylde minimumskravene i BR10	Minimumskrav samt: – Opstilling af fugtstrategi- plan	Minimumskrav samt: – Opstilling af fugtstrategi- plan – Evt. beregninger / simu- leringer – Tilknytte fugtsagkyndig
Under udførelsen	Fugtmålinger ved kritiske tidspunkter, som minimum inden lukning af konstruktion	Løbende fugtmålinger Begrænset fugtmåleprogram Vurdere specifikke potentielle fugtproblemer	Løbende fugtmålinger Udvidet fugtmåleprogram Tilknytte fugtsagkyndig

2 Forslagsfase – Mange væsentlige beslutninger tages tidligt

Allerede i forslagsfasen – og dermed meget tidligt i byggeprocessen – tages en række grundlæggende beslutninger om materialer og udformning. For eksempel øger mange sammenskæringer og gennembrydninger risikoen for fugtindtrængning både under udførelsen og efterfølgende i driftsfasen. Disse beslutninger er afgørende for hvilke fugtrelevante tiltag, der er nødvendige at udføre under den resterende byggeproces.

Hovedpunkter med betydning for behovet for forholdsregler mod fugt:

- Materialernes fugtfølsomhed
- Materialernes fugtindhold både ved levering og under udførelsen
- Bygningsudformningen med mange eller få sammenskæringer og gennembrydninger
- Fugtbelastningen ude- og indefra.

Ved renoveringsopgaver udføres undersøgelser af de eksisterende forhold, og membraner kontrolleres, så eventuelle fugtskader registreres og afgrænses. Bygningens anvendelse nu og fremover klarlægges, inden det vurderes, hvilken renoveringsløsning, der skal vælges. Herefter vil renoveringens faser, herunder forslagsfasen, indeholde de samme elementer som ved nybyggeri. Dog vil der ved renovering være specielle hensyn til brugerne, hvis bygningen er i brug.

I forslagsfasen vil det ofte være en fordel at indplacere projektet i den relevante fugtrisikoklasse, se afsnit 1.4, *Fugtrisikoklasser*. Det vil betyde, at byggeriets parter allerede på et tidligt tidspunkt får en idé om, hvorvidt fugt kan forventes at kræve mere opmærksomhed end normalt, og kan vurdere, om en fugtsagkyndig med fordel kan tilknyttes i hele eller dele af byggeriet.

2.1 Valg af materialer

I Bygningsreglement 2010, kapitel 4.1, stk. 5, står der:

Ved planlægning, projektering, udbud og udførelse af bygningskonstruktioner skal der træffes de foranstaltninger, som af hensyn til klimatiske forhold er nødvendige for en forsvarlig udførelse.

I vejledningsteksten hertil står blandt andet:

At der i planlægnings- og projekteringsfasen fokuseres på at undgå materialer og byggetekniske løsninger, der er unødigt fugtfølsomme.

Hermed menes, at materialer og løsninger skal vurderes ud fra, hvor fugtfølsomme de er, og om der er mere fugtsikre alternativer. Ved forskellige alternativer, skal den mindst fugtfølsomme vælges.

De fleste byggematerialer er porøse (undtagen f.eks. glas og stål) og vil derfor kunne optage og afgive fugt i løbet af byggeprocessen. De fleste materialer vil derfor være fugtfølsomme, men nogle materialer er mere fugtfølsomme end andre, da skimmelsvampe lettere gror på nogle materialer frem for på andre.

Ved materialevalget er det derfor væsentligt at vurdere:

- Materialets densitet. Generelt vil lette materialer nemmere og hurtigere kunne optage og afgive fugt end tunge materialer
- Materialets sammensætning. Organisk materiale som træ og karton er mere modtagelig for skimmelsvampe end mineralsk materiale som beton og tegl. Gips er i sig selv mineralsk, men er der karton omkring gipsen som i gipskartonplader, er materialet er lige så modtageligt for skimmel, som var pladen af organisk materiale. For alle materialer gælder, at hvis materialet tilsmudsnes, vil risikoen for skimmelsvampevækst normalt øges, da skimmel let finder næring i almindeligt smuds.
- Materialets fugtindhold ved byggestart. Nogle materialer, f.eks. beton, vil på grund af fremstillingsprocessen være våde fra start. Det skal især vurderes, hvilken betydning det har, når sådanne materialer bygges sammen med fugtfølsomme materialer, f.eks. træ og gipskartonplader. Derfor bliver kombinationen af materiale også betydende.

I tabel 4 er der givet en vejledende oversigt med rangordning af materialer med hensyn til forskellige fugtrelevante parametre. Tabellen forudsætter, at materialerne ikke er tilsmudsede. Materialer, der ikke optræder i oversigten, kan vurderes på de forskellige parametre ud fra, hvordan det givne materiales egenskaber ligger i forhold til de angivne materialer. Hvilke parametre, der er vigtigst, afhænger af det konkrete byggeri. Hvis der for eksempel er totaloverdækning, er fugtindholdet fra start vigtigt, men hvis materialerne udsættes for nedbør, er vandoptag og følsomhed overfor skimmel meget vigtigere. Se i øvrigt også Bilag 1 om fugt og materialer.

Tabel 4. Vejledende oversigt over hvordan materialevalget påvirker konstruktionens samlede følsomhed over for fugt og skimmel målt efter forskellige parametre. For hver parameter er den mest betydende egenskab nævnt. Forskellige materialer er rangordnet efter de forskellige parametre. Rangordnen er opdelt, så det materiale, der giver anledning til færrest krav/problemer ved en given parameter, står øverst.

Parameter	Egenskab	Materialerangorden
Følsomhed overfor skimmel	Indhold af organisk materiale	Cementbaserede materialer, tegl Træ Gipskartonplader
Fugtindhold fra start	Vandtilførsel i byggeproces	Tørre materialer, f.eks. gips- og træplader Træ Murværk Porebeton Betonelementer Selvudtørrende beton In-situ beton
Vandoptag	Densitet og porefordeling	Beton Tegl Træ Porebeton

2.2 Bygningsudformning

En bygnings kompleksitet og beliggenhed har betydning for, hvor følsom eller udsat den vil være for fugtskader. Stor kompleksitet, dvs. mange sammenskæringer og gennembrydninger vil betyde, at vandet kan finde mange veje ind i konstruktioner og bygningsdele. Samtidig bliver det vanskeligere at opdage vandindtrængning. Stor kompleksitet vil derfor normalt betyde øgede forholdsregler mod opfugtning i byggeperioden. Kompleksiteten vil ofte ligge i samlingerne, således kan byggeri med lette elementer betyde, at byggeriet hurtigt kommer under tag, men samlingsdetaljer kan være vanskelige at gøre færdige i samme tempo. Derfor kan lette elementer betyde øget fokus på midlertidige afdækninger.

Tabel 5 viser en vejledende oversigt over hvilke forhold, der kan være afgørende for, om et byggeri er fugtmæssigt simpelt eller kompliceret. En række af forholdene gælder ikke kun for selve byggeprocessen, men også for det færdige byggeri.

Tabel 5. Vejledende oversigt over hvilke udformninger af byggeriet, der kan være afgørende for, hvor vidtgående forholdsregler det er nødvendigt at tage. Et fugtmæssigt kompliceret byggeri betyder skærpet opmærksomhed i alle byggeriets faser i forhold til et fugtmæssigt ukompliceret byggeri.

Fugtmæssig ukompliceret udformning	Fugtmæssig kompliceret udformning
Lodret byggeproces (dele bringes hurtigt under "tag")	Vandret byggeproces (store dele ligger eksponeret)
Simple geometriske former	Lodrette og vandrette spring
Let at overdække	Store flader
Ikke-fugtfølsomme materialer	Fugtfølsomme materialer
Konstruktiv fugtbeskyttelse (udhæng, drypnæser m.m.)	Mange gennembrydninger og sammenskæringer
Afprøvede løsninger	Stor variation / mange varianter

For det færdige byggeri kan det desuden være af fugtmæssig betydning, hvordan byggeriet placeres på grunden, herunder eksponering, højdeforskelle og grundvandsstand, men dette vil normalt være af mindre betydning i byggefasen, selv om placering i lavning også under byggeprocessen kan betyde større udfordringer med at lede vand væk fra pladsen.

2.2.1 Vandafledning under byggeprocessen

En måde at håndtere en kompleks bygningsudformning på i udførelsesfasen er ved at bygge under totaloverdækning. Uanset udformning af bygning og overdækninger er det nødvendigt at sikre, at vandafledningen under byggeprocessen kan foregå på en sådan måde, at byggematerialer ikke opfugtes eller tilsmudses pga. mangelfuld vandafledning. Allerede i forslagsfasen kan det derfor anbefales at indtænke byggepladsens udformning, så vandafledningen sikres fra første færd fra både byggeriets overdækning og materialeoplag.

2.2.2 Udtørningsmuligheder og udtørningstid

Ved at have fokus på udtørningsmuligheder og udtørningstid i forbindelse med valg af bygningsudformning, kan der muligvis spares tid og penge hertil. Det drejer sig især om følgende forhold:

- Bygningen kan hurtigt lukkes, dvs. hurtigt få bygningen under tag og sikre at vandafledning fungerer. Hvis varmeanlæg også kan installeres tidligt, kan dette udnyttes til opvarmning i forbindelse med udtørring. Man skal dog være opmærksom på, at udtørring på denne måde kræver, at dampspærre er in-

stalleret, og at der er kraftig ventilation, ellers er der risiko for at fugt drives ind i konstruktionens kolde dele, hvor den ophobes.

- Våde byggeprocesser udføres tidligt.
- Konstruktioner skal udformes, så materialer, der senere lukkes inde, kan tørres ud uden at forsinke byggeprocessen, og så de ikke genopfugtes som følge af senere arbejder

2.3 Dokumentation

For at dokumentere, at fugtforhold i byggeprocessen er overvejet allerede i forslagsfasen, bør resultatet af forslagsfasen indeholde en liste over risikobehæftede fugtforhold og hvilke forholdsregler, der bør tages for at imødegå de risikobehæftede forhold. Dokumentet skal sikre, at de overvejelser, der er gjort i forslagsfasen bæres videre i projekteringsfasen samtidig med, at bygherren har mulighed for at vurdere, hvor robust konstruktionen er overfor fugt i byggeprocessen samt vurdere behovet for at tilknytte en fugtsagkyndig.

2.3.1 Risikobehæftede forhold mht. fugt

For byggerier med offentlig støtte, og som derfor har forpligtigelser overfor Byggeskadefonden, gælder, at der skal afleveres en erklæring om risikobehæftede forhold, jf. bekendtgørelse om kvalitetssikring af byggearbejder. Erfaringen med at nedbringe antallet af svigt i byggeriet under Byggeskadefonden viser, at en sådan overvejelse sandsynligvis også ville være gavnlig for andre byggearbejder. En sådan erklæring skal afleveres to gange i projektforslaget: Første gang i forbindelse med projektforslaget og anden gang i forbindelse med hovedprojektet.

Erklæringen tager ikke specielt sigte på fugt, men kan tjene som inspiration til at overveje, hvorvidt der er specielle risikobehæftede forhold mht. fugt under byggeprocessen, som allerede kan identificeres i forslagsfasen.

2.3.2 Forholdsregler

Hvis der er specielle risikobehæftede forhold mht. fugt i byggeperioden, skal disse ledsages af forholdsregler, der kan imødegå denne risiko. Det kan for eksempel være:

- Vælges der materialer, som er fugtfølsomme, vil det normalt være nødvendigt at kompensere herfor ved at indregne foranstaltninger til at forhindre opfugtning af materialerne, f.eks. totaloverdækning.
- Anvendes våde byggeprocesser, kan det være nødvendigt at indregne ekstra tørretid eller foreslå et alternativ, der kræver mindre vand/tørres hurtigere ud.
- Ekstra fokus på fugtmålinger og tilsyn i byggeprocessen, så dette kommer til at fremgå tydeligt af udbudsmaterialet.

Forholdsreglerne kan tjene som huskeliste, der kan tages frem i projekteringsfasen.

Når der i forslagsfasen er valgt materialer og bygningsudformning, er det næste skridt for at undgå fugtproblemer:

- Identifikation af eventuelt risikobehæftede forhold.
- Sikring af, at der tages forholdsregler for, at de risikobehæftede forhold imødegås.
- Videreformidling af dette, så der tages hensyn til de nødvendige forholdsregler i projekteringsfasen.

2.4 Eksempler

Dette afsnit beskriver enkle eksempler, der illustrerer hvordan fugtforhold bør indgå i overvejelserne allerede under forslagsfasen. Eksemplerne med trægulv på betondæk og med porebetonvægge samt tagelementer kan genfindes som eksempler i kapitlerne om de øvrige byggefaser.

Ved renovering er der krav i Bygningsreglement 2010 om, at konstruktionerne isoleres op til dagens standard, hvis det er rentabelt. Ofte vil en del af formålet med en renovering være reduktion af energiforbruget ved efterisolering. Her må de rådgivende og udførende være opmærksom på, om den planlagte efterisolering kan medføre fremtidige fugtskader, idet de varme- og fugttekniske forhold ændres.

Renoveringssager adskiller sig fra nybyggeri ved, at der i forslagsfasen skal medtages undersøgelser af den eksisterende konstruktion. Der er her givet eksempler på forundersøgelser og overvejelser ved tagkonstruktioner og et gulv med vandskade.

2.4.1 Trægulv på betondæk

Der ønskes anvendt trægulve på betonhuldæk.

Fugtmæssige krav

- Der stilles krav til fugtindholdet i betonen. Kravene afhænger af, om der skal anvendes fugtspærre, og i givet fald hvilken type, der ønskes anvendt.
- Betonens udtørring kræver tid, hvilket der må tages hensyn til i tidsplanen.

Tjekliste

- Find evt. fugtkrav til beton afhængigt af fugtspærretype
- Groft skøn af nødvendige udtørringstider.

2.4.2 Porebetonvægge

Porebetonvægge ønskes anvendt som lejlighedsskel og som bagmur.

Fugtmæssige krav

- Der stilles krav til fugtindholdet i porebetonen. Kravene afhænger af den afsluttende overfladebehandling med f.eks. maling på væv eller spartling med kalciumsilikatpuds.

- Lejlighedsskel og facadevægge skal beskyttes mod vejrlig, indtil der kommer tag på bygningerne.

Tjekliste

- Stil krav om, at der tages højde for, at porebetonen ikke må opfugtes.
- Stil krav om maksimalt fugtindhold inden efterfølgende arbejder.

2.4.3 Tagelementer

Der skal vælges tag til en større bygning med lav fugtproduktion. Valget står imellem at anvende tagelementer eller en traditionel gitterspærsløsning med pladebelægning. I det aktuelle tilfælde valgte man tagelementer, da vurderingen var, at dette var muligt at udføre uden totaloverdækning.

Fugtmæssige krav

- Tage skal opfylde kravene til tagkonstruktioner, dvs. enten være udført som ventilerede konstruktioner, uventilerede konstruktioner med fugtadaptiv dampspærre eller som varme tage.
- Hvis der vælges træelementer, opstilles krav til fugtindhold heri.
- Krav om strimling mellem kassetterne i forbindelse med oplægning.
- Mulighed for oplagring af elementer under tag, hvis der er nedbør ved levering.

Tjekliste

- Find krav til ventilation og/eller brugsbetingelser for henholdsvis uventilerede tagelementer og varme tage, f.eks. i SBI-anvisning 224 eller BYG-ERFA Erfaringsblad (27) 08 12 30.
- Kan krav for anvendelse af fugtadaptiv dampspærre opfyldes i driftssituationen?
- Stil krav om dampspærre herunder (luft)tæthed af samlinger og gennemføringer.
- Opstil krav til fugtindhold og opbevaring, hvis dette vurderes at være kritisk.

2.4.4 Renovering af fladt ventileret tag

Et eksisterende fladt ventileret tag med nedslidt membran efterisoleres ved udlægning af ny isolering og ny tagmembran, således at den oprindelige tagmembran fremover vil fungere som dampspærre.

Renovering af taget over en bygning i brug er særlig følsomt overfor vandskader, da beboere og brugere berøres, hvis uheldet er ude. Følgeskaderne er store, og mulighederne for udtørring, før materialer og inventar skades, er væsentlig dårligere for bygninger i brug sammenlignet med opførelse af nye bygninger. Disse meromkostninger skal senere medtages, når det i projekteringsfasen vurderes, om bygningen skal totaloverdækkes i forbindelse med arbejdet.

Fugtmæssige krav

- Det skal kontrolleres, at der ikke er fugt i den eksisterende isolering, og/eller at der ikke er råd eller skimmel i materialerne. Beskadede eller våde materialer udskiftes.

- Tykkelsen af den nye isolering følger retningslinjer for merisolering af flade tage for at sikre, at der ikke opstår kritiske fugtforhold efter renoveringen.

Tjekliste

- Find krav til tykkelse af den nye isolering, som afhænger af den eksisterende isolering og bygningens fugtbelastningsklasse samt krav til U-værdi efter renovering.

2.4.5 Renovering af hældningstag

Tagdækning af teglsten skal udskiftes. Det eksisterende loftrum er med god ventilation og begrænset isolering og efterisoleres ved udlægning af ekstra isolering oven på den eksisterende.

Som for eksemplet i afsnit 2.4.4, *Renovering af fladt ventileret tag*, er der tale om en renoveringssag, hvor der skal tages særlig hensyn til brugere og dermed må påregnes større konsekvenser ved fugtskader. Disse meromkostninger skal senere medtages, når det ved den efterfølgende planlægning vurderes, om bygningen skal totaloverdækkes i forbindelse med arbejdet. Forholdet, at der er ekstra omkostninger ved vandskade i en benyttet bygning, noteres til senere brug ved vurdering af behovet for totaloverdækning.

Fugtmæssige krav

- Det kontrolleres, at der ikke er fugt, råd eller skimmel i den eksisterende konstruktion inklusiv isolering.
- Dampspærren skal være tæt, hvorfor den undersøges for tætte samlinger, gennemføringer og tilslutninger, herunder ved loftslem.
- Tagrummet skal ventileres efter gældende forskrifter efter renoveringen.

Tjekliste

- Vurdér om eksisterende dampspærre er intakt og kan genanvendes, eller om der er behov for opsætning af ny dampspærre.
- Find krav til tykkelsen af ny isolering.
- Find krav til ventilationsåbninger i gældende forskrifter.

2.4.6 Renovering af rægulv på terrændæk ved renovering

Der ønskes anvendt trægulve på terrændæk i forbindelse med renovering.

Fugtmæssige krav

De krav der stilles, afhænger af terrændækkets opbygning, herunder om der kan regnes med, at dækkonstruktionen vil være tør efter renovering, dvs. uden opstigende grundfugt. Ved en renovering hvor gulvet skiftes, skal nugældende energikrav opfyldes, såfremt det er rentabelt. Det anbefales, at der under alle omstændigheder udlægges en fugtspærre i forbindelse med renoveringen. Fugtspærrens placering er afhængig af, hvor meget isolering, der er rentabel.

- Uden fugtspærre er der krav om højst 65 % porefugt (RF) i betonen.
- Med MS lim kan kravet til porefugt reduceres til 75-85 % RF
- Med fugtspærre af epoxy kan kravet til porefugt reduceres til 90 % RF

Tjekliste

- Det vurderes om der kan regnes med at der ikke er opstigende grundfugt – evt. kan der foretages undersøgelse af, om der er udført kapillarbrydende lag
- Det vurderes, om den isoleringstykkelse, der ønskes anvendt, kan give anledning til fugtproblemer med den foreslåede placering af fugtspærren
- Det vurderes, om der skal anvendes en fugtspærre, fx epoxy eller påsvejet tagpap, som hindrer adgang af ilt til betonoverfladen og dermed skimmelvækst.

På baggrund af ovenstående foretages et endeligt valg, i dette tilfælde vælges en løsning med påsvejet tagpap, der både fungerer som fugtspærre, dvs. hindrer opstigende grundfugt, og hindrer skimmelvækst på den gamle betonoverflade.

3 Projektering – Fugtkravene detaljeres

Projekteringsfasen er en videre bearbejdning af forslagsfasen, hvor der er udarbejdet punkter med risikobehæftede forhold og forholdsregler herfor. Når fugtforhold skal vurderes i projekteringsfasen, tages der udgangspunkt i de nævnte risikobehæftede forhold, se afsnit 2.3, *Dokumentation*. Samtidig skal en del af de forhold, der er vurderet i forslagsfasen, atter tages op; men denne gang mere dybdegående, da der ikke længere er tale om en skitse, men materiale, der faktisk munder ud i et projekt, der skal bygges efter. Nogle af de forhold projekteringen beskriver, kan senere blive ændret i forbindelse med udførelsen. Men ved klart at beskrive i projektmateriale, hvordan fugt i byggeprocessen håndteres, kan det være med til at tydeliggøre, hvor der vil være behov for nye forholdsregler ved en eventuel ændring i forbindelse med udførelsen.

Projekteringen tager traditionelt udgangspunkt i den endelige driftssituation, men en række eksempler på byggerier, der er blevet fugtskadede under byggeprocessen, har øget fokus på, at også denne del af et bygværks levetid skal være omfattet af overvejelserne om fugtsikkerhed. En parallel hertil er, at de statiske forhold under opførelsen også skal vurderes. Ligesom de statiske overvejelser kan resultere i midlertidige afstivninger, kan der være behov for midlertidige forholdsregler mod fugtskader.

3.1 Materialevalg

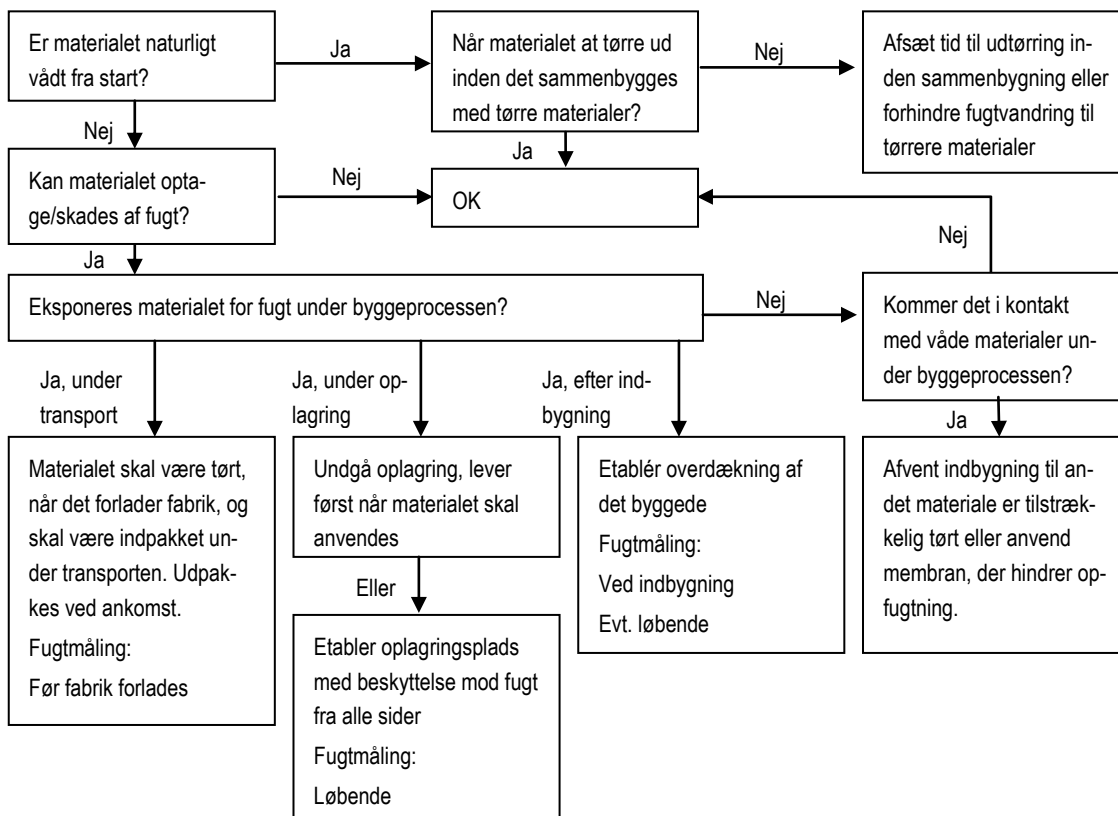
Selv om nogle materialevalg foretages i forslagsfasen, vil der i projekteringsfasen stadig være mulighed for at foretage eller ændre materialevalg og genoverveje tidligere valg på grundlag af en større detaljeringsgrad og dermed større grundlag at basere valget på.

