

Præfabrikeret træskeletbyggeri

Facader, Tag og Strategi for tørt byggeri



foto Kasper Kristensen

Kursus d. 26.-27. november 2025

1

Træinformation Kasper Kristensen

TRÆ

1

Dry wood is happy wood



3

Træinformation

TRÆ

3

1

Hvordan vil jeg holde træet tørt ?

Træinformation

TRÆ

4

4



BYG-ERFA Erfaringsblad (21) 19 09 07



TRÆ 62 Skadet træværk



Foto: Kasper Kristensen

Træinformation

TRÆ

5

5

Fugtindhold

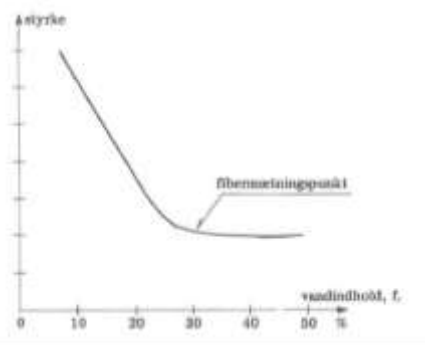
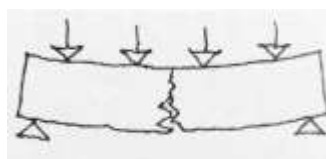
Træinformation

TRÆ

6

Træ mister styrke og stivhed ved opfugtning

- Styrken falder 30 % ved opfugtning med 10 % træfugtindhold
- Deformationer fra reduceret stivhed



Stigende fugtindhold

7

Træinformation

TRÆ

7

Forventeligt fugtindhold i træ

20% til 100%	Udendørs i jord
28% til 30%	Fibermætningspunkt
12% til 28%	Udendørs over jord, ubeskyttet
15% til 22%	Udendørs over jord, i fri luft under tag
20%	<u>Grænse for biologisk nedbrydning</u>
16% - 18%	Grænse for skimmelvækst ved temp > 15 °C
12% til 16%	Uopvarmede bygninger
7% til 12%	Indendørs i opvarmede bygninger
6% til 10%	Centralt opvarmede rum med konstant temperatur
Under 7%	Meget tørt indeklima fx varmegenvinding

13

Træinformation

TRÆ

13

Skimmel

Vil kunne forekomme på alt ikke-overfladebehandlet træ i udendørs miljø



Udendørs 2,5 år, Teknologisk Institut



Ask



Rødgran



Western red cedar (Thuja)



Trykimprægneret (Cu) fyr

14

Træinformation

TRÆ

14

Skimmel

Eksempel – Udendørs efter 1 år

Største forekomst: Fyr splint
 Mindste forekomst: Fyr kerne og Gran



15

Skimmel

Eksempel gran

Hjerteved / Splintved

Splintved

Hjerteved



16

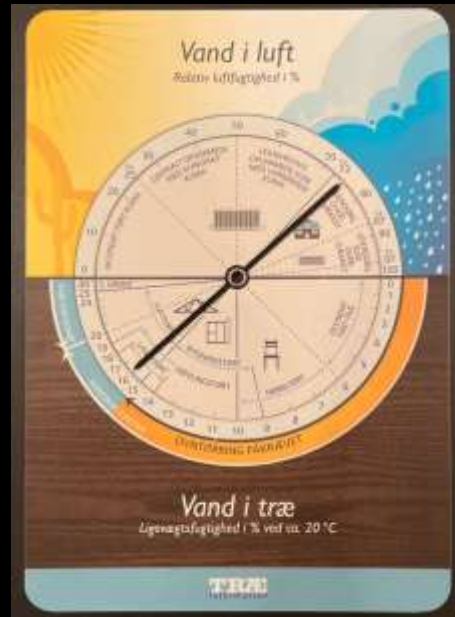
16

Træinformation

TRÆ

Forebyggelse af skimmelvækst

- Træfugtindhold < ca. 16 %
~ 75 % RF
- Ved lave temperaturer tillades højere fugtighed
se *SBI-anvisning 277*
- Se også *SBI-anvisning 274 og 281* om vurdering af
omfanget af skimmelsvamp og udbedringsmetoder



Træinformation

TRÆ

17

17

Myndighedskrav

Salen

Træinformation

TRÆ

18

Fugtkrav

- Bygningsreglementet, BR 18

§ 334 - § 338 Fugt

- § 334 Bygninger skal projekteres, udføres og vedligeholdes, så vand og fugt ikke medfører risiko for personers sundhed eller skader på bygningen.
- § 336 Bygningskonstruktioner og –materialer må ikke have et fugtindhold, der ved indflytning medfører risiko for vækst af skimmelsvamp.
- 1.2. Det skal sikres, at konstruktionerne ved indbygning ikke har et fugtindhold, der medfører risiko for vækst af skimmelsvamp. Ligeledes skal det sikres, at konstruktionerne ikke opfugtes i byggefasen eller at der indbygges materialer med synlig skimmelvækst.

19

Træinformation

TRÆ

19

Fugtkrav

- BR 18 Vejledning

Vejledning til kapitel 7, Byggepladsen og udførelsen af byggearbejder, § 161 - § 165

- "Fugtfølsomme materialer kan fx beskyttes ved, at der anvendes hensigtsmæssig opbevaring på byggepladsen og kvalitetssikringsprocedure, totalinddækning under opførelsen, og at der i tidsplaner afsættes tid til den nødvendige udtørring af byggematerialer."

