

FUGT

1. Indledning til fugt	3
2. Tagfald, tagnedløb og lunkekrav	4
2.1 Tagfald	5
2.1.1 Tagafvanding generelt	8
2.1.2 Indvendige afløb	10
2.1.3 Udvendige afløb	11
2.1.4 Udvendige, indeliggende afløb	12
2.1.5 Dimensionering	14
2.1.6 Lunker	16
2.1.7 Afstand mellem tagnedløb	17
2.2 Opbygning af fald	18
2.2.1 Kuvertfald	19
2.2.2 Skotrende med fald	20
2.2.3 Fald mod kasserender med fald	23
2.3 Afløbsbrønde	25
2.3.1 Tagbrønde	26
2.3.2 UV-afløb	28
2.4 Tagdetaljer	30
2.4.1 Gennemføringer	31
2.4.2 Krav til inddækningshøjder	33
2.4.3 Inddækningshøjder på tagterrasser	34
2.5 Afvanding af grønne tage	39
2.6 Afvanding af parkeringsdæk	40
3. Fugttekniske forhold	42
3.2 Fugtbetingede forhold	43
3.2.1 Fugt i luft	44
3.2.2 Fugt og tage	46
3.2.3 Fugttransport ind i tagkonstruktion	47
3.2.4 Diffusion	51
3.2.5 Konvektion	52
3.2.6 Dampspærre	53
3.2.6.1 Dampspærre i varme tage	54
3.2.6.2 Dampspærre i kolde tage	57
3.3 Fugtblastningsklasser	58
3.3.1 Generelt	59
3.3.2 Specielle bygninger	62
3.4 Kritisk temperatur	63
3.5 Valg af tagkonstruktion	64

3.5.1 Valg af koldt tag	65
3.6 Ventilation af kolde tage	67
3.6.1 Generelt	68
3.6.2 Ventilation med hætter	74
3.7 Uventilerede kolde tage	76
3.7.1 Uventilerede ståltagsselementer	78
3.8 Fugt i materialer	79
3.8.1 Opfugtning af træmaterialer	80
3.8.2 Vækst af skimmelsvampe	82
3.8.3 Kontrol af fugtindhold	83
3.9 Sommerkondens	84
3.10 Pumpevirkning	87
3.11 Fugt- og temperaturbetingede bevægelser i underlag	88
3.12 Forbedring af fugtforhold	89
3.13 Renovering og merisolering	90
3.13.1 Udvendig merisolering af kolde tage	91
3.13.2 Udvendig merisolering af varme tage	95
3.13.3 Overtryksventilation	96
3.14 Tagterrasser, grønne tage og parkeringsdæk	97
3.14.1 Kondensrisiko i omvendte tage og duotage	99
3.14.2 Tagterrasser	100
3.14.3 Grønne tage	102
3.14.3.1 Afledning af vand fra grønne tage	105
3.14.3.2 Kontrol af membranens tæthed	106
3.14.4 Parkeringsdæk	107
3.14.4.1 Kontrol af membranens tæthed	108
4. Lufttæthed	110
4.1 Lovkrav	111
4.2 Lufttæthed i tagpaptage	112
4.2.1 Ventilerede kolde tage	113
4.2.2 Varme tage	114
4.3 Materialer til dampspærre i varme tage	115
4.4 Udførelse	118
4.5 Byggepladsmembran	121

1. INDLEDNING TIL FUGT

Med de øgede krav til isoleringstykkelse er de ydre dele af tagkonstruktionerne blevet koldere og udtørres ikke i samme grad som tidligere af varme fra bygningen. En gennemsnitlig lavere temperatur rykker ved de bygningsfysiske forhold og dermed ændres anbefalinger med hensyn til isolering og placering af dampspærre m.v.

Der er i dag stor fokus på skimmelvækst, hvor man tidligere mere havde fokus på trænedbrydende svamp. Skimmelvækst kan opstå, når den relative fugtighed på en overflade i en længere periode er over ca. 75 %, mens trænedbrydende svampe kræver højere fugtniveauer for at udvikle sig. Med den øgede bevidsthed omkring skimmelvæksts skadelige påvirkning på mennesker er kravene til et acceptabelt fugtniveau blevet skærpet, hvilket har indflydelse på tagkonstruktionens opbygning. Dette er særlig relevant i forbindelse med ombygning fra koldt til varmt tag.

Med øget isolering får kuldebroer en relativ større betydning for det samlede varmetab og kan i nogle tilfælde medføre risiko for kondens- og skimmelvækst i forbindelse med kuldebroen. Til vurdering af kondensrisiko beskrives en metode fra Dansk Standard DS/ISO EN 13788.

Fugtbelastningen i bygninger er inddelt i fem fugtbelastningsklasser, der tager udgangspunkt i DS/ISO EN 13788, afstemt til danske forhold og erfaringer. En bygnings indplacering i fugtbelastningsklasse er afgørende for valg af tagkonstruktion.

2. TAGFALD, TAGNEDLØB OG LUNKEKRAV

Alment

Regn- og smeltevand skal på sikker måde ledes bort fra tagfladen og under normale omstændigheder til kloak eller faskine, afhængig af lokalplanen for området, hvor bygningen er placeret.

Bygningsreglement BR15/18 stiller krav om, at der skal være fald på tage og det anføres i vejledningsteksten, at 1:40 er det anbefalede minimumsfald, svarende til 25 mm pr. m.

Kravet om fald blev indført i BR77 ved et tillæg, der trådte i kraft den 1. januar 1981. Dette har haft stor betydning for holdbarhed og levetid af tage med lille hældning. Ved renovering af eksisterende tage med udvendig merisolering anbefales det, at der opbygges fald med kileskåret isolering for at opnå bedre afvandingsforhold og dermed mindre risiko for skadelige vandansamlinger.

2.1 TAGFALD

Det er vigtigt, at tage har et veldefineret fald mod afløb, tagrende eller skotrende. Faldet medfører forøget levetid for tagdækningen, en forøget sikkerhed mod utæthed og en begrænsning af eventuelle følgeskader.

Hovedfaldet på taghældningen skal være mindst 1:40, eller 25 mm pr. meter. På stedvise mindre områder kan der tolereres en negativ afvigelse på 5 mm pr. meter, svarende til en i praksis minimal acceptabel hældning på 1:50 på grund af udførelsesmæssige tolerancer. Der må således ikke projekteres med mindre fald end 1:40.

Der skal også være fald i skotrender og sammenskæringslinjer mellem tagflader og modfaldskiler.

For kasserender skal faldet være mindst 1:100 både ved nybyggeri og renovering.

For sammenskæringslinjer ved skotrendekiler og modfaldskiler tillades fald ned til 1:165.

Hældninger		
1:L	mm pr. m	Grader
1:1	1000	45
1:2	500	26,5
1:5	200	11,3
1:20	50	2,8
1:40	25	1,4
1:50	20	1,2
1:80	12,5	0,7
1:100	10	0,6
1:165	6	0,4

Tabel 2.1.1: Taghældninger

For at få en effektiv taghældning på 1:40 er det nødvendigt at tage hensyn til både op- og nedbøjningen af tagkonstruktionen. Ved slappe tagkonstruktioner kan det være nødvendigt at øge taghældningen, for at modvirke nedbøjningen.

For egenvægt alene skal konstruktionens nedbøjninger begrænses, således at den resulterende taghældning lokalt over understøtningerne er mindst 1:50. Dette medfører ved en taghældning på 1:40 et stivhedskrav for egenvægt på:

$$u/l < 1/640$$

For egenvægt + sne må der ikke optræde bagfald på taget. Dette medfører ved en taghældning på 1:40 et stivhedskrav for egenvægt + sne på:

$$u/l < 1/128$$

u = nedbøjning

l = spændvidde

Den resulterende hældning ved vederlagene for et simpelt understøttet tagdæk med hældning kan beregnes som følgende og som vist i figur 2.1.1.

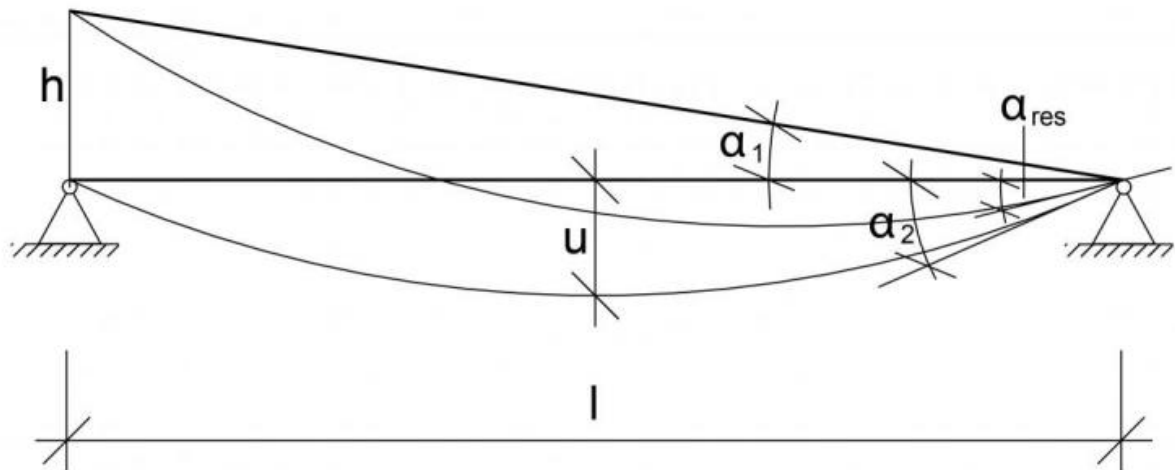
vinkel fra taghældning: $\alpha_1 = h/l$

vinkel fra nedbøjning: $\alpha_2 = 16/5 \times u/l$

Resulterende hældning:

$\alpha_{res} = \alpha_2 - \alpha_1 = h/l - 16/5 \times u/l$

Taghældning 1:40 svarer til $\alpha_1 = 1/40$



α : vinkel

u : nedbøjning

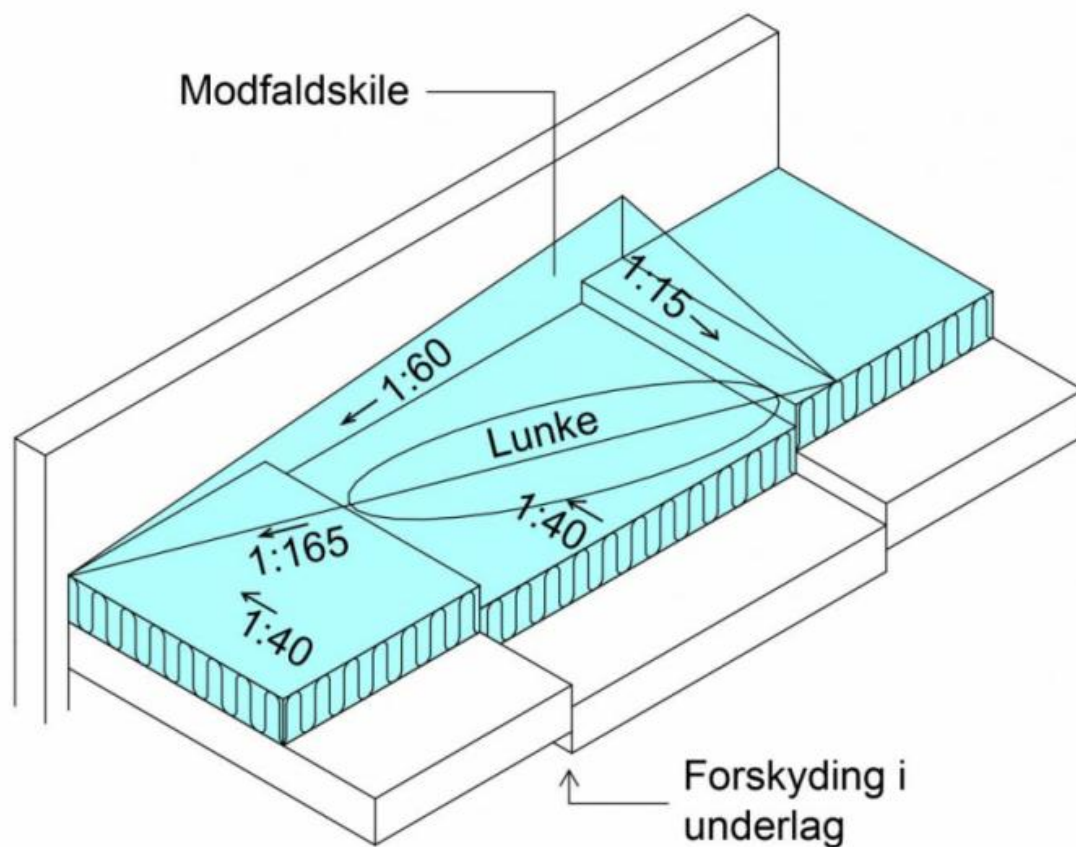
l : spændvidde

h : højdeforskel

Figur 2.1.1: Beregning af resulterende hældning α_{res}

Opbøjning af fx forspændte betonelementer kan også påvirke hældningen, og dette skal der tages hensyn til ved planlægning af tagfald og placering af nedløb. Opbøjning af forspændte betondæk kan typisk være 30-40 mm, der skal kompenseres for. Spring mellem elementer kan også påvirke det effektive fald.

Ved skotrender og på fx tagterrasser med fald 1:100 kan en opretning med afretningsmørtel være påkrævet for at opnå et veldefineret fald og undgå lunger.



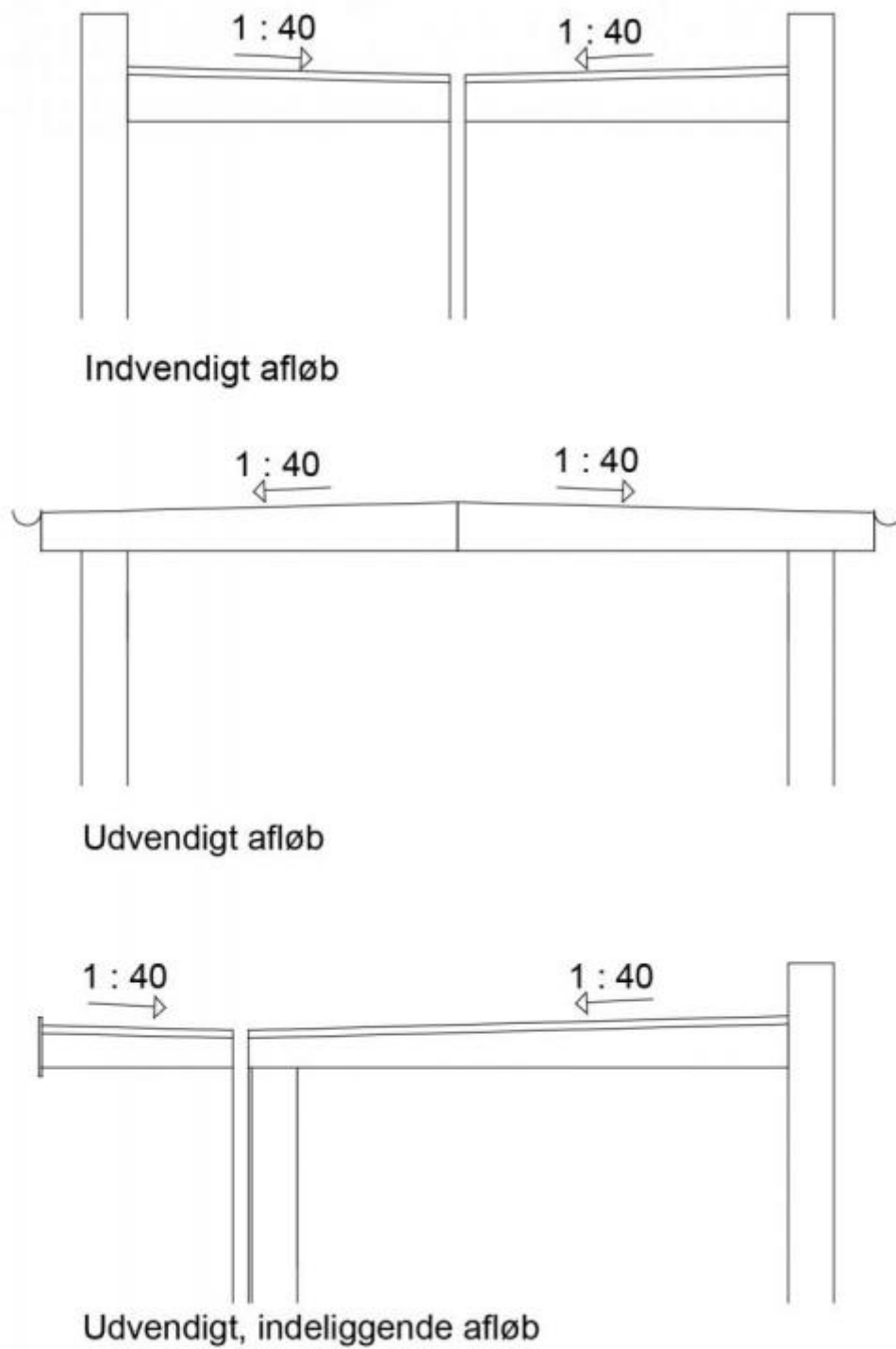
Figur 2.1.2: Typisk lunkedannelse ved spring i underlag i forbindelse med modfaldskiler langs murkrone.

Kravet om taghældning 1:40 gælder for tage, hvor tagdækningen er direkte eksponeret for vejr og vind. For tagopbygninger, hvor tagpappen er beskyttet mod frost fx i omvendte tage og duo-tage, kan hældningen i visse tilfælde reduceres til et effektivt fald på 1:100, men det kræver normalt opretning af underlaget.

2.1.1 TAGAFVANDING GENERELT

Afvanding kan ske enten til udvendige tagrender og nedløbsrør eller til indvendige afløb. Kan man frit vælge, vil udvendige afløb normalt være at foretrække. Hvilken af løsningerne der vælges, afhænger af bygningens karakter og tagets størrelse.

Det anbefales, at der etableres overløb (evt. udspyr) ved indvendige afløb.



Figur 2.1.1.1: Definition på afvandingstyper

2.1.2 INDVENDIGE AFLØB

Tage med lille hældning er afløbsteknisk karakteristiske ved, at regnvandet strømmer langsomt til afløbene, der udføres som tagbrønde med tilløb fra alle sider.

For at undgå tilfrysning er det nødvendigt at anbringe tagnedløbene indvendigt i opvarmede bygninger - eller at sørge for opvarmning af tagnedløbene med varmekabler.

Tagbrønde placeres på tagets laveste punkter. Der skal her tages hensyn til konstruktionens nedbøjning og eventuelle sætninger, jf. forrige afsnit.

I øvrigt kan tagnedløbene ofte med fordel placeres ude i fagene i stedet for ved understøtningerne, som jo altid vil ligge højere.

For tage med lav hældning kan et system med UV-brønde vælges for at undgå regnvandsledninger med fald. Se omtale senere.

Tagbrønde skal forsynes med bladfang.

Tagbrønde bør placeres min. 0,5 m fra andre inddækninger og tagkanter, således at såvel tagbrøndens inddækning som de øvrige inddækninger kan udføres forsvarligt.

Indvendige afløb har den fordel, at de altid er isfri og derfor sikrer afvanding af tagfladen. Det skal dog påses, at afløbene ikke tilstoppes, og derfor må man med passende mellemrum, mindst 2 gange om året, efterse taget og rense bladfang. Dette er især vigtigt ved løvfald.

Nedløbsrørene skal isoleres mod kondensdryp på ydersiden. En isoleringstykkelse svarende til 20-50 mm mineraluld er passende.