Materialer skal vælges, så de ikke er unødigt fugtfølsomme, jf. Bygningsreglement 2010. Vejledningsteksten til Bygningsreglement 2010, kapitel 4.1, stk. 5, indeholder i alt fire punkter, der i forkortet form kan gengives som:

- Der skal fokuseres på at undgå unødigt fugtfølsomme materialer og byggetekniske løsninger.
- Eksplicit afsættes tid til nødvendig udtørring af materialer og konstruktioner med byggefugt, f.eks. beton, spartelmasser m.m.
- Om muligt foretages en cost-benefit-analyse af totaloverdækning af byggeriet. Der vælges en totaloverdækning, hvor det er økonomisk mest fordelagtigt eller påkrævet, fordi der er tale om særligt fugtfølsomme konstruktioner eller løsninger. For eksempel hvis fugtsugende materialer anvendes i en konstruktion, der er vanskelig at afdække partielt, fordi der er mange sammenskæringer.
- Bygherrer skal ved fagentrepriser foranstalte fælles faciliteter til opbevaring af fugtfølsomme materialer.

Resultatet af disse overvejelser hænger i høj grad sammen med materialevalg og byggeriets kompleksitet.

Figur 2 viser en trinvis fremgangsmåde til at vurdere det konkrete materialevalg herunder materialesammensætning. Når dette diagram gennemgås, berøres alle de punkter som bygningsreglementets vejledning fremhæver.



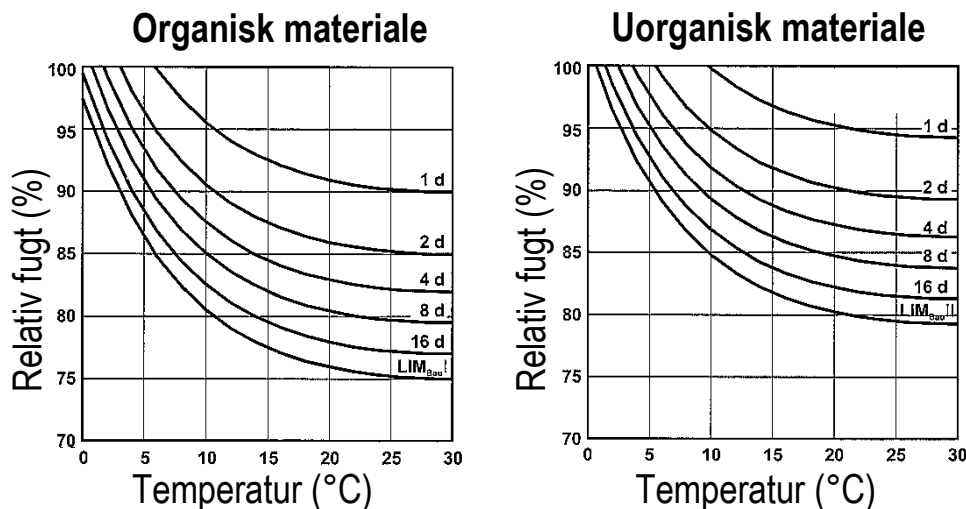
Figur 2. Trinvis fremgangsmåde til at vurdere fugtforhold ved et givent materialevalg. Processen begynder i øverste venstre hjørne. Nødvendige forholdsregler skal alle indgå i cost-benefit-analysen af en totaloverdækning. Blokken om, hvorvidt materialet eksponeres for fugt under byggeprocessen, skal gennemløbes flere gange, hvis der kan forekomme eksponering i flere led. Materialer, der ikke kan optage fugt, vil normalt kun være ikke-porøse materialer, f.eks. stål og glas, eller materialer med lukkede porer, f.eks. celleglas. Vær dog opmærksom på, at der kan være vand på overfladen, der skal fjernes, for at materialerne ikke bidrager til opfugtning af andre materialer.

I princippet eksponeres alle byggematerialer for fugt, fordi luftens fugtindhold kan betyde en opfugtning, se bilag 0, Fugttransport mellem materialer. Det kan blive et problem, hvis materialerne leveres eller skal indbygges med en ligevægtsfugt, der er lavere end udeluftens relative luftfugtighed. Dette er for eksempel ofte tilfældet for gulvbrædder. I disse tilfælde bør materialet ikke leveres inden bygningen er lukket og tør, således at materialerne kan opbevares under forhold, der minder om klimaet i brugstilstanden, se også tabel 6.

3.1.1 Materiale, fugt, temperatur og tid

Selv om byggeprocessen kan forekomme kort, viser erfaringen, at der kan dannes skimmelsvamp med de rette betingelser. Derfor skal forholdsreglerne både forhindre, at der opstår fugt- og skimmelskader, mens byggeprocessen pågår, og at fugt som følge af restbyggefugt efter ibrugtagning resulterer i fugt- og skimmelskader.

Hvornår et materiale angribes af skimmelsvamp, er ikke alene bestemt af materialet og fugtindholdet, men også af temperaturen og tiden. Selv med den rette kombination tager det tid inden skimmel dannes (mellem dage og uger). Se figur 3.



Figur 3. Sammenhæng mellem skimmelsvampesvækst, temperatur og relativ fugtighed på forskellige materialer. Figuren viser, hvor mange dage det mindst tager før, der dannes skimmelsporer, når fugtighed og temperatur holdes konstant. Kurverne er tilnærmede værdier, der er baseret på en række forsøg med forskellige materialer og skimmelsporer. Der er i forsøgene forudsat rene materialeoverflader. Den nederste kurve i hvert diagram (lim) beskriver de laveste fugtforhold, hvorved der stadig kan opstå skimmel. Ved organisk materiale forstås lettilgængeligt materiale, f.eks. tapet og mange træarter, mens uorganisk materiale betegner materiale, der er vanskeligt tilgængeligt for skimmelsvampe. Fremstillingen er skematisk og vejledende. Kilde: Sedlbauer, 2001.

For eksempel vil en trækonstruktion i et ventileret tagrum om vinteren normalt befinde sig i et miljø med relativ fugtighed væsentlig højere end 75 % RF, men da temperaturen samtidig er lav, vil skimmel normalt ikke kunne gro. Om foråret, hvor temperaturen stiger, men træet stadig kan indeholde en del fugt på grund af træghed i fugtafgivelsen, kan der være perioder, hvor kombinationen af fugtindhold, materiale og temperatur ville resultere i skimmelvækst. Normalt vil disse perioder dog være for korte til, at skimmelsvampe dannes. Se også figur 14.

Fugttekniske beregninger anvendes typisk, når byggetekniske løsninger skal vurderes for det færdige hus, hvor der samtidig er en række andre hensyn, der skal tages, f.eks. hensyn til arkitektur og vedligeholdelsesudgifter. Her skal man være varsom med at vælge løsninger, der går til grænsen af det fugttekniske forsvarlige, da små ændringer kan betyde, at forudsætningerne ikke længere holder. I retningslinjer fra BYG-ERFA Erfaringsblade og SBI-anvisninger kan man antage, at der er indregnet sikkerhed.

Forholdene under byggeprocessen bliver sjældent beregnet. Der er tale om en midlertidig situation, hvor der pludselig kan komme store mængder regnvand, eller situationen kan helt undgås ved at holde vandet væk med en totaloverdækning. Med mindre der bygges, så vejrliget ingen betydning har, vil der være behov for midlertidige forholdsregler, hvis omfang afhænger af konstruktioner og materialevalg, jf. figur 2.

Endelig kan materialevalget betyde, at der tilføres fugt til byggeriet. Denne fugt skal enten tørre ud inden konstruktionen lukkes, eller det skal sikres, at en udtørring efter huset er taget i brug ikke betyder, at fugtniveauet noget sted stiger, så der er risiko for skimmelsvampevækst. Dette kan ske, hvis den overskydende fugt i et materiale vandrer til et andet, som bliver så opfugtet, at skimmelsvækst kan forekomme. For eksempel betondæk, hvorpå der er sat skillevægge af gipskartonplader. Betonen indeholder byggefugt og afdækkes derfor med plast. Efterfølgende presses fugt ud i skillevægge, hvor den optages og giver grobund for skimmelsvamp bag fodpaneler.

3.1.2 Sammensætning af materialer

Som det fremgår af figur 2 har sammensætningen af materialer også en væsentlig betydning for hvilke forholdsregler, der skal tages mod fugt og skimmel. Et ofte overset problem er, at materialer ikke kun udveksler fugt ved direkte berøring, men også via luften, se *Bilag 1. Fugt og materialer* i afsnit om *Diffusion gennem luften*. Derfor skal der allerede i projekteringsens materialevalg indgå overvejelser om, hvad det vil betyde at anbringe materialer med meget forskellig vandindhold (målt i forhold til ligevægtsfugten i luft) tæt på hinanden. Problemet er især, når våde ikke-fugtfølsomme materialer (typisk beton) anbringes sammen med tørre, fugt- og skimmelsvampefølsomme materialer (typisk træ og gips).

For eksempel når tørre gipskartonplader stilles på et vådt betongulv, kan fugten trækkes op i gipskartonpladerne, så disse kommer til at danne grobund for skimmelsvampevækst. En fugtspærre under gipskartonpladen vil ikke altid være nok til at forhindre problemet helt, da det vand, der trækker ud af betonen, betyder et højt fugtindhold i luften, hvilket kan betyde, at der optages fugt i gipskartonen, og der alligevel gror skimmel på pladerne. Det afhænger dog af, hvor våd betonen har været, da gipskartonpladerne blev opsat, gulvarealet og udtørringen.

3.1.3 Modtagelighed for skimmelsvampevækst

Skimmel kan gro i støv og snavs, samtidig vil der altid være et vist naturligt baggrundsniveau af skimmel i udeluften. Forhindring af skimmelvækst ved at forsøge at holde skimmel væk fra byggepladsen er ikke muligt. Skimmelvæksten styres bedst ved at holde et lavt fugt- og smudsniveau og ud fra, at nogle materialer er mere modtagelige end andre. På baggrund heraf skal man foretage materialevalg og sammensætning af materialer. De væsentligste parametre, der afgør et materiales modtagelighed overfor skimmel, er:

- Tilsmudsning.
- Om materialet er organisk eller ej.
- Overfladebeskaffenheden, ru eller ej.
- pH-værdi. Selv om skimmelsvampe er forskellige, og nogle foretrækker en pH-værdi, som andre ikke kan tåle, gælder det for de fleste skimmelsvampe, der ses i byggeri, at ekstreme pH-værdier virker hæmmende. For eksempel har frisk beton en så høj pH-værdi, at kun få skimmelsvampe kan gro her. Men beton karbonatiserer, og overfladen vil derfor kun i kort tid have denne egenskab.
- Forskellige naturlige eller tilsatte fungicider. For eksempel indeholder nogle træsorter naturlige fungicider, som hæmmer skimmelvækst.

Der findes også andre faktorer, som er mindre belyst. For eksempel kan nogle træbaserede plader være mere modstandsdygtige end andre, fordi de er fremstillet ved lavere tryk og temperatur end andre. Ligesom nogle producenter varmebehandler træet for at opnå større modstand mod skimmel og råd. Området er så uudforsket, at der på nuværende tidspunkt ikke kan gives nogle generelle forholdsregler eller testmetode til at vurdere modstand mod skimmel. For eksempel viser erfaringen, at der lettere kommer skimmel på krydsfiner end på konstruktionstræ, men da dette ikke er blevet eftervist, må anbefalingen være, at betragte materialerne ens, dvs. som var det krydsfiner.

Påvirkning af materialernes modstandsdygtighed ved at anvende overfladebehandlinger, der indeholder fungicider er muligt og anvendes i dag udendørs. Behandlinger med fungicider betyder imidlertid, at der tilføres en gift, hvis virkning på mennesker over længere tid kan være vanskelig at vurdere. Hvis der foreskrives en fungicidholdig overfladebehandling, f.eks. for at forhindre skimmel-svamp i en periode indtil konstruktionen er tørret ud, skal det overvejes, hvilken betydning dette kan have for indeklimaet og dermed de mennesker, der efterfølgende skal opholde sig i bygningen. Produkter skal være godkendt til brug indendørs, hvis der er risiko for afgasning til indeklimaet.

Generelt bør, der ikke anvendes unødige pesticider i byggeriet, hvis en løsning med fungicider kunne undgås ved at udføre en overdækning i tide, bør denne løsning altid vælges.

3.1.4 Opbevaring af materialer

Ved udarbejdelsen af grundlaget for planen for sikkerhed og sundhed, skal der bl.a. udarbejdes byggepladstegninger, hvoraf der for eksempel skal fremgå færdsels- og transportveje samt plads for materialeoplæg. Dermed skal der som en del af projekteringen tages stilling til materialeoplæg. Hvor der er en hoved- eller totalentreprenør, skal denne sikre, at der er faciliteter til opbevaring af fugtfølsomme materialer: Ved fagentrepriser skal bygherren sikre dette, jf. bygningsreglementet.

I forbindelse med beskrivelsen af byggepladsen vil det derfor være hensigtsmæssigt samtidigt at beskrive, hvilke forholdsregler mod opfugtning, der skal foretages på veje og lagringspladser. Fokuspunkter kan være:

- Overdækning mod regn og direkte sol.
- Afdækning mod jordfugt herunder belægning og dræning af området.
- Afskærmning mod overfladevand.
- Reserveret område til opmagasinerings af bestilte leverancer i tilfælde af forsinket byggeri. Disse områder skal kunne indrettes, så de tre første punkter kan overholdes.

Derudover skal lagerpladserne indeholde nødvendig plads for transport, såsom kran, truck m.m., ligesom hvert fag skal have uhindret adgang til egne materialer. Hvis der ikke er taget hensyn hertil, er der større risiko for, at materialer flyttes uden hensyn til de eventuelle fugtproblemer, som det kan medføre.

Hvor oplagring kan ske inde i bygningen, bør det fremgå, hvorvidt huset er lukket, og hvilke klimatiske forhold, der kan forventes, f.eks. om det vil være muligt at sætte varme og ventilation på, samt om byggefugt er udtørret.

Hvilke opbevaringsforhold, der er nødvendige for at sikre materialerne mod fugt, afhænger af materialerne. Langt de fleste materialer optager fugt fra omgivelserne. Direkte vandpåvirkning skal helst undgås.

Tabel 6 viser en oversigt over hvilken form for fugtbeskyttelse på byggepladsen, der normalt er nødvendig for forskellige materialer. Hvilken beskyttelse, der foreskrives, bør dog altid vurderes i den enkelte byggesag og følge producentens eller leverandørens anvisninger. I tabellen forekommer nogle materialer flere steder, f.eks. letklinkerbetonelementer. Cementbaserede materialer er normalt robuste overfor opfugtning og kan efterfølgende udtørre uden skade på materialet. Den forventede udtørningstid kan imidlertid være så lang (årevis), at dette taler for at beskytte materialet mod opfugtning. Det må derfor for det aktuelle byggeri vurderes, om fugtkravet til materialets indbygning medfører, at det med fordel kan holdes tørt på byggepladsen.

For alle materialer gælder, at tilsmudsning skal undgås. Indpakning kan være hensigtsmæssig alene for at undgå tilsmudsning.

Tabel 6. Eksempler på hvordan forskellige materialer typisk bør opbevares på byggepladsen. Eksemplerne er kun vejledende. I hver enkelt byggesag bør det overvejes, hvilken kategori materialet hører til. Alle materialer skal holdes rene.

Ubeskyttet	I egen indpakning, evt. suppleret med presenning	Udpakket, men under overdækning og beskyttet nedefra	Leveres først, når det kan lagres som i brugstilstand
Betonelementer	Betontagsten	Cementbaserede plader	Akustiklofter + skinnesystem
Glas enkelt lag	Cementbaserede plader **	Cementspånplader	Badekabiner
In-situ beton	Dampspærre *	Døre	Boks-moduler
Isolering (EPS)	Letklinker løse, coatede	Facadetræelementer*	Gulvbrædder
Letklinkerbetonelementer	Letklinkerbetonelementer væg **	Fliser og klinker	Inventar
Letklinkerblokke	Letklinkerblokke	Gipsplader af alle typer	Løse letklinker
Stål	Mineraluld**	Gitterspær	Nedtørrede materialer
Stålrigler	Mursten *	Isoleringsmaterialer	Snedkertræ
Tagpap	Naturskifer	Letklinkerbetonelementer	Ventilationsudstyr, fyr, varmepumpe m.m.
Tyndpladeprofiler	Porebeton	Limtræ	
	Ruder**	Membraner	
	Tagsten	Mørtel og cementblandinger*	
	Tagtræelementer **	Porebeton	
	Tømmer **	Radiatorer	
	Undertage*	Tagpap mellemlag	
		Træbaserede plader	
		Træbetonplader	
		Tømmer	
		Vinduer	

* Disse materialer pakkes ikke ud.

** Disse materialer pakkes ikke ud og beskyttes af presenning nedefra.

Ved overdækning forstås en form for telt. Presenning, der blot er lagt over byggematerialerne, er normalt kun egnet til beskyttelse mod nedbør. Hvis ikke der etableres ventilation mellem overdækning og materialer, men presenningen lægges direkte over materialerne, vil solens opvarmning betyde, at det underliggende materiale varmes op, hvorved fugt afgives. Denne fugt sætter sig på presenningen, hvor denne er kold, enten fordi der er skygge, eller fordi solen er gået ned. Fugten drypper derefter ned på materialet og betyder øget fugt i dette område. Se også afsnit 5.3.1, *Overdækning og underlag, indpakning/udpakning*.

3.1.5 Fugtindhold ved indbygning og ibrugtagning

Med hensyn til fugtindhold i byggematerialer beskrives dette i Bygningsreglement 2010 især to steder:

- Kapitel 4.1, stk. 5:
Ved planlægning, projektering, udbud og udførelse af bygningskonstruktioner skal der træffes de foranstaltninger, som af hensyn til klimatiske forhold er nødvendige for en forsvarlig udførelse.
Dette begrundes i vejledningsteksten ved:
Bestemmelsen skal bl.a. sikre, at våde fugtfølsomme materialer samt materialer og bygningsdele med skimmelsvamp ikke indbygges i opførelsesperioden.
- Kapitel 4.1, stk. 6:
Bygningskonstruktioner og –materialer må ikke have et fugtindhold, der ved indflytning medfører risiko for vækst af skimmelsvamp.
I vejledningsteksten uddybes dette yderligere ved at fremhæve, at dette skal sikre mod indflytning i for fugtige huse.

I princippet kunne dette tolkes således, at kun fugtindholdet ved indbygning og umiddelbart inden ibrugtagning er væsentlige. Men da bygningsreglementet generelt kræver, at huse skal være sundhedsmæssigt forsvarlige (kapitel 4.1, stk. 1), skal det forstås sådan, at der heller ikke fra indbygning til ibrugtagning må opstå et kritisk fugtniveau. Altså, at der ikke forekommer vækst af skimmel i byggeperioden.

For at kunne dokumentere, at byggeriet er uden skimmel og opfylder krav til fugt, er det for den projekterende nødvendigt at foreskrive, hvornår der skal måles og i hvilket omfang, se også afsnit 4.2, *Krav til fugtmålinger i udbudskontrolplanerne*.

Der er en forskel mellem at foreskrive "løbende målinger med dataloggere" i forhold til "punktvis målinger". Tabel 7 viser en oversigt over fordele og ulemper. Hvilken type målinger, der vælges, afhænger også af en risikoanalyse, se afsnit 3.3.2, *Risikoanalyse*.

Tabel 7. Oversigt over forskel mellem at vælge kontinuerte målinger og punktvis målinger. Ved særligt fugtfølsomme konstruktioner kan metoderne eventuelt kombineres.

	Indbyggede dataloggere	Punktvis målinger
Fordele	<ul style="list-style-type: none"> – Løbende billede af fugtforholdene – Skal kun efterses få gange i byggeprocessen, f.eks. ved indbygning og kort før ibrugtagning. Kan evt. installeres med alarm. 	<ul style="list-style-type: none"> – Hvis der er tale om træ, og måleinstrumentet haves, vil målingerne være lette og billige at udføre. Det betyder, at der kan udføres relativt mange målinger på hvert tidspunkt.

	<ul style="list-style-type: none"> – Kan spare destruktiv åbning af konstruktion ved tvivl om fugtindhold, f.eks. i forbindelse med afhjælpning – Fugtforholdene kan følges i driftsfasen (1- og 5-års eftersyn, afhængig af batteri) 	<ul style="list-style-type: none"> – Hver måling vil være ledsaget af en visuel inspektion, hvilket kan betyde, at målingen foretages på et mere relevant sted, end hvis punktet er valgt på forhånd. – Der kan måles på mange typer materialer
Ulemper	<ul style="list-style-type: none"> – Følernes pris, normalt forbliver følerne i byggeriet – Følernes placering ligger fast fra indbygningen, senere tvivl om fugt andre steder kan kun afgøres ved punktvis måling – Normalt kun til træfugt og relativ luftfugtighed 	<ul style="list-style-type: none"> – Der er kun tale om øjeblikksbilleder, for at få et betryggende billede af fugtindholdet, skal der derfor foretages flere målinger i løbet af byggeprocessen. Antallet af målinger skal foreskrives – For andre materialer end træ, kan fugtmåling være vanskelig, tidskrævende og dyr – Boring af hul for måling udvikler varme, hvorfor måling skal foretages senere og ikke i forbindelse med boringen. – Materialeprøve er destruktiv og kræver efterfølgende reparation

Mange materialer vil blive lukket inde i løbet af byggeprocessen. Derfor vil det ikke altid være muligt at udføre målinger umiddelbart før ibrugtagningen. I disse tilfælde vil det være tilstrækkeligt at foretage målingen umiddelbart inden lukning af konstruktionen. Det forudsætter imidlertid, at alle materialer er så tørre, at ved en udjævning af fugten er fugtniveauet fortsat lavt, så der ikke kan opstå skimmelvækst. Er der risiko for vækst, skal lukningen udsættes, eller forholdene på anden vis rettes.

3.2 Udformning

Nødvendige foranstaltninger mod fugt i byggeperioden er afhængig af husets endelige udformning, og i hvilken rækkefølge huset bygges. Det vil sige, om der for eksempel vælges en byggeproces, der prioriterer opførelse i lodret retning, sådan at så meget som muligt kommer under tag, eller mere vandret, hvilket normalt letter montagen, men gør byggeriet åbent for nedbør.

Et af argumenterne for elementbyggeri har typisk været, at byggeriet kan gå hurtigt, herunder at man hurtigt får tingene under tag, så der kan spares på udgifter til vejrligsforanstaltninger. For at dette kan være tilfældet, er det nødvendigt også i elementbyggeri at vurdere indbygningssituationen, f.eks. kan der være tidspunkter, hvor kanter af elementerne er eksponerede for vejrlig. I nogle tilfælde udføres tætning omkring elementerne først nogen tid efter indbygning, og derfor mangler inddækninger, drypnæser osv. Det vil derfor være vigtigt allerede under projekteringen at forudse, hvordan nedbøren påvirker byggeriet under byggeprocessen. Dels for at elementerne ikke rammes af almindelig nedbør og dels for at sikre, at vandet netop på grund af manglende inddækninger og lignende ikke ledes ned i elementerne. For eksempel kan der vælges løsninger, hvor inddækninger eller lignende allerede er monteret.

3.2.1 Afvanding og totaloverdækning

Generelt gælder, at jo mere kompliceret et byggeri er, jo større er risikoen for at noget kan gå galt. Det vil også normalt gælde for fugtforhold. Hvis der er mange sammenskæringer og spring vil det være vanskeligere at sikre korrekt vandafledning. Blandt andet derfor kan det være hensigtsmæssigt at vælge en totaloverdækning, hvor udformningen af teltet kan være simpel, selv om huset under ikke er det.

Som det fremgår af afsnit 3.1, *Materialevalg*, står der i bygningsreglementets vejledningstekst til kapitel 4.1, stk. 5, at der om muligt skal foretages en cost-benefit-analyse af en totaloverdækning af byggeriet. Denne kan foretages før licitationen ud fra en række antagelser, eller efter licitationen hvis udgifter og tid til både med og uden totaloverdækning fremgår af tilbuddet. Hvis begge løsninger udbydes, er det væsentligt, at der gøres opmærksom på, hvad der reelt konkurreres på. En af løsningerne kan for eksempel stilles op som et alternativ.

For udførelsen af en cost-benefit-analyse kan der anvendes regneark fra Vinterkonsulenterne, dette kan findes på www.vinterkonsulenterne.dk



Figur 4. Eksempler på totaloverdækning. I stedet for partiel overdækning, der kun dækker materialerne, arbejdes der under en teltlignende overdækning, så der kan arbejdes uafhængigt af nedbørssituationen.

Ved overdækning af byggeriet reduceres risikoen for skader og forsinkelser på grund af nedbør. Vejrligsdage som følge af nedbør, vil også næsten kunne undgås, hvis byggeriet er overdækket.