20

Træinformation

TRÆ

20

Fugtkrav - Træfugtindhold ved levering og indbygning

DS/EN 1995-1-1, Eurocode 5: Trækonstruktioner:

10 Udførelse og kontrol

10.2 Materialer

(2) Træ og træbaserede bygningsdele må ikke unødigt udsættes for klimatiske forhold, der er værre end dem, der forventes i den færdige konstruktion.

(3) Før indbygning bør træet tørres, således at dets fugtindhold så nøje som muligt svarer til de klimatiske betingelser i den færdige konstruktion.

Træinformation

TRÆ

21

21

Facader

(del af strategi for tørt byggeri)

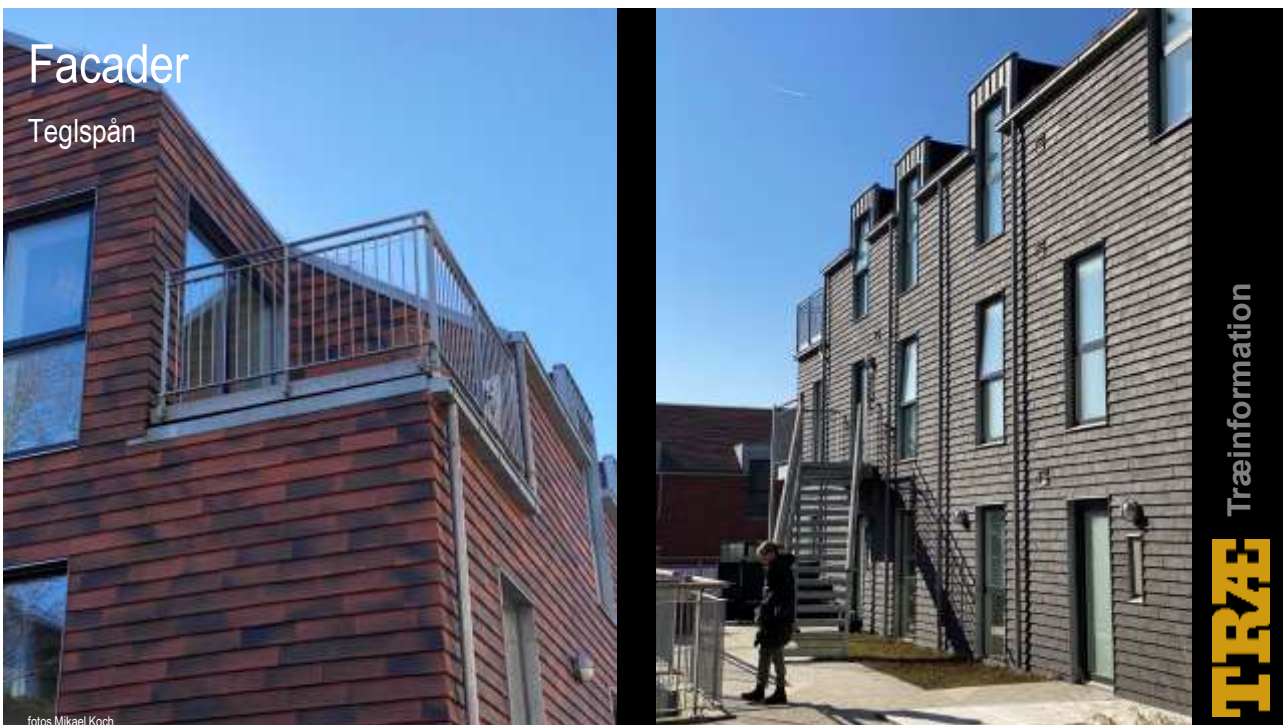
Træinformation

TRÆ

22



23



24



25



26

Facader

Skalmur



Foto Kasper Kristensen



Foto Kasper Kristensen

Træinformation

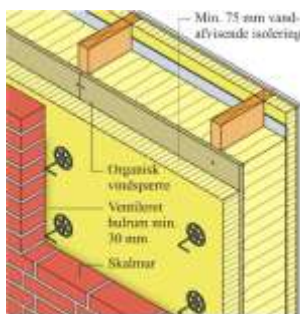


Facader

Skalmur

TRÆ 56 og

BYG-ERFA (21) 22 08 19



Figur 20 Skalmuret træskeletvæg med beskyttet vindspærre af organisk materiale.



Figur 20A Skalmuret træskeletvæg med beskyttet vindspærre af uorganisk eller skimmelsæstani or-



Figur 44 Søjkel ved skalmuret facade med beskyttet vindspærre.



Figur 45 Søjkel ved skalmuret facade med beskyttet vindspærre.

Træinformation



Facader

Alu



Signalgården 2012 / foto ONV Arkitekter

Træinformation



30

30

Facader

Træ



Fotos Kasper Kristensen

31

Træfacader

- Vigtigst for holdbarheden er træets kvalitet og facadens detaljering
- Kernetræ og spejlskårede brædder optager mindre fugt
- Ny håndbog TRÆ 81 på vej



Thuja efter 35 år

Fotos Træinformation

2

Træinformation

TRÆ

32

Facader

Træ

Ubehandlet
gran



Foto Kasper Kristensen



Foto Mikael Kock

Træinformation

TRÆ

33

Facader

Træfacader

Ubehandlet
lærk, en på to



Træinformation

TRÆ

Foto Mikael Kock

34

Facader

Træ



Foto Kasper Kristensen



Foto Helene H Mikkelsen

35

Sektionering
Konstruktiv
brandbeskyttelse



fotos Mikael Koch



Træinformation



36

Sektionering
Konstruktiv
brandbeskyttelse



foto Mikael Koch

Træinformation



37

Træfacader

Høj sokkel



39

Hvad er holdbarheden ?