Ved dimensionering af nedløbsrørene bør der for flade tage i Danmark normalt regnes med en regnintensitet på 230 l/s pr. hektar (10.000 m²). Se i øvrigt SBI-anvisning 255.

Klimaændringer fra den globale opvarmning medfører større og heftigere regnskyl. I forbindelse med bygninger, hvor konsekvenserne af skader er store, bør der dimensioneres med 20 % større regnintensitet.

Ved grønne tage og tagterrasser strømmer vandet langsommere til afløbet, hvilket medfører, at afløbskoefficienten reduceres væsentligt. Dette skal vurderes i det konkrete tilfælde, specielt ved anvendelse af UV-brønde, hvor den selvrensende effekt vil forringes ved for ringe vandføring.

UV-afløb bør derfor ikke anvendes hverken ved intensive eller semiintensive grønne tage.

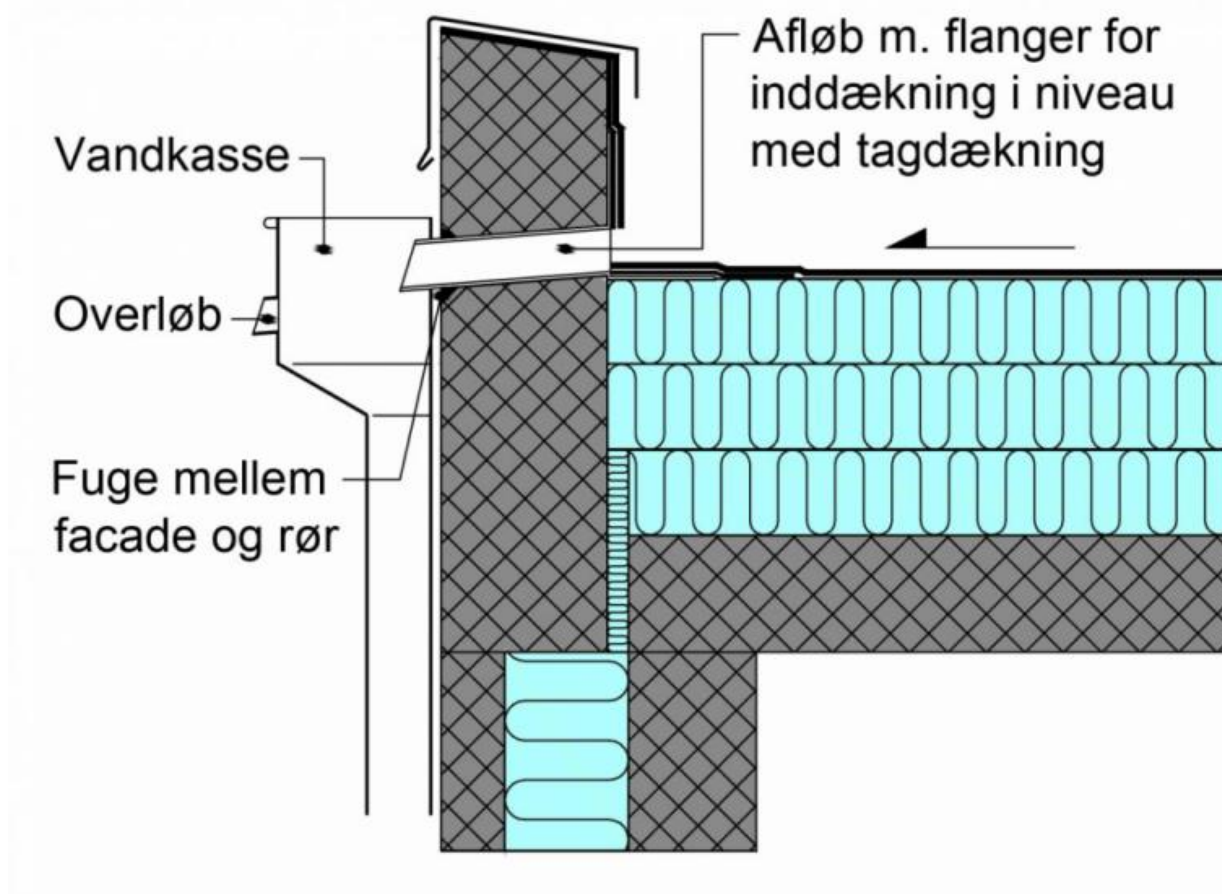
2.1.3 UDVENDIGE AFLØB

Udvendige afløb fungerer normalt tilfredsstillende. Men man kan risikere isdannelser i tagrenden og nedløbet (specielt i nordsiden), som kan forårsage opstuvning af smeltevand - med risiko for indtrængning af vand i vægge og lofter.

2.1.4 UDVENDIGE, INDELIGGENDE AFLØB

Det bør undgås, at placere indeliggende afløb under store udhæng. Der er risiko for, at de fryser til om vinteren, idet de ikke opvarmes af solen.

Kan denne type afløb ikke undgås, skal de sikres med varmekabler.



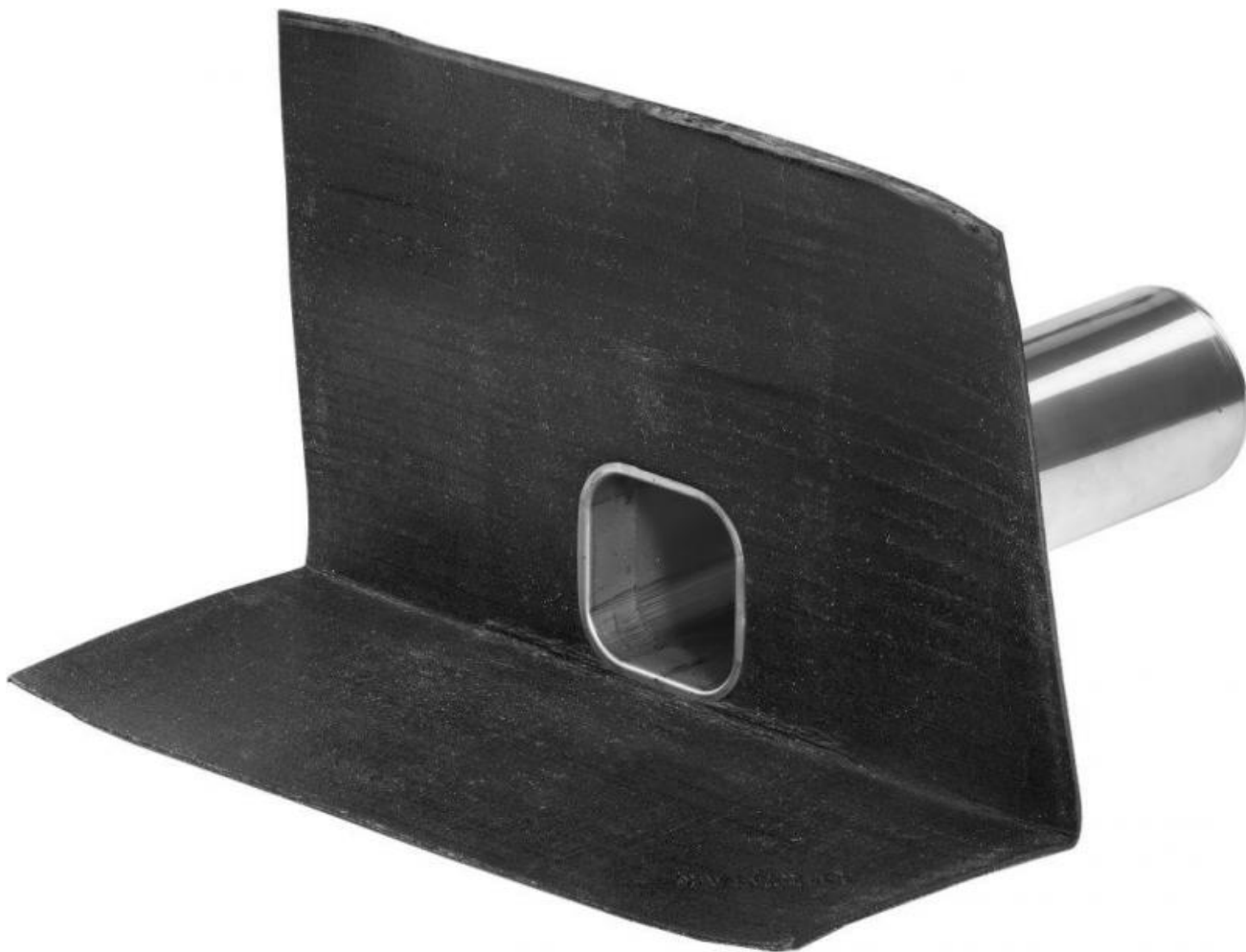
Figur 2.1.4.1: specielt afløb fra tagfladen til udvendig vandkasse

Afløb til udvendige vandkasser er en mulighed, som vist på figur 2.1.4.1. I det tilfælde skal der anvendes et specielt afløb fra tagfladen og til gennemføring i væg, for at undgå vandindtrængning. Gennemgående rør skal monteres med fald mod vandkasse. Og for at undgå vandophobning foran afløb, skal afløbet forsænkes, således at inddækningen ligger i niveau med tagdækningen. Der skal fuges mellem udspyer og facaden for at undgå, at regnvand trænger ind.

Vandkasser skal udføres med overløbssikring, som er lavere end indløbsrør. Vandkasser bør i kritiske situationer sikres mod frost med varmekabler.

Det indeliggende afløb skal udføres som et gennemgående rør uden samlinger. Og det anbefales, at brønden udføres af rustfrit stål og med flange af rustfrit stål, som er påsvejst 1. lag tagpap fra fabrik, som vist på figur 2.1.4.2. Dette gælder også for afløb ved gennemføring i væg.

Produktionsprocessen bør være overvåget og gennemgå løbende kvalitetssikring.



Figur 2.1.4.2: Tagbrønd til gennemføring i væg i rustfrit stål med 1. lag tagpap påsvejst fra fabrik

2.1.5 DIMENSIONERING

Antal og størrelse af nedløbsrør kan dimensioneres efter SBI-anvisning 255 (2015) og DS EN 12056 del 2 (2001).

Eksempler på kapaciteter fremgår af tabel 2.1.5.1.

Kapaciteten for nedløbsrør afhænger af, hvor på bygningen de er placeret. Ved placering midt på facaden kan det største tagfladeareal afvandes, mens en placering i siden giver de mindste angivne afvandingsarealer.

Indvendig diameter på tagnedløbsrør [mm]	Areal af tagflader, der kan afvandes [m ²]
70	90-130
80	130-180
90	180-230
100	230-340

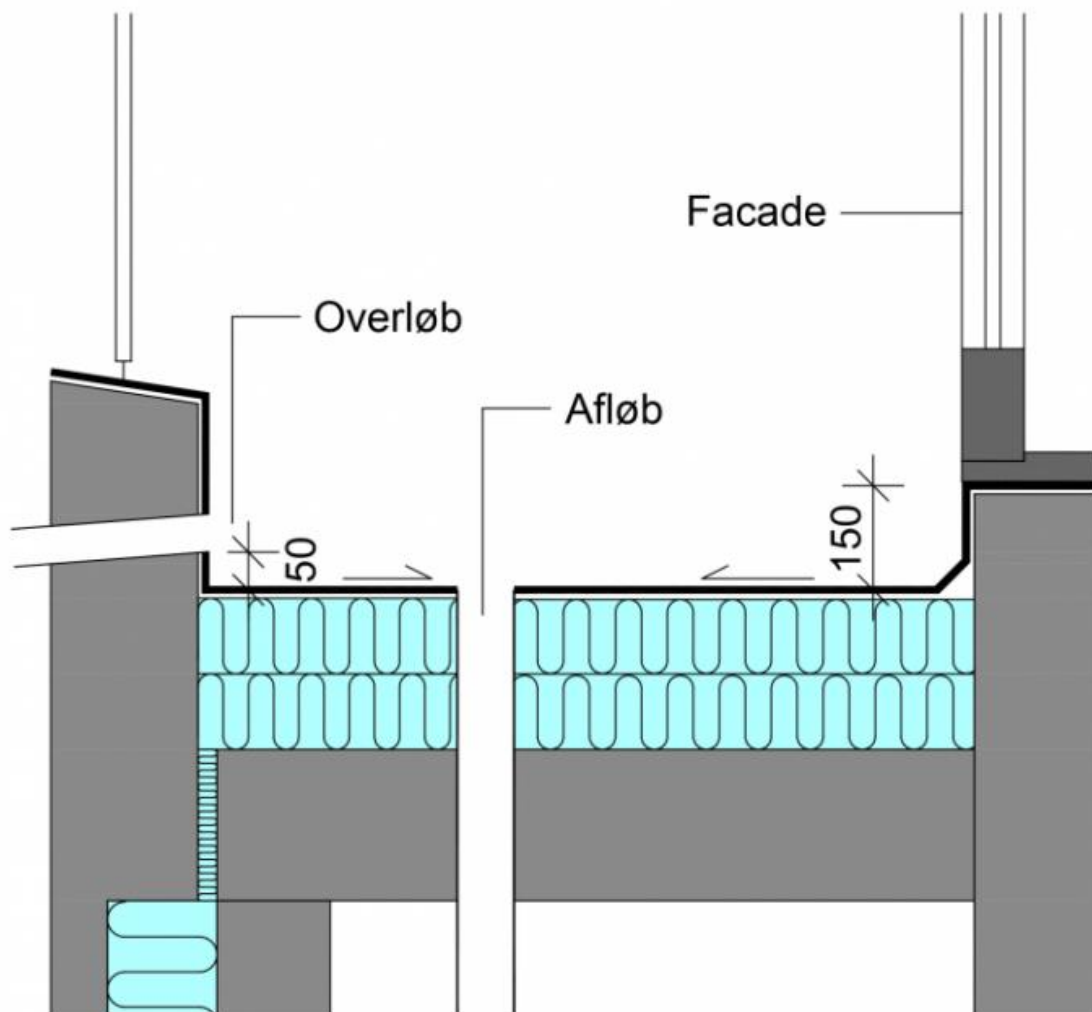
Tabel 2.1.5.1: Vejledende kapaciteter for nedløbsrør

Når der anvendes sideudløb gennem væg, er kapaciteten mindre end angivet ovenfor, og der henvises til producenternes dokumentation.

Så vidt muligt bør der anvendes mindst to nedløb pr. tagflade. Nedløbsrørens dimensioner bør også vurderes under hensyntagen til eventuel tilstopning. Nedløbsrør under 70 mm kan derfor normalt ikke anbefales, med mindre der er tale om VA-godkendte afløbssystemer.

På små tagflader (< 90 m²) med kun et afløb skal der etableres et overløb, som kan træde i funktion, hvis afløbet stopper til. Overløb udføres som et gennemgående ubrudt rør uden samlinger igennem facaden. Dette er specielt vigtigt ved lavere bebyggelser omgivet af løvfældende træer.

Overløbet placeres ca. 50 mm over laveste punkt, så det kun virker, hvis afløbet er tilstoppet. Overløbet skal placeres, så det virker før ophobet vand kan gå over inddækninger mod facader, ovenlysvinduer og lignende.



Figur 2.1.5.1: Placering af overløb

På nybyggeri med større tagflader (over 200 m²) skal den nedre arealgrænse anvendes, for at undgå tilstopning. I tilfælde af tilstopning skal de øvrige brønde have tilstrækkelig kapacitet til at overtage den ekstra vandmængde.

2.1.6 LUNKER

Overlæg i tagpapbaner og inddækninger samt montage-unøjagtigheder for tagelementer m.v. kan medføre, at der optræder smålunker på tagfladen, selv om der er projekteret et fald på 1:40. Hvis disse lunker har en beskedent størrelse, anses de normalt for at være uden indflydelse på tagdækningens holdbarhed.

Da tilstrømningen til tagnedløb på tagpaptage sker langsomt, skal lunkestørrelserne måles ca. 2 timer efter et regnskyt.

Acceptabel lunkestørrelse på tagfladen er:

- Max vanddybde i lunke: 10 mm
- Max areal af lunke: 1,5 m²
- Max lunkeareal: 10 % af tagfladen

Dvs. at lunke op til 1,5 m², maksimalt 10 % af tagfladen og en maksimal vanddybde på 10 mm kan accepteres. Overskrides enten dybde eller areal, er lunken uacceptabel.

Lunkekrav	Tagflade med fald \geq 1:40	Tagflade med fald $<$ 1:40 (renovering uden faldopbygning)	Skotrender (nyt og renovering)	Kasserender
Max vanddybde	10 mm	15 mm	15 mm	15 mm
Max areal af lunke i sammenhæng	1,5 m ²	5 m ²	5 m ²	
Max udbredelse af lunke	10% af tagfladen	15% af tagfladen		15% af længden

Tabel 2.1.6.1 Acceptable lunkestørrelser

Der skal opbygges fald i skotrender. Kravet til fald og maksimal lunkestørrelse i skotrender er dog mere lempelige end kravene for selve tagfladen. Hvis rendedybden er mindre end 5 mm regnes området som tagflade.

Acceptabel lunkestørrelse i skotrender og kasserender:

- Max vanddybde i lunke i skotrender: 15 mm
- Max areal af lunke i skotrender: 5 m²
- Max udbredelse i kasserender: 15 % af længden ved rendedybde over 5 mm.

Overskrides enten dybde, areal eller udbredelse, er lunken uacceptabel.

Hvis tagdækningen ikke består af 2 lag SBS-tagpap, skal skotrenden forstærkes med et ekstra lag PF 3000-underpap, der når 0,5 m op på tagfladen.

Skotrender i 1-lags tagpapdækninger udføres med SBS-underpap i skotrenden og 0,5 m op på tagfladen.

Ved renovering af eksisterende tage uden fald ($<$ 1:40) gælder følgende lunkekrav for tagflade og skotrende:

Acceptabel lunkestørrelse ved renovering ($<$ 1:40):

- Max vanddybde i lunke: 15 mm
- Max areal af lunke: 5 m²
- Max lunkeareal: 15 % af tagfladen
- Max udbredelse i kasserender: 15 % af længden ved rendedybde over 5 mm

Overskrides enten dybde, areal eller udbredelse, er lunken uacceptabel.

Når en tagpapdækning efter renovering netop opfylder de mere lempelige krav til lunke, vil det medføre en reduceret levetid, sammenlignet med levetiden af en tagpapdækning, der opfylder kravene til lunke for nye tage.

Ved renovering anbefales det derfor altid at forbedre afløbsforholdene med faldopbygning og lunkeopretning eller supplerende afløb.

2.1.7 AFSTAND MELLEM TAGNEDLØB

Kravet til afstand mellem tagnedløb fremgår af tabel 2.1.7.1.

Kravet til maksimale afstande mellem tagnedløb skyldes, at der ikke må ske vandophobning, som overstiger snelasten ca. $0,8 \text{ kN/m}^2$ (80 mm vand) før vandet kan løbe videre til næste afløb.

Kravet til maksimale afstande gælder også for UV-afløb, selv om dette i nogle tilfælde kan medføre problemer med at opnå tilstrækkelige vandmængder.