Vejrligsforanstaltninger hører ikke blot vinteren til. På landsplan er nedbørsmængden størst i november måned, men for København og Nordsjælland er nedbørsmængden størst i juli. Til sammenligning er nedbørsmængden i Syd- og Sønderjylland i månederne juli til december alle højere, end den er for juli i København og Nordsjælland.

Overdækning bevirker, at materialer, som skal løftes ned i arbejdsområdet, skal anbringes før en overdækning. Som alternativ hertil kan overdækningen være mobil.

Overdækningen kan indregnes som en merudgift til levering og leje, men en besparelse i forhold til byggetid og reduktion af entreprenørens risiko.

Parallelt til forholdene omkring vinterforanstaltninger kan omkostninger, der kunne være undgået ved anvendelse af totaloverdækning, opdeles i hovedpunkterne:

- Tab af effektivitet grundet vejrforhold
- Timer til gennemførelse af traditionelle vejrligsforanstaltninger

- Materialer og materiel til traditionelle vejrligsforanstaltninger
- Øgede omkostninger til udtørring og opvarmning
- Længere drift af byggepladsen.

Derudover kan der af hensyn til arbejdsmiljøet være krav om overdækning og afskærmning mod vejrlig, som for eksempel i forbindelse med vinterbyggeri, se afsnit 4.1.4, *Beskyttelse mod vejrlig og vinter*.

Ved renoveringsarbejder kan skade på eksisterende konstruktioner som følge af vandindtrængning under renoveringen blive bekostelig. Ved renoveringsarbejder, f.eks. af tag, vil totaloverdækninger normalt være at foretrække. Hvis der vælges en løsning, der reducerer risikoen for fugtskader, kan det være hensigtsmæssigt at gå i dialog med forsikringsselskabet omkring en reduceret forsikringspræmie under henvisning til den nedsatte risiko.

Interimsafvanding, dvs. både tagrender og nedløbsrør herunder også af totaloverdækninger, skal indtænkes i udbudsmaterialet, således at nedbør ledes bort fra byggepladsen på forsvarlig måde. Ved mindre flader, hvor der ikke anvendes tagrender, skal det sikres, at vand kan løbe bort, således at det ikke ledes ind mod bygningen og opfugter den eller arbejdsområdet.

3.2.2 Udtørringsmuligheder og -tid

Udtørring koster tid og energi. Derfor er det billigst at undgå behovet for udtørring for eksempel ved at vælge materialer og byggeprocesser, der minimerer behovet for forceret udtørring og affugtning, f.eks. selvudtørrende beton. Her kan temperaturen have betydning, da hydratiseringen foregår meget langsomt ved lave temperaturer, og det tilsatte vand dermed kun langsomt bruges.

Hvis der alligevel er behov for udtørring, skal konstruktionen udformes, så vandet kan tørres ud, dvs. ikke lukkes inde i konstruktionen. Udtørring med varme må først påbegyndes, når en eventuel nødvendig dampspærre er opsat.

Konstruktionen må aldrig lukkes, før den er tilstrækkelig tør. Apteringsarbejder kan hæmme udtørringen, f.eks. opsætning af skabe. Disse arbejder må derfor først udføres, når fugtniveauet er tilstrækkeligt lavt. I nogle tilfælde kan det accepteres, at byggefugt tørrer ud efter ibrugtagningen, men kun hvis restfugten kan tørre ud uden at skade konstruktionen eller øvrige bygningsdele, herunder tapet og bagside af inventar.

I tidsplanen skal der eksplicit være afsat tid til udtørring, jf. afsnit 5.5.1, *Tørretid*.

3.3 Dokumentation af projektering

For at dokumentere, at fugtproblematikken er vurderet, og der som følge heraf er taget de nødvendige valg med tilhørende forholdsregler, er det nødvendigt at kunne dokumentere disse. En række af de nævnte forhold vil indgå i gransknin-gen af projektet, og en del af dokumentationen er derfor en del af det almindelige KS-materiale. I dette afsnit fremhæves enkelte fugtrelevante punkter i KS-arbejdet, som skal udføres. Et eventuelt krav om dokumentation af fugtforhold vil så kunne opfyldes ved at samle disse dokumenter til den fugtsagkyndige.

3.3.1 Almindelige fugtdimensioneringsopgaver

Som et led i projekteringen vil det være almindeligt at vurdere følgende forhold:

- Vurdering af materialers holdbarhed overfor fugtpåvirkninger
- Vurdering af udtørringstid for materialer og konstruktioner
- Kontrol af detailtegninger, om løsningerne er tætte mod fugtindtrængning
- Vurdering af behov for overdækning i byggefasen, herunder en cost-benefit-analyse af totaloverdækning.

Til vurdering af byggeriet i driftssituationen, kommer der også forhold som, om der er benyttet fugt- og dampspærre de nødvendige steder, om der er valgt løsninger, der er tilstrækkeligt lufttætte og vurdering af overfladetemperaturer ved kuldebroer.

3.3.2 Risikoanalyse

Projektet skal granskes for risikobehæftede forhold. I princippet betyder det, at det skal vurderes, hvad der kan gå galt, og hvor stor sandsynligheden er herfor. Med fugtforhold er det svært at give nogle præcise tal for, hvor stor sandsynligheden er for, at noget går galt, da det typisk optræder som en kombination af en række forskellige hændelser. Risikovurderingen vil således bero på et mere eller mindre kvalificeret gæt og vil af natur derfor være meget usikkert. Granskningen bør derfor foretages af erfarne folk.

Trinnene i en risikoanalyse skal blandt andet være:

- Hvad kan gå galt?
- Hvor sandsynligt er det, at det går galt?
- Hvor stor er skaden, hvis det går galt?
- Hvad skal der til for at undgå, at det går galt, og hvad koster det?

Ud fra de tre første trin kan de svage punkter identificeres. Hvorvidt man vælger at ændre noget for at imødegå risikoen vil typisk afhænge af omkostningerne, der er forbundet hermed. Ved skjulte skader kan f.eks. alarmsystemer reducere omfanget af skaden.

3.3.3 Fugtstrategiplan

Når de svage punkter er identificeret, er det væsentligt, at disse fremgår i projektets beskrivelser, f.eks. i form af en fugtstrategiplan. Denne kan indeholde:

- Beskrivelse af punkter, der kræver speciel opmærksomhed i udførelsesfasen, samt beskrivelse af hvordan den projekterende har taget forholdsregler. Ved renoveringsopgaver kan dette også omfatte de eksisterende bygningsdele.
- En kontrolplan, der har det dobbelte formål at dokumentere forholdene gennem processen og fungere som advarselsslampe, hvis noget er gået galt eller er på vej til det, så der hurtigt kan handles. I kontrolplanen bør der indgå krav om fotodokumentation.
- Beskrivelse af afhjælpning eller indgreb for at rette og udbedre fejl, se afsnit 6, *Afhjælpning*.

3.3.4 Forholdsregler

De tiltag, der er projekteret med for at undgå fugtskader under byggeprocessen, skal klart fremgå af udbudsmaterialet. Er der således forudsat totaloverdækning, skal dette fremgå af materialet.

I nogle tilfælde kan det være hensigtsmæssigt at beskrive forskellige muligheder og få prissat disse for at vurdere hvilken løsning, der er økonomisk mest fordelagtig.

3.3.5 Krav til fugtmålinger

Som en del af kontrolplanen for de forskellige arbejder bør der indgå fugtmålinger på relevante steder.

Hvis arbejdet udbydes med standardbeskrivelserne fra bips, se www.bips.dk, kan krav til fugtmålinger anbringes i udbudskontrolskemaet for det enkelte arbejde. Krav til fugtmålinger kan f.eks. indarbejdes i udbudskontrolskemaer, se eksempler herpå i afsnit 4.5, *Eksempler*.

Når udbudskontrolplanerne fastlægges, skal følgende overvejes:

Hvilket instrument vil være egnet?

I bilag 1, og SBI-anvisning 224, "Fugt i bygninger", er der beskrevet hvilke instrumenter, der er egnede i forskellige materialer

Hvor ofte skal der foretages målinger?

Dette vil typisk være afhængigt af materialerne, samt hvor længe materialerne befinder sig på byggepladsen, inden forholdene svarer til brugssituationen. Dette skal overvejes ved hver sag. Relevante tidspunkter kan f.eks. være:

- Inden transport fra fabrik.
- Ved ankomst til byggeplads.
- Med jævne mellemrum (f.eks. ugentligt), mens materialerne er oplagret.
- Ved indbygning.
- Med jævne mellemrum (f.eks. hver uge), inden konstruktionen lukkes.

Ved renoveringsopgaver kan dette også indeholde fugtmålinger i blivende konstruktioner, før renoveringen påbegyndes, og i tilstødende fugtfølsomme konstruktioner under renoveringen.

Antallet af målinger pr. gang.

Beslutningen om hvor mange målinger, der skal foretages, afhænger både af målemetoden og størrelsen af det målte. Dette beror på et skøn i hver enkelt sag. For eksempel kan målinger med indstiksmåler udføres hurtigt, og tætheden af målinger vil derfor typisk være tættere end ved målinger, der kræver udhugning. Men antallet af målinger afhænger også af, hvor ens forholdene forventes at være. For eksempel vil det være almindeligt med mindst en måling pr. tagelement, men ikke en i hvert bræt i en bræddestabel, her kan det f.eks. være i bund og top af stablen.

Acceptabelt fugtniveau

Hjælp hertil findes i bilag 1.

I projekteringsfasen fastlægges det endelige valg af materialer og bygningsudformning. I forbindelse med disse valg skal der være foretaget overvejelser om fugtforholdene, herunder, hvis muligt, en cost-benefit-analyse af totaloverdækning. De foretagne valg afgør hvilke forholdsregler, der skal tages overfor fugt i byggefasen.

For at sikre at disse forholdsregler er synlige for den udførende, skal disse fremgå af en fugtstrategiplan. Denne skal indeholde:

- Særlig risikobehæftede forhold med oplysninger om, hvordan det sikres, at disse ikke betyder fugtproblemer.
- En kontrolplan med angivelse af fugtmålinger, dvs. målemetode, antal målesteder, antal målinger og grænseværdier.
- Beskrivelse af forventet udtørringstid.
- Beskrivelse af eventuelt beredskab ved sandsynlige uheld.

Ved renoveringsopgaver kan der desuden være specielle krav til kontrol og beskyttelse af eksisterende konstruktioner.

3.4 Eksempler

Dette afsnit beskriver enkle eksempler, der illustrerer, hvordan fugtforhold bør indgå i overvejelserne under projekteringsfasen. Eksempel med trægulv på betondæk og med porebetonvægge og tagelementer kan genfindes som eksempler i kapitlerne om de øvrige byggefasen.

3.4.1 Trægulv på betondæk

Der ønskes anvendt trægulve på betonhuldæk, hvor trægulvet er limet til underlaget.

Fugtmæssige krav

- Uden fugtspærre er der krav om højst 65 % porefugt (RF) i betonen.
- Med MS lim kan kravet til porefugt reduceres til 75-85 % RF.
- Med fugtspærre af epoxy kan kravet til porefugt reduceres til 90 % RF.

Tjekliste

- Det vurderes om udtørringstiden er acceptabel ved hver af de tre løsningsforslag.

På baggrund af ovenstående foretages et endeligt valg. I dette tilfælde vælges en løsning med MS lim, hvor udtørringstiden af betondækket er estimeret til to måneder, hvilket er acceptabelt i henhold til tidsplanen.

Fugtmæssige krav

- Der indføres en udtørringstid på to måneder efter "lukket hus" i tidsplanen.
- Betonens porefugtindhold skal kontrolleres inden lægning af gulv.

Tjekliste

- Er udtørringstiden indregnet i tidsplanen?
- Måling af fugt indarbejdes i udbudskontrolplan herunder hvem, der er ansvarlig for fugtmålingen.

3.4.2 Porebetonvægge

Til lejlighedsskel anvendes dobbeltvæg af 2x100 mm porebeton med 100 mm mineraluld i hulrum. Til bagmure i skalmurede facader anvendes 100 mm porebeton og 200 mm mineraluld i hulrum.

Fugtmæssige krav

- Lejlighedsskel og facadevægge skal holdes afdækket i byggeperioden, indtil der kommer tag på bygningerne.
- Krav til fugtindhold i porebeton inden videre bearbejdning.

Tjekliste

- Foretag cost-benefit-analyse af totaloverdækning.
- Fremgår det af beskrivelsen, at der skal afdækkes med murfolie, hvem der sørger for dette, og hvordan det kontrolleres?

3.4.3 Tagelementer

For at opnå en hurtig proces på byggepladsen, ønskes der anvendt uventilerede tagelementer, hvilket kræver anvendelse af fugtadaptiv dampspærre.

Der vælges trætagelementer med fabriksmonteret underpap. Der kan vælges elementer fra certificerede fabrikker. Disse vil normalt have indarbejdede fugtmålingsrutiner, som gør dokumentationen lettere.

Fugtmæssige krav

- Fugtindholdet i tagelementerne skal være under 18 ± 2 % (træfugt) i den fugtigste byggeperiode.
- Det skal sikres, at nedbør ikke trænger ned i kassetterne.
- Der skal udføres effektiv samling af dampspærre for at hindre for kraftig fugttransport fra bygningens indre.
- Vand på taget skal afledes (Krav i bygningsreglementet).

Tjekliste

- Skal der arbejdes med totaloverdækning? Alternativt er der foreskrevet strimling af samlinger i forbindelse med oplægning?
- Er der foreskrevet fugtadaptiv dampspærre? Denne skal være tætsluttende, effektiv og placeret på kassetternes varme side.
- Er anvendelsesbetingelserne for elementerne med den anvendte fugtadaptive dampspærre opfyldt?
- Er der foreskrevet tæthed af samlinger i dampspærren, herunder mellem elementerne?
- Er der foreskrevet fald på taget på mindst 1:40?
- Er tagnedløb dimensioneret, og er de placeret på de laveste punkter.

- Er der "nødafløb" i tilfælde af tilstopning af afløb?
- Er eventuelle gennemføringer detailprojekteret?
- Er der midlertidige afløbsforanstaltninger, så vand i byggefasen ledes væk fra byggeriet? Herunder midlertidige nedløbsrør som plastposer eller flexrør. Poser vil dog sjældent være egnet til fleretagesbyggeri.

3.4.4 Renovering af varmt tag med opfugtet isolering

På en større bygning med mange installationer og gennemføringer i tagmembranen er det besluttet at skifte hele membranen og samtidig skifte våd isolering. Arbejdet er skønnet til en varighed på 8 uger.

Bygningen har en størrelse og udformning hvor totaloverdækning ikke er mulig. I projekteringsfasen udarbejdes en plan for at arbejdet udføres i dele af 100 m², med totaloverdækning af arbejdsområdet.

Af fugtstrategiplanen fremgår det at der skal være særlig fokus på at undgå opfugtning som følge af nedbør i forbindelse med arbejderne. Dette foreslås i projektmaterialet sikret ved:

- At arbejdet skal udføres i felter af ca. 100 m²
- Der skal være etableret totaloverdækning før membranen åbnes og denne må først nedtages efter lukning af ny færdig membran.
- Totaloverdækningen skal være større end arbejdsområdet, således at slagregn ikke opfugter en åbenstående konstruktion.
- Vand fra totaloverdækningen skal sikres afvanding til afløb på tagfladen.
- Tagfladen uden for arbejdsområdet skal alle steder have fald væk fra arbejdsområdet eller der skal etableres midlertidig vandspærring, så nedbør fra den øvrige tagflade ledes bort fra arbejdsområdet til nærmeste afløb.
- Det tilstræbes at arbejdet i et felt udføres i løbet af en dag, så der er lukket tagmembran om natten og i weekenden.

Til fugtstrategiplanen hørende oplæg til kontrolplan:

Arbejdsområde nr. _____ Modullinje: _____

Kontrolpunkt	Tidspunkt	Kontrolmetode	Kontrolperson	Omfang	Krav
Isolering	Ved modtagelse	Visuel	Byggeleder	Stikprøve	Ubrudt emballage
Isolering	Udlægning på taget	Visuel	Byggeleder	Stikprøve	Ingen synlige tegn på opfugtning
Isolering	ugentligt	Udskæring af isolering 20 X 20 cm i 200 mm tykkelse	Tilsyn	3 prøver i det åbne arbejdsfelt	Vejning på transportabel vægt, max afvigelse på 10% af forventet tør væg
Ny membran	Ugentligt	Visuel	Tilsyn	Stikprøve	Håndværksmæssigt korrekt udførte detaljer og samlinger.

Af fugtstrategiplanen fremgår det, at konstateres der fugt eller vand i isoleringen, udskiftes isoleringen og tilsynet orienteres om den korrigerende handling.

4 Udbud - Hvad skal bygherren sørge for?

4.1 Indledning

Dette afsnit omhandler de fugtrelaterede forhold, som skal være beskrevet i det materiale, der bygges efter. Normalt vil dette være udbudsmaterialet, men da der kan være forskellige udbudsformer, kan udbudsmaterialets detaljeringsgrad variere, så nogle af punkterne vil for eksempel ved en totalentreprise blive fastlagt efter et udbud i totalentreprise. Men de her beskrevne forhold skal være beskrevet, når byggeriet går fra planlægningsfasen til udførelsesfasen.

Afsnittet er derfor i høj grad tænkt som en huskeliste, så bygherre kan kontrollere, at projektet indeholder de fugtrelevante punkter. Projekterende og udførende kan på samme vis bruge afsnittet til at kontrollere, om de har husket at beskrive det relevante.

Bygningsreglement 2010 stiller krav til bygherrens forpligtigelser til forebyggelse af fugtskader i byggeriet. En række af nedenstående krav vil kunne indbygges i en fugtstrategiplan, se afsnit 3.3.3, *Fugtstrategiplan*, hvilket vil gøre det nemt for alle parter at vurdere, om der er taget hånd om fugtproblemerne og på hvilken måde. Dette sikrer ikke kun dokumentationen, men også at tankerne i det projekterede overføres til den udførende.

4.1.1 Krav om tid til udtørring

I henhold til Bygningsreglement 2010, kapitel 4.1, stk. 5, skal bygherren i udbudstidsplanen eksplicit afsætte tid til den nødvendige udtørring af byggematerialer og konstruktioner. Det kan opfyldes ved, at udtørringen allerede markeres i bygherrens udbudstidsplan i form af separate punkter benævnt "udtørring" i tilknytning til de relevante byggeaktiviteter. Derigennem kan der tages højde for, at der arbejdes med en realistisk tidsplan, hvor der er afsat den fornødne tid til udtørring.

4.1.2 Totaloverdækning

Hvis muligt skal bygherren have foretaget en cost-benefit-analyse af muligheden for at foretage totaloverdækning af byggeriet under opførelsen og skal foreskrive totaloverdækning, hvor det er økonomisk fordelagtigt, eller hvor der er foreskrevet særligt fugtfølsomme materialer eller byggetekniske løsninger, se afsnit 1.4.2, *Bygværkets sårbarhed for fugt*. Sådanne totaloverdækninger skal indeholdes i udbudsmaterialet som en del af byggeriet og bør funktionsbeskrives med krav om tæthed og holdbarhed samt varighed af opstilling. Hvis forsikringspræmien kan nedsættes på grund af nedsat risiko for fugtskader som følge af en totaloverdækning, bør dette medtages. En cost-benefit-beregningsmodel for totaloverdækning kan findes på www.vinterkonsulenterne.dk.

4.1.3 Krav om fælles faciliteter til opbevaring af materialer

Ved udbud i fagentrepriser skal bygherren foranstalte fælles faciliteter til opbevaring af fugtfølsomme materialer, se definition i afsnit 2.1, *Valg af materialer*, og afsnit 3.1, *Materialievalg*. Der bør i udbuddet foreligge en byggepladsplan, hvor der kan anvises sikre opbevaringsområder af fugtfølsomme byggematerialer i form af telte, overdækninger, containere m.m. Bygherren bør i forbindelse med disse overdækninger overveje at stille vind- og vejrbeskyttede arbejdsområder til rådighed for en fugtsikker bearbejdning af materialer ved f.eks. skærebord m.m.

Hvor der er pladsmangel, og bygherren ikke kan stille sådanne fællesfaciliteter til rådighed, kan der i udbuddet stilles krav om "just in time" leverancer af byggematerialer, så levering sker direkte i bygningen under forudsætning af, at den er tæt eller totaloverdækket. Denne strategi kan også bevidst vælges for at undgå oplagring af fugtfølsomme materialer på byggepladsen.

4.1.4 Beskyttelse mod vejrlig og vinter

Bygherren har en forpligtigelse til at sikre, at byggeriet kan forgå i vinterperioden fra d. 1. november til 31. marts, jf. Bygningsreglement 2010, kapitel 4, stk. 5. Bygherren skal udbyde vejrligsbestemte foranstaltninger, der sikrer, at byggeriet i størst muligt omfang kan holdes i gang om vinteren.

Bygherren skal til brug for entreprenørens detailplanlægning i udbudsmaterialet angive hvilke og hvor omfattende vejrligsbestemte foranstaltninger, der skønnes nødvendige for, at entreprenøren kan fortsætte arbejdet i perioden. Da mange af disse forhold er for beskyttelse mod fugt, medtages de her.

For at opfylde krav til beskyttelse af byggeriet og/eller de udførende er en eller anden form for overdækning nødvendig, som vil forbygge fugtskader, og som samtidig vil forbedre andre forhold, som bygherren eller entreprenøren også har en forpligtigelse til at løse.

Dertil kommer, at nedbørsproblemer ikke er begrænset til vinteren, jf. afsnit 3.2.1, *Afvanding og totaloverdækning*, og derfor kan det være hensigtsmæssigt at anvende "vinterforanstaltninger" hele året.

Vejrligsbestemte foranstaltninger i perioden 1. november til 31. marts, som bygherren skal udbyde, fremgår af bekendtgørelse om bygge- og anlægsarbejder (vinterbekendtgørelsen).

Uddrag fra bilag 1 i vinterbekendtgørelsen:

5. Foranstaltninger ved tagdækning og udvendige arbejder

- Foranstaltninger mod nedbør
- Tørring af taget ved lave temperaturer
- Fjernelse af sne, rim, is og vand
- Midlertidig varmeisolering af bygninger i brug af hensyn til kondensrisiko.

6. Foranstaltninger ved indendørs arbejder

- Snerydning på ikke færdiggjorte etageadskillelser og tagdæk
- Opvarmning og ventilation.

4.1.5 Inddragelse af fugtsagkyndig

Ved planlægning af udbudsmaterialet skal bygherren sikre, at forebyggelse af fugtproblemer indarbejdes seriøst. Bygherren kan overveje at tilknytte en fugtsagkyndig hertil, se (Erhvervs- og Byggestyrelsen, 2010b)

Bygherren skal være opmærksom på, at kommunen i byggetilladelsen, jf. Bygningsrelement 2010, kapitel 1.4, stk. 2, kan stille krav om, at der foretages en måling eller leveres anden form for dokumentation fra en fugtsagkyndig, der efterviser opfyldelse af kravet i Bygningsreglement 2010, kapitle 4.1, stk. 6, om kritisk fugtindhold i konstruktioner og materialer. For eksempel ved totalentrepriseudbud kan bygherren sikre sig, at ydelsen af den fugtsagkyndiges videre indsats i detailprojekteringen og udførelsen er beskrevet og indeholdt i tilbuddet, hvis byggetilladelsen kræver det.

I udbudsmaterialet skal følgende være overvejet eller indgå:

- Risikobehæftede forhold med hensyn til fugt
- Eksplicit angivelse af udtørringstid
- Totaloverdækning, hvis en cost-benefit-analyse viser, at dette er fordelagtigt
- Plads til opbevaring af fugtfølsomme materialer inklusiv indretning af området. Dette kan også indbefatte vejrligsbeskyttede arbejdsområder.
- Krav om "just in time" levering, hvis oplagring ikke er muligt.
- Udbudskontrolplaner med angivelse af krav til fugtmålinger, dvs.:
 - Hvordan der skal måles
 - Antal steder og tidspunkter, der skal måles
 - Grænseværdier for målingerne
 - Ydelser i forbindelse med beredskab til at forhindre eller afhjælpe fugtskader
 - Særskilt fugtdokumentation ved aflevering, evt. også til myndigheder (fugtsagkyndigerklæring), hvis dette bliver et krav i forbindelse med udstedelse af byggetilladelse.

En del af disse forhold bør være beskrevet i byggeriets fugtstrategiplan.