Naturlig holdbarhed overfor biologisk nedbrydning

Indendørs, tørt:	Flere hundrede år Tørt træ er næsten uforgængeligt
Udendørs:	Fra 20 år til +100 år Afhængig af træart og kvalitet

Se mere: TRÆ 57, TRÆ 60, TRÆ 69, TRÆ 70, T
eknologisk Institut, Norsk Institut for skov og landskab, BS/EN 350-2.

40

Træinformation

TRÆ

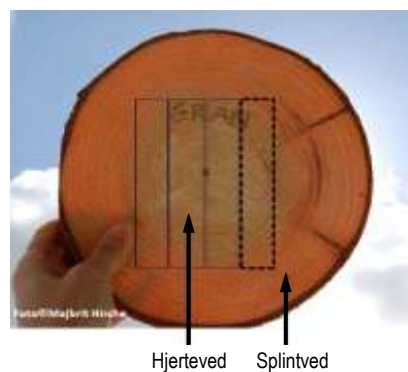
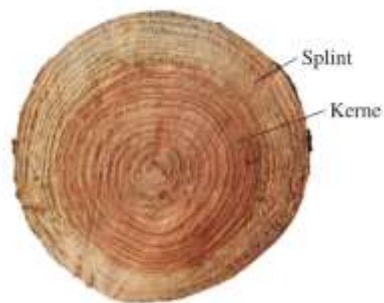
40

Hvad er holdbarheden ?

Naturlig holdbarhed overfor biologisk nedbrydning

Indendørs, tørt:	Flere hundrede år Tørt træ er næsten uforgængeligt
Udendørs:	Fra 20 år til +100 år Afhængig af træart og kvalitet

Se mere: TRÆ 57, TRÆ 60, TRÆ 69, TRÆ 70, T
eknologisk Institut, Norsk Institut for skov og landskab, BS/EN 350-2.



41

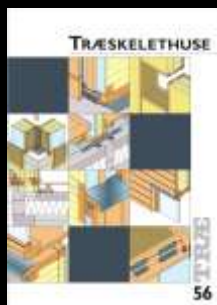
Træinformation

TRÆ

41

Detaljer

www.traeinfo.dk



42

Træinformation

TRÆ

42

Tagform

(del af strategi for tørt byggeri)

Træinformation

TRÆ

43



Hældningstage med tagudhæng
giver god beskyttelse mod nedbør

Træinformation

TRÆ

44

44

700 år

Ventileret og overdækket

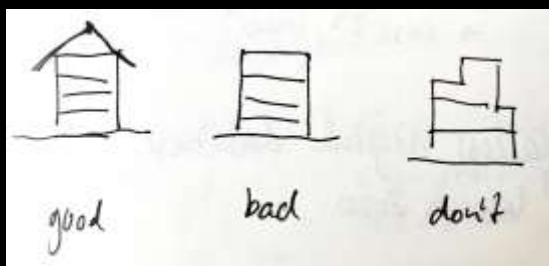
Klokketårn i Kiplev ved Aabenrå, 1300 tallet
 "Det danske træhus - en levende tradition"
 Træbranchens oplysningsråd



Træinformation

TRÆ

45



Træinformation

TRÆ

46

46

Træbyggeri = hældningstage og tagudhæng



Foto BMI

Træinformation

TRÆ

47

Tagudhæng

- Holder ydervægge tørre
- Forlænger facadens levetid



foto Kasper Kristensen



foto Kasper Kristensen

48

Hældningstage med tagudhæng



fotos Kasper Kristensen

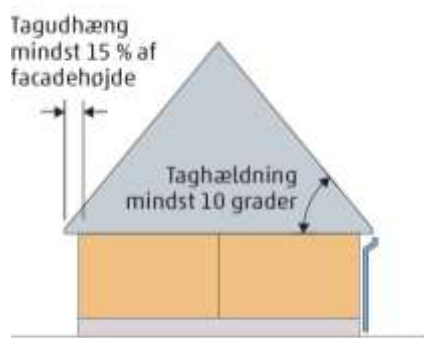
Træinformation

TRÆ

49

49

Hældningstage og tagudhæng



a. Bygning i én etage

TRÆ 80

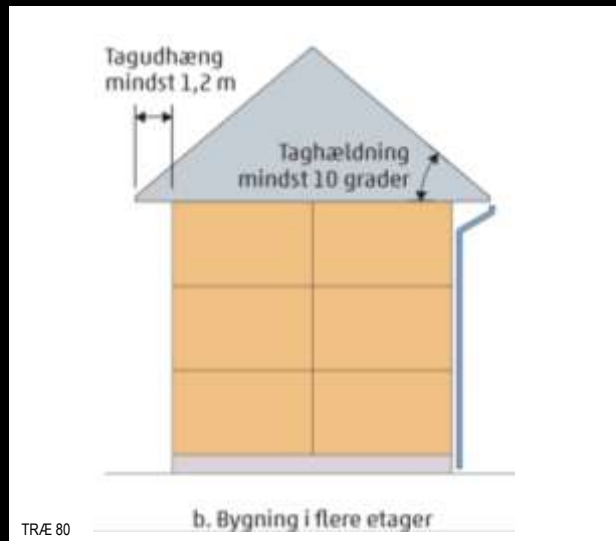
1. Taghældning mindst 10°
2. Tagudhæng mindst 15 % af facadehøjde
3. Regnvand på udvendig side af facade