Faldforhold	Max afstand mellem tagnedløb [m]	Max afstand fra gavl til 1. afløb [m]
Skotrende med fald svarende til min. 1:165 i sammenskæringslinjen	14,4	7,2
Kuvertfald 1:40	12,0	6,0

Tabel 2.1.7.1 Maximale afstande mellem tagnedløb

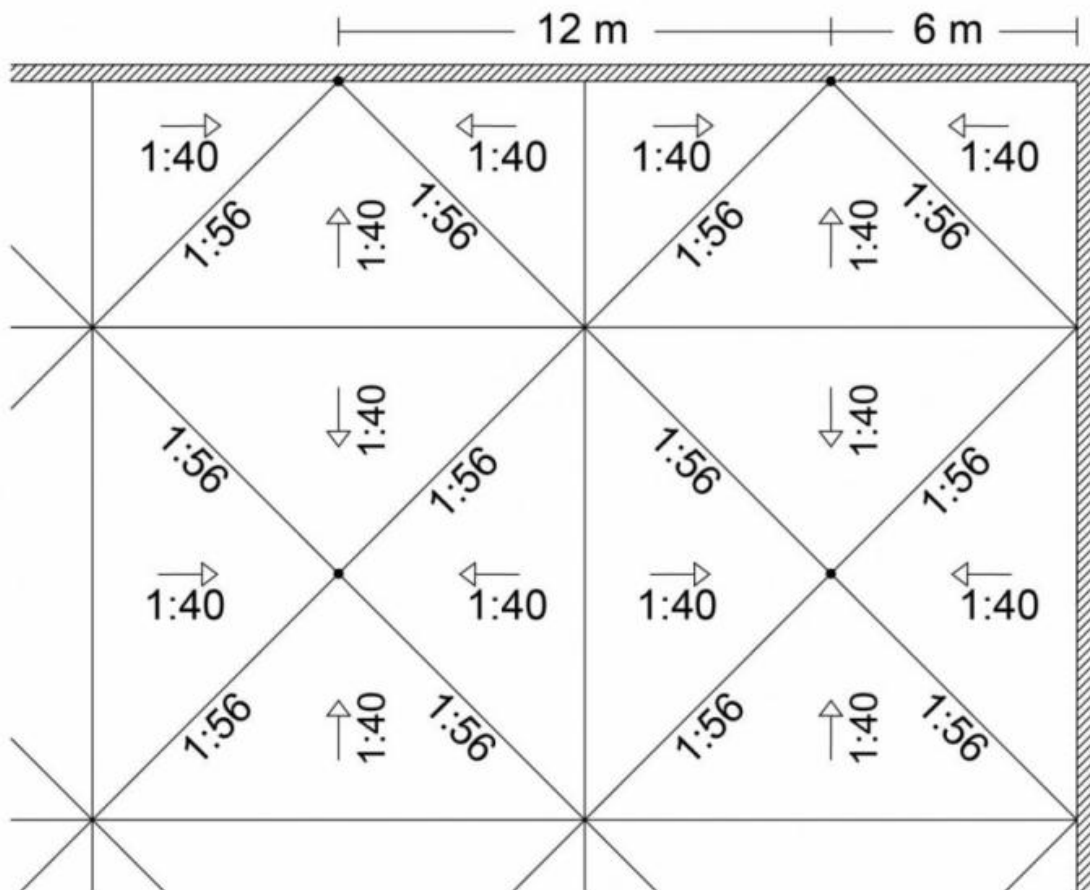
2.2 OPBYGNING AF FALD

Fald på taget kan opbygges i selve tagkonstruktionen, eller der kan etableres fald ved hjælp af kileskåret isolering. Et veldefineret fald har stor betydning for tagdækningens levetid og der bør derfor udvises stor omhu, for at opnå fald på hele taget.

Der findes en række forskellige muligheder for opbygning af fald, som gennemgås i det følgende.

2.2.1 KUVERTFALD

Ved kuvertfald er der samme hældning på alle tagflader, og disse sammenskæres under 45° .
Taghældningen vælges normalt til 1:40, og faldet i sammenskæringslinjerne bliver derfor 1:56.
Vælges taghældningen til 1:20, bliver faldet i sammenskæringslinjerne 1:28.



Figur 2.2.1.1: Tagflade med kuvertfald

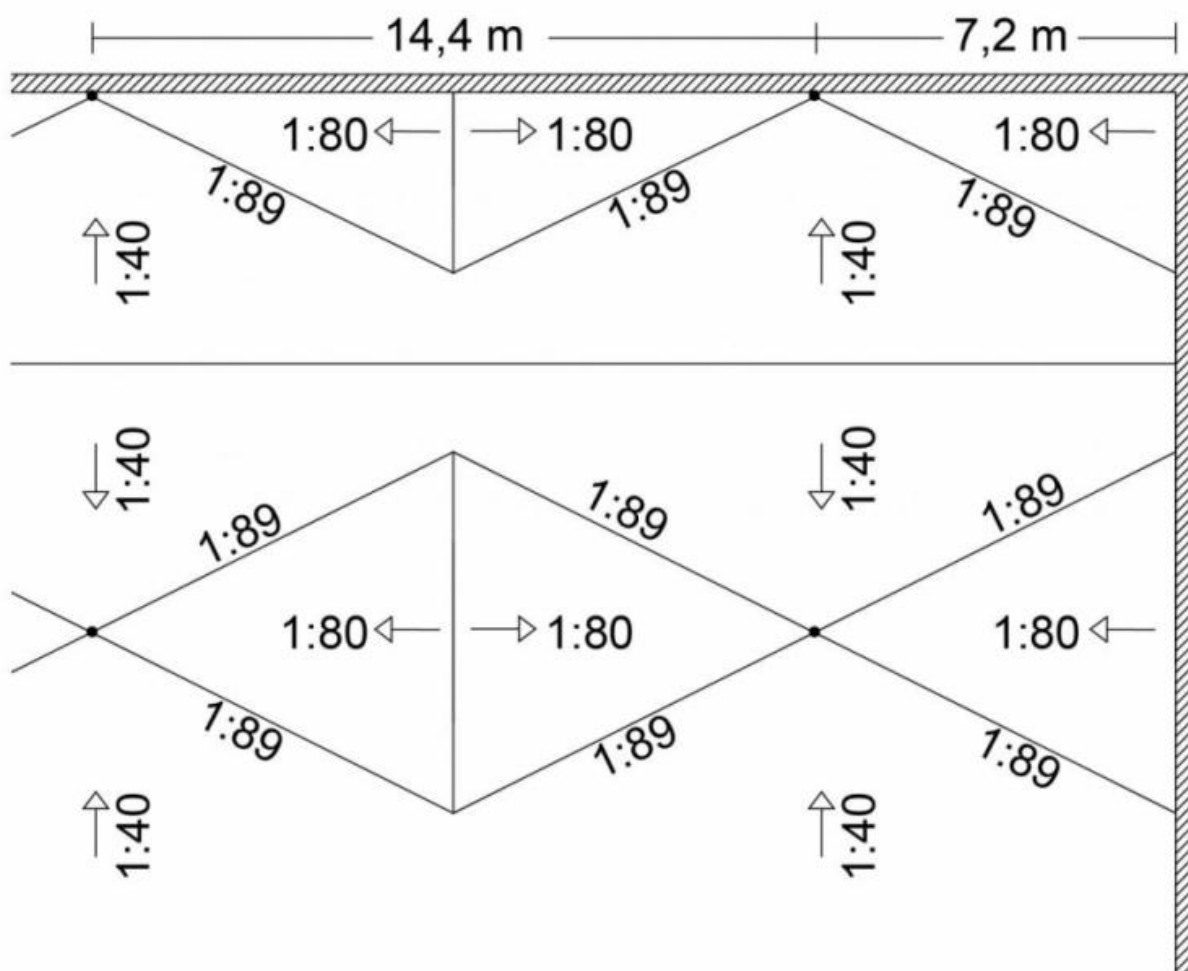
2.2.2 SKOTRENDE MED FALD

Hvis tagfladen har ensidigt fald mod en skotrende, kan der opbygges fald i skotrenden efter 2 principper:

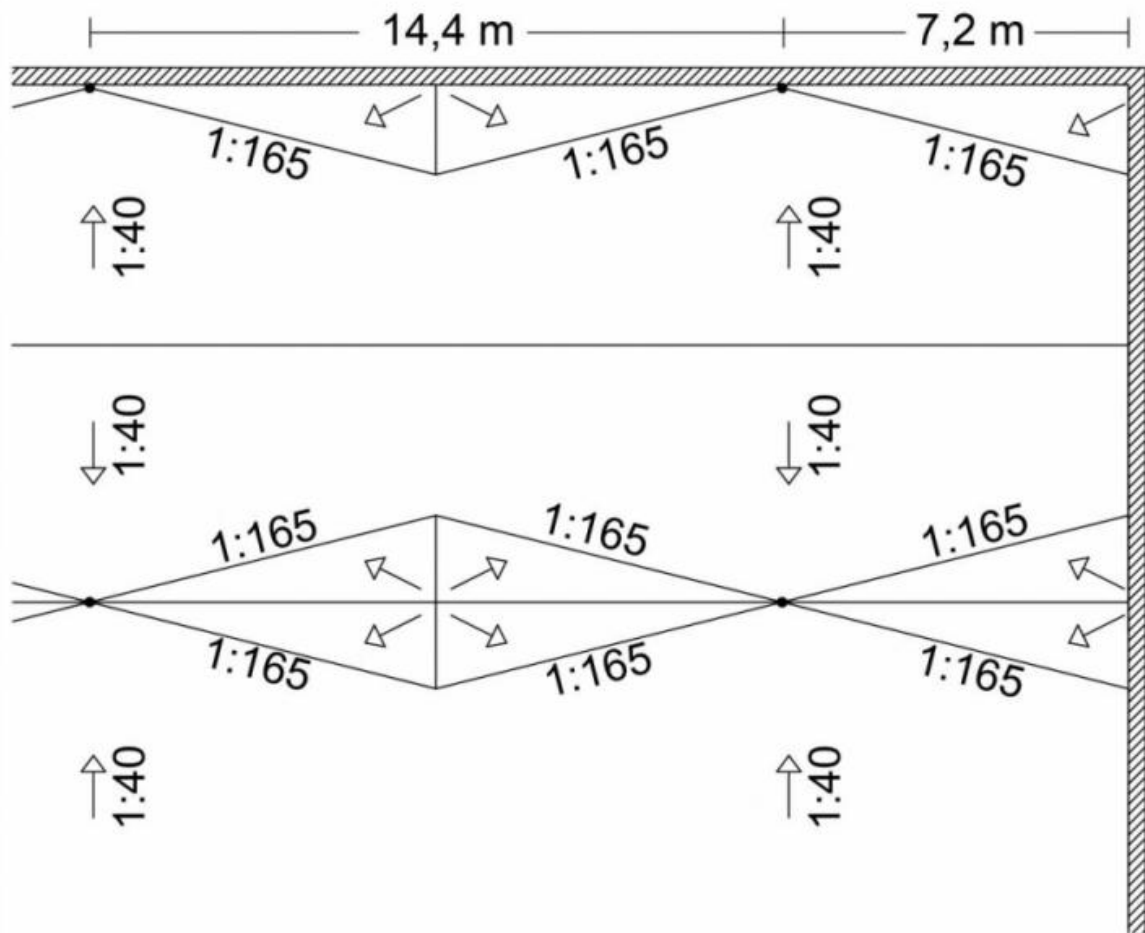
- Skotrendekiler med ensidigt fald
- Modfaldskiler (kiler med tosidigt fald)

Kilerne i skotrenden opbygges normalt med et fald, der er halvt så stort som faldet på tagfladen; dvs. ved tagfald 1:40 vælges kiler med fald 1:80. Faldet i sammensæringslinjen bliver da 1:89. Se figur 2.2.2.1.

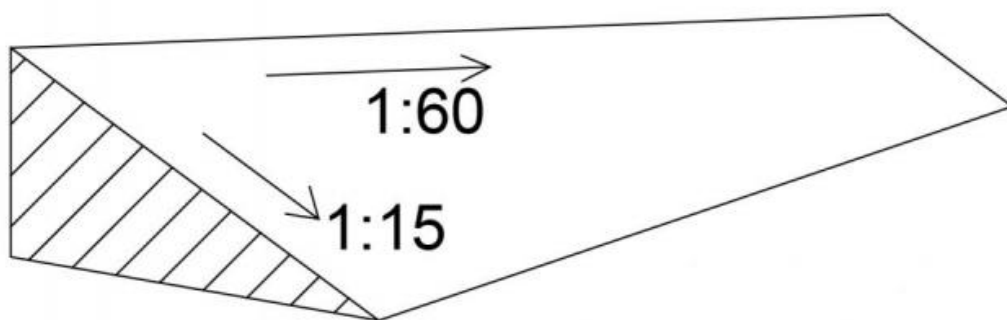
Modfaldskiler har normalt et fald 1:60 på langs og et fald 1:15 på tværs. Dette giver ved tagfald 1:40 et fald i sammensæringslinjen på 1:165. Se figur 2.2.2.2.



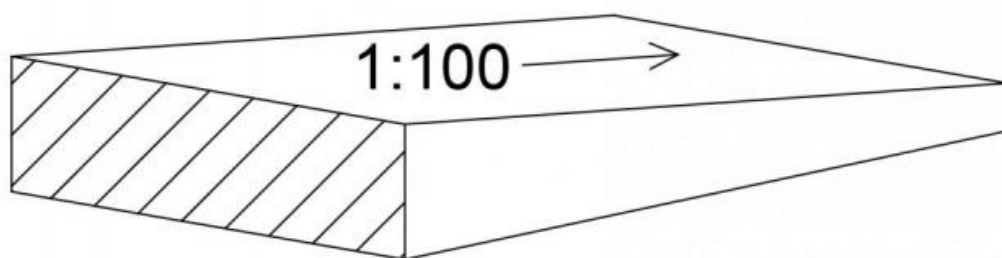
Figur 2.2.2.1: Tagflade med fald 1:40 mod skotrendekiler, der har fald 1:80



Figur 2.2.2.2: Tagflade med ensidigt fald 1:40 mod skotrende med modfaldskiler med tosidigt fald 1:15 på tværs og 1:60 på langs.



Modfaldskile

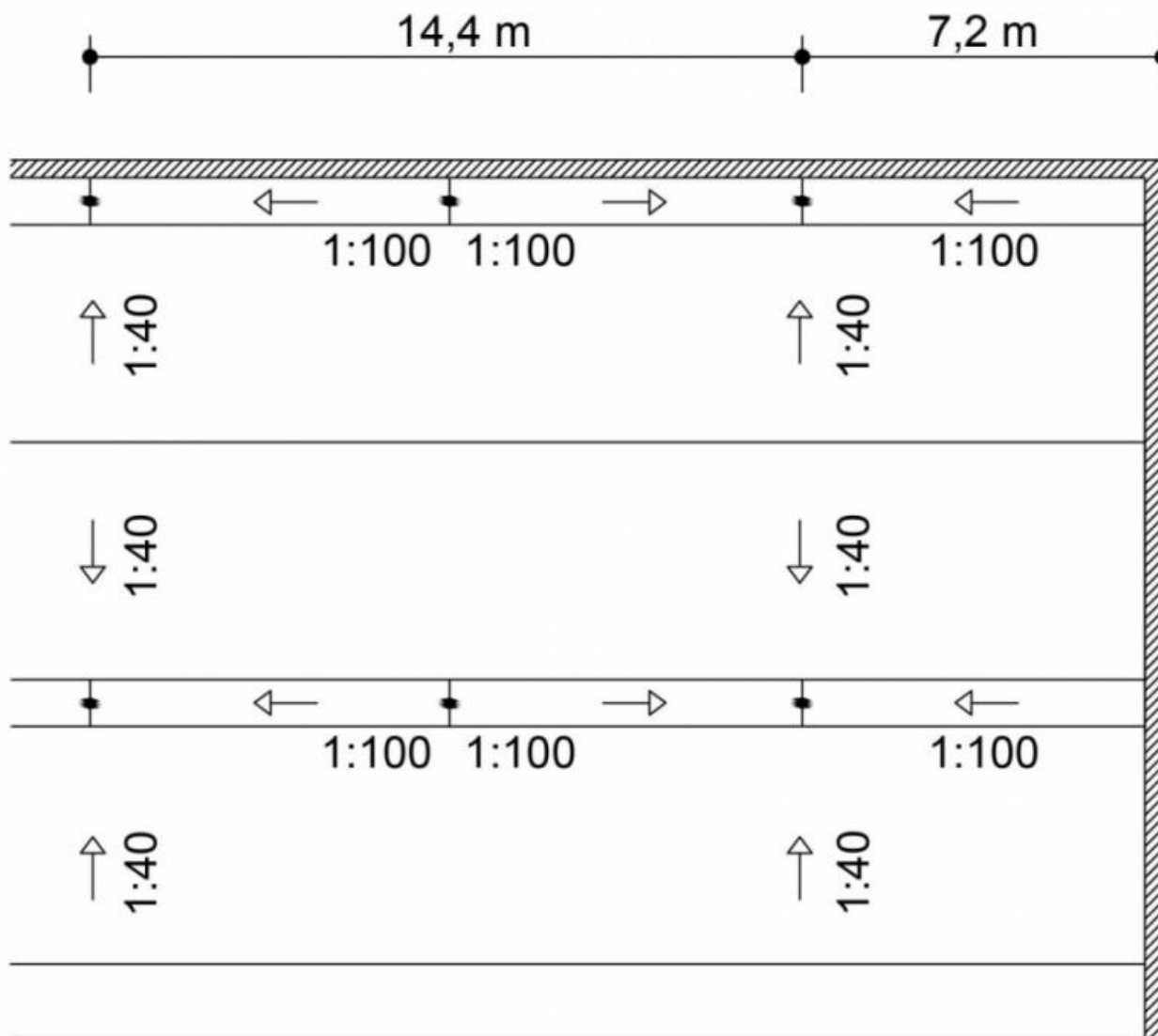


Kasserendekile

Figur 2.2.2.3: Geometri for modfaldskile og kasserendekile.

2.2.3 FALD MOD KASSERENDER MED FALD

På nogle tage kan fald mod kasserender være den eneste fremkommelige løsning. Det er da vigtigt, at der etableres fald i kasserenden på minimum 1:100.