4.2 Krav til fugtmålinger i udbudskontrolplanerne

Udbudsmaterialets kontrolplaner – udbudskontrolplanerne – sikrer, at der er stillet krav til den udførendes kontrol med opførelsen af byggeriet. Fugtkontrol bør være en vigtig del af disse planer. Bygherren bør sikre, at der i fagbeskrivelserne er tilgodeset kontrol af nedenstående parametre:

- Hvordan der skal måles
- Antal steder og tidspunkter der skal måles
- Grænseværdier for målingerne.

4.2.1 Hvilke måleinstrumenter benyttes?

Det bør af udbudskontrolskemaet fremgå hvilket relevant måleinstrument, der skal anvendes til det pågældende materiale eller konstruktion. Indbygget dataloggermåling bør overvejes i udsatte lukkede konstruktioner, som ikke kan inspiceres.

4.2.2 Hvor skal der måles?

- Alle materialer med organisk indhold bør stikprøvevis fugtmåles for at forebygge skimmelsvamp. Ved renovering gælder dette også tilstødende eksisterende konstruktioner.
- Materialer og konstruktioner opdeles i kontrolafsnit for at beskrive antallet af målinger pr. gang.
- Særlige kritiske områder, som er nævnt i BYG-ERFA Erfaringsblade, f.eks. tagelementer, eller hvor der er sammenbygning af udstøbt beton og lette fugtabsorberende materialer.

4.2.3 Hvornår skal der måles?

- Fra fabrik måles der for fugtindhold, som noteres i følgeskrivelse eller mærkes på emballagen. Certificerede fabrikker kan have rutiner, som kan træde i stedet.
- Ved levering på byggepladsen kontrolleres fugtindholdet umiddelbart og holdes op mod det oplyste ved levering fra fabrikken.
- Løbende målinger under oplagringen.
- Ved indbygning måles fugt umiddelbart før, og der tages stilling til, om udtørring skal iværksættes, inden indbygningen kan foretages.
- Inden konstruktionen lukkes.
- Eventuelt også ved 1- og 5-års eftersyn.

Ved renoveringsarbejder kan der være behov for fugtmålinger ved opstart. Herefter er eksisterende konstruktioner at betragte som indbyggede dele, og beskrivelse af fugtmålinger heri skal foretages som for andre indbyggede dele.

4.2.4 Hvilke grænseværdier angives?

De projekterende forhåndsoplyser de kritiske grænseværdier for materialer og overvejer samt noterer eventuelt behov for skærpelse i særligt udsatte konstruktioner. Af udbudsmaterialet skal det fremgå hvem, der vurderer; hvad, der sker ved overskridelse af grænseværdierne, og for eksempel hvilke udtørrende foranstaltninger, der kan iværksættes.

4.3 Beredskab

Bygherren skal i udbudsmaterialet pålægge entreprenørerne, at der på byggepladsen er – eller hurtigt kan fremskaffes – fornødent udstyr og mandskab til at forhindre eller afhjælpe udbredelse af fugtskader. Materialer til overdækning samt maskiner til udtørring og udstyr til renholdelse skal være til rådighed. Renholdelse af materialer er også vigtig, fordi skimmelsvampevækst udbredes hurtigt på tilsmudsede overflader.

4.4 Dokumentation

4.4.1 Kvalitetssikring (KS)

Udbudskontrolplanerne afspejler de krav, der stilles til hvad, som den udførendes dokumentation skal indeholde. Stikprøvekontrol skal udføres og afspejle de krav til kvalitetssikring, der er udbudt. For at tilsynet kan udføre sin kontrol tilfredsstillende skal den udførende løbende udføre fugtkontrolmålinger, som skal indgå som en del af kvalitetsikringsdokumentationen. Dokumentationen herfor kan være i form af måleskemaer, hvor man kan følge det kritiske materiale eller bygningsdelen fra fabrik til indbygning. Dateret fotodokumentation bør indgå i KS-materialet både, når der ikke er konstateret problemer, og når der ses fugtproblemer. Udfyldte kontrolskemaer skal være tilgængelige for tilsynet i byggepladskontoret.

4.4.2 Tilsyn

Tilsynsnotaterne, som udarbejdes af fagtilsynet, skal leve op til den tilsynsaktivitet, der er fastlagt i tilsynsplanen, og forholde sig til den udførendes kvalitetssikringsdokumentation løbende under udførelsen. Hvis der ikke kan findes den fornødne dokumentation for den udførendes fugtmålinger, eller hvis fugtmålingerne viser et for højt fugtindhold, skal tilsynet omgående gøre opmærksom på dette. Tilsynsnotaterne bør indeholde dateret fotodokumentation og dokumentation for udførte stikprøvevise fugtmålinger.

4.5 Eksempler

I dette afsnit gives eksempler på mulige udbudskontrolplaner.

Udkast til udbudskontrolplan

Kontrolskema for: Træelementer til tag og facade

Tag-/facadeområde: _____

Modullinie: _____

Kontrolpunkt	Kontroltidspunkt	Kontrolmetode	Kontrolperson	Omfang	Krav	Gennemført kontrol			Bemærkninger
						Dato	Int.	Afvielser	
Træelementer	Ved modtagelse	Visuelt	Byggeleder	Stikprøver	Ubrudt emballage				Kontakt til producent/leverandør
Træelementer	Ved modtagelse	Indstiksmåler til træfugt / Modstandsmåler	Byggeledelse / Entreprenør	Stikprøver 4 / element	Efter producentens anvisninger Maks. træfugt < 16 %				Elementer med målbar eller synlig fugt udpakkes og affugtes/afrenses
Opbevaring	Efter modtagelse	Visuelt samt datalogning	Byggeledelse / Entreprenør	100 % 1 log/time eller oftere	Måling inden i elementet. RF < 75 %				Opbevares tørt og i egen emballage
Afdækning	Under montage	Visuelt	Byggeledelse / Entreprenør	Stikprøver 6 / tagflade	Tæt afdækning Tæt strimling				Valg af afdækningstype: Lokal eller totaloverdækning
Træelementer	Efter montage	Fugtteknisk dokumentation ajourføres	Byggeledelse	100 %	I henhold til projekt				Forløb med målinger, fotoregistrering m.m. Indføres i den fugttekniske dokumentation
Træelementer	Færdigt hus	Datalogning*	Byggeledelse	I henhold til projekt	V %: ≤ 16 %				Målingerne udføres frem til 1-års eftersyn

* Fugtsensorer indbygges fra fabrik i elementerne.

Udkast til Udbudskontrolplan

Kontrolskema for: lægning af svømmende gulve

Gulvområde: _____

Modullinje: _____

Kontrolpunkt	Kontroltidspunkt	Kontrolmetode	Kontrolperson	Omfang	Krav	Gennemført kontrol			Bemærkninger
						Dato	Int.	Afvielser	
Beton SCC beton Afretningslag	Inden udlægning af fugtspærre	Fugtmåling i borede huller	Tekniker	1 målepunkter/ 50 m ² 2 måneder før lægning af gulv	RF ≤ 85 %				Der måles i en dybde af 40 % af dækttykkelsen. Omfang defineres i forhold til byggeriets størrelse
Trinlydsdæmpning	Tørt underlag Inden udlægning af fugtspærre	Visuelt	Byggeledelse / Entreprenør	Stikprøver 5/lejlighed	Fuld dækning af gulvflade				Uorganisk materiale
Fugtspærre	Efter udlægning af trinlydsdæmpning	Visuelt	Byggeledelse / Entreprenør	Stikprøver	Fuld tæthed bør opnås				Skal føres op bag fodpaneler
Luffugtighed og temperatur i rum	Inden udpakning og lægning af gulv	Datalogning min. 1 uge før lægning	Byggeledelse / Entreprenør / Tekniker	100 % 1 log/time eller oftere	RF 30-65 % og 18–22 °C i gennemsnit for den sidste uge inden lægning. Ingen affugtning under datalogning				Kravet er vejledende og bør være efter producentens anvisninger. Nedbringelse af luffugtigheden kan ske ved affugtning og udtørring i perioden op til datalogningen
Gulv	Inden lægning	Indstiksmåler til træfugt / Modstandsmåler 10 brætsmål	Byggeledelse / Entreprenør	1 måling/pakke	Efter producentens anvisninger Vejl. 8 % ± 2 %				Omfang defineres ud fra arealets størrelse samt leverings måde

5 Udførelse – Arbejdet på byggepladsen

Ved udførelse af et byggearbejde skal det sikres, at konstruktioner og materialer ikke skades af vand eller højt fugtindhold. Hermed menes, at byggeriet ved aflevering ikke har materialer med skimmelsvamp eller et fugtindhold, som efter ibrugtagning giver risiko for skimmelsvamp.

I forbindelse med renovering eller ombygning af eksisterende byggeri, hvor der er mistanke om fugtproblemer, skal der før opstart være foretaget fugtmålinger, så de eksisterende forhold kendes. Målinger er relevante, hvis der ændres på ventilations- eller varmekonforhold i det eksisterende byggeri, eller der er mistanke om, at der er fugt i dele af den eksisterende konstruktion.

I afsnittet om udførelsesfasen beskrives de beslutninger, som skal træffes i hver delfase af udførelsen:

- Opstart og detailplanlægning af byggeplads
- Materialetransport
- Lagring på byggepladsen
- Overdækning af byggeriet
- Projektændringer
- Planlagt udtørring
- Indbygning af materialer med løbende materialekontrol
- Lukning af konstruktioner
- Dokumentation.

5.1 Opstart og detailplanlægning af byggeplads

Det skal af udbudsmaterialet fremgå hvilke risikobehæftede forhold, der er i projektet med hensyn til fugt. Ved et projektopstartsmøde gennemgås dette. Entreprenøren redegør for, hvordan det er planlagt i praksis at undgå fugtskader med ekstra fokus på de risikobehæftede forhold.

Forhold som f.eks. vurderes:

- Krav til materialers fugtindhold ved levering.
- Hvem og hvordan kontrolleres materialers fugtindhold ved levering.
- Sikring mod opfugtning ved håndtering og lagring.
- Sikring af ufærdige konstruktioner mod opfugtning.
- Hurtig lukning af bygning.
- Plan for udtørring.

- Fugtkontrol af kritiske detaljer, konstruktioner og materialer før lukning eller indbygning.
- Fremlæggelse af projektets udbudskontrolskemaer med entreprenørens rettelser og tilføjelser.

Entreprenørens redegørelse kan være en selvstændig fugtstrategiplan, eller det kan være en konkretisering af projektets fugtstrategiplan.

Det aftales hvilke løbende fugtmålinger, der skal udføres hvor, hvornår og hvor mange både med hensyn til materialer, som oplagres, og materialer, som indbygges. Hvor der er myndighedskrav om medvirken af fugtsagkyndig, sikres det, at de aftalte målinger leveres i en form og omfang, så den fugtsagkyndige kan vurdere og konkludere på baggrund heraf.

5.1.1 Planlægning af byggepladsen

I projekteringsfasen er der beskrevet en byggepladsplan, og det er vurderet, hvordan byggeriet skal overdækkes. Dette skal ved starten af udførelsesfasen detailplanlægges.

5.1.2 Disponering af byggepladsen

Som en del af opstart skal det gennemgås hvilke oplagringsfaciliteter, der bliver behov for i forbindelse med byggeriet. Her skal der også være en plan for lagring i tilfælde af forsinkelser af byggeriet, så materialer, der leveres til den aftalte tid, ikke ødelægges af vejrlig på pladsen i forbindelse med opmagasinering.

Krav til lagerplads:

- Overdækket mod regn og direkte sol
- Afdækket mod jordfugt
- Afledning og dræning af overfladevand
- Reserveret område til opmagasinering af bestilte leverancer i tilfælde af forsinket byggeri.

Derudover skal lagerpladserne indeholde nødvendig plads for transport, såsom kran, truck m.m.; ligesom hvert fag skal have uhindret adgang til egne materialer.

Byggepladsens veje, stier og pladser til lager og opmagasinering kan placeres på de fremtidige veje og parkeringspladser. Den fremtidige afvanding og bortledning af regnvand fra overfladen etableres før, at materialer leveres på pladsen.

5.1.3 Planlægning af overdækning.

Ifølge Bygningsreglement 2010 skal bygherren, hvis muligt inden udbuddet, foretage en cost-benefit-analyse af totaloverdækning af byggeriet under opførelsen og foreskrive totaloverdækning, hvor det er økonomisk fordelagtigt, eller hvor der i udbudsmaterialet er foreskrevet særligt fugtfølsomme materialer eller byggetekniske løsninger. Det betyder, at en sådan analyse normalt vil være foretaget inden udførelsesfasen. Der kan dog være forslag til projektændringer, der kan betyde, at det alligevel er relevant på ny at foretage en cost-benefit-analyse, se afsnit 3.2.1, *Afvanding og totaloverdækning*.

5.2 Materialetransport

Der stilles krav til leverandøren om, at materialer og byggevarer leveres emballeret, så de er beskyttet under transport inklusiv aflæsning ved aflevering. Håndterbare materialer, som kan flyttes af en mand alene, emballeres, så materialerne ikke bliver skadet af regnbygge eller tilsmudsning ved flytning fra lastbil til overdækket område. Materialer pakket på paller, der skal flyttes med maskiner, skal emballeres, så de kan modstå kort ophold i det fri.

5.2.1 På fabrik eller lager

Producenten af materialer og bygningskomponenter sikrer, at deres produkter har det aftalte fugtindhold, når de forlader fabrik eller lager. Tør, ren og beskyttet opbevaring af materialer hos producenten er lige så vigtigt som på byggepladsen.

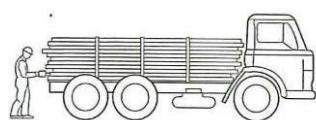
Fugtfølsomme materialer er emballerede, så de kan modstå forventede fugtpåvirkninger under den efterfølgende transport. Ved længere tids opbevaring af færdige elementer hos producenten, gælder de samme retningslinjer for løbende kontrol og afdækning som for lagring på byggepladsen.

5.2.2 Transport

Opfugtning af materialer under transporten er en risiko, hvorfor materialer skal beskyttes mod nedbør og opsprøjt. Det er væsentligt at aftale hvem, der har ansvaret. Normalt vil det være leverandøren, som står for transporten og dermed for ansvaret. Ved bestilling skal krav til materialernes fugtindhold ved modtagelse fremgå af ordresedler eller på leveringsbetingelser.

Betondæk kan for eksempel være proppet til for at undgå regnvand i dækkets kanaler, mens inventar til indbygning emballeres, så det kan modstå en regnbygge ved transport fra lastbil til en færdig opvarmet bygning. Ved levering af for eksempel større færdigbyggede elementer kan det være en fordel at aftale, at en del af den fugttekniske kvalitetssikring foretages på fabrikken, og at leverandøren har det fugttekniske ansvar frem til levering på pladsen.

5.2.3 Modtagekontrol



Figur 5. Kontrol af fugtindhold ved modtagelse af materialer.

Ved levering kontrolleres ved stikprøvevise målinger, at materialerne opfylder de aftalte krav til fugtindhold. Desuden vurderes overflader visuelt for tegn på vand- eller fugtskader. Det kontrolleres, at emballagen er intakt og egnet til den videre håndtering eller lagring på pladsen.

Kontrolmålingerne er dels til for at sikre, at varerne er leveret i korrekt tilstand og uden skader og dels for at beslutte, hvordan leverancen skal håndteres og lagres på pladsen. Ved leverancer med for højt fugtindhold skal det sikres, at overskydende fugt fjernes. Færdige boksmoduler kan eksempelvis affugtes og opvarmes. Plastik omkring trævarer fjernes, og materialerne stables med ventilation omkring.

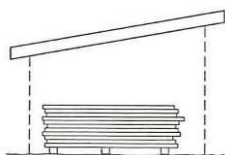
Ved levering på pladsen kontrolleres:

- Visuelt at emballage er intakt
- Synlige tegn på vand og fugtskader
- Stikprøvevise fugtmålinger.

Fugtskadede materialer eller materialer, som ikke opfylder fugtkrav returneres, eller affugtning iværksættes.

Byggevarer og komponenter leveres tættest muligt på anvendelsestidspunktet, "just in time". For elementer, hvor varerne monteres direkte i byggeriet (tagelementer og boksmoduler), må leverancen udsættes, hvis der er nedbør. Der skal være mulighed for at udsætte montering, hvis vejret ikke er egnet for montage. Hvorvidt leverancen skal returneres eller oplagres, hvis montagen udsættes, skal være afklaret i projektet på forhånd.

5.3 Lagring på byggepladsen



Figur 6. Byggematerialer skal lagres tørt.

Materialer, som leveres på pladsen til senere brug, bringes direkte ind på lagerpladsen, hvor de typisk skal beskyttes mod:

- Fugt nedefra
- Regn og slagregn oppefra
- Solpåvirkning
- Materialer med særlige temperaturkrav sættes i container eller lignende, hvor temperaturen er kontrolleret.

Materialer til brug indendørs i opvarmet bygning kan normalt ikke forventes at kunne tåle opbevaring under overdækning i det fri, men må forventes at kræve opvarmet lagerplads.

Tabel 8. Eksempler på hvordan forskellige materialer typisk bør opbevares på byggepladsen. Eksemplerne er kun vejledende. I hver enkelt byggesag bør det overvejes, hvilken kategori materialet hører til.

Ubeskyttet	I egen indpakning, evt. suppleret med presenning	Udpakket men under overdækning og beskyttet nedefra	Leveres først når det kan lagres som i brugstilstanden
Betonelementer	Betontagsten	Cementbaserede plader	Akustiklofter + skinnesystem
Glas enkelt lag	Cementbaserede plader **	Cementspånplader	Badekabiner
In-situ beton	Dampspærre *	Døre	Boks-moduler
Isolering (EPS)	Letklinker løse, coatede	Facadetræelementer*	Gulvbrædder
Letklinkerbetonelementer	Letklinkerbetonelementer	Fliser og klinker	Inventar

	væg **		
Letklinkerblokke	Letklinkerblokke	Gipsplader af alle typer	Løse letklinker
Stål	Mineraluld**	Gitterspær	Nedtørrede materialer
Stålrigler	Mursten *	Isoleringsmaterialer	Snedkertræ
Tagpap	Naturskifer	Letklinkerbetonelementer	Ventilationsudstyr, fyr, varmepumpe m.m.
Tyndpladeprofiler	Porebeton	Limtræ	
	Ruder **	Membraner	
	Tagsten	Mørtel og cementmix*	
	Tagtræelementer **	Porebeton	
	Tømmer **	Radiatorer	
	Undertage*	Tagpap mellemlag	
		Træbaserede plader	
		Træbetonplader	
	Tømmer		
	Vinduer		

* Disse materialer pakkes ikke ud

** Disse materialer pakkes ikke ud og beskyttes af presenning nedefra

I tabel 8 forekommer nogle materialer flere steder som f.eks. letklinkerbetonelementer. Cementbaserede materialer er normalt robuste overfor opfugtning og kan efterfølgende udtørre uden skade på materialet. Den forventede udtørningstid kan imidlertid være så lang (årvis), at dette taler for at beskytte materialet mod opfugtning. Det må derfor for det aktuelle byggeri vurderes, om fugtkravet til materialets indbygning medfører, at det med fordel kan holdes tørt på byggepladsen.

For sammensatte elementer er det det mest fugtfølsomme materiale, som er bestemmende for krav til opbevaring og lagring.

Luftens naturlige temperatur- og fugtforhold vil over længere tid ødelægge nogle materialer, f.eks. i form af misfarvning og skimmelsvamp på ubehandlet træ. Ved valg af oplagring på byggepladsen skal forhold som årstid og forventet oplagstid medtages.

Materialer og elementer, som oplagres i længere tid, skal løbende kontrolleres for fugt.

Visuelt og ved målinger kontrolleres:

- At der ikke er fugt eller kondens under emballagen.
- At der ikke er tegn på eller kondens fra utætheder i overdækningen på materialer eller emballage.
- At der ikke er misfarvninger fra skimmelsvamp eller vandskjolder på materialerne.
- At målinger udføres i omfang og med det interval, som aftalt ved opstart.
- Aflæsning af indbyggede dataloggere ikke overskrider den aftalte kritisk grænse.

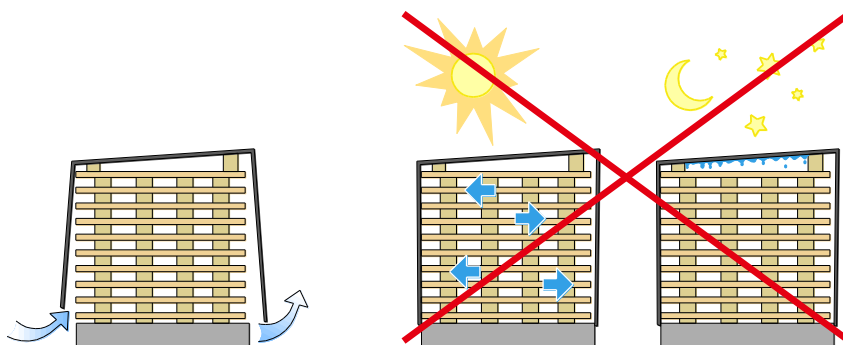
5.3.1 Overdækning og underlag, indpakning/udpakning

Overdækning sikrer mod regn og slagregn samt direkte sol. Underlaget skal være tørt og uden væsentlig fordampning. Eventuelt udlægges plast for at undgå fugt fra underlaget. Regnvand skal ledes udenom områder med overdækning.

En omfordeling af fugten i materialer kan på trods af overdækning og tæt indpakning medføre, at fugten fordeles ujævnt, så der bliver for høje fugtforhold nogle steder i materialet, som ikke kan fordampe, og giver skader på leverancen.

Ved levering skal det vurderes, om varen skal pakkes om/ud, så fugtforholdene under lagring på byggepladsen ikke bliver et problem. Beskyttes materialer og elementer mod direkte sol er risiko for uheldig omfordeling af fugt mindre, se fig.7.

En udpakning af leverede materialer og stabling med god luftcirkulation kan vælges til sikring af materialer.



Figur 7. Fugtvandring under presenning. Til venstre ses, hvordan materialer bør opbevares under presenning, mens forkert opbevaring vises til højre med kryds over. Denne del viser både forhold om dagen, hvor solopvarmning gør, at der drives fugt ud af materialerne. Om natten kan presenningen underafkøles, og den frigivne fugt fra materialerne kondenserer på presenningens underside, hvorfra vandet drypper ned og opfugter de øverste materialer.

5.3.2 Fugtvandring

Når der er en temperaturforskel over et materiale eller et element, så omfordelles fugten. Der, hvor fugten koncentrerer, skal denne kunne udtørre eller bortledes, for at der ikke opstår fugtskader. Se i øvrigt afsnit 0, *Fugtransport mellem materialer*.

5.3.3 Overvågning

Materiale og elementer kan overvåges ved indbygning af dataloggere eller løbende stikprøvevise målinger. Dette kan sikre, at der gribes ind, før materialerne skades af fugt.

5.3.4 Overdækning af byggeriet

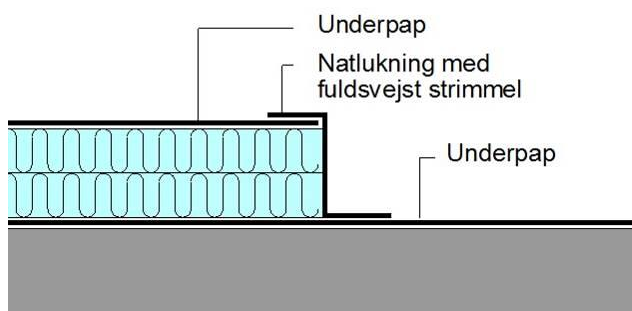
Afslutninger og midlertidige lukninger

Der skal være mulighed for at afdække konstruktionerne for nedbør, mens der bygges. Kun færdige beklædninger med lukkede afslutninger må udsættes for

vejrlig. Ved brug af totaloverdækning er konstruktionerne allerede beskyttet mod nedbør. Har man valgt at bygge uden totaloverdækning, skal byggeriet sikres mod nedbør ved arbejdsdagens afslutning.

En ikke færdig konstruktion skal sikres mod nedbør ved arbejdsdagens afslutning i form af natlukning, så denne kan modstå regn og vind, ved for eksempel følgende foranstaltninger:

- Vinduer kan afdækkes midlertidigt med plastfolie eller vindspærre.
- Ved udlægning af isolering og tagdækning skal der anvendes natlukning, når taget forlades under udlægningen, så vand ikke kan løbe ind i isoleringen, se figur 8.
- Åbenstående murværk afdækkes med murpap eller presenning. Det skal sikres, at afdækningen ligger fast, og at vand kan løbe af overdækningen.



Figur 8. Interimsafdækning af blotlagt isolering. Ved arbejdsdagens slutning udføres natlukning når taget forlades under udlægningen, således at vand ikke kan løbe ind i isoleringen. Det kan ske ved at lukke med en fuldsvejst strimmel tagpap over isoleringen.