Træinformation

TRÆ

50

Hældningstage og tagudhæng



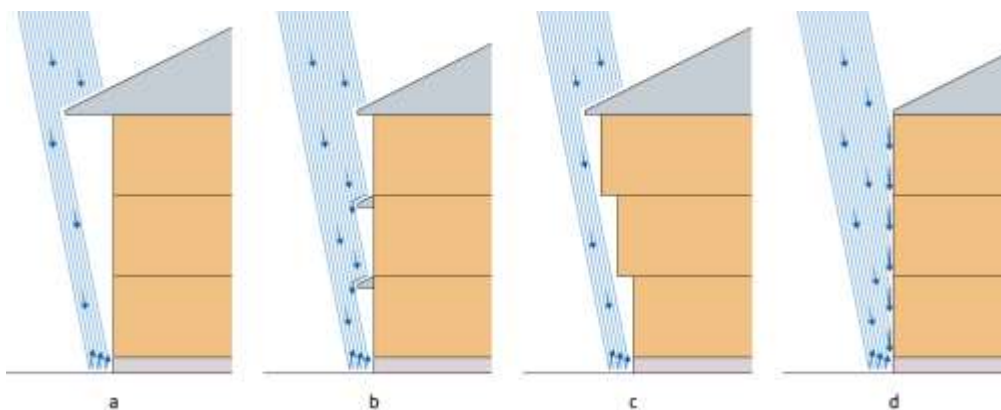
1. Taghældning mindst 10°
2. Tagudhæng i etagebyggeri fx 1,2 m både langs facader og gavle
3. Regnvand på udvendig side af facade

Træinformation

TRÆ

51

Tagudhæng holder træet tørt



TRÆ 80

52

52

Træinformation

TRÆ

Holdbarhed 1.400 år

Ventileret og overdækket

Tempel Hōryū-ji i Nara, Japan



Træinformation

TRÆ

53

53

Tagudhæng holder træet tørt

Illwerke Zentrum Montafon, Voralberg Østrig, 2019

Foto Kasper Kristensen



Træinformation

TRÆ

54

Keep it simple

1. Anvend simple hældningstage
(Led regnvand effektivt væk fra bygningen)
2. Undgå komplicerede sammenskæringer
og spring i tagfladen
3. Minimér antallet af gennemføringer
i tagfladen

Se TRÆ 77 og TRÆ 80



Foto: Tommy Bunch-Nielsen



Foto: Rap Tag ApS / TRÆ 77

Træinformation

TRÆ

56

56

Fugtberedskab
(måske det vigtigste)

Træinformation

TRÆ

58



foto: Kasper Kristensen

Træbyggeri adskiller sig fra betonbyggeri

- Tørt byggemateriale
- Sårbart overfor fugt

Træinformation

TRÆ

59

59

Produceres tørt på fabrik



foto: Kasper Kristensen

Opfugtes på transport og byggeplads



60

Træinformation

TRÆ

60



Der er behov for en fugtstrategi

Beskytte mod skadelig opfugtning:

- Afskærmning mod nedbør
- Velvalgt byggetakt
- Dokumentation af fugtindhold

TRÆ 62

61

Træinformation

TRÆ

61

Idé og projekteringsfase – holde træet tørt



1. Er der fornuftig hældning på taget ?
2. Er der anvendt sikre løsninger for vådrum og VVS-installationer ?

63

Træinformation

TRÆ

63

Byggefase – holde træet tørt



foto Kasper Kristensen

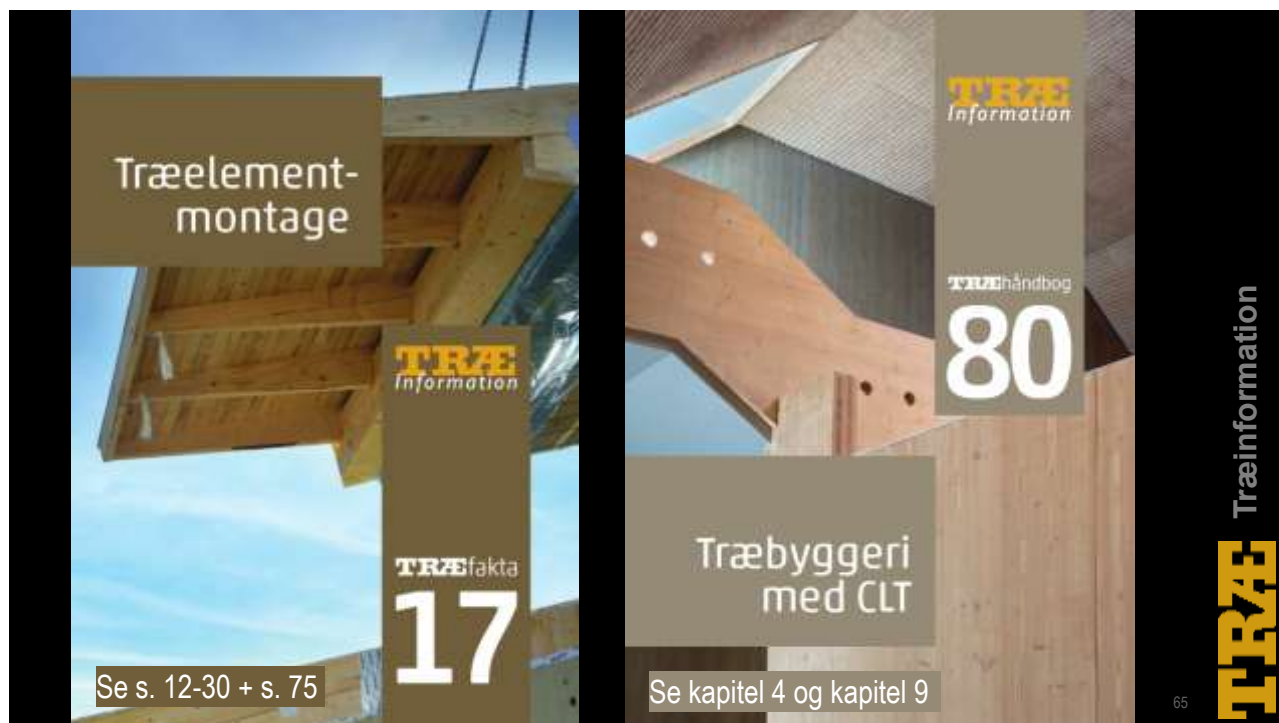
3. Hvordan vil jeg beskytte mod opfugtning ?
4. Er der sat tilstrækkelig tid af til udtørring ?