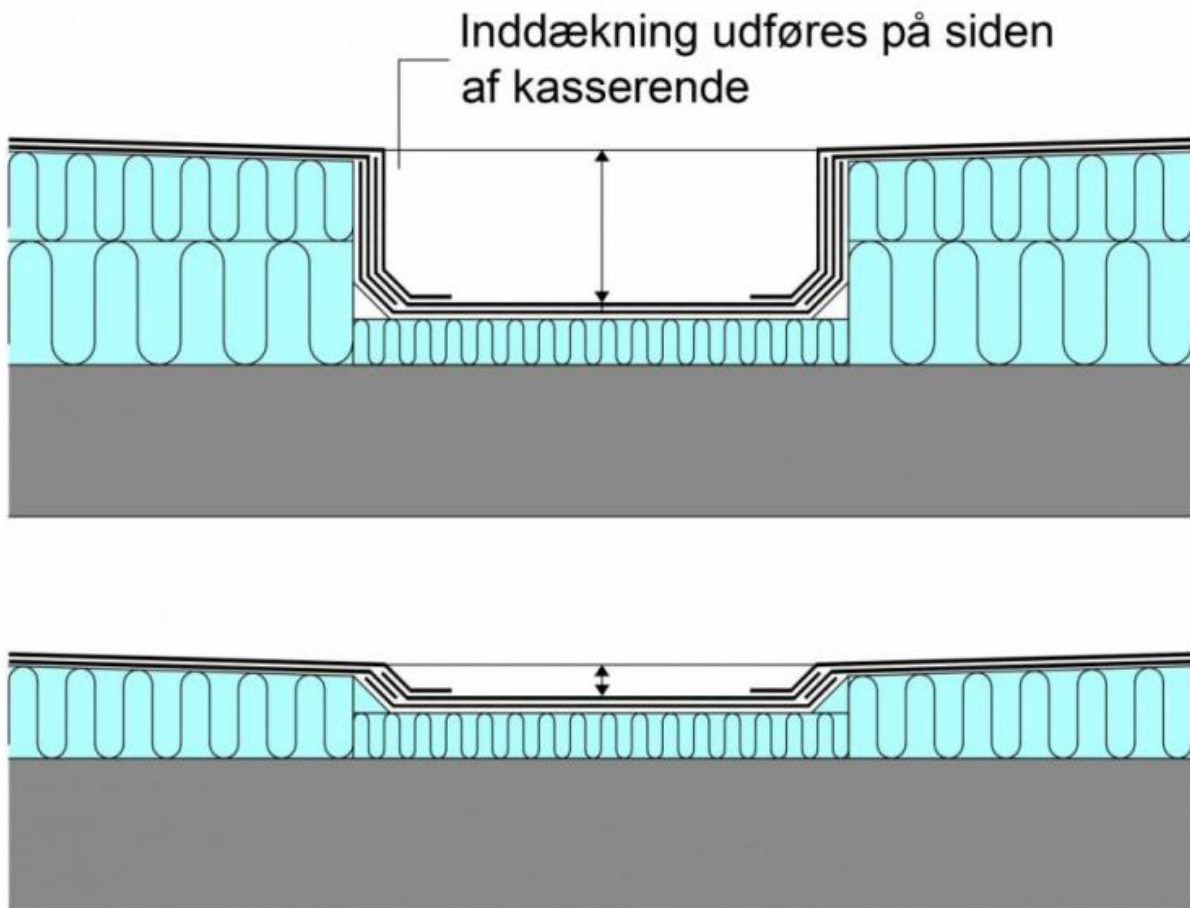


Figur 2.2.3.1: Fald mod kasserende med fald 1:100. 2.3.1

Kasserender skal normalt have en bredde på 600 mm for at give plads til inddækning af tagbrønde.

Kasserenden kan have forskellig udformning, men det må sikres, at der ikke opstår en "strandvold" langs kasserenden på grund af inddækningsoverlæg.

Inddækningerne kan med fordel udføres nede i kasserenden, som vist på figur 2.2.3.2



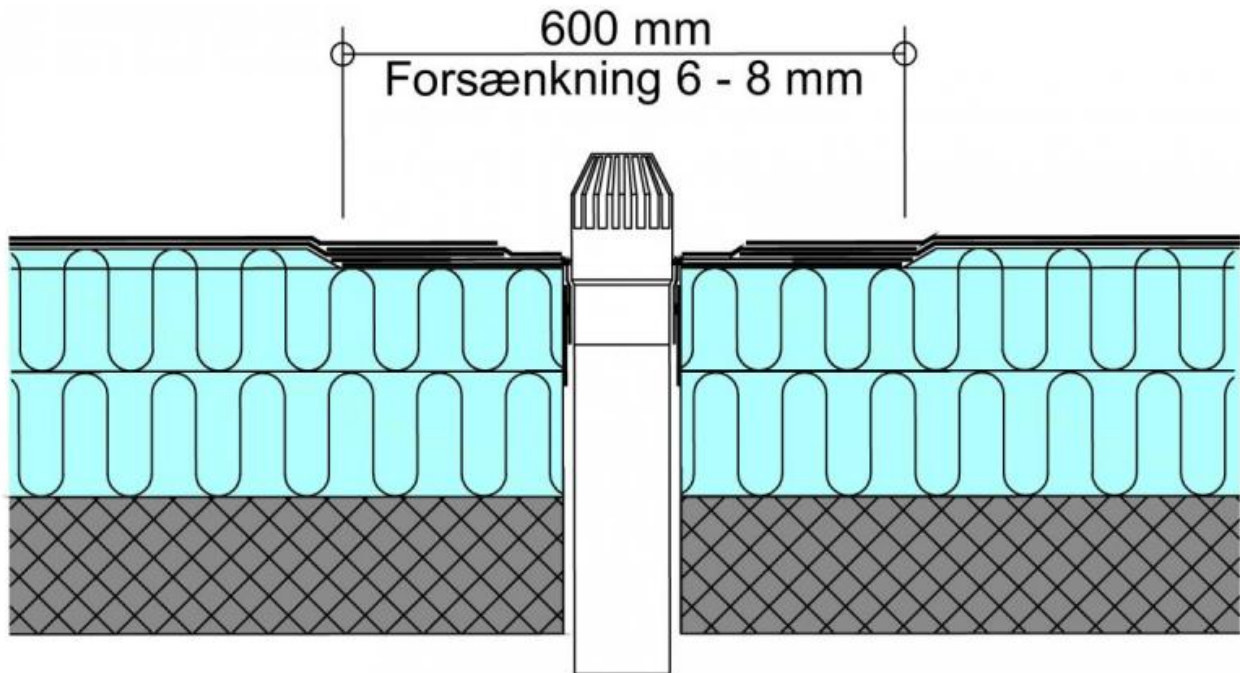
Figur 2.2.3.2: Udformning af kasserende med 2-lags tagpapdækning.

2.3 AFLØBSBRØNDE

2.3.1 TAGBRØNDE

Tagbrønde skal så vidt muligt placeres i en forsænkning på min. 6-8 mm i et område på 0,6 x 0,6 m. Tagnedløb bør derfor normalt placeres mindst 0,5 m fra tagkanter.

Inddækninger omkring tagbrønde bør udføres således, at der ikke opstår en strandvold (ophobning af overlæg) omkring afløbet. Dette kan fx gøres ved at udføre detaljen, som vist på figur 2.3.1.1.



Figur 2.3.1.1: Inddækning af forsænket tagbrønd

Tagbrønde skal udføres af rustfrit stål og med flange af rustfrit stål. Det anbefales, at 1. lag tagpap er påsvejst fra fabrik.



Figur 2.3.1.2: Tagbrønd i rustfrit stål med 1. lag tagpap påsvejst fra fabrik

Når der anvendes traditionelt tagedløb tilsluttet en faldstamme, skal man være opmærksom på, at O-ringstætninger ikke er opstuvningssikring. Ved opstuvning i kloaksystemet er der risiko for, at der kan trænge kloakvand ind i tagkonstruktionen. Hvis der ønskes udført en opstuvningssikker løsning, bør der derfor anvendes et UV-afløbssystem med svejste rørsamlinger. Eller et traditionelt afløbssystem med rørsamlinger og tilslutning til tagbrønd udført med jet-koblinger.

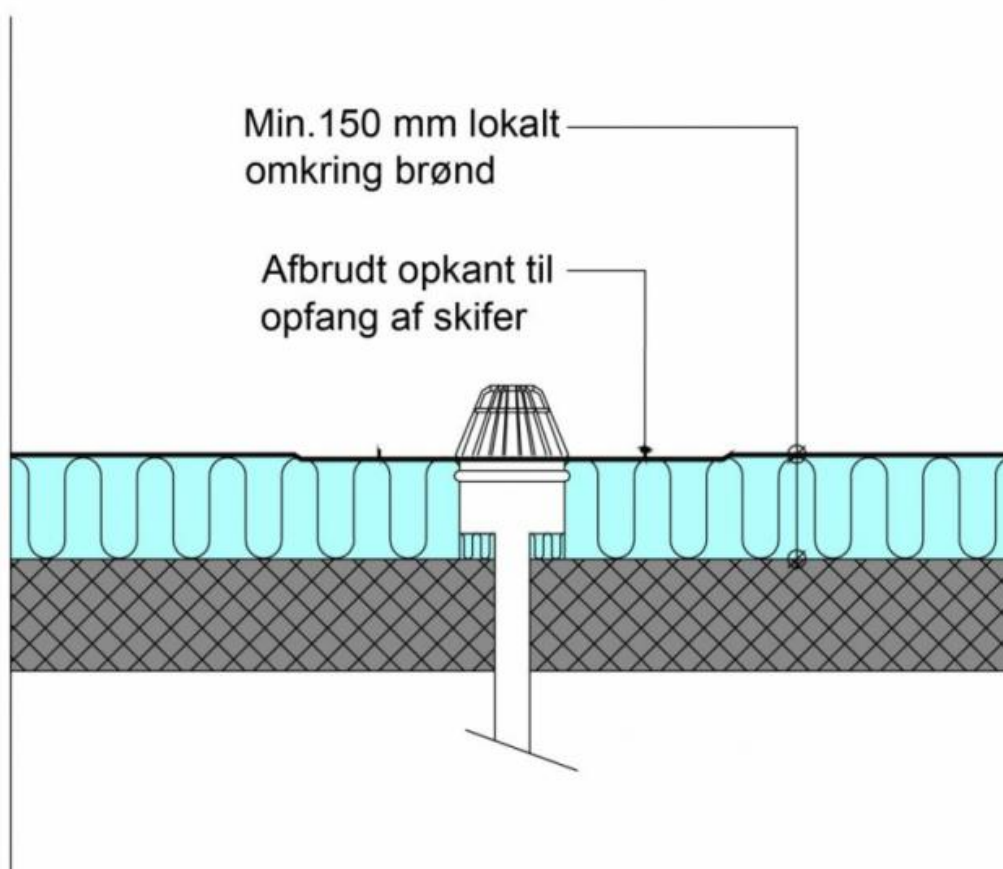
2.3.2 UV-AFLØB

UV-afløbssystemer (afløbssystemer med hævertvirkning) er afløbssystemer baseret på en vandret vandfyldt rørføring i kombination med vakuumvirkning i rørsystemet. Brøndene er udformet, så der sker en luftblanding i vandet.

Ved korrekt dimensionering fyldes rørsystemet med vand og hævertvirkningen modvirker, at der kommer opstuvning af vand ved systemets afløbsbrønde. Ved strømning i fyldte rør fås en større vandføringskapacitet, og den store strømningshastighed medfører, at rørene er selvrensende.

En omhyggelig dimensionering af rørsystemet er påkrævet, for at systemet fungerer. UV-systemer bør trykprøves, inden de tages i brug og tildækkes af isoleringsmateriale.

UV-systemer kan benyttes både til nye tage og ved renovering af eksisterende tage, hvor afløbsforholdene skal forbedres.



Figur 2.3.2.1: Snit i UV-brønd placeret i nyt tag med rørføring under dækket.

Etablering af traditionelle afløb i eksisterende bygninger kræver normalt vanskelige installationsarbejder, hvorimod et UV-system forholdsvis let kan nedfældes i en eksisterende tagisolering eller i en merisolering.

Hvis UV-systemer benyttes i nye bygninger, er det mest hensigtsmæssigt at føre et kondensisoleret afløbssystem over et nedhængt loft. Her skal man dog være opmærksom på vandstøj fra rørene. Opsamlingsrør fra flere UV-brønde kan føres til en centralt placeret faldstamme.

Føring af UV-afløbsrør i isoleringsmaterialet i et varmt tag, både ved nybyggeri og renovering, er en risikobehæftet løsning: En beskadigelse af rørsystemet, fx ved mekanisk fastgørelse af isoleringsmateriale og tagdækning, kan medføre utæthed på rørsystemet med risiko for opfugtning af isoleringsmateriale. Rørene kan eventuelt beskyttes

af en granulatfyldt kasse af Z-stålprofiler, som er nærmere beskrevet i BYG-ERFA blad 170306, Installationer i varme tage.

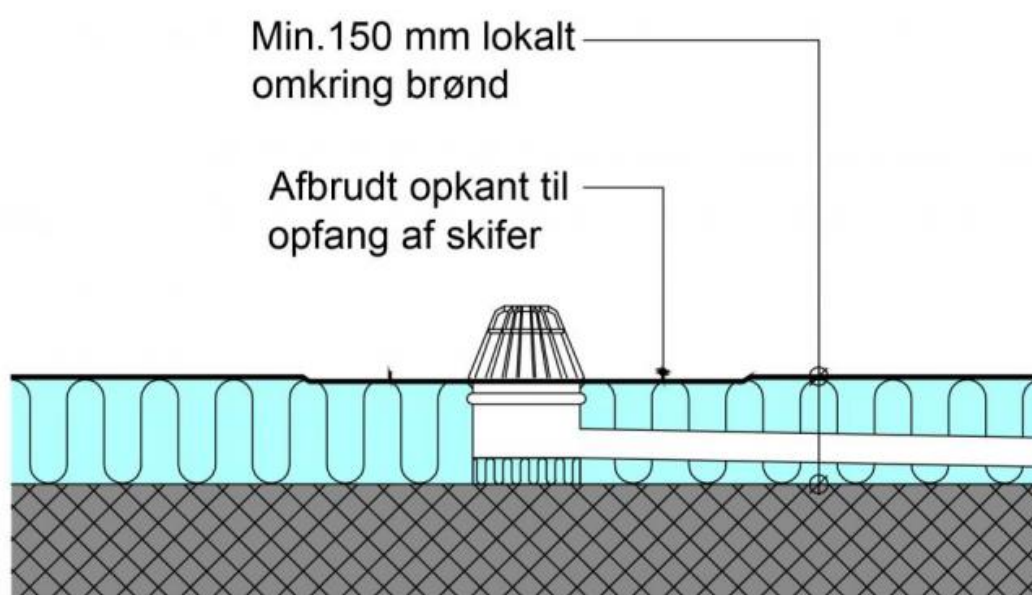
Hvor UV-rør placeres i isoleringen, og der anvendes mekanisk fastgørelse af isolering eller tagdækning, skal rørene ved arbejdets udførelse være markeret, for at undgå beskadigelse. Også på den færdige tagflade bør rørene være markeret, så de senere kan lokaliseres.

Rørene skal i et varmt tag placeres så langt nede i isoleringen, at de er frostfri, dvs. i den nederste halvdel af isoleringen.

UV-brønde skal udføres med rustfri stålflange og være leveret med første lag tagpap påsvejst fra fabrik.

Tage med UV-afløb skal rengøres flere gange om året. Dette gælder specielt for nye tage og UV-brønde med lille kant.

Det anbefales, at anvende UV-brønde, som er udformet så de hindrer, at overskudsskifer fra ny tagdækning løber ned i afløbssystemet, som let tilstoppes. Der kan evt. anvendes en forsænkning i tagfladen omkring tagbrønden, på fx 0,6 x 0,6 m, hvor overskudsskifer kan opsamles.



Figur 2.3.2.2: Snit i UV-brønd med vandret udløb og placeret i tagisoleringen.

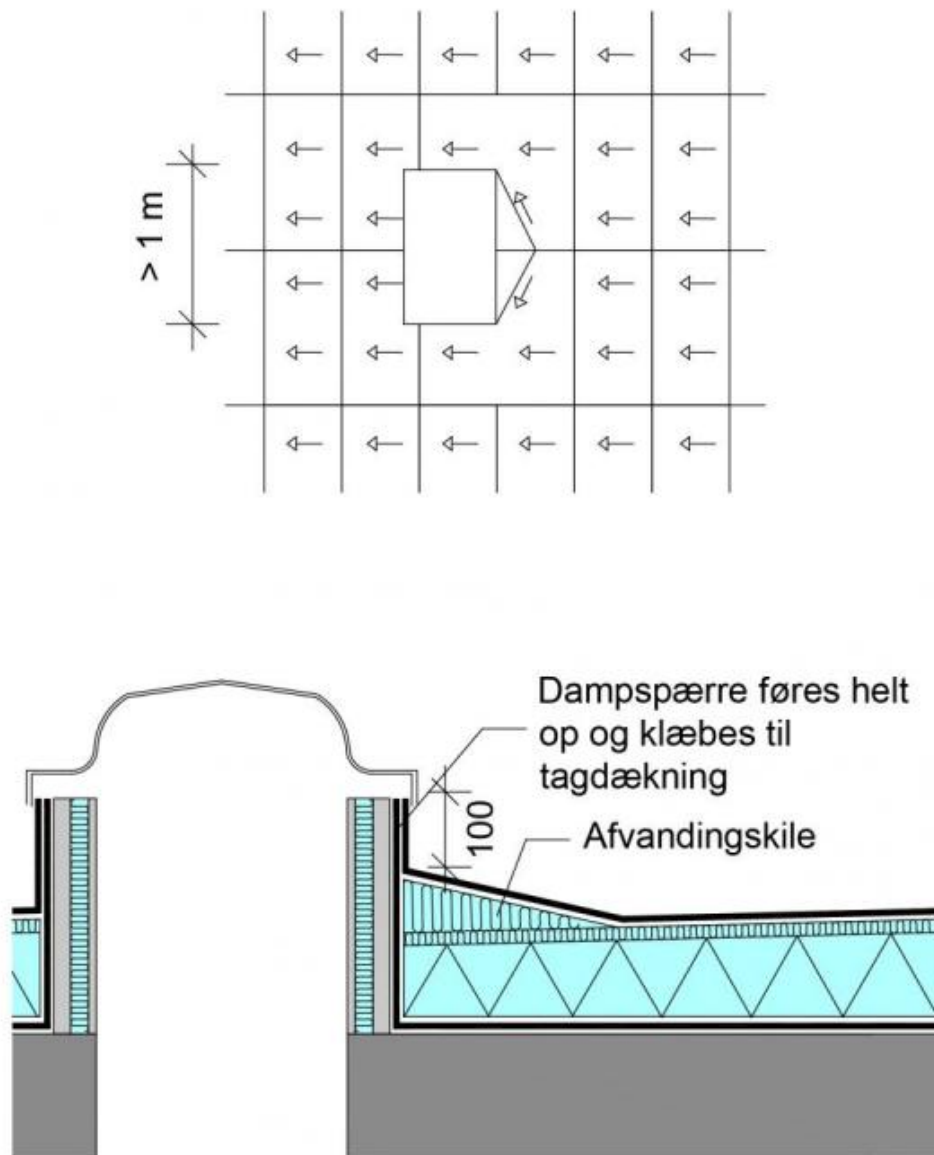
UV-afløb bør ikke anvendes på tagterrasser med fliser i grus og på P-dæk med belægningssten i grus, da der er stor risiko for tilstopning.

På intensive eller semiintensive grønne tage sker afstrømningen så langsomt, at UV-afløb normalt er uegnede.

2.4 TAGDETALJER

2.4.1 GENNEMFØRINGER

Gennemføringer, som fx ovenlys, skorstene, ventilationshuse m.v., der er mere end 1 m brede på tværs af faldretningen, skal forsynes med afvandingskiler bag gennemføringen, som vist på figur 2.4.1.1. I disse tilfælde vil det være acceptabelt med 100 mm inddækningshøjde på højeste punkt.