Ved etagebyggeri kan der på hver 2.-3. etage påsvejses kraftig byggepladsmembran på betondækket, hvorefter arbejder med lukning og udtørring kan påbegyndes på etagerne nedenunder, mens der bygges videre opad uden totaloverdækning.

Afvanding

Før etablering af klimaskærmens afvanding, f.eks. tagrender, tag afløb, dræn m.m., er der risiko for vandskader. Under byggeriet skal der i planlægningen tages højde for hvordan regnvand bortledes, så skader på byggeriet afværges.

Interimsnedløb skal sikre, at vandet føres så langt væk, at byggeriet ikke påvirkes. Den midlertidige bortledning af regnvand skal kunne modstå kraftig regn og blæst. Ved varsling af særlige vejrforhold foretages forstærkning af de dele, som sikrer byggeriet mod vandskader.

Midlertidige tagnedløb skal afvande til regnvandsbrønd. Anvendes eksempelvis poser som midlertidige nedløb, fæstnes de, så de fastholdes til afløb ved regn og vind. Ved etagebyggeri vil poser sjældent være egnede. Her bør fleksslanger eller andet fast materiale anvendes.

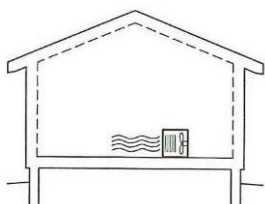
Afvanding fra totaloverdækning skal også være sikret i hele byggeperioden med stort udhæng og/eller midlertidig tagrende med nedløb.

5.4 Projektændringer

Hvis der under udførelsen sker ændringer i projektet vurderes det i hvert enkelt tilfælde, om ændringen har fugtmæssig betydning. Som minimum vurderes om:

- Det har betydning for konstruktionens tæthed.
- Det har betydning for konstruktionens holdbarhed.
- Omfanget af byggefugt ændres.
- Byggefugt kan tørre ud.
- Det medfører risiko for opfugtning af materialer under udførelse og hermed ændringer i behovet for overdækninger.
- Det medfører risiko for opfugtning af materialer, når bygningen er i brug.
- Der medfører ændringer/tilføjelser til kontrolplan eller fugtstrategiplan.

5.5 Planlagt udtørring



Figur 9. Byggeriet bringes hurtigt under tag, så udtørring kan begynde.

I byggefasen anvendes materialer, som er produceret med vand, som efterfølgende skal udtørre. For at undgå svindrevner og opnå den ønskede hærkning skal nogle materialer beskyttes mod for hurtig udtørring.

Tunge materialer som beton opnår typisk først deres ligevægtsfugtindhold efter bygningen er taget i brug. Det skal derfor sikres, at den overskydende fugt fra disse materialer kan udtørre i bygningens første levetid, uden at der sker skader på andre materialer eller konstruktioner. Dette stiller krav til og kontrol af, at materialernes fugtindhold er tørret ned til et vist niveau, og at restfugten har mulighed for at udtørres igennem materialer og konstruktioner, som kan tåle dette. Det betyder også, at fugtfølsomme materialer som gips og træ må beskyttes med membraner, så fugtvandringer hindres eller reduceres, mens udtørringen pågår.

Ved forceret udtørring frigives store mængder fugt, som skal fjernes effektivt, uden at der sker skader på andre bygningsdele. Eksempelvis færdiggøres dampspærren inden, der sættes varme og affugtning på bygningen for at udtørre betondækket. Herved hindres, at overskydende betonfugt presses ud i vægge og lofter med fugtfølsomme materialer som træ.

Ved udtørring af byggefugt skal følgende indgå i overvejelserne:

- Hurtig udtørring kan forhindre, at skimmel og råd når at udvikles.
- For hurtig udtørring kan betyde, at træmaterialer og -plader sprækker eller deformeres.

- Forceret udtørring af beton afventes, ind til betonen er afhærdet.
- I tilfælde af installeret gulvvarme i betondæk kan denne tændes, når huset er lukket, for at fremskynde fugttransporten og hærdehastigheden. Udtørringen skal dog afpasses, så der ikke opstår svindrevner.
- Når isoleringen er monteret, skal dampspærren straks opsættes, specielt i vinterhalvåret. Bygningen må ikke opvarmes, før dampspærren er færdigmonteret.
- Varm og fugtig luft må ikke drives til kolde bygningsdele. For eksempel kan fugtvandring hindres med plastfolie eller opvarmning af hele bygningen, hvis udtørringen skal ske på indvendige dele.
- Fugt skal fjernes med affugtning eller ventilation, når konstruktioner opvarmes.
- Lagring af materialer mod eller på flader, som skal udtørre, skal undgås, da dette forsinker udtørringen lokalt.
- Behov for udtørring er ofte væsentligt mindre for elementer leveret fra fabrik.
- Hvis trækonstruktioner, der indeholder isolering, er opfugtet i en grad, som kræver affugtning, skal isoleringsmaterialerne fjernes.
- Anvendelse af selvudtørrende beton, hvor størstedelen af det tilsatte vand bindes fysisk og kemisk i materialer.
- Udtørring er tids- og energikrævende.

5.5.1 Tørretid

Tørretiden for byggefugt kan være lang, op til flere år. Normalt udtørres så meget, at den overskydende fugt kan tolereres og ikke skaber fugtproblemer, se figur 11. Restfugten kan da tørre ud i løbet af de første brugsår. Hvor meget overskuds-fugt, som skal tørres ud, afhænger af det kritiske fugtindhold for forskellige konstruktioner og materialer. Det kritiske fugtindhold for forskellige materialer kan findes i *Bilag 1. Fugt og materialer*. Til estimering af den forventede tørretid tages udgangspunkt i erfaringer og målinger. Der findes forskellige kilder som BYG-ERFA Erfaringsblade og producenter, f.eks. www.aalborgportland.dk. De der beregnede tider er baseret på fastholdte temperatur- og fugtforhold samt en specifik betontype, hvilket sjældent kan eftergøres på byggepladsen.

I Tabel 9 ses eksempler på beregnede tørretider for forskellige betoner, der har haft forskellige hærdbetingelser, inden en egentlig udtørring starter. De angivne tørretider er kun vejledende. Tørretiden kan også afhænge af de enkelte betonrecepter. Leverandøren kan muligvis være behjælpelig med beregning af forventet tørretid for de aktuelle produkter.

Tabel 9. Udtørningstiden for standardtilfældet med 90 mm beton ensidig udtørring afhænger af betonens v/c-tal og hærdningsforhold før start af udtørring. Udtørningstiden er angivet for start af udtørring, dvs. fra det tidspunkt, hvor betonen er beskyttet mod nedbør. RF er 60 % og temperatur er 18 °C. Kilde: Geving & Thue, 2002.

		Estimeret udtørningstid (måneder)				
		A	B	C	D	E
	Hærdningsforhold inden udtørring startes* v/c tal					
Udtørring til 90 % RF	0,4**	0,7	0,7	0	0,2	0,2
	0,5	1,5	1,5	0,8	1,2	0,8
	0,6	2,9	2,2	1,4	2	1,1
	0,7	3,6	2,9	2,2	3	1,9
Udtørring til 85 % RF	0,4**	2,2	1,5	0,6	1,3	1,3
	0,5	3,9	2,9	3,9	3,5	3,9
	0,6	6,6	4,5	5,6	4,4	5
	0,7	-	6,2	7,3	-	6

* Der anvendes følgende hærdningsforhold inden udtørringen startes:

A: 4 ugers regn efter støbning før udtørring begynder.

B: 2 ugers regn og derefter 2 ugers høj RF i omgivende luft før udtørring begynder.

C: 4 uger med høj RF i omgivende luft uden nedbør.

D: 2 ugers regn før start af udtørring.

E: Udtørring starter 1 døgn efter udstøbning.

** For selvudtørrende beton med $v/c < 0,35-0,4$ viser danske erfaringer, at man kan nå ned på 80-85 % RF efter ca. seks måneder uden brug af energikrævende affugtning. Denne udtørring er dog stærkt temperaturafhængig. Udtørring ved 5 °C tager således mere end tre gange så lang tid som ved 20 °C.

Letklinkerbetonelementer, som udsættes for nedbør, kan være år om at udtørre, mens for eksempel tegl udtørres hurtigere.

I den ideelle situation er alle materialer tørret ned til 75% RF før ibrugtagning. Forsøg og erfaringer viser, at materialer kan have en tør overflade, men stadig indeholde betragtelige mængder fugt, som langsom fordamper fra materialet over tid uden at der opstår skimmel, hvis overfladen er åben og fugten efterfølgende bortventileres. Hvis bygninger med materialer, der er tørre i overfladen, men våde i dybden, skal tages i brug, kan dette lade sig gøre ved at opretholde særlige driftsbetingelser i det første år efter ibrugtagning. Tabel 10 viser anbefalede grænseværdier og krav ved ibrugtagning:

Tabel 10. Anbefalede grænseværdier for fugtindhold ved ibrugtagning, afhængigt af materiale, under forudsætning af fordampning fra materialeoverflader ikke hindres.. Kilde: Teknologisk Institut, Vejledning i dokumentation af fugt og udtørring. Dette kan give praktiske problemer, da det betyder at køkkenelementer, klædeskabe, fodpaneler, ophængning af billeder, placering af tunge møbler mv. skal afvente en yderligere udtørring

Materiale/ vægtype	Fugtindhold, vægt-%	RF overflade	Overfladekrav	Luftskifte*) pr. time	Periode
Murværk i tegl	2-3 %	-	"Blank" eller $S_d < 0,2$	1-1½ gang	6 uger
Porebeton op til 600 kg/m ³	8-13 % **)	75 %	Diff. åben med $S_d < 0,2$	1 gang	3 mdr.
Porebeton op til 600 kg/m ³	5-8 % **)	75 %	Diff. åben med $S_d < 0,44$	1 gang	3 mdr.

*) et normalt luftskifte er ½ gang i timen, dvs. 1 gang i timen svarer til dobbelt luftskifte.

***) under forudsætning om at porebetonen er "skaltør" dvs. udtørret i det yderste lag.

$S_d < 0,2$ svarer til silikatmaling

$S_d < 0,44$ svarer til acrylplastmaling

5.5.2 Kontrolmålinger i tørreperioden

I udtørningsperioden følges temperatur og RF jævnligt sammen med fugtindholdet i materialerne for at vurdere udtørningshastigheden og afgøre, hvornår materialerne er tilstrækkeligt udtørrede. Dette er særlig relevant for betonkonstruktioner og træ. Der lægges en plan med måleintervaller, målemetoder og målerutiner/skemaer for, hvordan udtørringen forløber.

5.5.3 Udtørningsmetoder

Udtørring kan være en planlagt proces, en korrigerende handling eller afhjælpning. Den planlagte udtørring udgør en del af den aftalte ydelse, og der er afsat tid til udtørring i tidsplanen. Ved uforudsete forhold, hvor materialer eller konstruktioner er blevet opfugtede eller ikke udtørret tilstrækkeligt, vurderes det, om en korrigerende handling eller afhjælpning i form af udtørring er en mulighed.

Både ved den planlagte og den ikke planlagte udtørring skal der vælges mellem forskellige udtørningsmetoder, og udtørringen skal løbende kontrolleres med målinger.

Der findes i princippet tre forskellige udtørningsmetoder.

- Naturlig udtørring
- Opvarmning og ventilation
- Affugter.

Naturlig udtørring

Naturlig udtørring er den passive metode, hvor fugten fordampes fra overfladen til omgivelserne ved det naturlige luftskifte omkring materialeoverfladen. Dette kan tage lang tid og giver risiko for skimmelsvamp. Naturlig udtørring er aktuel i forbindelse med konstruktioner, hvor der er krav om, at udtørringen ikke sker for hurtigt. Metoden er mest effektiv om foråret og om sommeren, når luften er

varm og tør. Den sparede energi ved at bruge naturlig udtørring skal holdes op mod den noget længere udtørringstid, som skal indbygges i tidsplanen.

Opvarmning og ventilation

En forceret udtørring med varme og ventilation er den traditionelle udtørningsmetode. Metoden er energikrævende og mest effektiv om vinteren, hvor udeluftens absolutte fugtindhold er lavt, så den opvarmede luft kan optage mest vanddamp. Det er vigtigt at ventilere kraftigt, så fugten fjernes effektivt, typisk svarende til luftskifte på 2-3 gange i timen. Bliver ventilationen for stor bliver energiforbruget per fjernet kilogram vand uforholdsmæssigt stort. Er luftskiftet og luftcirkulationen i bygningen imidlertid for lavt, vil opvarmningen virke mod hensigten og øge luftfugtigheden, som driver fugten ud i andre dele af byggeriet, såsom op i tagkonstruktionen og ud i lette facader. Denne effekt kan forhindres ved at bruge en egentlig affugter, hvor fugten fjernes fra luften og ikke blot bortventileres med udeluft.

Affugter

Forceret udtørring med affugter giver effektiv udtørring med et begrænset energiforbrug. Affugtning er især velegnet om sommeren, når opvarmning og samtidig ventilation ikke er særlig effektiv. Ved brug af affugter er det vigtigt, at bygningen er helt tæt. Samtidig skal luftcirkulation internt sikres. Ved brug af affugter kan fugtniveauet i rumluften blive så lav, at materialer som for eksempel træ skades. Dette kan imødegås ved, at affugteren er hygrostatstyret og standser, når rumluftens fugtniveau kommer under en fastsat grænse.

Der findes kondensaffugtere, der er effektive ved temperaturer over 10-15 °C, og sorptionsaffugtere, der er effektive ved lave temperaturer. De to metoder beskrives nærmere i SBI-anvisning 224, "Fugt i bygninger".

5.5.4 Løbende materialekontrol og lukning af konstruktioner

En løbende kontrol og kvalitetssikring af gunstige fugtforhold for følsomme materialer er en sikkerhed mod skimmelvækst. Herved undgås indbygning af skjult skimmelsvampevækst. Der skal derfor løbende udføres fugtmålinger af materialer og konstruktioner til de kritiske tidspunkter i byggefasen, såsom ved levering på byggepladsen og ved indbygning/lukning af konstruktioner. I nogle tilfælde vil det nemmeste være at følge fugtforholdene ved at indbygge fugtmålere i konstruktionerne, som løbende følges, og udgør den relevante dokumentation for, at fugtforholdene har været acceptable/tilfredsstillende i byggeperioden og efterfølgende, når bygningen er i drift.

Hvis målingerne viser højere fugtindhold end ønsket, udarbejdes en handlingsplan for nedbringelse af fugtniveauet i form af affugtning. Det kan imidlertid også være nødvendigt at udskifte opfugtede materialer. I så tilfælde svarer det til en afhjælpningssituation, og der henvises til afsnit 6, *Afhjælpning*, for nærmere beskrivelse af de nødvendige skridt.

Et kritisk tidspunkt i udførelsen er i forbindelse med lukning af konstruktioner. Opstår der tvivl om fugtforhold efter dette tidspunkt, vil der normalt kun kunne udføres målinger, der kræver destruktive indgreb.

5.5.5 Udtørningsniveau

Før konstruktioner med fugtfølsomme materialer lukkes, skal der foretages fugtmålinger som dokumentation for, at materialernes fugtindhold overholder de aftalte eller vejledende grænser for maksimalt fugtindhold. Kravene til materia-

lernes maksimale fugtindhold, skal vurderes i forhold til det mest følsomme materiale. Sammenbygges beton og træ, hvor træ er det mest fugtfølsomme, er det fugtkravene til træ, som skal følges. En anden løsning, som anvendes ofte er, at adskille forskellige materialer fysisk, ved brug af membraner eller med luftmelletrum, som når gipskartonplader hæves 10-20 mm over betondækket, en løsning der dog kun kan bruges, hvis fugtindholdet i rumluften kan holdes nede, jf. afsnit 3.1.1, *Materiale, fugt, temperatur og tid*.

5.5.6 Fugtfælder

Materialer og membraner har forskellige bremsende egenskaber overfor fugt. I en konstruktion med flere damptætte lag er der risiko for, at fugt fanges mellem lagene. Ved at foretage fugtmålinger i materialerne og følge anvisning for krav til materialernes maksimale fugtindhold undgås, at fugt lukkes inde i konstruktionerne.

For eksempel når et nystøbt betongulv afhærder og udtørres. Der måles for fugt i betonen og kontrolleres, at det målte overholder kravet til maksimalt fugtindhold, før der omhyggeligt rengøres og afdækkes med plast inden trægulv lægges. For at den overskydende fugt ikke trænger op i trægulvet, skal platen føres op bag fodpanelet og klemmes til væggen, hvis denne er af beton. Det skal understreges, at rengøring er nødvendig, da skimmel kan gro på smuds, når dette ligger mellem beton og en dampspærre.

5.6 Dokumentation af udførelse

Dokumentationen udføres løbende med stikprøvevise fugtmålinger og fotos, som aftalt i projektet.

5.6.1 Modtagekontrol

Ved levering på byggepladsen vurderes materialerne visuelt for synlige tegn på vand og fugt. Ved tegn på kondens fjernes emballagen for nærmere kontrol af materialerne.

Stikprøvevise fugtmålinger i henhold til kontrolplaner. Resultater sammenholdes med krav.

Leveres moduler med indbyggede dataloggere for fugt udlæses data, og det kontrolleres, at krav til maksimalt fugtindhold er opfyldt. Målinger føres til journal, som stilles i byggepladskontoret.

5.6.2 Under lagring

Der foretages løbende målinger af oplagret materiale, jf. udbudskontrolplanen. Målinger føres til journal, som placeres i byggepladskontoret.

5.6.3 Før indbygning

Resultater af målinger skal foretages og vurderes, før materialer indbygges. Typisk vil måling af træfugt med indstiksmåler være relevant, og det kan i forbindelse med målingen vurderes, om fugtniveauet overholder kravet til maksimalt fugtindhold. Målinger føres til journal, som placeres i byggepladskontoret.

5.6.4 Før lukning

Resultater af målinger skal foreligge, før konstruktioner lukkes. I tilfælde, hvor fugtindholdet bestemmes i laboratorium som for eksempel veje-tørre-prøver af

beton, afventes resultat og tolkning, før arbejdet med lukning fortsættes. Målinger føres til journal, som stilles i byggepladskontoret.

Den udførende skal være speciel opmærksom på følgende fugtforhold:

- Ved opstart fremlægges entreprenørens plan for fugthåndtering. Denne tager udgangspunkt i projektmaterialets fugtstrategiplan, som også omfatter byggepladsforhold.
- Beredskab, hvis uheldet er ude, og der sker fugtskade, aftales ved opstart.
- Kontrol og dokumentation af fugtindhold i materialer under hele byggeprocessen, dvs fra fabrik, under transport, ved modtagelse, under oplagring, ved indbygning og ved lukning af konstruktionen. Måleresultater noteres og arkiveres tilgængeligt på pladsen.
- Løbende vurdering af fugtforhold og udførelse af korrigerende handling ved overtrædelse af krav.
- Eventuel udførelse af udtørring.
- Genoverveje fugtforhold og konsekvenser ved projektændringer.

5.6.5 Samlet fugtforløb

Som dokumentation for fugtforholdene i byggeriets udførelsesfase samles fugtmålingerne, f.eks. i form af fugtkontrolskemaer. I en samlet vurdering af fugtforholdene anføres, hvis der har været fugtrelaterede afvigelser eller problemer under udførelsen, om opretning er færdigmeldt og om der er eventuelle nødvendige/aftalte kontrolmålinger efter aflevering.

5.7 Eksempler

Der er her beskrevet enkle eksempler, der illustrerer, hvordan fugtforhold bør indgå i overvejelserne under udførelsesfasen. Eksempel med trægulv på betondæk, med porebetonvægge og med tagelementer kan genfindes som eksempler i kapitler om de øvrige byggefaser.

5.7.1 Trægulv på betondæk

Der er beskrevet en løsning med trægulv på betonhuldæk, hvor trægulvet limes til underlaget med en MS lim.

Den udførende tager imidlertid forbehold for tidsplanen med denne løsning og foreslår som en "plan B", at der mod merpris kan anvendes en fugtspærre af epoxy, hvis det viser sig, at tidsplanen ikke kan holde med den oprindelige løsning. Ved en fagentreprise kan dette blive relevant, således at gulvlæggeren kan gøre sig fri af forhold, der er udenfor gulvlæggerens kontrol.

Løsning med epoxy indarbejdes i kontrakten i tilfælde af problemer med tidsplanen.

Fugtmæssige krav

- Med MS lim er kravet til porefugt 75-85 % RF.
- Med fugtspærre af epoxy er kravet til porefugt 90 % RF.

Tjekliste

- Som en del af den udførendes KS-materiale skal der indgå målinger af porefugt.

Udtørringen er ikke gået så hurtigt som forudsat på grund af forsinket lukning af bygningen, så porefugten ligger på 95 % RF. Derfor igangsættes udtørring.

Fugtmæssige krav

- Der foretages stikprøvevise fugtmålinger, indtil porefugten er under 90 % RF.

Epoxyfugtspærre udlægges i henhold til leverandørens anvisninger, efter at porefugten er kommet under 90 % RF.

Gulvbrædder modtages.

Tjekliste

- Betonens porefugtindhold skal kontrolleres inden lægning af epoxy og gulv. Udførelse af fugtspærre dokumenteres (KS)
- Der foretages modtagekontrol for gulvbrædder herunder stikprøvekontrol af, at fugtindhold er 8 ± 2 % (KS) (det anses ikke i dette tilfælde for nødvendigt at kontrollere leverandørens egen kvalitetssikring)
- 10-bræts mål kontrolleres (KS).

5.7.2 Porebetonvægge

Til lejlighedsskel anvendes dobbeltvæg af 2x100 mm porebeton med 100 mm mineraluld i hulrum. Til bagmure i skalmurede facader anvendes 100 mm porebeton og 200 mm mineraluld i hulrum.

Fugtmæssige krav

- Ved det daglige arbejde med skalmuren afdækkes mure med murfolie, der er fastholdt af mursten. Arbejdet udføres under murerentreprisen.
- Når der etableres tag på husene, erstattes murafdækningen af tagets afdækning med presenninger og senere undertag.
- For opsætning af væv/filt med maling er kravet til porefugt 75 % RF (5 vægt-%)

Tjekliste

Som en del af den udførendes KS-materiale skal der indgå målinger af porefugt før opsætning af væv.

5.7.3 Tagelementer

Trætagelementerne bliver monteret som planlagt.

Fugtmæssige krav

- Entreprenøren foretager stikprøvekontrol af fugtindhold i elementerne ved modtagelse og oplægning.
- Tagelementerne skal strimles umiddelbart efter oplægning for at hindre opfugtning på grund af nedbør.
- Dampspærre inklusiv samlinger og gennemføringer skal være tætte.

Tjekliste

- Der foretages fugtmålinger ved modtagekontrol og oplægning, således at der som en del af KS arbejdet sker stikprøvekontrol af, at i hele byggeperioden er fugtindhold 1 cm inde i træet maksimalt 18 % og i overfladen ikke overstiger, hvad der er naturligt for årstiden, se bilag 1. Målinger foretages i ramme uden at perforere dampspærren.
- Strimling skal foretages umiddelbart efter oplægning og dokumenteres med for eksempel fotos (KS).
- Samlinger i dampspærren og dens tilslutning til tilstødende bygningsdele skal udføres og dokumenteres (umiddelbart) efter oplægning med for eksempel fotos (KS).

6 Afhjælpning – Når det alligevel er gået galt

Afhjælpning af fugtskader har til formål, at bringe materiale, komponent eller bygning tilbage til den standard, som oprindeligt var forudsat, herunder med hensyn til fugtindhold og udseende. Ofte er det også ønskeligt i forbindelse med undersøgelse og afhjælpning at placere ansvaret for, at fugtskaden er opstået.

Ved afhjælpning af fugtskader skal:

- Årsagen til fugtskaden findes, så udviklingen af skaden stopper (og ansvaret eventuelt kan placeres).
- Årsagen skal elimineres, så skaden ikke kommer igen.
- Skadesomfanget fastlægges.
- Skaderne skal udbedres, så der ikke er risiko for nedbrydning af konstruktionen og/eller risiko for påvirkning af bygningens brugere.
- Udbedringsarbejderne, f.eks. udtørring, afrensning, udskiftning eller retablering, kontrolleres/kvalitetssikres for at sikre, at udbedringen er sket korrekt. Der skal opnås samme kvalitet, som oprindeligt forudsat.
- Der foreligger dokumentation for, at afhjælpning er sket korrekt, herunder f.eks. dokumentation for, at der ikke er skimmel på materialernes overflader.