Træinformation

TRÆ

64

64



Træelement-
montage

TRÆ
Information

TRÆ fakta
17

Se s. 12-30 + s. 75

TRÆ
Information

TRÆ håndbog

80

Træbyggeri
med CLT

Se kapitel 4 og kapitel 9

Træinformation

TRÆ

65

65

Krav til fugtstrategiplan

Skal som minimum indeholde

- **Plan for beskyttende foranstaltninger** mod skadelig opfugtning af bygningsdele og materialer fra nedbør samt fugt fra tilstødende bygningsdele.
- **Beskrivelse af overdækningsmetode.**
- Redegørelse for håndtering af fugt i byggefasen, herunder **interimsafvanding** og bortledning af regnvand.
- **Fugtkriterier og krav til fugtindhold** i materialer og bygningsdele, herunder metoder og **plan for fugtmålinger.**
- **Metoder for opbevaring af materialer** på byggepladsen.
- **Beskrivelse af** montagemæssige forudsætninger, fx **byggetakt** og koordinering med byggeriets montageplan.
- **Metoder og tidsplan for udtørring** og konditionering af bygningsdele og materialer, herunder tidspunkt for opvarmning af bygningen.
- Oplysninger om særligt risikobehæftede forhold, herunder hvordan det sikres, at disse ikke medfører skadelig opfugtning.
- **Beskrivelse af beredskab** ved sandsynlige uheld og svigt af beskyttende foranstaltninger med forslag til afhjælpning og udbedringer.
- **Kontrolplan**, der dokumenterer forholdene gennem udførelsesfasen, herunder udviklingen i **fugtindhold i materialer.**
- Kontrolplanen bør indeholde krav om fotodokumentation.

Se TRÆ 80 og SBI 278

66

Træinformation

TRÆ

66

Krav til fugtstrategiplan

Detaljeret indhold, se TRÆ 80 (selvstudium)

Tabel 4.5 Eksempel på overvejelser i fugtstrategi, projektering og udførelse

Risikostyring	Fugtkriterier Kendelse af ved skadelig opfugtning Fugtkriterier i projekter eller teknisk bygning Instans for fugtstrategi
Bygningsudformning	Støj af taglæk og afløb Tilstrækkeligt fald på taget Støj af skel-løsninger for afløb Støj af materialer og byggearbejdet Støj af mindre bygge detaljer Måleplan (afslutning af arbejder) under montage af facade- eller tagarbejder
Byggetakt	Støj af monteringsarbejdet Støj af byggetakt og plan for lukning af bygning Kvalitet i arbejdet Interimsafvanding
Udførelse	Overvågning af byggetakt Sikkerhed og montageplan for montage af dele fra lastbil eller med enklings Kvalitet i fugtindhold ved installation, på byggepladsen og frem til installation Støj fra skelarbejdet Plan for afvikling af materialer og byggearbejdet Ingen brug af støv og støv Tilstrækkeligt fald på afløb Løst arbejde, installation og afslutning for opvarmning
Fugt teknisk dokumentation	Fugtstrategi Dokumentation af fugtindhold gennem udførelsesfasen Kvalitet i arbejdet i fugtstrategi Dokumentation for udbedringer Dokumentation af handlinger for udbedringer Kvalitet i fugtindhold af facade eller tag Kontrolplan og fotodokumentation

Tabel 4.6 Eksempel på overvejelser om beskyttende foranstaltninger

Overdækninger	Totaloverdækning, flytbare overdækninger eller lokale udførelser Hurtig etablering af tæt tag Interimsfacader og -tagelementer Weekend-løsninger Bortledning af regnvand
Forholdelse af materialer	Opbevaring og håndtering af CLT på byggepladsen Kontrol af fugtindhold Undgå direkte vandkontakt Fugtpærme mod fundament og våde materialer Kantbeskyttelse af ender i CLT-elementer Beskyttelse mod smuds og tilsmudsning Overfladebehandling Sikring mod lækage fra VVS-installationer
Fugtberedskab	Vedligehold, tilsyn og kontrol af beskyttende foranstaltninger Beredskab og fugtalarmer Planlægning af arbejdet iht. vejvudsigt og vejradar Skybrudforsikringer (risiko størst i sommermånederne) Vinterforanstaltninger Rengøring af materialer Afhjælpningstiltag

Se TRÆ 80 og SBI 278

67

Træinformation

TRÆ

67

Flest skybrud om sommeren



Foto Kasper Kristensen

Træinformation

TRÆ

68

68

Fugtberedskab

Ansvarligt team, der rykker ud i regnvejr



Staltech Industries PTE Ltd



foto Kasper Kristensen



Træinformation

TRÆ

69

Fugtberedskab

- Sikre bortledning af regnvand
- Vedligehold og kontrol af beskyttende foranstaltninger, afdækninger, samlinger endetræ osv.
- Skybrudssikring og plan B
- Planlægning af arbejde ifht. vejrudsigt
- Løbende fugtmålinger, alarmer og dokumentation ved fugtsagkyndig



Foto Kasper Kristensen

71

Træinformation

TRÆ

71

Opfugtning sker hurtigt → udtørring sker kun langsomt

Træinformation

TRÆ

72

72

Hvad er tørretiden ?