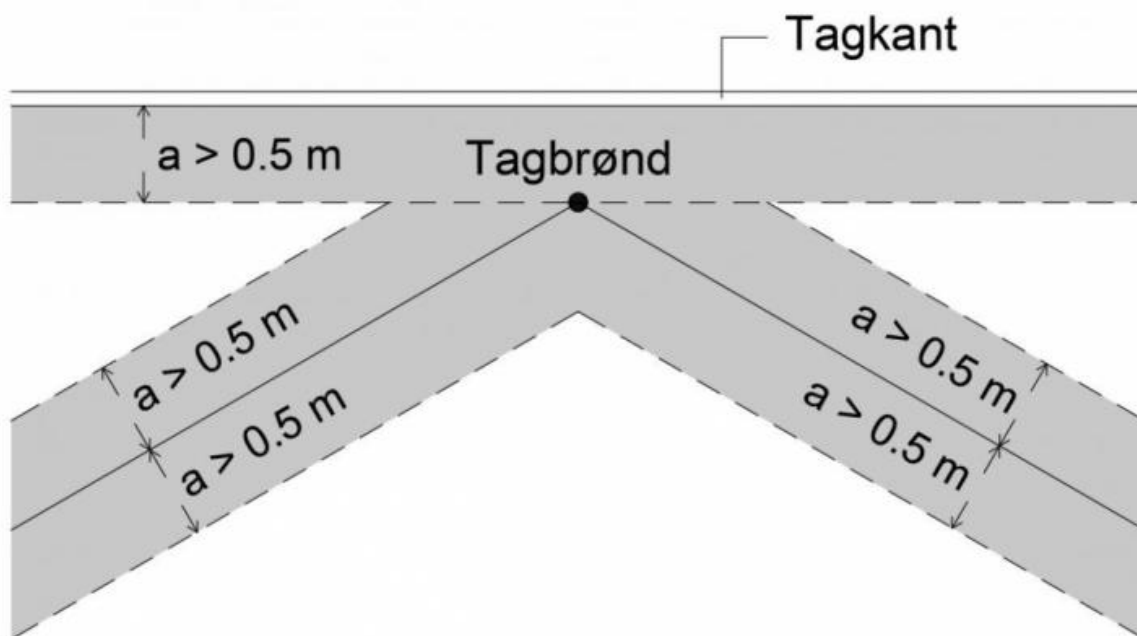


Figur 2.4.1.1: Afvandingskiler bag gennemføring med bredde mere end 1 m.

Skotrender og sammenskræningslinjer skal friholdes for gennemføringer, der spærrer for afvandingen. Se BYG-ERFA blad 091216, Tekniske installationer på flade tage - gennemføring i og montering på tagfladen.

Ovenlys, ventilationshuse og lignende skal placeres på en karm med en effektiv inddækningshøjde på mindst 150 mm.

Afstand mellem gennembrydninger skal være mindst 0,5 m således at inddækninger kan udføres forsvarligt.



Figur 2.4.1.2: Skotrende og kasserende friholdes for gennemføringer af tekniske installationer i en afstand af 0,5 m.

For at sikre fald væk fra gennemføring kan man i nogle tilfælde hæve gennemføringen ved at stille flange for inddækning på banket af et trykfast og brandgodkendt materiale som fx hård mineraluld eller celleglas.

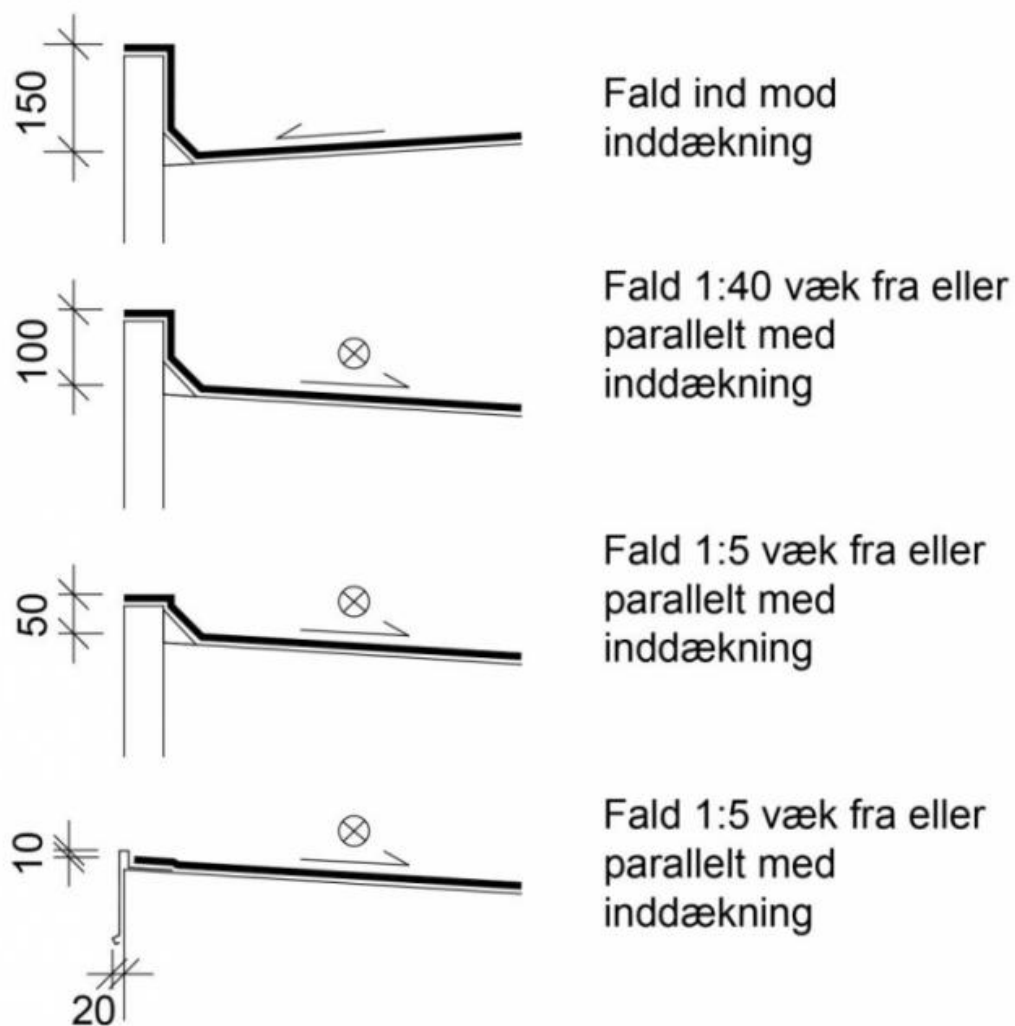
Hvis lunkekrav bag en gennemføring overskrider kravene til tagflader med fald, se tabel 2.1.6.1, skal der udføres forstærkning, som for skotrender, se afsnit 2.1.6.

2.4.2 KRAV TIL INDDÆKNINGSHØJDER

Kravet til inddækningshøjder afhænger af faldet på den omgivende tagflade.

Inddækningshøjder skal generelt være mindst 150 mm ved fald ind mod inddækningen. I sammenskæring mellem lodret og vandret flade indlægges trekantliste af hård mineraluld på mindst 45 x 45 mm. De angivne minimumsinddækningshøjder i figur 2.4.2.1 er de færdige inddækningshøjder målt fra overside tagpapdækning.

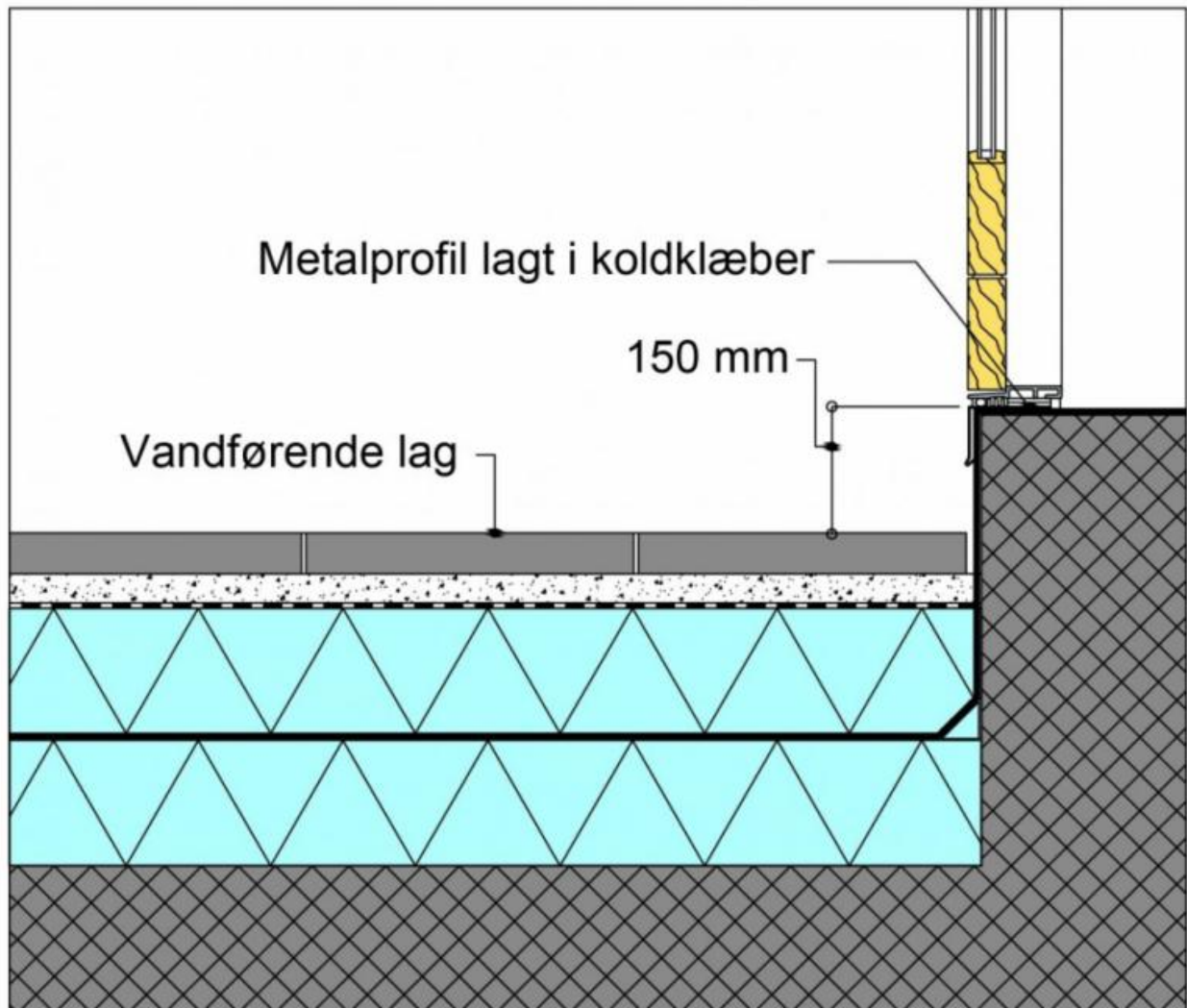
Ved fald på mindst 1:40 væk fra inddækningen eller fald mindst 1:40 parallelt med inddækningen, kan inddækningshøjden reduceres til 100 mm. Og ved fald 1:5 parallelt med eller væk fra inddækningen kan anvendes 50 mm opkant eller en vindskede. Brug af vindskeder kan dog medføre øget vandbelastning på facade, hvis der ikke anvendes udhæng.



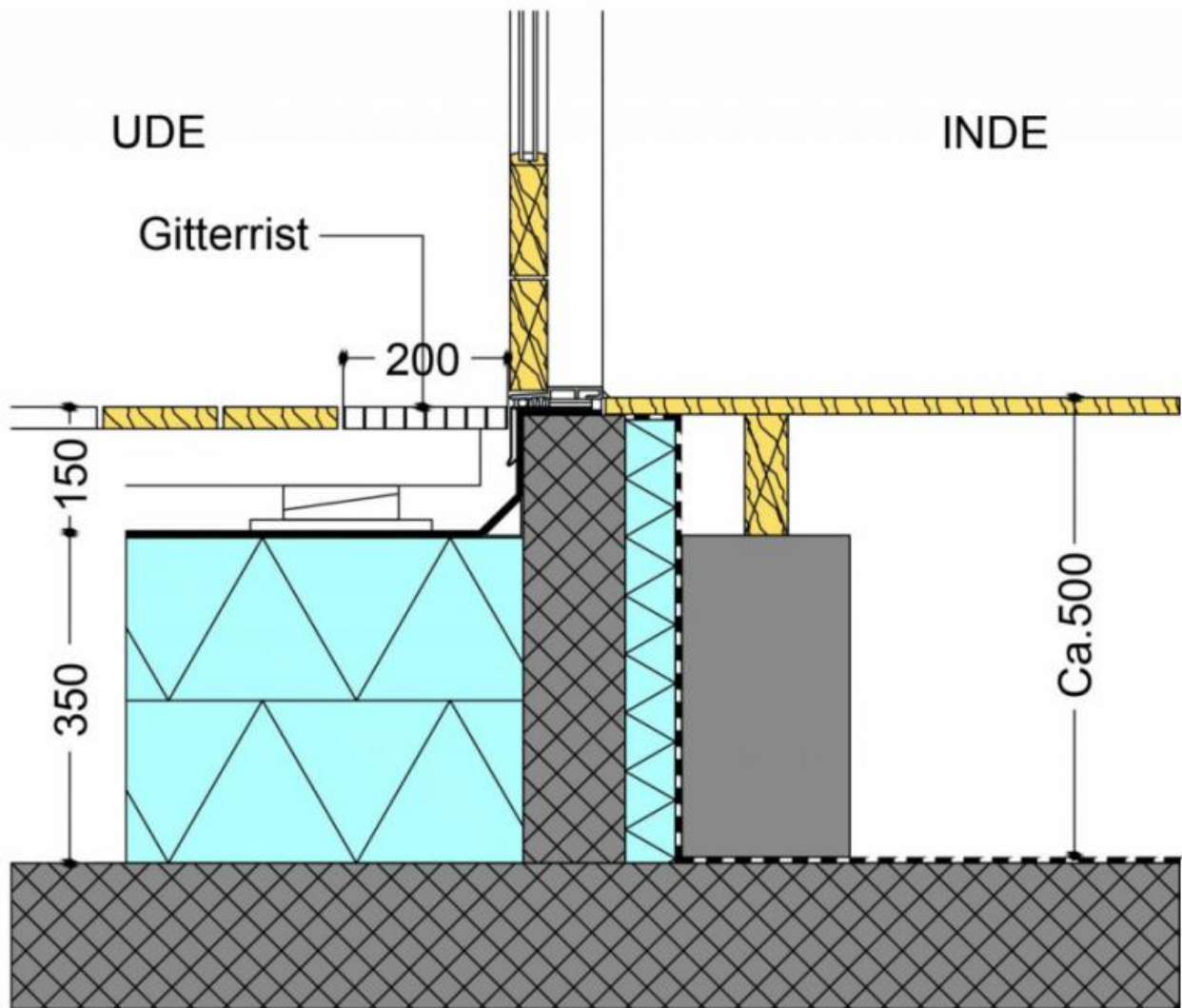
Figur 2.4.2.1: Inddækningshøjder i mm

2.4.3 INDDÆKNINGSHØJDER PÅ TAGTERRASSER

Ved tagterrasser uden overliggende strøopbygning er minimumskravet 150 mm inddækningshøjde fra overside belægning. Dette gælder eksempelvis flisebelægning, som vist på figur 2.4.3.1.



Figur 2.4.3.1: Fliser i grus. Denne adgang er ikke niveaufri.



Figur 2.4.3.2: Inddækning af tagterrasser med niveaufri adgang.

Ved åbne belægninger, som terrasser af træplanker på strøer, skal minimumshøjden på 150 mm beregnes fra oversiden af det vandtætte eller vandafledende lag. Dvs. fra oversiden af tagmembranen i et varmt tag eller oversiden af isoleringen i et duo-tag eller et omvendt tag. Det forudsættes, at der er helt fri vandafledning direkte op mod den lodrette begrænsning, som vist på figur 2.4.3.2.

Inddækningshøjden på 150 mm for tagterrasser gælder også for inddækninger mod højere liggende bygninger eller spring i bygningen. Ved frie forkanter er kravet normalt 100 mm, hvis der er fald 1:40 eller mere væk fra eller parallelt med forkanten.

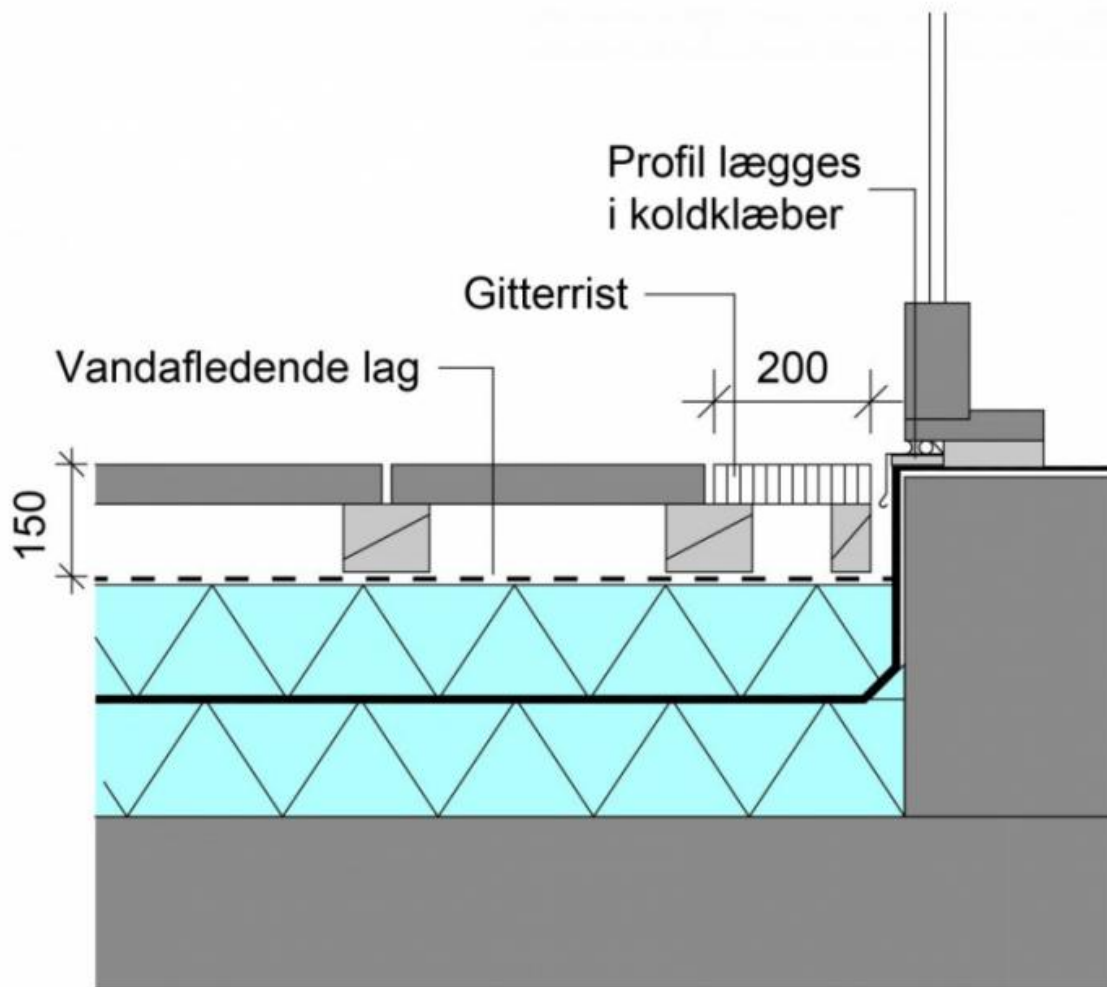
Forklaringen er, at der mod højere liggende bygninger er risiko for vandindtrængning i bygningen, mens der ved forkanter kun er risiko for, at vandet løber over kanten. Tagpapen bør føres helt frem til forkant af den frie forkant, så der ikke kan trænge vand ind i bygningens facade ved evt. oversvømmelse.

Husk også nødafløb, hvis forkanten er højere end 100 mm. Da der så kan være risiko for at vandet stiger op over inddækning mod højere liggende bygning.