I dette dokument skelnes mellem afhjælpning, der forudsætter, at der er sket en skade, og andre korrigerende handlinger, der for eksempel skal udføres for at forhindre, at der opstår en skade. Fremgangsmåden ved korrigerende handlinger vil adskille sig fra egentlig afhjælpning, da der ikke skal ske en egentlig skadesudbedring. Handlingsplanen vil dog typisk indeholde mange af de samme elementer.

Bemærk, at når der konstateres forhøjet fugtniveau på en byggeplads, kan hurtig handling med korrekt metode betyde, at en skade forhindres, så der alene er behov for korrigerende handling og ikke en egentlig skadesudbedring.

6.1 Årsager til fugtskader

Årsager til fugtskader kan være mange, og de værktøjer, som det kan være nødvendigt at tage i anvendelse for at afsløre dem, er ligeså mangfoldige. Det er vigtigt at finde årsagen til skaden, da det er det første trin til at stoppe fortsat opfugtning.

I nogle tilfælde er årsagen åbenbar, f.eks. opfugtning, der er sket under transport som følge af manglende emballering. Forholdet bliver set og noteret ved modtagekontrollen. I dette tilfælde er årsagen fjernet, når transporten er overstået. Tilbage i en sådan situation er kun at afgøre, om opfugtningen er så kraf-

tig og/eller af et sådant omfang, at materiale/komponent skal returneres, eller om der kan ske forsvarlig udtørring m.m.

Årsagerne kan imidlertid stamme fra alle byggeriets faser. Hvis skadesårsagen ikke er åbenbar, er det naturligt i første omgang at anvende det kvalitetssikringsmateriale, som er udarbejdet i forbindelse med produktion, opbevaring, transport, modtagekontrol, opbevaring på byggepladsen og montering, for om muligt at finde skadesårsager (eller eliminere nogle af skadesårsagerne). Hvis gennemgang af kvalitetssikringsmaterialet ikke er tilstrækkeligt, må yderligere undersøgelse ske ved besigtigelse, måling og eventuelt destruktive indgreb. Dette er illustreret med et par eksempler herunder.

For eksempel ved opfugtning af en færdig tagkonstruktion, der er opbygget af præfabrikerede elementer. Her kan klarlægning af skadesårsagen være vanskelig, fordi der er mange muligheder for opfugtning, f.eks. byggefugt (fugt kan være kommet ind i forbindelse med produktion på fabrik, under transport eller oplagring eller under indbygning), fugtindtrængning på grund af dårligt udførte detaljer eller fugtindtrængning indefra bygningen under udtørring af byggefugt, f.eks. på grund af mangelfuld dampspærre. I et sådant tilfælde er det nødvendigt at gennemgå alle tænkelige skadesårsager. I det nævnte eksempel må der for eksempel ske gennemgang af kvalitetssikringsmateriale i forbindelse med produktion, transport, opbevaring, modtagekontrol, opbevaring på byggepladsen og montering for om muligt at finde eller eliminere nogle af de mange mulige skadesårsager. Undersøgelse af det færdige tag vil som regel kræve målinger ofte ledsaget af destruktive indgreb for at klarlægge skadesårsagen.

I forbindelse med at årsagen til skaden fastlægges, skal det også vurderes, hvor alvorlig skaden er, og hvilket omfang den har. Denne viden er nødvendig for at tage stilling til, hvordan udbedring kan ske. Her skal det erindres, at selv ved meget begrænsede skader, f.eks. en forkert udført inddækning, kan indtrængende vand i uheldige tilfælde brede sig i store dele af konstruktionen. Det er derfor vigtigt, at undersøgelsen omfatter alle områder, hvor der kan tænkes at være skader.

Resultat:

Skadens årsag.

Skadens alvorlighed og omfang.

6.2 Eliminering af skadesårsagen

For at undgå at skaden breder sig eller kommer igen, skal årsagen til skaden fjernes.

I nogle tilfælde er opfugtning midlertidig, f.eks. under transport eller under byggeriets udførelse. Her er skadesårsagen fjernet, når den pågældende fase af byggeriet er slut.

I andre tilfælde er skadesårsagen permanent, f.eks. en dårligt udført dampspærre, som bevirker, at varm fugtig luft kan trænge op i tagkonstruktionen, hvor den kan afkøles, hvorved luftfugtigheden stiger, og der eventuelt dannes kondens. I sådanne tilfælde kan udbedring være meget omfattende og bekostelig. Når der er tale om permanente skadesårsager, skal undersøgelse af skadens årsag og omfang også omfatte en vurdering af, hvordan udbedring kan ske.

Resultat:

Eliminering af skadesårsagen.

Forslag til udbedring.

6.3 Udbedring

Ved opfugtede konstruktioner er det ofte nødvendigt at udtørre konstruktionerne, inden afhjælpningsarbejderne igangsættes. Udtørring skal ske tilstrækkeligt længe til, at udbedringsarbejderne med sikkerhed kan ske, uden at der optræder nye fugtproblemer. Alternativt skal der indlægges fugtspærrer for at sikre fugtfølsomme materialer.

Udtørringsmuligheder beskrives i afsnit 5.5, *Planlagt udtørring*. Dette kan ofte være relevant for eksempel ved lækager, hvor hurtig udtørring kan betyde, at der kun bliver behov for korrigerende handling og ikke egentlig skadesudbedring.

I forbindelse med udbedring skal det vurderes, om skadesårsagen er byggefugt, udførelsesfejl eller projekteringsfejl (eller eventuelt har andre årsager).

Ved byggefugt eller udførelsesfejl kan konstruktionsopbygningen som udgangspunkt bibeholdes. Udbedringsarbejdet består i udtørring, afrensning, udskiftning og reparation i nødvendigt omfang. Selv om konstruktionsopbygningen kan bibeholdes, kan afhjælpningen være omfattende, fordi det ofte vil være nødvendigt at skille bygningsdelen ad for at kunne udtørre den og afrense for skimmelsvamp. Eksempelvis kræver opfugtning af isolering i hulmure udtørring gennem huller i væggen, og afhjælpning af opfugtning af dobbelte gipskartonpladevægge betyder som regel, at væggen skal udskiftes.

Ved projekteringsfejl er det nødvendigt at foretage mere eller mindre omfattende ændringer i konstruktionsopbygningen. En ny løsning må i sådanne tilfælde projekteres (af en person med viden om fugtforhold).

For afgrænsning af hvor omfattende udskiftning eller afrensning skal være, henvises til afsnit 0, *Kriterier for materialeudskiftning*, samt By og Byg Anvisning 205, "Renovering af bygninger med skimmelsvampevækst".

Resultat:

Udbedring med udfaldskrav (også for eventuel udtørring og afrensning). Det vil sige, hvilke egenskaber den udbedrede løsning skal have, og hvordan det kan kontrolleres, f.eks. forslag til måling af fugtindhold, lufttæthed og (kvalitet af) skimmelafrensning.

6.4 Kontrol og dokumentation af afhjælpning

Afhjælpningsarbejdet skal udføres under overholdelse af mindst de samme kvalitetssikringsprocedurer, som blev anvendt oprindeligt. Derudover skal der ske kontrol af udfaldskravene for udbedringsarbejderne, se afsnit 6.3, *Udbedring*.

Afhjælpningsarbejder omfatter:

- Årsagen til skaden fastlægges og elimineres hurtigst muligt
- Skadesomfanget fastlægges
- Eventuel udtørring
- Skadesudbedring
- Kontrol af, at skaden er udbedret, og fugtforholdene er acceptable.

6.5 Eksempler

Der er her beskrevet enkle eksempler, der illustrerer forskellige former for afhjælpning. Eksempel med trægulv på betondæk og med porebetonvægge kan genfindes som eksempler i kapitlerne om de øvrige byggefaser.

6.5.1 Trægulv på betondæk

Ved et trægulv på et betonhuldæk er der udført en fugtspærre af epoxy. Det viser sig efter en periode, at brædderne får kraftigt "vaskebræt-effekt", dvs. tværkrummende brædder.

Årsagsudredning

- KS-materialet gennemgås for om muligt at finde årsagen til problemet.
- Rengøringsprocedure og vedligeholdssarbejder gennemgås for om muligt at finde årsagen til problemet.
- Om nødvendigt foretages oplukning af gulvet for at finde årsagen.

Udbedring

Når årsagen er identificeret, overvejes hvordan udbedring kan ske. For eksempel ved afslibning efter forbedring/udtørring (lettere vaskebræt) eller ved udskiftning (mere udpræget vaskebræt, som vurderes at være uopretteligt).

6.5.2 Porebetonvægge

Til lejlighedsskel og til bagmure i skalmurede facader anvendes 100 mm porebeton og 200 mm mineraluld i hulrum. Det er forudsat, at vægge og hulmure afdækkes med murfolie under byggeriet, indtil der er etableret tag. Herefter erstattes muraafdækningen af tagets afdækning med presenninger og senere undertag.

I forbindelse med kraftig regn og blæst blæser afdækningen af murene en del steder. Porebetonen opfugtes, og der kommer vand ned i isoleringen både i lejlighedsskel og facademure.

Årsagsafklaring

Årsagen er åbenlys: afdækningerne er blæst af.

Udbedring

Efter at husene er lukket, startes affugtning med sorptionsaffugtere. Det viser sig imidlertid, at opfugtning af porebetonvæggene ikke tørrer ud som forventet.

Ligevægtsfugten i porebetonen i den nederste 0,5 meter af væggene i nogle huse kan ikke komme ned på 75 % RF (ca. 5 vægt-%), som er kravet for at kunne malebehandle.

Nærmere undersøgelser viser, at der fortsat er vand i mineralulden i væggene, og dette skal udtørres gennem porebetonen, hvilket er meget tidskrævende.

Det besluttet derfor som korrigerende handling, at etablere huller pr. 1,0 meter i bunden af væggene og ca. 1,0 meter over gulv for at udtørre isoleringen med affugtet luft.

I løbet af ca. to uger kan det ved måling konstateres, at mineralulden er udtørret og porebetonen er nede under en ligevægtsfugt på 75 % RF.

6.5.3 Dampspærre og undertag

Under opførelse af et parcelhus er der opstået skimmelsvampevækst på undertaget og spærsideerne i tagrum. Desuden er isoleringen opfugtet som følge af tilbagedryp fra undertaget. Undertaget er diffusionsåbent og tagrummet er uventileret.

Årsagsudredning

Årsagen til fugtskaden er optrængende luft fra de underliggende rum i udtørningsperioden fra de udlagte pudslag på gulvene, fordi dampspærren har været utæt på grund af borede huller til halogenspots samt åben loftlem i forbindelse med installation af ventilationsanlæg.

Udbedring

Efter at husene er lukket, startes affugtning med sorptionsaffugtere.

Fugtmæssige krav

- Dampspærren skal være tæt, når udtørring igangsættes
- Diffusionsåbne undertage skal trykudlignes i kippen.
- Våd isolering udskiftes.
- Tagrummet affugtes ned til 75 % RF
- Undertag og spær afrenses for skimmelsvamp

Tjekliste

- Tjek, at dampspærre er lufttæt inden opvarmning og udtørring af bygning igangsættes.
- Instruer håndværkere om at holde loftlem lukket i udtørringsperioden.

6.5.4 Vand under strøgulv på beton

Et terrændæk udført som strøgulv på beton er blevet opfugtet som følge af vandindtrængning fra indgangsparti, hvor niveaufri adgang er etableret med direkte flisebelægning op til dørens bundstykke uden voldgravsløsning.

Vand er løbet ind under gulvet og har opfugtet både trægulv på strøer og betonen under fugtspærren.

Fugtmæssige krav

- Det skal undersøges, via stikprøvekontrol i huller boret i trægulvet, om der er opstået skimmelsvamp på lægter og gulvbrædder.
- Hvis der ikke er opstået skimmelsvamp affugtes gulvet ved at indblæse affugtet luft gennem huller i gulvet i hver side af rummet.
- Hvis der er opstået skimmelsvamp på lægter og gulvbrædder, må gulvet brydes op og betonen affugtes, hvorefter der monteres nyt gulv.

Tjekliste

- Tjek, at der er 150 mm sokkel hele vejen rundt om huset.
- Etabler niveaufri adgang med ramper eller evt. med voldgravsløsning.

7 Aflevering – Hvad skal fugtdokumentationen indeholde

Når et byggeri afleveres, sker dette ved en afleveringsforretning, hvor er der en række dokumenter, som den udførende skal overdrage til bygherren. I dette materiale indgår blandt andet kvalitetssikringsmaterialet, som også indeholder fugtmålinger. I de tilfælde, hvor myndighederne har krævet en dokumentation af fugtforholdene, jf. Bygningsreglement 2010, kapitel 1.4, stk. 2, skal denne også afleveres, så den efterfølgende kan afleveres til kommunen. Denne dokumentation skal udfærdiges af en fugtsagkyndig.

7.1 Fugtforhold som mangel

Ved afleveringsforretningen deltager normalt både bygherre, dennes rådgivere og den udførende. Der vil ved denne lejlighed blive udarbejdet en afleveringsprotokol, som også indeholder en mangelliste. Hvis fugtniveauet er for højt i nogle områder, noteres dette som mangel. I hvert enkelt tilfælde må det vurderes, hvilken udbedring der skal ske for at rette op på manglen.

Tabel 11 viser forskellige måder at behandle en mangel, der består i et for højt fugtniveau i et område.

Tabel 11. Forskellige måder at behandle et for højt fugtniveau i materialer som mangel. Hvilken model, der anvendes, afhænger af den aktuelle situation.

Skadestype	Udbedring	Tidshorisont
Højt fugtniveau, hvor der kan ikke nå at ske udtørring uden risiko for skimmelsvampevækst	Udskiftning af materiale	Almindelig tidsfrist for mangelafløsning
Højt fugtniveau, men sandsynligvis kan der ske udtørring uden, at der er risiko for skimmelsvampevækst	Udtørring etableres eller det sikres, at naturlig udtørring ikke hindres. En enkelt fugtmåling ved tidsfristens ophør vil afgøre, om manglen kan betragtes som værende afhjulpet eller ej. Når niveauet ikke, eller er der tegn på skimmelsvamp, skal materialet udskiftes.	Der sættes en frist for, hvornår fugtniveauet skal være nedbragt til et aftalt niveau, afhængig af materiale, temperatur og fugtniveau.
Højt fugtniveau, men sandsynligvis kan der ske udtørring uden, at der er risiko for skimmelsvampevækst. Det er muligt at udføre fugtmålinger løbende f.eks. med dataloggere.	Udtørring etableres eller det sikres, at naturlig udtørring ikke hindres. Løbende målinger af fugtniveauet danner grundlag for at vurdere, om materialet skal udskiftes eller kan bevares, hvis der ikke er tegn på skimmelsvampevækst	Det aftales, hvornår de løbende målinger skal vurderes første gang, f.eks. efter 1 eller 3 måneder. Herefter vurderes det, om målingerne skal fortsætte yderligere, eller om der er grundlag for at træffe en endelig afgørelse.

Hvis manglen vurderes ved at udføre løbende målinger kan dette eventuelt blive genstand for en ny vurdering i forbindelse med 1-års eftersyn.

7.2 Dokumentation ved afslutning af byggeriet

Et byggeri skal udføres i henhold til bygningsreglementet og dermed fugtteknisk korrekt. Ofte vil bygherren også forlange at få dokumentation for fugtforholdene, hvilket bør være en del af den almindelige kvalitetssikring. Hvis myndighederne har stillet krav i byggetilladelsen om en dokumentation af fugtforholdene, skal denne også afleveres til bygherren ved byggeriets afslutning, så der ikke er risiko for, at en for fugtig bygning tages i brug. For at sikre at fugtdokumentationen svarer til myndighedernes forventning, vil det ofte være en god idé at diskutere niveauet med myndighederne, f.eks. gennem en forhåndsdialog, se afsnit 8 *Myndighedsbehandling – Krav kommunen kan stille og hvordan de opfyldes*. En generel beskrivelse af, hvad dokumentationen skal indeholde, findes i notatet *Krav til fugtteknisk dokumentation samt fugtsagkyndiges kompetencer og virke* fra Erhvervs- og Byggestyrelsen, 2011.

7.2.1 Tidspunkt

Fugtmålinger tages løbende i byggeriet, så der hverken indbygges våde materialer, eller at disse under byggeriet har været opfugtet til et niveau, der har betydet, at der er sket skimmelsvampevækst. Foretages der kun målinger inden konstruktionerne lukkes, er der ingen sikkerhed for, at der ikke gemmer sig større mængder døde skimmelsvampe i konstruktionerne, hvilket kan betyde begrænsninger i byggeriets anvendelse.

7.2.2 Måling

Af dokumentationen skal det tydeligt fremgå hvor, ved hvilken temperatur og hvornår samt af hvem, med hvilken type instrument og med hvilket resultat, der er foretaget fugtmålinger.

Det kan være hensigtsmæssigt i forbindelse med målingerne også at notere vejrforhold, især hvis det drejer sig om nedbørsperioder i forhold til interimsafdækninger. Dårligt vejr er ingen undskyldning for en dårlig overdækning. Oplysningerne kan derimod være med til at lette tolkningen af resultaterne og dermed en eventuel årsagsafklaring. I afleveringssituationen er årsagen irrelevant for bygherre og myndigheder, men klarlægges årsagen kan det være med til at påpege forhold, der bør ændres for at forhindre nye opfugtninger andre steder i byggeriet, hvis afleveringen foretages i etaper.

7.2.3 Dokumentation

Fugtmålingerne samles og vurderes, og der gives en samlet konklusion. Hvis der er områder med usikkerhed om, hvorvidt et forhøjet fugtniveau kan nedbringes efter afleveringen uden at udskifte materialet, skal dette påpeges, så det kan håndteres via mangellisten, f.eks. ved at stille krav om kontrolmålinger af fugt samt eventuelt skimmelmålinger.

Ved aflevering skal det kontrolleres at:

- Det almindelige KS-materiale afleveres herunder dokumentation af fugtforhold
- At fugtforholdene ikke overstiger kravene, hvis det er tilfældet, skal det betragtes som en mangel og fremgå af mangellisten
- Hvis bygningsmyndighederne har krævet dokumentation af fugtforholdene, skal dokumentationsrapporten, der er udført af en fugtsagkyndig, indgå i det afleverede materiale.

7.3 Eksempel

Her gives et eksempel på hvordan fugtproblemer, der har været forventet løst ved afleveringen, kan vise sig stadig at volde problemer. Eksemplet er en fortsættelse af eksemplet med lejlighedsskel og bagmure af porebeton, som allerede er nævnt i kapitlerne om i andre faser af byggeriet.

7.3.1 Porebetonvægge

Til lejlighedsskel og til bagmure i skalmurede facader anvendes 100 mm porebeton og 200 mm mineraluld i hulrum. Afdækninger har været blæst af under byggefasen, men væggene og hulrummet med isolering er blevet udtørret til 75 % RF.

Afleveringen

Ved afleveringen viser det sig, at der i nogle huse kan konstateres opfugtede fodpaneler, og når disse demonteres, konstateres skimmelsvampevækst på bagsiden.

Måling i porebetonvæggene viser, at disse ikke er tilstrækkeligt udtørret. Den oprindelige registrering af fugtskader har ikke været tilstrækkelig, og der må iværksættes afhjælpning.

Afhjælpning

Fodpaneler fjernes, og væv og maling fjernes fra vægge. Skimmelsvamp afrenses, og der iværksættes affugtning af rumluften.

Da opfugtningen af væggene i disse huse er moderat, fjernes parketgulvene ikke. Affugtningen må derfor foretages med forsigtighed, da parketgulvene ellers tager skade.

Der affugtes derfor kun ned til ca. 30-35 % RF.

Efter ca. tre uger er væggene udtørrede og nye fodpaneler og glasvæv og maling retableres efter, at der er udført kontrol af, at der ikke er opstået skimmelsvækst på vægoverflader.

8 Myndighedsbehandling – Krav kommunen kan stille og hvordan de opfyldes

I dokumentet *Krav til fugtteknisk dokumentation samt fugtsagkyndiges kompetencer og virke* (Erhvervs- og Byggestyrelsen, 2011) findes en opstilling af hvilke krav til fugtdokumentation, der er beskrevet i Bygningsreglementet. Det er således en beskrivelse af hvilke krav myndighederne kan stille. I samme dokument er der beskrevet, hvorledes disse for eksempel kan efterkommes. Der henvises derfor til dette notat.

I denne vejledning skal der dog gøres opmærksom på at bygningsreglementet giver mulighed for, at myndigheder og bygherre eller dennes repræsentanter mødes inden, der gives byggetilladelse.

Af kapitel 1.9, stk. 2, fremgår der således:

Inden der gives byggetilladelse eller dispensation og ved anmeldelser, kan kommunalbestyrelsen afholde en forhåndsdialog med ejeren og dennes repræsentanter.

I "Vejledning i styrket byggesagsbehandling" fra Erhvervs og Byggestyrelsen 2009 er der specielt fremhævet denne mulighed for at sikre en resultatstyret proces, hvor resultatet bliver et kvalitetsløft i byggeriet, en bedre økonomi i byggeprocessens forløb, større forståelse mellem bygherre og myndigheder, herunder tidsforløb og sagsbehandling samt at forbedre ansøgningsmaterialets kvalitet. Hertil kunne føjes, at der også kan afstemmes forventninger til dokumentationsmaterialet.

I forhåndsdialogen kan der således indgå:

- Vurdering af behovet for dokumentation af fugtforholdene.
- Fastlæggelse af dokumentationens opbygning og indhold.

9 1- og 5-års eftersyn – Sidste chance for erstatning ved fugtproblemer

Ved 1- og 5-års eftersynet er det vigtigt, at det også undersøges om, der forekommer fugtproblemer i det byggeri, der nu har været i drift i henholdsvis ét og fem år.

Hvis der er fugtproblemer, er det vigtigt at konstatere, om det skyldes en uhenigtsmæssig drift, eller om det skyldes fejl i byggeriet. Disse fejl kan stamme fra indbygget fugt eller skimmel, som ikke blev udbedret inden færdiggørelsen af byggeriet eller være opstået undervejs som følge af fejl i udførelsen, i projekteringen, forkert brug eller skader, f.eks. rørbrud. Reklamationer over fejl eller svigt, der skyldes den udførende eller den projekterende, skal løbende anmeldes og inden en forældelsesfrist på tre år fra skade er konstateret, for at byggherren ikke skal miste sit krav på grund af passivitet.

Hvis der ved eftersynene konstateres fugtproblemer, kan det være yderst vanskeligt at placere ansvaret for problemerne, hvorfor byggherren bør overveje at tilknytte en fugtsagkyndig ved disse eftersyn. Hvis der allerede under byggeriet har været fugtproblemer, bør der udføres en kontrol af, at de afhjælpende foranstaltninger, som er gennemført dengang, og konstatering af, om det faktisk har afhjulpet problemerne.

I forbindelse med 1- og 5-års eftersyn vil det være hensigtsmæssigt at inddrage de fugtmålinger, der sidst blev foretaget på byggeriet. Specielt i tilfælde hvor det blev vurderet, at fugtindholdet ville falde til et acceptabelt niveau inden, der ville ske fugtskade. Dette skal senest kontrolleres ved 1-års eftersynet.

Hvis byggherren ifølge AB92 eller ABT93 inden ét år efter afleveringen har fremsat krav om afhjælpning af mangler, kan byggherren nægte at lade garantien nedskrive fra 5 % til 2 %, indtil manglerne er udført eller lade dem udføre med fratræk i garantien, hvis entreprenøren ikke udfører dem.

De samme regler gælder ved 5-års eftersyn, når der skal tages stilling til afskrivning af garantisummen fra 2 % til 0 %.

Yderligere skal iagttages krav om en anmeldelsesfrist indenfor tre år. Hvis den tilsidesættes, fjernes retten til fratræk i garantien.

Ved 1-års eftersynet er det vigtigt, at både byggherre og driftsherre er repræsenteret. Hvis der konstateres fugtproblemer, er det vigtigt, at driftsherren kan dokumentere, at der har fundet en korrekt drift og vedligeholdelse sted, så det kan afgøres, om fugtproblemerne stammer fra udførelsesfejl, projekteringsfejl eller uhenigtsmæssig drift. Driftsherren har også her mulighed for at tilegne sig vigtig viden fra byggeriets opførelse og herigennem sikre sig, at driften er i overensstemmelse med intentionerne i byggeprojektet, så eventuelle fremtidige fugtskader kan hindres eller forebygges.

Ved 5-års eftersynet kan det være hensigtsmæssigt at vælge en ny fugtsagkyndig, som ikke tidligere har været involveret i byggeriet.

9.1 Kontrolmåling

For at sikre sig at fugtforholdene er tilfredsstillende, er det ofte nødvendigt at udføre kontrolmålinger.