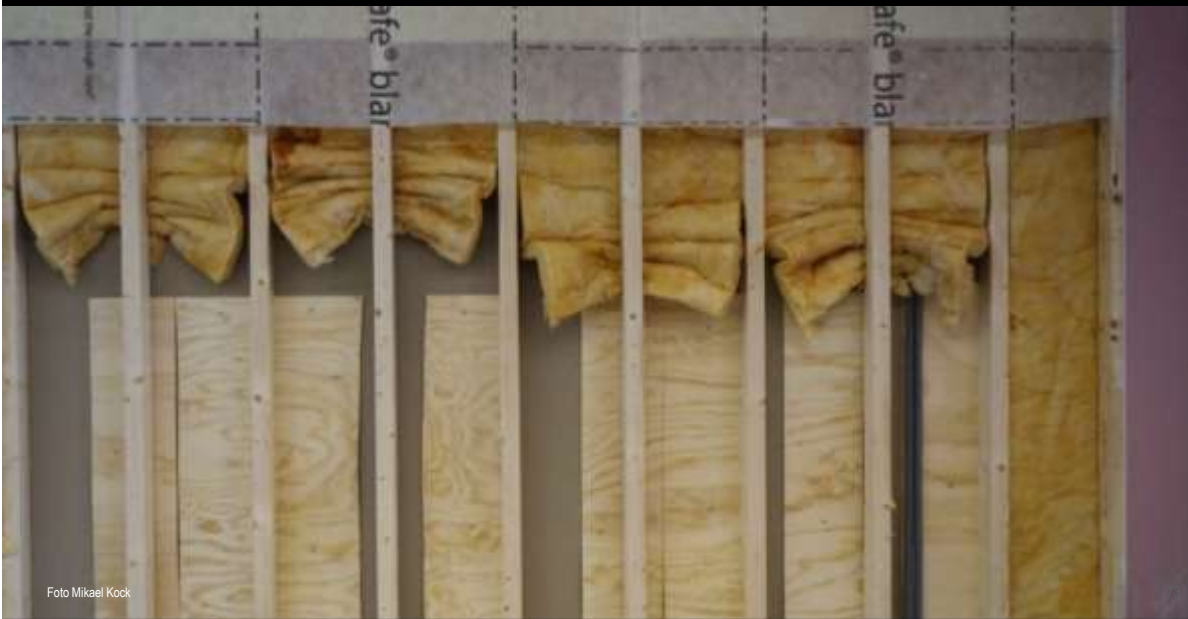


Foto Mikael Kock

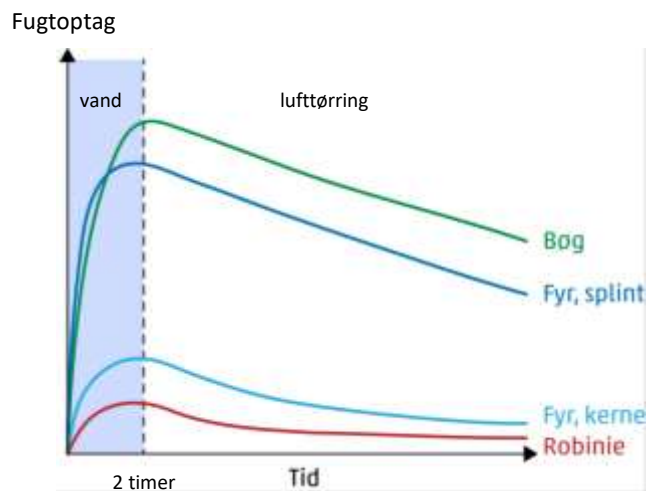
Træinformation

TRÆ

73

Hvor hurtigt opfugtes træ ?

Eksempel – Endetræ i vand



Emil Thomsen

- Opfugtning sker hurtigt, udtørring sker kun langsomt
- Kerneved optager mindre fugt pga. vandskyende kernestoffer

74

Træinformation

TRÆ

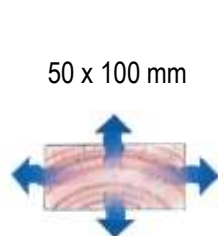
74

Hvad er tørretiden ?

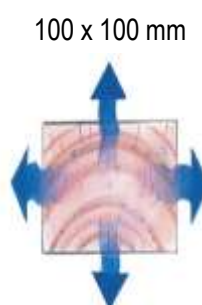
Eksempel – Udtørring af granplanke og grantømmer

Træfugtindhold fra 18 % (lagertørt) → 8 % (møbeltørt)

Klima 50 % RF og 20 °C (centralopvarmet rum/værksted)