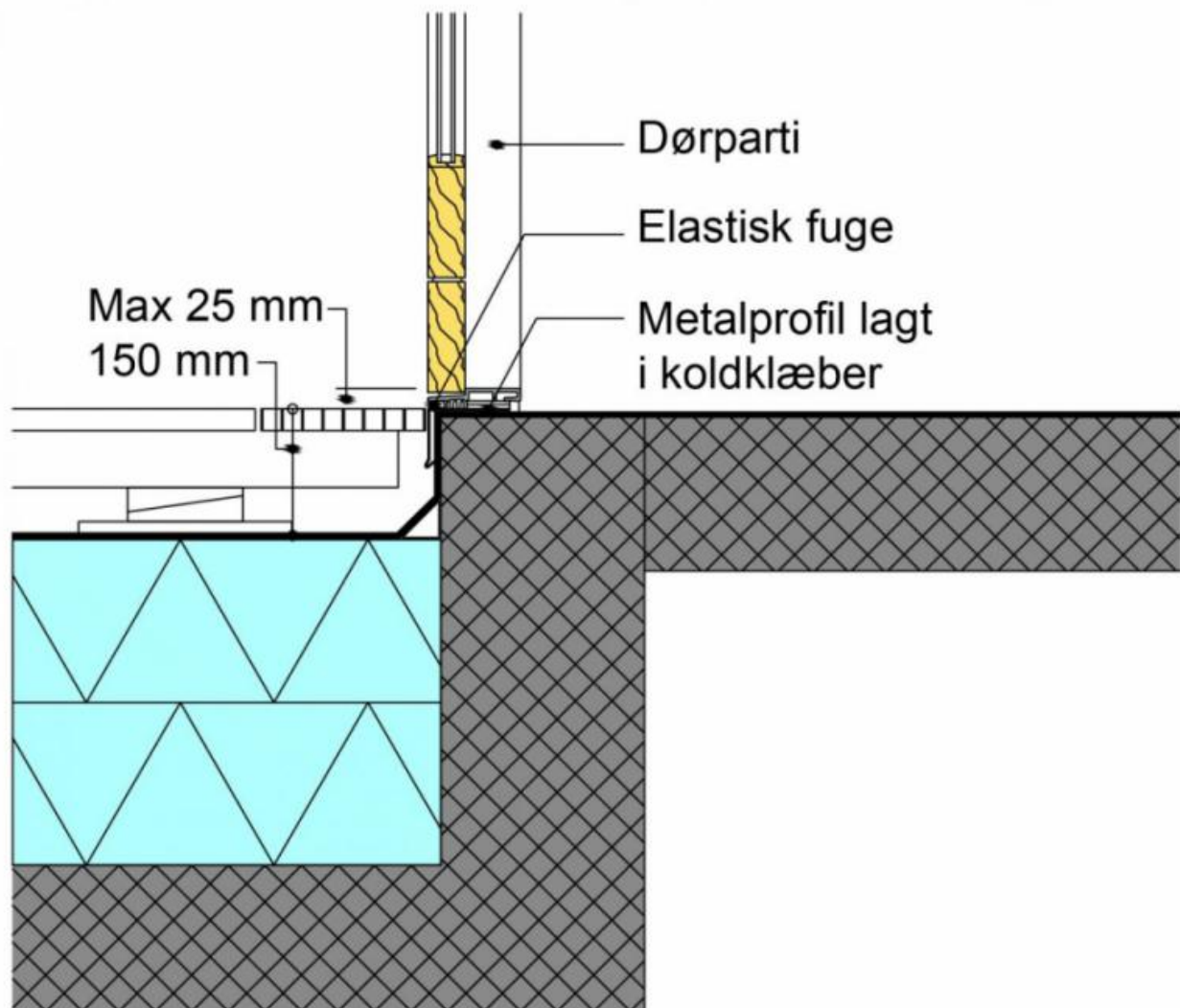
For grønne tage skal inddækning mod tilstødende højere liggende bygning være 200 mm, mens inddækning ved frie tagkanter fortsat kun skal være 100 mm som beskrevet ovenfor.

Ved indeliggende tagterrasser og altaner er belastningen fra fygesne og slagregn væsentlig mindre, og inddækningshøjden kan reduceres til 100 mm på det laveste sted. Ved indeliggende tagterrasser og altaner forstås arealer, hvor facadepartiet ligger mindst 1 m inde under den overliggende etage, og hvor der er et lukket værn på mindst 1 m i højden.

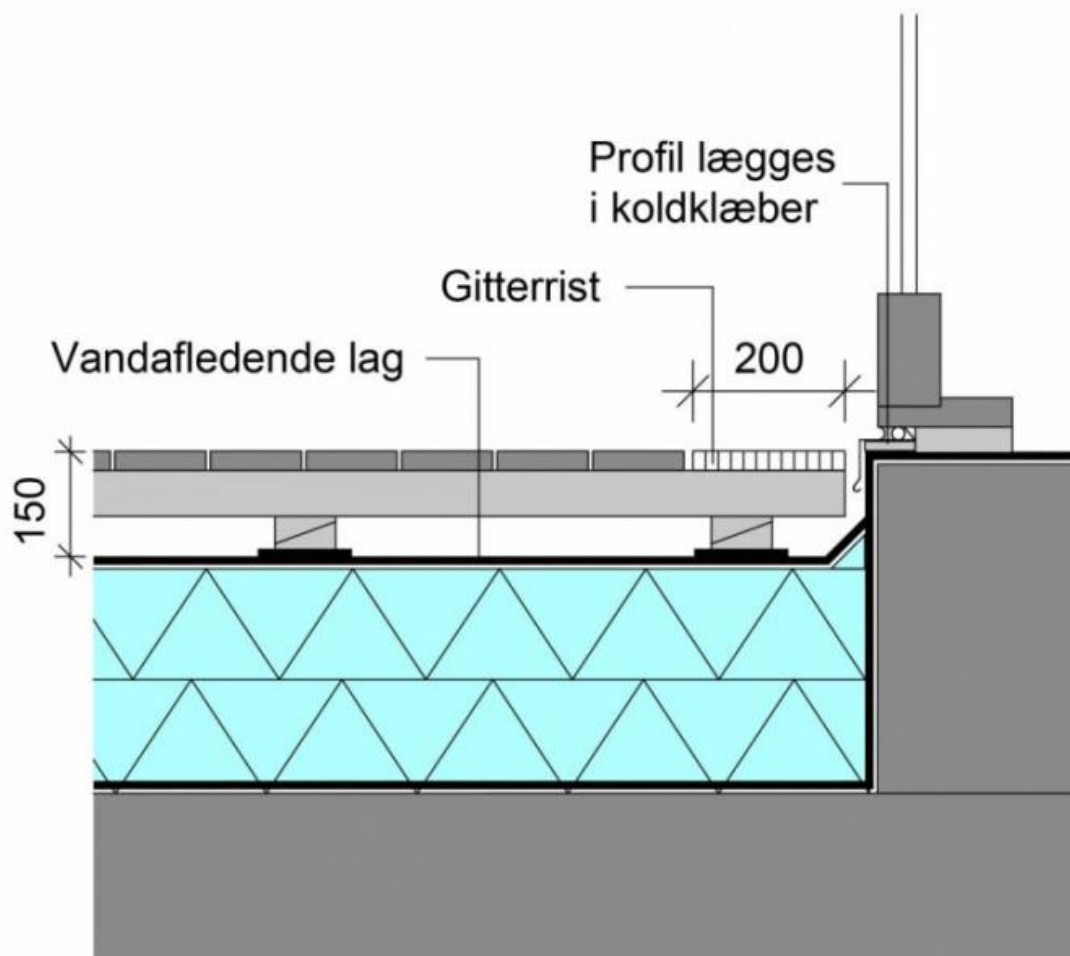
På figur 2.4.3.3 og 2.4.3.4 er angivet en gitterrist langs facade for at undgå opsprøjt. Denne skal som minimum anvendes foran døre og vinduer, der går helt ned til terrassegulv.



Figur 2.4.3.3: Niveaufri adgang - betonfliser på fødder i et duo-tag.



Figur 2.4.3.3.a: Niveaufri adgang - tremmegulv af træ. Højdeforskellen mellem terrassebelægning og toppen af dørens bundstykke må højst være 25 mm (se SBI-anvisning 222).



Figur 2.4.3.4: Niveaufri adgang - trædæk i et retvendt tag.

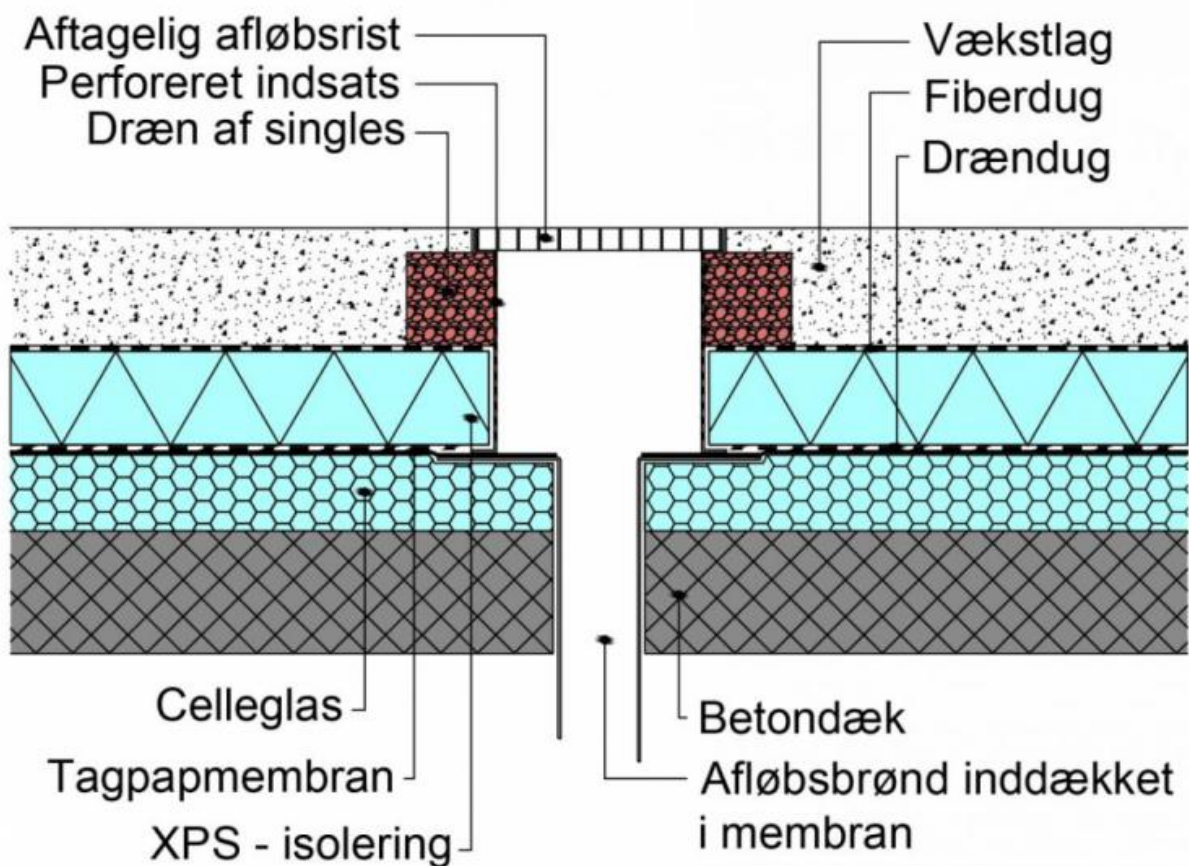
2.5 AFVANDING AF GRØNNE TAGE

Erfaringen viser, at der kan anvendes samme afstandsregler for tagbrønde ved grønne tage som for traditionelle tagpapoverflader. Dette betyder en afstand på max 14,4 m og en afstand på 7,2 m til tagkant. Ved anvendelse af plastprofilplader til afvanding af taget, kan afstanden til tagfladens kip øges til 10,8 m.

Afløb og indsats skal være udført i rustfrit stål. Indsatsen skal være perforeret, så der gives mulighed for afvanding fra alle niveauer i tagopbygningen. Omkring indsatsen skal der være fiberdug, så jorden hindres i at komme ind til afløbet. Afløb skal være forsynet med let tilgængeligt og aftageligt dæksel, så afløb kan efterses og renses flere gange årligt.

Det anbefales, at afløbsskålen forsænkes

8-10 mm i et område på mindst 600 x 600 mm, så der ikke opstår "strandvold" omkring afløbsskålen.



Figur 2.5.1: Principsnit i afløb fra duo-tag, hvor afløbet fra membranens overside er sænket 8-10 mm for at skabe frit afløb fra membranen.

Inddækningshøjden ved grønne tage skal være min. 200 mm, da grønne tage kan vokse i tykkelse med tiden. Inddækningshøjden måles fra overside af vækstlag.

2.6 AFVANDING AF PARKERINGSDÆK

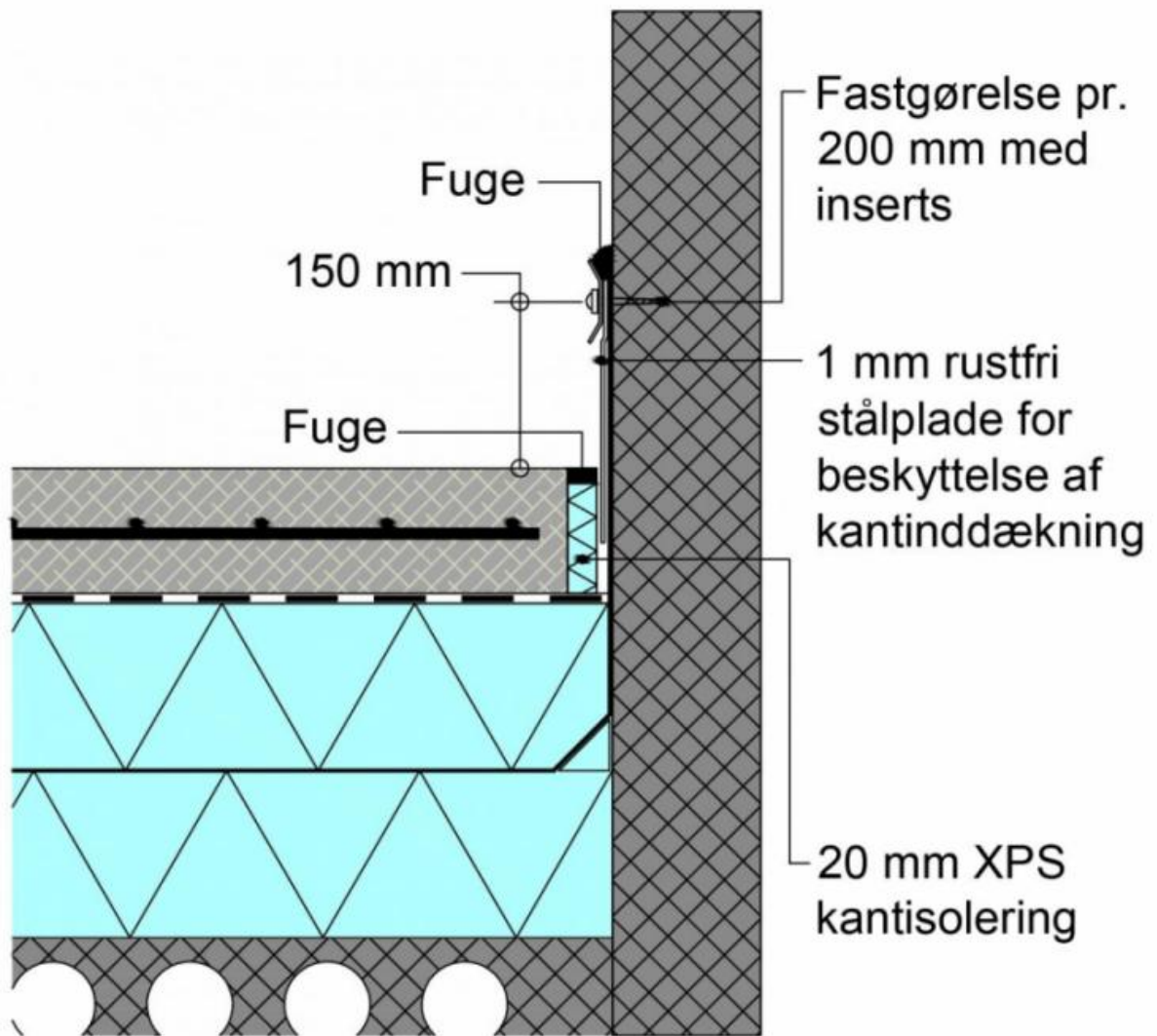
Belægningen udføres med fald mod afløb i form af punktafvanding eller linjeafvanding med et fald på mindst 1:100. Ligeledes skal faldet på membranen være mindst 1:100 mod afløb.

Afløbsbrønde placeres med højst 12 m indbyrdes afstand og nærmeste afløb højst 6 m fra alle kanter. Brøndene og indsatses skal være udført i rustfrit stål og med perforerede indsatses, så der gives mulighed for afvanding fra alle niveauer i tagopbygningen.

Det anbefales, at afløbsriste indstøbes i et lag beton eller fiberbeton, særlig hvis de placeres, hvor der er kørende trafik. Omkring indsatses skal der være fiberdug, så jord, sand og andre partikler hindres i at komme ind til afløbet. Afløb skal være forsynet med let tilgængeligt og aftageligt dæksel, så afløb kan efterses og renses, hvilket bør ske flere gange årligt.

Udstøbningen på 1 x 1 m omkring brønden forsænkes ca. 10 mm i forhold til de omgivende belægningssten af hensyn til sætninger i gruslaget. Udstøbningen skal have fald mod brønden. Forsækning kan undlades, hvis der anvendes asfalt eller beton som belægning på ikke sætningsgivende underlag.

Inddækninger langs membrankanter skal føres mindst 150 mm op over belægningen. Kantinddækninger skal beskyttes med isolering og rustfri stålblade, så belægningen ikke kan komme i berøring med membranen og snerydning ikke kan beskadige inddækningen. Dette gælder også for uisolerede dæk.



Figur 2.6.1: Inddækning med fugeskinne for P-dæk udført som duo-tag med kørebane i beton.

3. FUGTTEKNISKE FORHOLD

Både ved nye tage og ved renovering af eksisterende tage er det vigtigt, at de fugttechniske forhold vurderes nøje.

Taget er den vigtigste og samtidig den mest fugtbelastede bygningsdel, idet der, foruden klimapåvirkninger udefra, konstant er en termisk opdrift, der forsøger at presse fugtholdig luft ind i taget.

Tagkonstruktionen skal afpasses efter fugtbelastningen fra de underliggende rum, idet forkert valg af tagopbygning kan give fugtproblemer.

Ved renovering er det særlig vigtigt at vælge den rigtige renoveringsmetode, som både løser eventuelle nuværende fugtproblemer og forhindrer fremtidige fugtproblemer i taget.

Samtidig skal taget selvfølgelig være tæt overfor vandpåvirkninger oppefra.