9.1.1 Årstidsvariationer

Den relative luftfugtighed varierer med temperaturen, således at der i opvarmede områder skal kompenseres for et normalt stort fugtindhold i luften om sommeren, og at det kan være meget tørt om vinteren, mens uopvarmede kolde områder, f.eks. ventilerede tagrum naturligt vil have et højt fugtniveau om vinteren, se figur 14. Det kræver en god bygningsfysisk indsigt at tolke måleresultaterne og vurdere, om fugtforholdene forventes at være værre eller bedre på andre årstider. Denne viden besidder den fugtsagkyndige, som det kan overvejes at tilknytte eftersynene. Hvis der er fugtproblemer, er det fornuftigt forud for 1- og 5-års eftersynene at have udført et måleprogram, der spænder over en længere periode, og som kan fremlægges som dokumentation forud for eftersynene. Måleprogrammet kan også gennemføres for at sikre sig mod fugtproblemer uanset, om man har mistanke herom eller ej.

9.1.2 Udvalgelse af målepunkter

Der fugtmåles de steder, hvor erfaringen viser, at der oftest er fugtskader:

- I lukkede konstruktioner, i træelementer, i hulrum og i lette konstruktioner.
- I vådrum, særligt hvor vægge og gulve er udført som lette konstruktioner.
- I kældre.
- Ved rørgennemføringer i tagkonstruktioner.
- Ved kuldebroer.
- Hvor der er misfarvninger, der kunne tyde på fugtophobning herunder skimmel.
- Hvor bemærkninger fra afleveringsprotokol kunne give anledning til nærmere undersøgelse.

Det er dog ikke alle disse steder, at et forhøjet fugtniveau nødvendigvis kan tilskrives fugtforholdene under byggeprocessen.

Resultaterne skal sammenholdes med forventelige forhold, se Bilag 0.

9.2 Løbende kontrol

I svært tilgængelige områder og, hvor der er stort ønske om at kunne dokumentere eller kontrollere fugtforhold i en længere periode, kan det overvejes at indbygge dataloggere, som løbende giver et billede af udviklingen i fugtforholdene.

9.2.1 Måleresultater i forhold til skader

Hvis der konstateres områder med forhøjet fugt, skal årsagen findes. Hvis denne ikke er åbenbar, kan det være nødvendigt at følge udviklingen over tid.

9.2.2 Behandling af data

Enhver måling skal følges op af en vurdering af resultaterne, så der tages stilling til, om målingerne viser forhold, der er acceptable, eller der er behov for indgriben. En årsagsredegørelse vil afgøre, om problemet er en følge af fugtforholdene under byggeprocessen eller opstået i driftsfasen.

Ved 1-års eftersyn deltager bygherren, driftsherren, den projekterende og den udførende.

Eventuelle fugttekniske mangler fra afleveringen følges der op på, f.eks. i form af vurdering af eventuelle løbende fugtmålinger eller nye målinger. I denne vurdering tages der højde for årstidsvariationer.

Bilag 1. Fugt og materialer

Uorganiske materialer

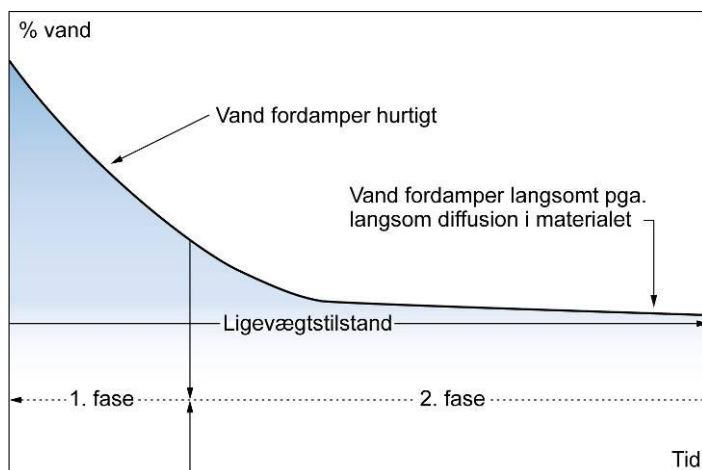
Mange vigtige byggematerialer som beton, letbeton og murværk er af natur våde, eller de kan fejlagtigt være blevet opfugtet under byggeprocessen. De skal derfor udtørre til et niveau, der er bestemt af den videre byggeproces. Skimmelvækst på uorganiske materialer kan forekomme, men vil skyldes organisk materiale i form af smuds eller for eksempel lim til sammenklæbning af elementer.

Metoder til bestemmelse af fugt i uorganiske materialer er for eksempel beskrevet i SBI anvisning 224 og BYG-ERFA Erfaringsblad (99) 05 05 05.

Udtørring af uorganiske materialer

Udtørring af beton, letbeton og murværk sker ved kapillarsugning og diffusion.

Udtørring ved kapillarsugning finder sted, når der er så meget vand i poresystemet, at det kan blive transporteret frem til overfladen fra områder med stort vandindhold til områder med mindre vandindhold. Dette er en forholdsvis hurtig proces. På et tidspunkt er så meget vand forsvundet fra de ydre materialelag, at der ikke mere er et sammenhængende system af vand i porerne, som kan transportere vandet frem til overfladen ved kapillarsugning. Fugttransporten i de yderste materialelag sker herefter ved diffusion, som er en langsom proces. Diffusionsmodstanden gennem den "udtørrede" zone bliver stadig større, hvorfor udtørringen gradvis bliver langsommere, som vist på figur 10.



Figur 10. Udtøringsforløb opdelt på forskellige faser. Med kapillartransport i fase 1 og diffusion i fase 2. Fra SBI-anvisning 224, "Fugt i bygninger".

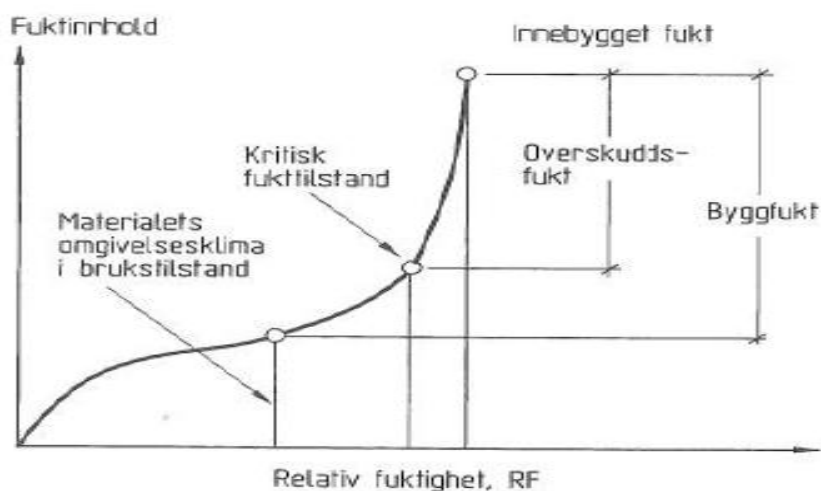
Da udtørring af uorganiske materialer kan tage lang tid, er det vigtigt i tidsplaner at indregne tid til udtørring og følge udtørringen ved målinger, så tidsplaner eventuelt kan revideres. Derudover må unødigt, senere opfugtning undgås.

En kortvarig forceret udtørring med affugtningsudstyr af for eksempel porebetonvægge kan medføre såkaldt "skaltørring", hvor fugtindholdet hurtigt reduceres i de ydre lag, men ikke i dybden, hvilket kan give anledning til revnedannelser. Ved ophør af den forcerede udtørring er fugtindholdet totalt set blevet mindre, men fugtindholdet i overfladen øges igen med fugt fra dybere liggende lag, hvilket vil være af betydning for valg og tidspunkt for overfladebehandling. Her kan der være forskelle afhængig af hvor diffusionsåben overfladebehandling er. For eksempel kan skaltør porebeton (overflade har 75 % RF) med en rumvægt på op til 600 kg/m^3 behandles med en silikatmaling, når fugtindholdet er 8-13 vægt-%, mens acrylplastmaling kræver, at fugtindholdet er 5-8 vægt-%.

Beton

Beton indeholder ved indbygning altid en del restfugt, såkaldt "byggefugt", der skal have tid til at udtørre inden, der er opnået et fugtindhold, som ikke kan medføre skadelig opfugtning af fugtfølsomme materialer, f.eks. træ, træbaserede materialer og gipskartonplader. Dette gælder også for præfabrikerede elementer – selv om udtørringstiden er kortere end for in-situ beton.

Derudover vil genopfugtning som følge af nedbør (især hvis det ikke fjernes fra betondæk) kunne give anledning til fugtindhold, som kan forsinke en udtørringsproces.

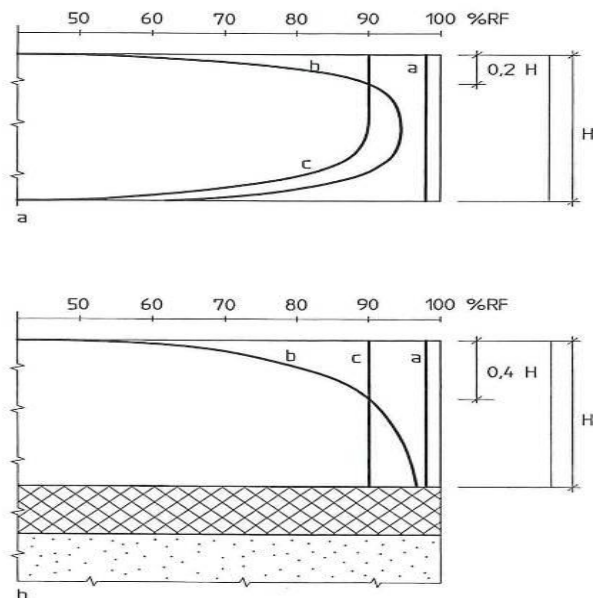


Figur 11. Byggematerialer, der af natur er våde, vil indeholde en mængde byggefugt, dvs. mere fugt end der naturligt vil være i driftssituationen. For at forhindre fugtproblemer skal en del af denne byggefugt tørres ud, så der mindst tørres ned til et kritisk fugtindhold. Den fugt, der skal tørres ud for at nå dette, er den egentlige overskudsfugt. Kilde: Geving & Thue (2002).

Der findes it-programmer, som tilnærmelsesvis kan beregne udtørringstider. Et program til beregning af udtørringstider – både en- og tosidig udtørring – af de mest anvendte byggematerialer er omtalt i BYG-ERFA Erfaringsblad "Udtørring af byggematerialer – forenklet metode til vurdering af udtørringstid". Et program specielt til beregning af udtørring af betongulve er omtalt på www.aalborgportland.dk.

Hvis der inden udtørring af et betondæk er afsluttet, pålægges en diffusionstæt gulvbelægning, vil der ske en omfordeling af fugten, som medfører, at en udtørret overflade vil blive opfugtet igen, hvilket vil kunne skade en fugtfølsom gulv-

belægning – medmindre der udlægges en fugtspærre inden gulvlægning. I sådan et tilfælde skal betonen renses grundigt, inden fugtspærren udlægges, da skimmel ellers vil kunne vokse i den almindelige tilsmudsning som en almindelig "håndværkerrensning" efterlader på betonoverfladen. Et typisk eksempel på omfordeling af fugt under et udtørningsforløb, hvor der pålægges en fugtfølsom gulvbelægning, er vist på figur 12



Figur 12. Fugtprofil i betongulv og ækvivalent måledybde (a = fugtprofil for nystøbt beton, b = fugtprofil under udtørring, c = fugtprofil efter pålægning af diffusionstæt gulvbelægning og omfordeling af fugt). Øverst: dobbeltsidig udtørring (etagedæk). Nederst: ensidig udtørring (terrændæk). Fra Geving & Thue (2002)

Det gennemsnitlige fugtindhold i en betonplade under dobbeltsidig udtørring kan enten bestemmes ved en veje-tørre-måling i laboratoriet af udhuggede prøver eller ved at måle ligevægtsfugtindholdet i RF% i en dybde på 0,4 gange dækkets tykkelse. Elektroniske fugtfølere kan indbygges i elementer fra fabrik eller i udstøbning mellem elementer og efterfølgende følges ved for eksempel fjernaflæsning over mobiltelefonnettet.

Stærke betoner er tætte, og udtørring af restfugt sker langsomt. Svagere betoner er mindre tætte, men indeholder til gengæld større mængder restfugt, så selv om fugten har lettere ved at tørre ud, så tager det længere tid på grund af den større mængde restfugt.

Maksimalt fugtindhold i beton ved gulvlægning

Gulv	u. gulvvarme	m. gulvvarme
Vinyl og linoleum	85 % RF	75-80 % RF
Trægulv på PE-folie	90 % RF	90 % RF
Trægulv limet til beton	65 % RF	55-60 % RF

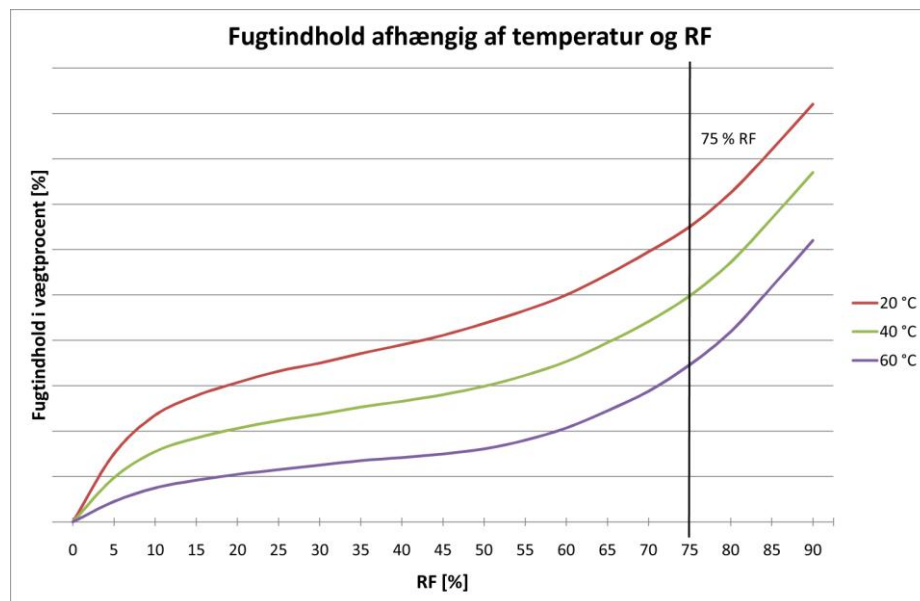
Selvudtørrende betoner indeholder i princippet kun den mængde fugt, der skal til for, at hærdningen af cementen kan finde sted, typisk v/c 0,37-0,40; men de små mængder fugt, som trods alt afgives, vil forsvinde meget langsomt. Hvis der skal lægges et gulv af fugtfølsomme materialer uden en mellemliggende fugtspærre, må det undersøges om fugtindholdet i betonen er tilstrækkeligt lavt

til den valgte gulvbelægning, og om gulvbelægningen er så diffusionsåben, at fugt langsomt kan trænge igennem uden at skade gulvbelægningen. Det vil således ved at anvende selvudtørrende beton i mange tilfælde være muligt at anvende et pålimet trægulv, der tillader en vis diffusion uden underliggende fugtspærre, men ikke en helt tæt belægning i form af vinyl eller linoleum.

Fugt forsvinder hurtigt fra en overfladen af beton under udtørring, og overfladen vil betegnes som "hvidtør". Men umiddelbart under overfladen vil der stadig være betydelige mængder fugt. Da fugtindholdet under udtørring vil være størst i de dybere liggende lag, er det vigtigt, at der ved vurdering af fugtindholdet foretages fugtmålinger i de dybereliggende lag.

Betons afgivelse af fugt under udtørring er af betydning for de andre materialer i byggeriet, og det er den relative fugtighed i betonen, som er afgørende for om udtørringen er tilstrækkelig. Målingen af den relative fugtighed sker for eksempel i et mindre udboret hul i betonkonstruktionen og er en måling der er behæftet med en vis usikkerhed. Bestemmelse af betonfugt ved en veje-tørre-måling er en mere nøjagtig målemetode til løbende at følge et udtørningsforløb. Fugtmålinger i beton er omtalt i SBI-anvisning 224.

Bemærk, at hvis et betondæks udtørring bedømmes ved måling af relativ luftfugtighed i et udboret hul, så er temperaturen af væsentlig betydning, fordi højere temperatur vil vise højere relativ luftfugtighed for samme fugtindhold. Herved kan det for eksempel fejlagtigt sluttes, at der ikke er sket udtørring, selv om fugtindholdet i betonen kunne være faldet. Dette skyldes, at sorptionskurver/eller rettere desorptionskurver) ligger lavere ved højere temperatur, som vist principielt på figur 13.



Figur 13. Principielt eksempel på temperaturrens betydning for måling af betonfugt.

Tilsvarende vil måling af samme relative luftfugtighed kunne svare til forskellige fugtindhold i betonen afhængig af temperaturen.

Huldækelementer af beton vil ofte utilsigtet indeholde vand i kanalerne. Derfor bør der som rutine efter montering bores huller på det laveste punkt (midten) til dræning af en eventuel vandansamling. Ved forspændte betonelementer drænes dog ude fra siderne, fordi elementerne bøjer op på midten.

Elementer af letklinkerbeton

Fugtindhold ved levering af elementer af klinkerbeton kan variere meget med densiteten og vejrliget. Den korteste udtørringstid opnås, når elementerne beskyttes mod nedbør fra produktion, under byggeprocessen, og indtil bygningen er lukket. Tilstrækkelig udtørring før der for eksempel kan males og tapetseres, dvs hvor der er opnået en ligevægt ved 75 % RF, er fire til seks uger – kortest ved ca. 20 °C. Ved denne ligevægt er fugtindholdet 4-7 vægt-% – den laveste værdi ved høj densitet (1800 kg/m³) og højeste værdi ved lav densitet (1200 kg/m³). Bemærk, at RF måles på overfladen (se SBI anvisning 224) eller i borede huller, og det er således ikke luftens RF, som under udtørring vil ligge lavere.

Elementer af porebeton

Elementer af porebeton (densitet ca. 600 kg/m³) leveres normalt emballeret og kan ved levering have et fugtindhold på 30 vægt-%, hvilket kræver mindst en måneds udtørring ved gunstige udtørringsbetingelser for at nå ned på et ligevægtsfugtindhold svarende til 75 % RF, som tillader for eksempel malebehandling og tapetsering. Dette fugtindhold svarer til et fugtindhold på ca. 5 vægt-%. Bemærk, at porebeton, som står uafdækket i byggeperioden, vil kunne opsuge meget store vandmængder med en meget lang udtørringstid til følge. Effektiv afdækning eller bedst totaloverdækning er derfor nødvendig for at opnå en kort udtørringstid. Utilstrækkelig udtørring vil efter indflytning kunne medføre skimmelvækst bag for eksempel malerier, møbler og køkkenelementer.

Blokke af letklinkerbeton og porebeton

Blokke af letklinkerbeton anvendes normalt som øverste del af fundamenter. De bør så hurtigt som muligt forsynes med en grovpudsning eller svumning, som går ned over betonfundamentet. Grovgrundingen er diffusionsåben, men forhindrer vandindtrængen fra omgivelserne. Den afsluttende sokkelpuds påføres så sent som muligt i byggeprocessen for, at blokkene kan nå at udtørre. Hvis sokkelpuds påføres inden blokkene er tilstrækkeligt udtørrede, vil der kunne opstå fine revner i sokkelpuds, som dog mest er af æstetisk betydning.

Blokke af porebeton, der anvendes til vægge, har en densitet i området 350-600 kg/m³ og leveres med et fugtindhold på 30-40 vægt-%. De kræver en lang udtørringstid inden, der kan males eller tapetseres – omkring 8-10 uger afhængigt af udtørringsbetingelserne. Bemærk, at hvis blokke, der findes i tykkelser fra 190 - 420 mm, er blevet kraftigt opfugtet under byggeperioden, vil det kunne tage år at opnå en udtørring, der er tilstrækkelig til at undgå skimmelvækst bag tapet, køkkeninventar, møbler m.m. Som for porebetonelementer er det derfor nødvendigt med afdækning eller bedst totaloverdækning, og fugtindholdet skal inden malebehandling eller tapetsering ned på 5 vægt-% svarende til et ligevægtsfugtindhold ved 75% RF.

Murværk

I modsætning til elementer i beton og letklinkerbeton har murværk en grov porestruktur i teglsten og mørtel, og udtørring fra overfladen sker forholdsvis hurtigt. Men der vil være fugt lige bag overfladen, og udtørringen tager alligevel tid. Udtørring til et niveau, som tillader overfladebehandling, f.eks. i form af tapetopsætning, tager dog – på grund af porestrukturen – sjældent så lang tid som for betonelementer og letklinkerbetonelementer i tilsvarende dimensioner.

Mineraluld

Mineraluld har ikke en egentlig porestruktur og kan derfor ikke optage vand ved kapillarsugning. Mineraluld fra fabrikken er gjort vandafvisende, og vand under byggeperioden har derfor svært ved at trænge ind i materialet.

Mineraluld bør dog opbevares i emballage så længe som muligt eller forsvarligt afdækket i byggeperioden, da erfaringen viser, at uhensigtsmæssig opbevaring under ugunstige vejrforhold vil kunne medføre at vand og urenheder i en vis udstrækning alligevel kan trænge ind i materialet.

Hulmure under opførelse skal afdækkes, da der ellers vil kunne stå store mængder vand i mineralulden. Dette vil ikke kun betyde øget varmetab, men også kuldebroer, der kan betyde opfugtning af en kold væg.

Inden reovering af varme tage, hvor ny isolering og tagdækning anbringes oven på den eksisterende tagflade, må det undersøges, om den eksisterende isolering er tilstrækkelig tør. Hvis den eksisterende isolering har et vandindhold på mere end 0,5 volumen-%, bør den udskiftes, fordi varmeisoleringsevnen er reduceret. Ved dårlig isolering/kuldebro er der ydermere kondensrisiko og skimmelrisiko.

Stål og korrosion

Overfladekorrosion vil kunne forekomme på ubeskyttet stål, hvis der er fugt til stede. Derfor må konstruktioner konstrueres, så ståldele ikke udsættes for frit vand eller kondens, eller de skal beskyttes til en korrosionskategori svarende til de forventede påvirkninger. Ved etablering og udskiftning af altaner med et system af stålprofiler, der bæres af ydervæggen, er det derfor vigtigt, at stålet korrosionsbeskyttes.

Stålarmering i betonkonstruktioner vil være beskyttet af det basiske miljø i betonen med et tilstrækkeligt tykt dæklag.

Udvendig korrosion på rørsystemer kræver altid, at der er vand til stede, mens korrosion inde i rørsystemer kan have mange årsager som omtalt i BYG-ERFA Erfaringsblad (49) 07 08 02, "Stålkonstruktioner – korrosionsbeskyttelse" samt SBI-anvisning 227, "Korrosion i vvs-installationer".

Organiske materialer

I modsætning til de uorganiske materialer er det normalt at foreskrive, at organiske materialer er tilstrækkeligt tørre, når de kommer til byggepladsen. Under byggeprocessen skal det forhindres, at de opfugtes til et ligevægtsfugtindhold på over 75 % RF, som antages at være grænsen for, hvornår skimmelvækst vil opstå. Træbaserede plader vil også kunne være så tørre ved ankomst til byggepladsen, at de kræver konditionering for at undgå senere uønskede deformationer.

Træ og træbaserede materialer

Træ og træbaserede materialer er på grund af risiko for skimmelvækst og angreb af træødelæggende svampe de vigtigste byggematerialer, hvor fugtindhold og opfugtning og udtørring er af betydning.

Træ anvendt i byggeriet bør ved indbygning afhængigt af placering have et maksimalt fugtindhold.