Tørretid ca. **40 dage**



Tørretid ca. **100 dage**

TRÆ 45

75

Træinformation

TRÆ

75

Byggetakt

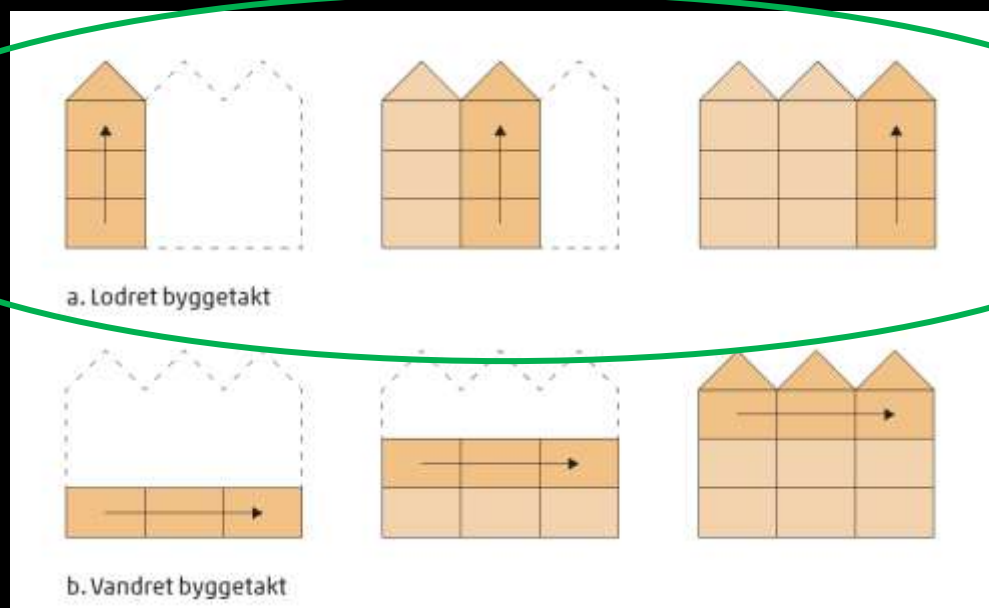
(en del af fugtstrategien)

Træinformation

TRÆ

77

Byg lodret - hurtig lukning med eget tag



TRÆ 80

78

Træinformation

78

Bygning under eget tag

Træinformation

79

79

Lodret byggetakt (bygning under eget tag)

- Præfabrikerede træskelelementer, hurtigt tæt tag

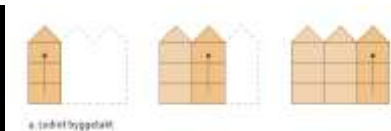


foto: Adserballe & Knudsen



foto Kasper Kristensen

81

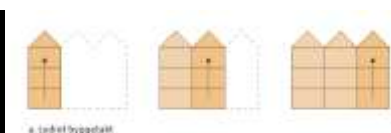
Træinformation

TRÆ

81

Lodret byggetakt (bygning under eget tag)

- Tagelementer monteret samme dag som vægelementer



fotos Mikael Koch

82

Træinformation

TRÆ

82

Midlertidige tag- og facadeelementer

Træinformation

TRÆ

85

85

Midlertidige tagelementer

- Gitterspær løftes af og på



foto Kasper Kristensen

86

Træinformation

TRÆ

86

Midlertidigt tag - flytbart tag kører på stillads

- Råhusafsnit lukkes fra terræn til tag
- Lodret byggetakt

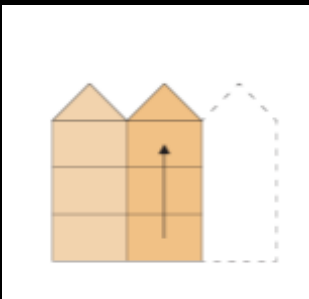


foto Tommy Bunch-Nielsen⁸⁷

Træinformation

TRÆ

87

Midlertidige facader - pladsbygget



fotos Kasper Kristensen / TRÆ 80

Træinformation

TRÆ

88

88

Midlertidige facader - system

- Råhusafsnit lukkes fra terræn til tag
- Lodret byggetakt

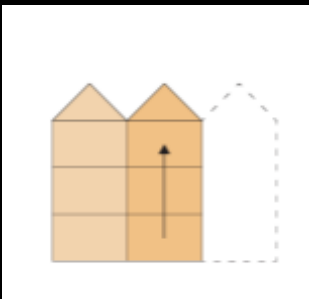


foto Kasper Kristensen

89

Træinformation

TRÆ

89

Totaloverdækning

Træinformation

TRÆ

90

90

Totaloverdækning



foto Kasper Kristensen



foto Kasper Kristensen

91

Træinformation



91

Totaloverdækning



foto NCC



foto Kasper Kristensen

92

Træinformation



92

Totaloverdækning

Forventninger:

- Vejrligsproblemer elimineres
- Kranløsning og adgangstilkørsel løser logistikken
- Sårbare materialer beskyttes bedst muligt i udførelsen
- Tidsplanen får de bedste betingelser og kan måske optimeres
- Budgetøkonomien er i gode rammer



foto Kasper Kristensen

93

Træinformation

TRÆ

93

Totaloverdækning

Erfaringer:

- Tilkørsel af flere samtidige leveringer og montager kan skabe ventetider
- Traverskraner er langsomme og ikke egnede for alle montager
- Mobilkraner er ikke egnede indenfor en totaloverdækning
- Ændring af leverancer er ikke altid muligt uden at andre leverancer forsinkes
- Forlængelse af en tidsplan forlænger også lejen af en totaloverdækning. Totaloverdækninger er relativt dyre i leje.



foto Kasper Kristensen

Træinformation

TRÆ

94

Totaloverdækning

En af grundene til at vælge totaloverdækning kan være:

- at den valgte klimaskærm er så sårbar for vejrlig at rækkefølgen af processerne er afhængig af en totaloverdækning
- at reparation og udskiftning af fugtskadede dele ikke kan accepteres
- at udtørring af byggefugt ikke kan indeholdes i tidsplanen



foto Kasper Kristensen

Træinformation

TRÆ

95

Måling af træfugt

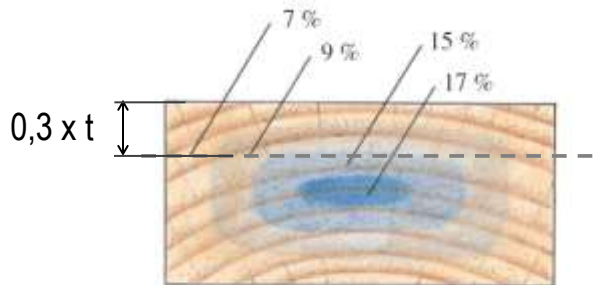
Træinformation

TRÆ

96

Måling af gennemsnits fugtindhold

Bygningstørt niveau $12 \pm 2 \%$



Gennemsnitsfugtindhold måles i dybde $\sim 0,3 \times$ tykkelsen

TRÆ 70 , DS/EN 13183-2

97

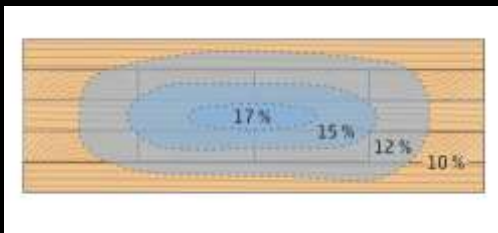
Træinformation

TRÆ

97

Måling af træfugt

- Fugtindholdet kontrolleres både på overfladen og i dybden $0,3 \times t$



TRÆ 80



Foto BM TRADA

98

Træinformation

TRÆ

98

Fugtovervågning med indbyggede fugtmålere

Træfugtindhold, relativ luftfugtighed og temperatur

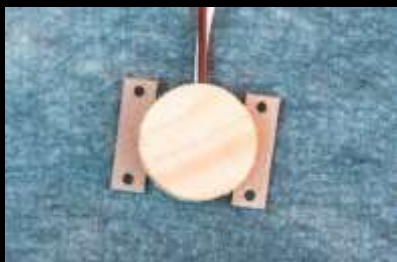


Foto SBI-anvisning 277



Foto Kasper Kristensen

Træinformation

TRÆ

101

101

Fugtovervågning med indbyggede fugtmålere

Større dimensioner



Foto Kasper Kristensen



Foto Kasper Kristensen

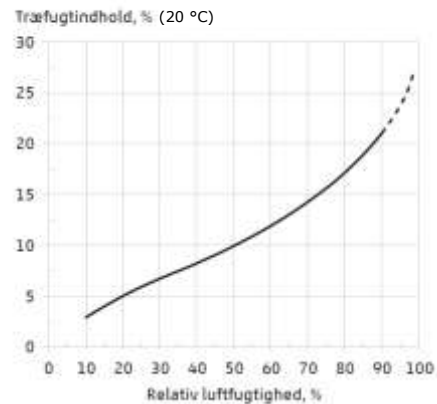
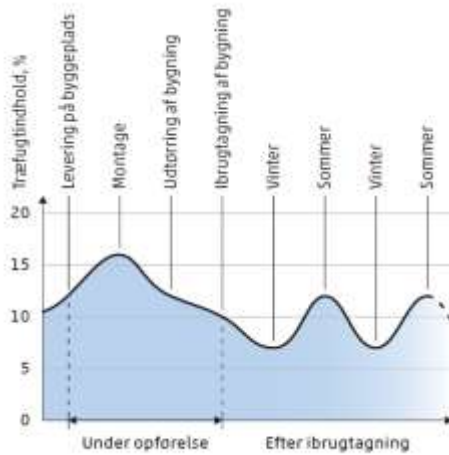
Træinformation

TRÆ

102

102

Byggeplads og årstidsvariation



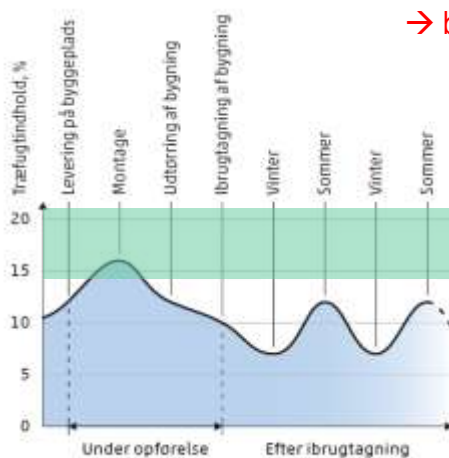
104

Træinformation

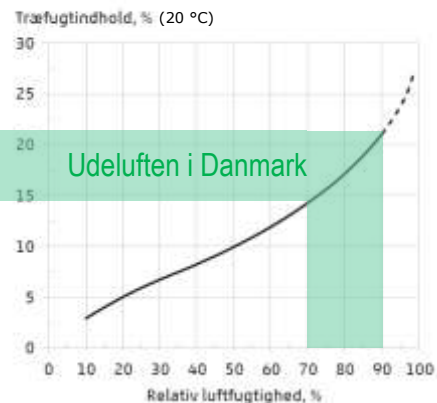
TRÆ

104

Byggeplads og årstidsvariation



→ behov for effektiv montage og fugtstyring i byggefasen



TRÆ 80

106

Træinformation

TRÆ

106

Fugtteknisk dokumentation

Måleprogram iht. fugtstrategiplan

- Modtagekontrol, Udførelseskontrol, Mellemlagring og Slutkontrol
- ✓ Har der været kritisk høje fugtniveauer?
- ✓ Dokumentation af udbedringer og udtørring
- ✓ Er træet tørt ved overlevering og hvad er planen for at holde det tørt?



107

Træinformation

TRÆ

107

Tak for opmærksomheden

+45 2623 8672 / kk@traeinfo.dk



109

Træinformation Kasper Kristensen

Træinformation

TRÆ

109