3.2 FUGTBETINGEDE FORHOLD

3.2.1 FUGT I LUFT

Luftens indhold af fugt kan karakteriseres på flere måder:

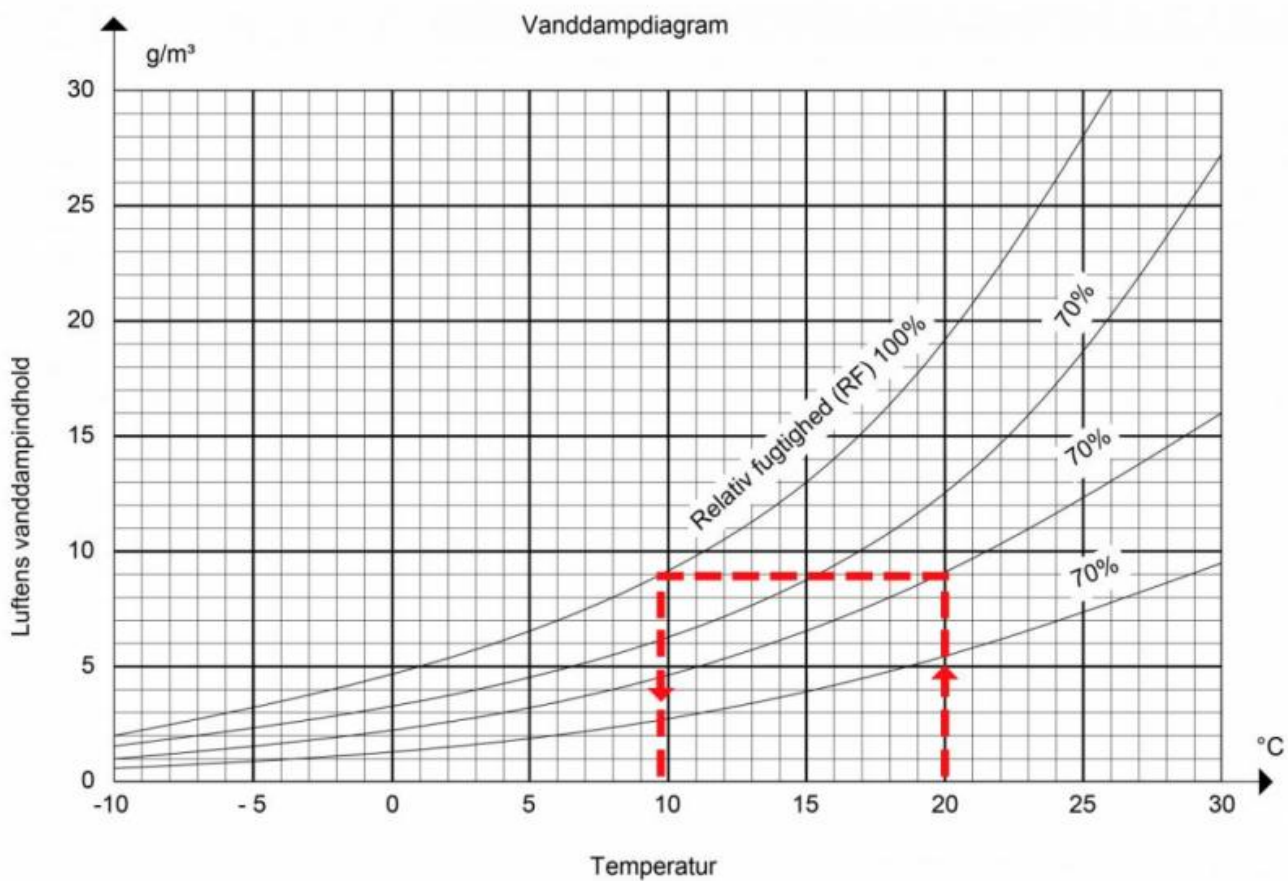
1. Vanddampindhold i g/m^3 .
2. Partialtrykket af vanddampene i Pa ($\text{Pa} = \text{N/m}^2$).
3. Luftens temperatur i $^{\circ}\text{C}$ og den relative luftfugtighed (RF) i %.

Sammenhæng imellem vanddampindhold (g/m^3), luftens temperatur ($^{\circ}\text{C}$) og den relative luftfugtighed (RF) ses af vanddampdiagrammet i figur 3.2.1.1. Sammenhæng imellem vanddampindhold (g/m^3) og vanddamp partialtryk fremgår af tabel 3.2.1.1.

Temperatur [$^{\circ}\text{C}$]	Mætnings- vanddamp- indhold i luften [g/m^3]	Mættet vanddamps partialtryk [Pa]
-10	2,14	260
-5	3,24	402
0	4,84	611
5	6,80	872
10	9,40	1.227
15	12,82	1.704
20	17,29	2.337
25	23,04	3.167
30	30,36	4.243
35	39,60	5.624
40	51,14	7.378

Tabel 3.2.1.1: Tabel over mættet lufts indhold af vanddamp og vanddampenes mætningspartialtryk

Ved en given temperatur kan luft maksimalt indeholde en vis mængde vanddamp. Luften siges da at være mættet med vanddamp. Falder temperaturen for luft, som indeholder vanddamp, vil en del af vanddampen ved dugpunktstemperaturen udskilles ved kondensation (fortætning).



Figur 3.2.1.1: Vanddampdiagram. I det indtegnede eksempel ses, at luften ved en temperatur på 20 o C og en relativ luftfugtighed på 50 % RF indeholder ca. 9 g vand pr. m³. Denne lufts dugpunkt er ca. 9^o C.

3.2.2 FUGT OG TAGE

Fugtforholdene er af afgørende betydning for et tags funktion, idet der ved forkerte konstruktionsudformninger kan ske skadelig ophobning af fugt. Fugtophobning kan forårsage skader og ulemper som:

- Råd og svamp i træ og træbaserede materialer.
- Vækst af skimmelsvampe.
- Nedbrydning af isolering og tagdækning.
- Nedsat isoleringsevne.
- Fugtbetingede bevægelser i tagmaterialerne.
- Vinterkondens.
- Sommerkondens.
- Dampbuler på tagfladen.

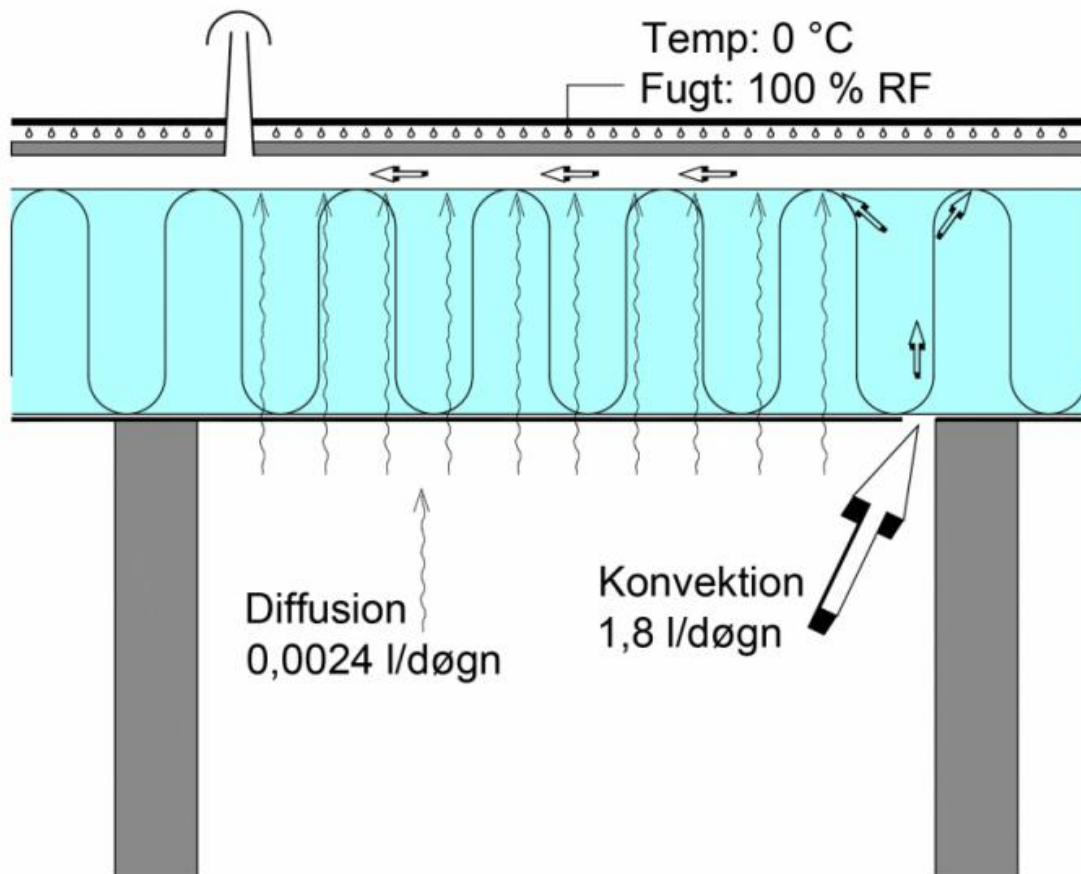
3.2.3 FUGTTRANSPORT IND I TAGKONSTRUKTION

Fugt i tagkonstruktioner kan have flere årsager:

1. Fugttransport som følge af vanddamp-diffusion.
2. Fugttransport som følge af konvektion gennem utætheder i dampspærren og dennes tilslutninger og gennemføringer.
3. Kapillarsugning i materialer.
4. Kuldebroer, hvor indeluftens vanddamp kondenserer på den indvendige overflade.
5. Byggefugt.
6. Utætheder i tagbelægningen.
7. Indtrængende slagregn og sne ved inddækninger.
8. Fugt fra udeluft, der kondenserer på undersiden af underafkølede tagflader i ventilerede konstruktioner.

De fire første punkter drejer sig om fugt, der kommer inde fra bygningen. Fugttransport ved kapillarsugning i materialerne er sjældent aktuel, men kan optræde i beton og letbeton. Et eksempel fra en ældre tagtype er porebeton afdækket med tagpap. Her blev taget opfugtet i toppen ved diffusion, men blev udtørret nedad på grund af kapillarsugning i porebetonen.

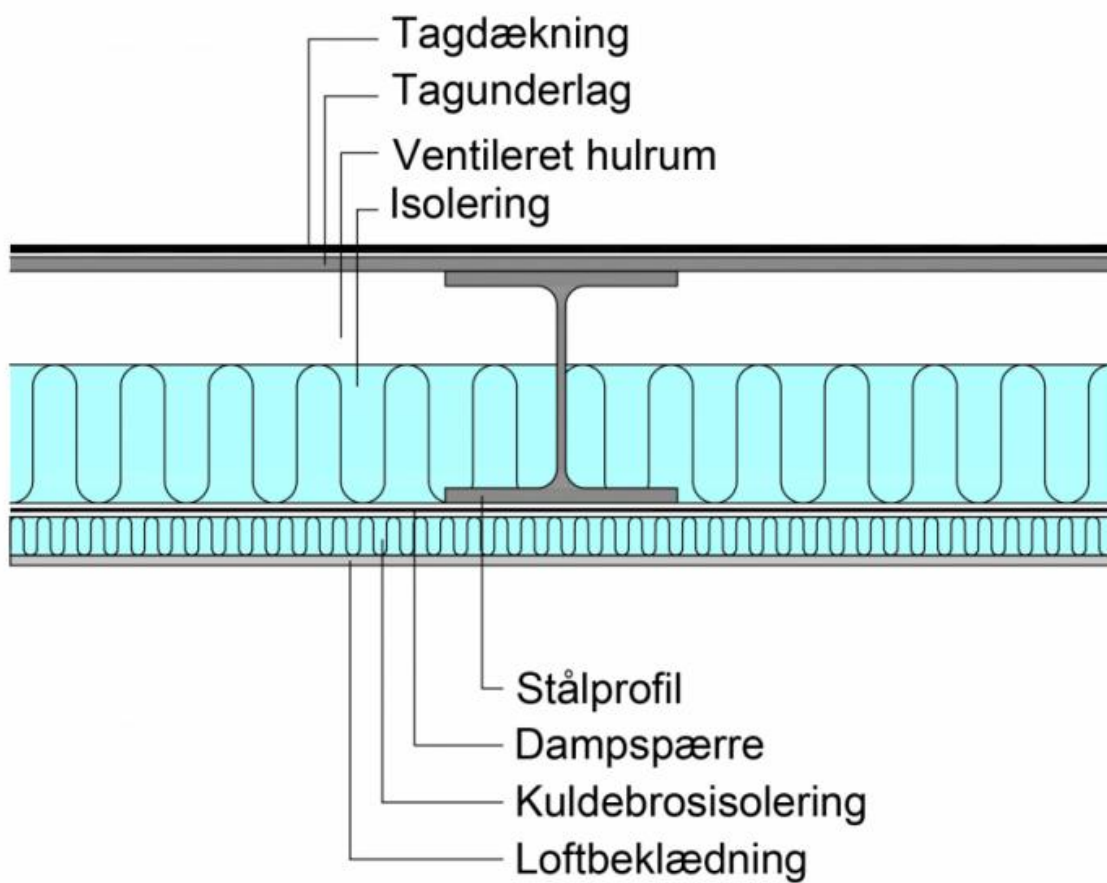
De to væsentligste former for fugttransport indefra er diffusion og konvektion. De fugtmængder, der kan trænge op i tagkonstruktionen ved konvektion gennem utætheder i dampspærren, overstiger ofte langt de mængder, der trænger op ved diffusion. Konvektion er derfor ofte den væsentligste årsag til fugtskader, når der ikke er sikret absolut lufttætte forhold.



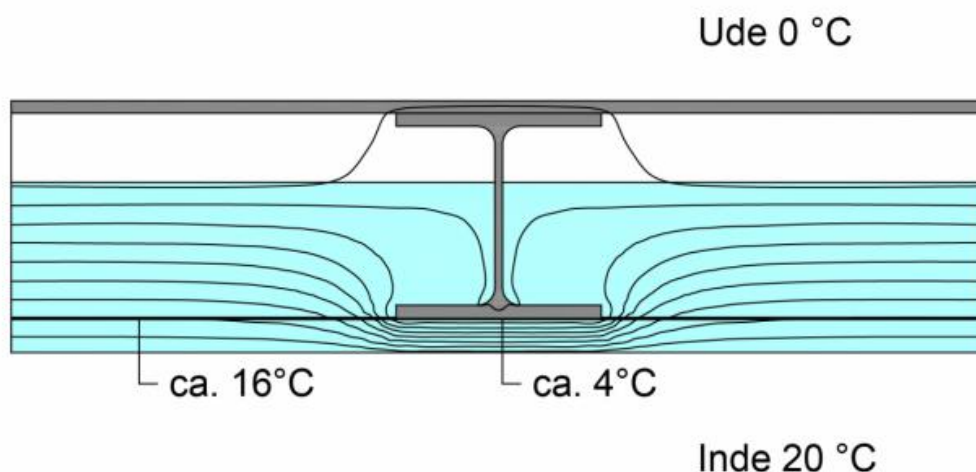
Figur 3.2.3.1: De fugtmængder, som trænger ind i en tagkonstruktion stammer hovedsageligt fra konvektion.
Udeklima: 0° C og 100 % RF. Indeklima: 20° C og 50 % RF

En "væsentlig" kuldebro kan give fugtproblemer, hvis dampspærre ud for kuldebroen afkøles så meget, at luften på indersiden afkøles, så den relative fugtighed stiger til over ca. 75 %. Se figur 3.2.3.2 og 3.2.3.3.

Hvis det drejer sig om et problem, som erkendes under projekteringen, kan det i visse tilfælde være løsningen at flytte dampspæren længere ind mod den varme side. Alternativt kan der isoleres med et diffusionstæt isoleringsmateriale som f.eks. celleglas/skumglas.



Figur 3.2.3.2: Eksempel på kraftig kuldebro i tagkonstruktion.



Figur 3.2.3.3: Simulering af temperatur i tagkonstruktion med bærende I-profil af stål. Overfladetemperatur på dampspærre er ca. 16 °C og ud for kuldebro ca. 4 °C, hvilket vil give kondens

Punkt 5, byggefugt, er regn eller sne, som ledes ned i konstruktionen under udførelsen. Byggefugt kan også skyldes, at der indbygges fugtige materialer, som fx utilstrækkeligt udtørret beton eller opfugtede trædele eller isolering. Begge dele kan undgås ved at være omhyggelig med afdækning og sikre tilstrækkeligt lavt fugtindhold i materialerne.

Punkt 6 og 7 i listen med utætheder i tagbeklædning og indtrængende slagregn og sne skyldes udefra kommende vand. Problemerne må løses ved at skabe tæthed i tagdækningen og detaljerne omkring denne.

Punkt 8. Det sidste punkt i listen, kondens på underside af tagplader, skyldes, at der under skyfrie vinterforhold vil ske en varmeudstråling fra tagfladen til det meget koldere himmelrum. Det giver en underafkøling af tagpapunderlaget i forhold til ventilationsluften, og dermed kondens på undersiden. For at undgå denne situation, kan en forøgelse af ventilationen og/eller udvendig kondensisolering af tagpapunderlaget udføres. Dette bør dog vurderes i det konkrete tilfælde, da øget ventilation i nogle tilfælde kan forværre problemet.

3.2.4 DIFFUSION

En tagkonstruktion kan betragtes som en adskillelse mellem luften inde i bygningen og udeluften. Hvis der er forskelle i vanddampindholdet i indeluften og i udeluften, vil vanddampmolekylerne søge at udligne denne forskel ved at diffundere gennem konstruktionen.

Om vinteren er vanddampindholdet størst inde i bygningen, og vanddamp søger derfor at trænge ud gennem tagkonstruktionen. Den vil her kondensere, hvis den rammer overflader, som er koldere end indeluftens dugpunktstemperatur.

Vanddampdiffusion indefra ville være ufarlig for tagkonstruktionen, hvis vanddampen frit kunne trænge igennem tagkonstruktionen uden at kondensere. En tagdækning med tagpap, tagfolie m.v. er imidlertid meget diffusionstæt og vanddampen vil, hvis den trænger gennem loftet og ind i tagkonstruktionen, ophobes under tagdækningen i de perioder i vinterhalvåret, hvor tagdækningens temperatur er lavere end luftens temperatur i det underliggende lokale.

3.2.5 KONVEKTION

Hvis dampspærre ikke er udført tilstrækkelig lufttæt, kan der strømme betydelige mængder rumluft op i tagkonstruktionen gennem revner og sprækker. Alene den termiske opdrift i rumluften gør, at der normalt er overtryk under loftet; og i ventilerede tage vil der ofte være undertryk i taghulrummet. Den nødvendige trykforskel til at trække indeluft op i tagkonstruktionen er derfor næsten altid til stede.

Når rumluften strømmer op i taget medføres der samtidig en betydelig mængde fugt, idet rumluften har et vist fugtindhold. Fx indeholder rumluft ved 20°C og 50 % RF ca. 10 g vand/m³. Fugttransport, som skyldes luftstrømning, kaldes for fugttransport ved konvektion.

Bemærk, at fugttransport ved diffusion kræver en forskel i vanddampens partialtryk mellem dampspærrens to sider, mens fugttransport ved konvektion kræver en forskel i lufttrykket.

Op gennem 1960'erne og 1970'erne var den almindelige antagelse, at de fugtmængder, der trænger op i taget ved diffusion, kunne fjernes ved ventilation. Dette er teoretisk også korrekt, men de fugtmængder, der kan trænge op i tagkonstruktionen gennem revner og sprækker i dampspærre ved konvektion, er ofte langt større, end hvad der kan fjernes med ventilation med udeluft. Ventilation med kold udeluft kan kun fjerne små fugtmængder.

For at fjerne fugten fra 1 m³ varm rumluft, skal der ventileres med ca. 10 m³ kold udeluft, idet den kolde udeluft kan indeholde langt mindre fugt end den varme rumluft.

Det er i tage uden tagrum vanskeligt at etablere en effektiv ventilation, idet ovenlys, tagspring og vinkler på taget ofte spærrer for ventilationsluften. I mange huse fra 1960'erne og 1970'erne har man desuden ofte slækket på ventilationsarealet eller erstattet ventilationen fra stern til stern med tagventilationshætter.

Dette er en løsning, som må frarådes, da der kan trækkes varm og fugtig rumluft fra underliggende rum op i tagrummet med kondens i taget til følge.