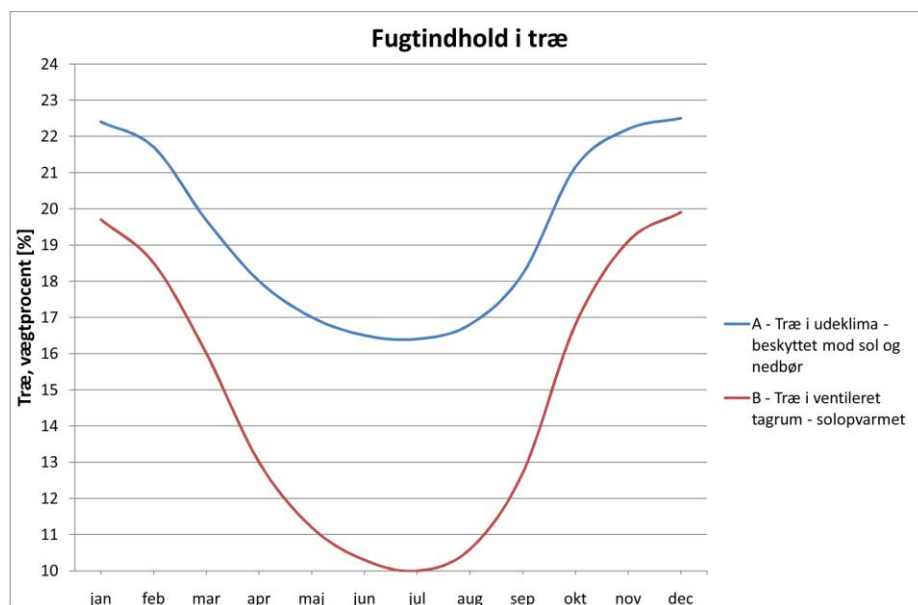
Herved forhindres vækst af skimmelsvamp og trænedbrydende svampe, og det forhindres, at uundgåelige bevægelser som følge af svingninger i materialernes fugtindhold over året fører til uønskede revnedannelser m.m.

Selv om træ indbygges med det korrekte fugtindhold, kan træ opsuge fugt fra luften og fra beton, hvis materialerne ikke er adskilt af en fugtspærre.

Fugt måles bedst med indstiksmåler. Ved måling i dybden anvendes isolerede stikben, som med beslag bankes ind i træet til den ønskede måledybde. Det af-læste resultat korrigeres for træsort og temperatur.

Under vinterforhold er det i ventilerede tagkonstruktioner både under byggeriet og efterfølgende ikke muligt at holde fugtindholdet i træ og træbaserede plader på et fugtindhold svarende til en relativ luftfugtighed på 75 % RF (16-18 vægt-%), som er den formelle grænse for, hvornår der er risiko for skimmelvækst. Erfaringen viser imidlertid, at det er acceptabelt, at træ i ventilerede tagkonstruktioner indbygges med et fugtindhold på op til 20 vægt-% svarende til et lige-vægtsfugtforhold ved 85 % RF.

Når en overskridelse af grænsen på 75 % RF sjældent fører til skimmelangreb skyldes det, at temperaturen er lav, når den relative luftfugtighed er høj (vinterforhold), og at perioder med for høj RF er kort. Desuden vil solopvarmning af en ventileret tagkonstruktion medføre lange perioder med lav RF. På figur 14 er vist fugtindholdet i træ i en velventileret, solpåvirket tagkonstruktion igennem året, samt fugtindholdet i træ, som blot er i ligevægt med den relative luftfugtighed i udeklimaet. Det ses, at fugtindholdet i den velventilerede og solbeskinne-de tagkonstruktion kan gå fra 10 vægt-% om sommeren til godt 20 vægt-% om vinteren.



Figur 14. Forventeligt fugtindhold over året i tagkonstruktionen i velventileret solpåvirket tagkonstruktion.

Det er vigtigt, at træbaserede komponenter under produktion, transport, eventuelt opbevaring og tidlig montering på byggepladsen ikke får fugtindhold, der tillader vækst af skimmelsvamp, dvs. normalt at fugtindholdet er mindre end svarende til 75 % RF (16 vægt-% for træ). Dette kan kontrolleres ved indbygning af traditionelle dataloggere i komponenter eller emballage. På særlige da-

taloggere kan måleresultater aflæses og løbende videresendes trådløst til aflæsning på en computer.

Lægning af trægulve bør normalt ske, når indeluften har en RF på 35-65 % og en temperatur omkring 20 °C for at undgå senere utilsigtede bevægelser. Ved udtørring efter gulvene er lagt, må det tilstræbes ikke at komme ned på for lave relative luftfugtigheder, dvs. mindre end 30-35 % RF.

Gipskartonplader og andre gipsbaserede plader

Kartonlaget på gipskartonplader har meget let ved at opsuge fugt fra rumluften og må derfor ikke anbringes uemballeret i en bygning, som endnu indeholder restfugt fra uorganiske materialer under udtørring eller fugt fra vejrliget. Let opfugtede gipskartonplader uden skimmelvækst kan udtørres, hvorimod skimmelangrebne gipskartonplader skal kasseres. Ved en veje-tørre-veje-fugtmåling (udtørringstemperatur 70 °C) bør gipskartonplader kasseres ved et fugtindhold på over 2 vægt-%. Bemærk, at fugtindholdet i gipsplader kun kan måles ved hjælp af indstiksmålere efter en forudgående kalibrering.

Gipskartonplader på skeletvægge, der er beklædt med gipskartonplader, må ikke stilles direkte på et betondæk, da pladerne vil kunne suge byggefugt fra betonen med risiko for skimmelvækst på kartonlaget. Ved to lag gipskartonplader ses ofte skimmelvækst mellem de to lag, da udtørring sker langsomt.

Gipsplader uden kartonoverflader, men med armering af organiske eller uorganiske fibre bør under byggeprocessen beskyttes mod fugt som gipskartonplader, men er formodentlig mindre følsomme overfor skimmelsvamp.

Fugttransport

Fugttransport mellem materialer

Fugt kan transporteres fra et materiale til et andet enten ved kapillarvirkning eller ved diffusion gennem den "fælles luft", som materialerne befinder sig i. Fugttransport imellem materialer ved kapillarvirkning sker, når materialerne er i fysisk kontakt med hinanden. Fugttransport mellem materialer ved diffusion i luft er bestemt af de senere omtalte sorptionskurver for materialerne.

Kapillarsugning

Hvis et materiale er så fugtigt, at vandet i materialet kan transporteres ved kapillarvirkning, vil vand kunne opsuges i et andet kapillarporøst materiale, som det anbringes i tæt kontakt med.

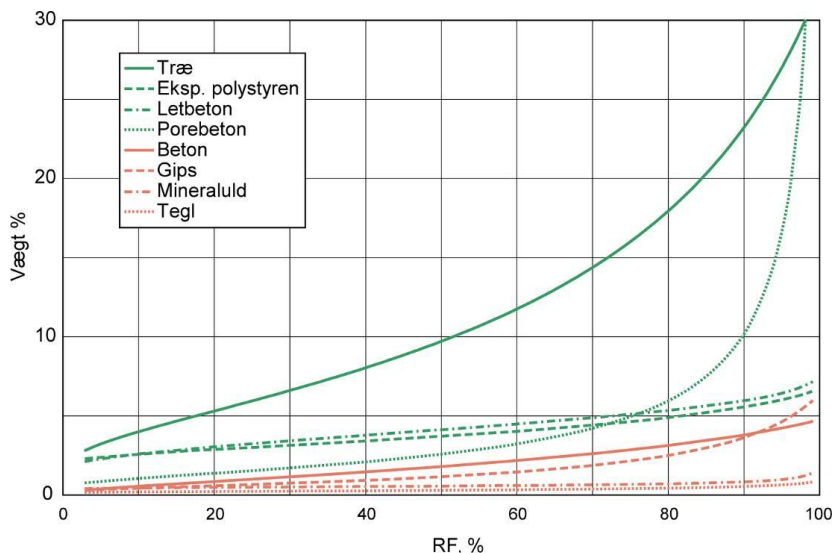
Fugtafgivelse ved direkte kontakt mellem to materialer med forskelligt fugtindhold forhindres ved at indskyde en fugtspærre mellem de to materialer. Dette gælder for eksempel mellem ydervægge og fundamenter. Hvis der ikke findes en fugtspærre eller denne er defekt – især i ældre bygninger – kan fugt suges fra fundamentet og op i murværket. På indersiden af en sådan væg kan fugtopsugningen give anledning til skimmelvækst på den nederste del af væggen.

Diffusion gennem luften

Alle kapillarporøse byggematerialer vil optage eller afgive fugt til den omgivende luft indtil, der er opnået en ligevægtstilstand. Disse materialer kaldes også "hygroroskopiske materialer".

Mængden af fugt i materialet beskrives med den såkaldte sorptionskurve, som angiver sammenhængen mellem materialets fugtindhold og den relative luftfugtighed (RF), som materialet er i ligevægt med ved en given temperatur. Materialet vil optage fugt fra luften, hvis det anbringes i luft med højere RF end svarende til det aktuelle fugtindhold og afgive fugt, hvis det anbringes i luft med lavere RF. Fugtindholdet i materialet angives i reglen i vægt-%, eventuelt i kg/m^3 .

På figur 15 er vist sorptionskurver for en del almindelige byggematerialer. En lang række andre sorptionskurver findes på forskellige hjemmesider, se afsnit 0, *Anvendte links*.



Figur 15. Sorptionskurver for en række almindelige byggematerialer. Fra SBI-anvisning 224, "Fugt i bygninger".

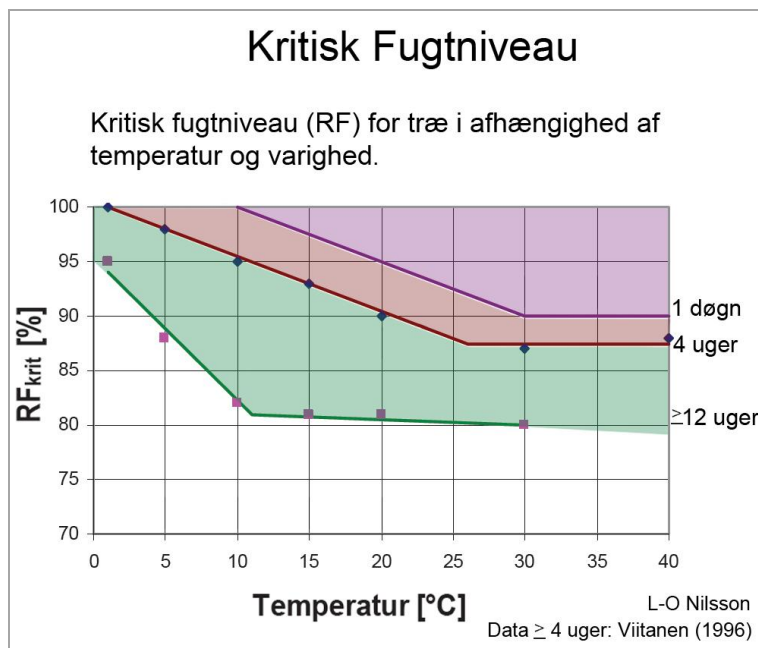
Desorptionskurver (udtøringskurver) ligger lidt højere end den tilsvarende adsorptionskurve (opfugtningskurve). De viste sorptionskurver er gennemsnit af desorptions- og adsorptionskurver.

Hvis to materialer med forskellige sorptionskurver og forskelligt fugtindhold placeres i samme rum – f.eks. hvis træ placeres i en bygning med store mængder restfugt fra beton eller letbeton – så vil fugt ved diffusion gennem luften transporteres fra beton over til træet.

Eksempelvis vil en træbaseret komponent med et fugtindhold på 10 vægt-% svarende til en fugtlige vægt ved 50 % RF opsuge fugt fra luften, hvis den anbringes i samme uventilerede rum som udtørrende beton, hvor rumluften kan have en relativ fugtighed på 90 % RF. Da beton i forhold til træ under udtøringsfasen har en meget større fugtkapacitet, vil det være beton som bestemmer, at fugtindholdet i luften skal ligge meget tæt på 90 % RF. Træet vil herefter fra luften optage fugt svarende til ligevægt ved for eksempel 89 % RF på sorptionskurven, se figur 15, hvilket betyder, at træet vil blive opfugtet til ca. 22 vægt-%.

Et fugtindhold svarende til nær 90 % RF på træets overflade vil medføre risiko for skimmelangreb. Skimmelvækst under byggeprocessen afhænger af temperatur- og fugtpåvirkningen samt, hvor længe påvirkningen foregår. Denne sammenhæng er vist på figur 16, som stammer fra finsk/svensk litteratur. Forskellen mellem figur 16 og figur 3 ligger i, at figur 3 under organiske materialer også regner tapeter og lignende, som er mere følsomme overfor skimmel end træ.

Når der generelt er valgt at sætte en grænse for skimmelvækst på 75 % RF ved træ skyldes det også, at man ønsker at tage højde for måleusikkerhed på instrumenterne.



Figur 16. Sammenhæng mellem temperatur, relativ luftfugtighed og skimmelvækst på træ, se også figur 3.

Da det sjældent (aldrig) under et byggeri er muligt at vente, til beton når ned på en ligevægtsfugt svarende til 75 % RF, er det nødvendigt at fjerne fugt fra luften for at undgå uheldig opfugtning af træ. Dette opnås ved moderat opvarmning og god ventilation eller ved hjælp af affugtningsudstyr. Opvarmning uden effektiv ventilation kan føre til skimmelvækst.

Fugtudveksling mellem uorganiske og organiske materialer

Organiske, fugtfølsomme materialer i form af træ, træbaserede plader samt gipskartonplader vil let kunne optage fugt fra omgivelserne.

Fugten stammer hovedsagelig fra byggefugt, der er afgivet fra beton, letbeton og murværk. Herved kan der på overfladen af træ, træbaserede materialer og gipskartonplader opstå fugtindhold, som tillader vækst af skimmelsvamp, dvs. et fugtindhold større end 75 % RF. Ved byggeri hvor der både anvendes tunge materialer som beton, letbeton og murværk og komponenter af lette fugtfølsomme materialer som træ, træbaserede plader og gipskartonplader, er det derfor vigtigt, at der fastlægges en fugtstrategiplan, hvori det forudses, hvornår de enkelte aktiviteter (montering m.m.) kan gennemføres under hensyn til fugtforholdene på det pågældende tidspunkt.

For eksempel må der ikke monteres elementer af fugtfølsomme materialer i et hus med terrændæk, før dette er udtørret eller afdækket med en diffusionstæt membran, da fugt ellers vil blive drevet fra beton og over i de fugtfølsomme materialer, f.eks. strøgulve.

Tilsmudsning

Tilsmudsede materialer vil kunne danne grobund for skimmelsvamp. Det er derfor vigtigt at holde byggeplads og -materialer rene, se nærmere i afsnit 3.1.4, *Opbevaring af materialer*, tabel 6 samt i afsnit 5, *Udførelse*.

I forvejen emballerede materialer skal derfor være emballerede så længe som muligt, eller indtil forholdene for eksempel konditionering nødvendiggør udpakning.

Et betondæk, som er blevet tilsmudset, skal afrensnes inden byggeprocessen fortsætter, da organisk smuds på beton samt fugtig savsmuld m.m., kan give anledning til skimmelvækst.

Kriterier for materialeudskiftning

Skimmelvækst må ikke forekomme ved aflevering i nyt byggeri eller ved renoveringsopgaver.

Generelt må gipskartonplader og mineraluld med skimmelvækst derfor udskiftes. I andre tilfælde vil en afrensning af overflader være tilstrækkelig, hvis årsagen til skimmelvækst fjernes.

Ved renoveringsopgaver er det vigtigt ved en førregistrering, at der foruden den generelle materialetilstand også sker en registrering af eventuelt skimmelan- greb med henblik på en vurdering af eventuelle indgreb.

Maksimalt fugtindhold

1. Orienterende maksimale fugtforhold (RF) ved tildækning af "våde" materialer, inden videre arbejde finder sted, fremgår af tabel 12.

Tabel 12. Orienterende maksimalt fugtindhold ved videre arbejde

Materiale	Videre arbejde	Relativ luftfugtighed	Vægt-%
Beton	Tæt gulvbelægning, som linoleum, vinyl m.m.	85 % RF	ca. 3 %
	Strøgulve, svømmende gulve på fugtspærre	90 % RF	ca. 4 %
	Limede trægulve uden fugtspærre	65 % RF	ca. 2 %
Porebeton	Spartling	85 % RF	ca. 8 %
	Væv/filt – maling	75 % RF	ca. 5 %
	Inventar	75 % RF	ca. 5 %
Letklinkerbeton	Spartling	85 % RF	ca. 6 %
	Væv/filt – maling	75 % RF	ca. 5 %
	Inventar	75 % RF	ca. 5 %

2. For træ gælder følgende forudsætninger for udvendige arbejder, jf. publikationen "Hvor går grænsen" fra Dansk Byggeri, 2007:
 - Træ til konstruktioner forudsættes at have 18 % ± 2 % træfugt.
 - Træ til udvendig beklædning forudsættes at have 18 % ± 2 % træfugt.
 - Træ til udvendige døre og vinduer forudsættes leveret i overensstemmelsen med Vinduesindustriens Tekniske Bestemmelser.

3. For træ gælder følgende forudsætninger for indvendige arbejder, jf. publikationen "Hvor går grænsen" fra Dansk Byggeri, 2007:
- Træ til indvendige beklædninger forudsættes at have 8 % ± 2 % træfugt.
 - Træ til indvendig døre og vinduer forudsættes leveret i overensstemmelse med Tekniske Bestemmelser for Dansk Dør Kontrol.
 - Træ til snedkerarbejde forudsættes at have 8 % ± 2 % træfugt.
 - Træ til underlag for gulve, ekskl. bjælkelag og gulve, forudsættes at have 10 % ± 2 % træfugt.
 - Bjælkelag forudsættes at have 18 % ± 2 % træfugt ved indbygning.
 - Gulvbelægninger forudsættes at have 8 % ± 2 % træfugt.
 - Alt indvendigt arbejde forudsættes udført i lukkede, opvarmede og udtørrede bygninger.
4. For træ, som er i ligevægt med fugtforholdene i omgivelserne, kan forventes orienterende fugtforhold, som de fremgår af tabel 13.

Tabel 13. Forventelige fugtforhold i trækonstruktioner afhængig af temperatur og placering

Placering	Temperatur	Træfugt (vægt-%)
Træ inde i facader	over 10 °C	15 %
	under 10 °C	17 %
Træ uden på facader	over 10 °C	16-17 %
	under 10 °C	20 %
Træ inde i tagkonstruktioner	over 10 °C	15 %
	under 10 °C	17 %
Træ i ventilerede tagkonstruktioner	over 10 °C	16-17 %
	under 10 °C	20 %

5. De mest almindelige fugtmålemetoder afhængig af materiale fremgår af tabel 14. En uddybende beskrivelse af metoderne findes i SBI-anvisning 224, "Fugt i bygninger". I alle konstruktioner kan der indbygges dataloggere, som registrerer RF. Disse kan med fordel kombineres med temperaturmålinger. Generelt bør temperaturen registreres i forbindelse med en fugtmåling.

Tabel 14. Mest almindelige fugtmålemetoder afhængigt af materiale. I forbindelse med fugtmålinger bør temperaturen også registreres. Målinger af RF kan via sorptionskurver omsættes til vægt-% og vice versa. I alle materialer kan der indbygges dataloggere eller fugtrondeller/dyvlere.

Materiale	Målemetode	Resultat
Beton	Veje-tørre-veje måling	Vægt-%
Letklinkerbetonelementer og blokke	RF i borehuller	RF
Porebeton	Kapacitive målinger	Relative målinger i forhold til andre steder i materialet
Tegl og murværk		
Mineraluld		
Træ og træbaserede materialer	Indstiksmål	Vægt-%
	Kapacitive målinger	Relative målinger i forhold til andre steder i materialet
Gips og gipsbaserede materialer	Veje-tørre-veje måling	Vægt-%
	Kapacitive målinger	Relative målinger i materialet
	Indstiksmål	Vægt-%, dog kun ved forudgående kalibrering

Bilag 2 Terminologi

Dataloggere

Elektronisk udstyr med egen fugt- og temperaturføler. Dataloggeren kan programmeres til at lagre målte værdier af f.eks. relativ luftfugtighed og temperatur. De lagrede målinger kan udlæses til computer enten via kabel eller trådløst, afhængigt af dataloggerens model.

Fugtadaptiv dampspærre

Dampspærre hvis tæthed er afhængig af omgivelsernes fugtindhold. Den fugtadaptive dampspærre vil være mest åben ved høje luftfugtigheder

Kapillarporøst

Porøst materiale, hvor hulrummene danner et sammenhængende poresystem, så der kan ske en kapillarsugning, f.eks. træ og beton. Mineraluld er derimod et eksempel på et porøst materiale, der ikke har denne egenskab.

Totaloverdækning

Overdækning, der dækker hele konstruktionen, typisk som en form for telt, hvorunder arbejdet foregår. I modsætning til f.eks. enkelte presenninger, der lægges på hen ad vejen. Nogle totaloverdækninger kan være mobile for at tillade indhejsning af byggematerialer eller elementer. Begrebet svarer til "totalinddækninger", som anvendt i bygningsreglementet (kapitel 4.1, stk. 5).

Udbudsmateriale

Det materiale, som bygherre, typisk via rådgivere, har udarbejdet til at beskrive arbejdet, så dette kan prissættes af de udførende. I denne vejledning dækker begrebet udbudsmateriale over det materiale, som bygningen opføres efter, dvs. beskrivelser og tegninger. Det vil sige det papir, der anvendes i overleveringen fra projektering til udførelse. Ved for eksempel totalentrepriser vil det ikke svare til det projekt, der er udbudt af bygherren, da den videre forarbejdning (projektering) finder sted efter udbud.

Bilag 3 Referencer

Dette bilag giver et overblik over relevante steder, hvor der kan findes fugtrelaterede oplysninger. Det drejer sig både om kilder, der er anvendt til udarbejdelse af denne vejledning, samt links til andet relevant informationsmateriale.

Anvendte links

I vejledningen er der henvist til følgende links:

www.vinterkonsulenterne.dk vedr. cost-benefit-analyse af totaloverdækning

www.bips.dk vedr. udbudskontrolplaner i standardbeskrivelser:

www.aalborgportland.dk vedr. udtørring af beton

<http://www.byg.dtu.dk/upload/institutter/byg/publications/rapporter/lbm-162.pdf> eller www.masea-ensan.de vedr. sorptionskurver:

Anvendte kilder

Til udarbejdelsen af vejledningen er der anvendt nedenstående kilder kombineret med forfatterens erfaring:

Brandt E. (2009). *Fugt i bygninger* (SBI-anvisning 224). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet..

Dansk Byggeri. (2007). *Hvor går grænsen - Træ/træelementer* (p. 11).

Erhvervs- og Byggestyrelsen. (2006). *Bekendtgørelse nr. 995 af 6. oktober 2006 om bygge- og anlægsarbejder i perioden 1. november til 31. marts (bekendtgørelse om bygge- og anlægsarbejde, vinterbekendtgørelsen)*

Erhvervs- og Byggestyrelsen. (2008). *Bygherrevejledning - Forskrifter og generelle retningslinjer for offentlig byggevirksomhed*. København

Erhvervs og Byggestyrelsen. (2009). *Vejledning i styrket byggesagsbehandling*. København

Erhvervs- og Byggestyrelsen. (2010). *Bygningsreglement 2010*. København.

Erhvervs- og Byggestyrelsen. (2011). *Krav til fugtteknisk dokumentation samt fugtsagkyndiges kompetencer og virke*. København

Geving, S. & Thue, J.V. (2002). *Fukt i bygninger* (Håndbok 50). Oslo: Norges byggforskningsinstitut.

Koch A.P. & Nielsen P. A. (2003). *Renovering af bygninger med skimmelsvampvækst* (By og Byg Anvisning 205). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Sedlbauer, K. (2001). *Vorhersage von Schimmelpilzbildung auf und in Bauteilen*. Lehrstuhl für Bauphysik, Universität Stuttgart.

Teknologisk Institut, (2010) *Vejledning i dokumentation af fugt og udtørring, Bilag 3 for Kalk og Teglværksforeningen af 1893*, dateret 2010.01.31

Links til publikationer om fugt i udvalgte konstruktioner

Nedenstående liste af publikationer beskriver fugtforhold i forskellige udvalgte konstruktioner. Fokus i disse publikationer er i modsætning til nærværende vejledning mere på driftssituationen end byggeprocessen.

SBi-anvisning 224, "Fugt i bygninger", se www.anvisninger.dk.

Anvisninger fra Tagpapbranchens Oplysningsråd, se www.tor.info.

Publikationer fra BYG-ERFA, se www.byg-erfa.dk.

Publikationer fra Træinformation, se www.traeinfo.dk.

Publikationer fra Murerfagets Oplysningsråd, se www.muro.dk.

Publikationer fra Gulvbranchen, se www.gulvbranchen.dk.

Publikationer fra Dansk Undertagsklassifikationsordning, se www.duko.dk.

Titel Vejledning om håndtering af fugt i byggeriet
Serietitel
Udgave 1. udgave
Udgivelsesår 2010
Forfattere Eva Møller, m.fl
Sprog Dansk
Sidetal 82

ISBN 978-87-563-1883-9

Udgiver Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet,
A.C. Meyers Vænge 15, 2450 København SV
E-post sbi@sbi.aau.dk
www.sbi.dk

Der gøres opmærksom på, at denne publikation er omfattet af ophavsretsloven.