3.2.6 DAMPSPÆRRE

For at forhindre vanddampdiffusion gennem loftet ved diffusion og konvektion samt efterfølgende kondensation i isoleringen, forsynes tagkonstruktioner normalt med en dampspærre, som anbringes på den varme side af isoleringen.

I denne anvisning anvendes begrebet dampspærre, men betegnelsen dampbremse ses også anvendt.

Hvis dampspærre har en tilstrækkelig stor diffusionsmodstand, giver diffusion ikke anledning til skadelig fugtophobning.

Hvis der er trængt udefrakommende vand ind i tagkonstruktionen, vil dette vand på grund af diffusion kunne vandre op under tagbelægningen.

Når solen skinner på taget, vil vanddampen vandre nedad og under sommerforhold vil vanddampen kunne kondensere ovenpå dampspærre. Den del af kondensvandet, som bliver liggende på dampspærre, vil, når tagdækningen bliver kold, diffundere op og kondensere under denne.

Hvis der er utætheder i dampspærre, er der en risiko for, at der i løbet af en årrække vil kunne ophobes betydelige fugtmængder i en tagkonstruktion, selv om der er indlagt en dampspærre med stor diffusionsmodstand.

Fugtophobning alene som følge af diffusion er sjældent den væsentligste årsag til fugtskader, men diffusionsforholdene bør dog altid vurderes.

Fugtens vandring op og ned gennem tagkonstruktionen kræver energi i form af latent varmetransport og medfører dermed nedsat isoleringsevne.

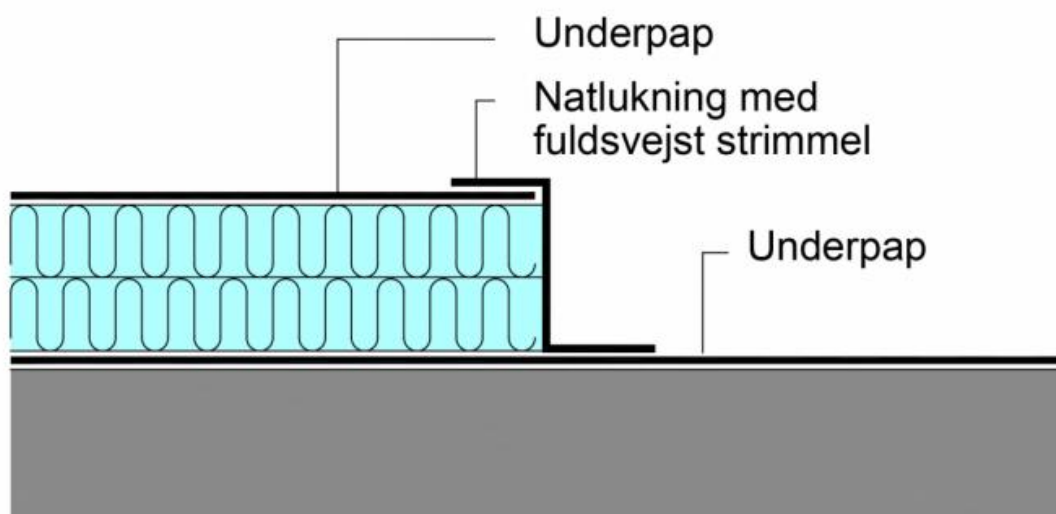
3.2.6.1 DAMPSPÆRRE I VARME TAGE

Restfugt fra beton kan i bygningens første leveår give anledning til fugtophobning under tagdækningen, og kan give gener i form af dryp eller lugt fra isolering. Ved at påsveje en tagpap på betontagdækkets overside sikres, at restfugten ikke transporteres op i isoleringen.

For varme tage gælder følgende:

- Hvis betonen er tør, dvs. i ligevægt ved 85 % RF eller derunder midt i betonen, når der udlægges isolering og tagdækning, kan dampspærre udelades. Men der bør udføres strimling med tagpap over alle elementsamlinger og tilslutninger til facader m.v. Herved hindres, at eventuel sommerkondens løber igennem revner og sprækker i betondækket, men i stedet opsuges i betonen. Desuden sikres et lufttæt lag i konstruktionen, som kan hindre fugtophobning på grund af trykforskelle (pumpevirkning – se afsnit 3.10).
- Hvis betonen er fugtig (RF > 85 %), når der udlægges isolering, skal der anvendes dampspærre for at undgå, at fugten fra betonen diffunderer op i isoleringen.

Betonen skal altså være afhærdet og beskyttes mod regn og lignende, indtil isolering og tagdækning er udført. Det er vigtigt at undgå indbygning af fugt under udlægning af isolering og tagdækning. Dette indebærer bl.a., at der skal anvendes natlukning ved kanter ved arbejdets ophør under udlægningen, således at vand ikke kan løbe ind i isoleringen. Hvis der anvendes totaloverdækning kan natlukning udelades.



Figur 3.2.6.1.1: Eksempel på natlukning.

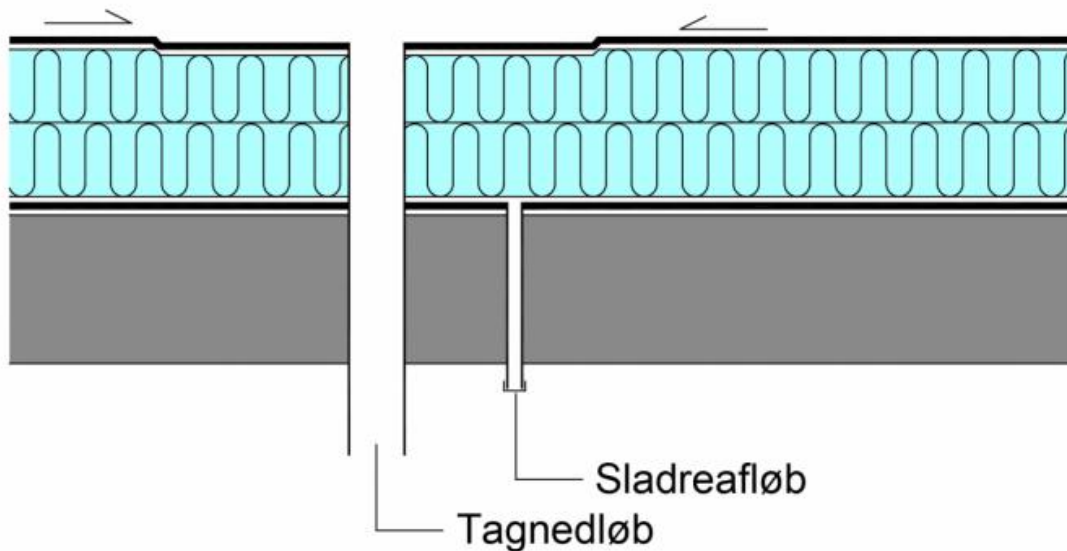
Det er også vigtigt, at underpappen ikke beskadiges i udførelsesperioden.

Ofte henstår taget uden overpap i en periode, hvor andre håndværkere arbejder med ventilation, ovenlys m.v. Disse håndværkere har i mange tilfælde ikke forståelse for, hvor følsom tagpapdækningen er overfor mekaniske påvirkninger. Og der kan derfor let opstå skader og utætheder i underpappen, som medfører opfugtning af isoleringen. Der skal derfor udlægges beskyttelsesplader i deres arbejdsområde i form af krydsfinerplader, når der arbejdes, efter at der er udlagt tagdækning.

Hvis isoleringen opfugtes, og der er dampspærre i taget, bliver fugten lukket inde. Selv uden dampspærre, vil

udtørring tage flere år, og der er risiko for dryp fra sommerkondens. Erfaringen fra skader som følge af sommerkondens har vist, at fugtindholdet i isoleringen skal holdes under 0,5 vol. %, som svarer til 1 kg vand/m² i 200 mm isoleringslag, for at undgå problemer. I uheldige tilfælde kan der findes vandmængder på 50 vol. % eller mere i tagisoleringen. Fugtindholdet måles i hele isoleringslaget mellem to fugttætte lag tagpap.

Der kan med fordel etableres sladreafløb fra isoleringslaget i varme tage, således at der er mulighed for at opdage utætheder eller vandindtrængning i isoleringslaget. Sladreafløb skal udføres med lufttæt tilslutning og være lukket i enden.



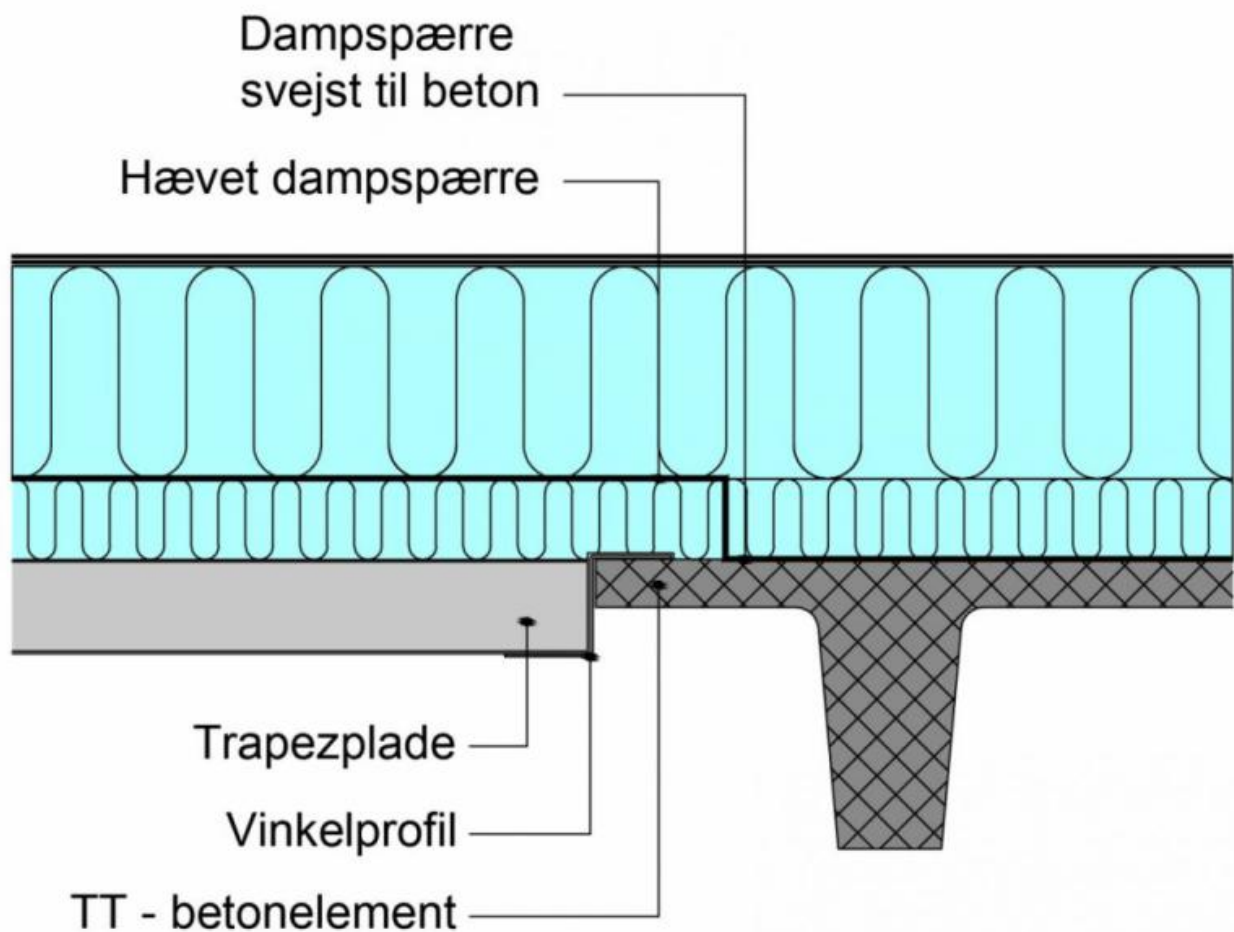
Figur 3.2.6.1.2: Sladreafløb.

Generelt må det anbefales at udlægge en dampspærre af tagpap på betondækket for at undgå, at betonfugten går op i tagisoleringen og nedbryder denne.

I stålpladetage skal dampspærre normalt af brandmæssige årsager placeres 50 mm oppe i isoleringen, med mindre der findes en brandmæssig godkendt dampspærreløsning.

Ved kombination af stålplader og betondæk bør dampspærre føres ned på betonen, for at undgå opfugtning af isolering fra betonfugten, se figur 3.2.6.1.3.

Se også afsnit 4 om lufttæthed.



Figur 3.2.6.1.3: TT-betonelement, stålblader og dampspærre.

3.2.6.2 DAMPSPÆRRE I KOLDE TAGE

For anvendelse af dampspærre i kolde tage, ventilerede og uventilerede, henvises til afsnit: 3.6 Ventilation af kolde tage og 3.7 Uventilerede kolde tage.

3.3 FUGTBELASTNINGSKLASSER

3.3.1 GENERELT

Luftfugtigheden i bygninger varierer meget efter årstiden og efter bygningens anvendelse og ventilationsforhold. Ved vurdering af en tagkonstruktions fugttekniske forhold, er det vigtigt at vide hvor stor fugtproduktion, der kan forventes i rumluften under taget.

Det har vist sig, at det er praktisk at inddele klimaet i bygninger i fugtbelastningsklasser, der er karakteriseret ved rumluftens forventede vanddampindhold; eller med samme betydning, luftens dugpunktstemperatur. Jo større fugtindhold, der er i rumluften, jo større fugtmængder kan der transporteres op i taget; og jo større er risikoen for kondens i tagkonstruktionen. En given bygnings placering i en fugtbelastningsklasse kan bestemmes ved at måle sammenhørende værdier af relativ luftfugtighed og rumtemperatur, og sammenholde fugtindholdet med udeluftens fugtindhold. Herved kan fugttilskuddet til indeluften beregnes. Alternativt kan fugttilskuddet skønnes ud fra bygningens anvendelse, se tabel 3.3.1.1.

Da tagkonstruktioner reagerer relativt langsomt over for ændringer i fugtbelastninger, er det gennemsnitsværdier for indvendig relativ fugtighed og temperatur i luften, der er bestemmende for, i hvilken fugtbelastningsklasse bygningen skal placeres.

Det er normalt fugtforholdene i de kolde vintermåneder fra november til marts, der er kritiske.

I tabel 3.3.1.1 findes en orienterende opdeling i fugtbelastningsklasser for de mest almindelige bygningsanvendelser. Rumklimaet og dermed fugtbelastningen kan variere meget for de forskellige bygningsanvendelser. Fugtmålinger i den aktuelle bygning kan afsløre, om bygningen eventuel må rykkes op i en anden fugtbelastningsklasse. Fx kan bygninger med utilstrækkelig ventilation have et meget fugtigt indeklima, hvilket vil betyde, at bygningen placeres i en højere fugtbelastningsklasse, eller at nødvendig ventilation skal etableres. Fugtmålingerne foretages bedst i vintermånederne.

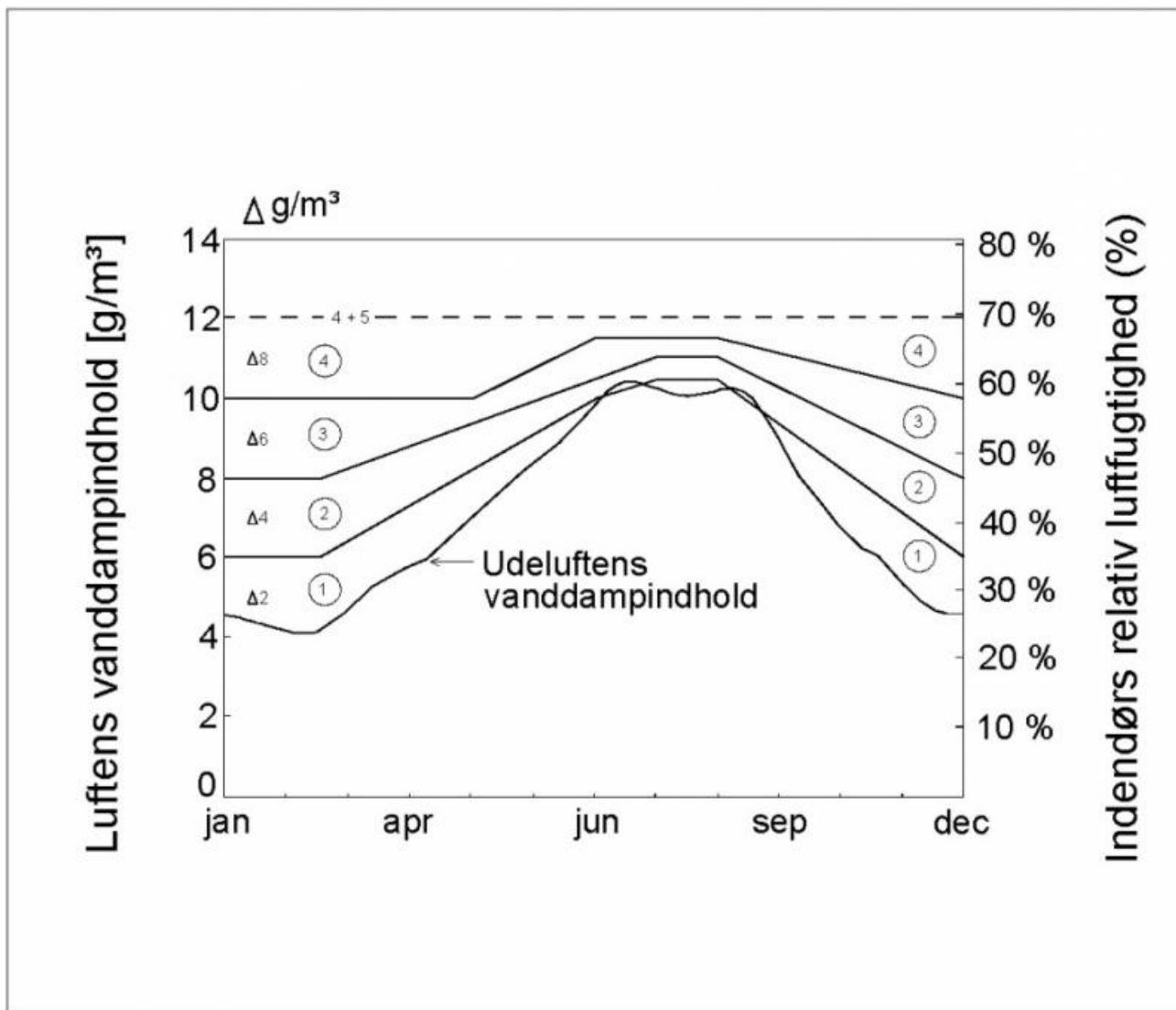
Fugtbelastningsklasser kan, i forbindelse med fugtberegninger, benyttes til at beskrive den fugtbelastning fra indeluften, som en konstruktionsdel er udsat for.

Fugtbelastningsklasser er en forenklet måde til at beskrive vanddampkoncentrationen i indeluften i løbet af et år.

Fugtbelastningsklasserne kan i opvarmede bygninger også benyttes i forbindelse med vurdering af kondens på kuldebroer, og den deraf følgende risiko for skimmelsvampevækst.

Figur 3.3.1.1 viser forenkede, beregnede fugtbelastningsklasser i henhold til standarden DS/EN ISO 13788 (Dansk Standard, 2013) baseret på det danske referenceår TRY. Fugtbelastningsklasserne er vist både som indendørs vanddampindhold og som indendørs relativ luftfugtighed ved en lufttemperatur på 20 °C.

Ved indplacering af en bygning i en fugtbelastningsklasse kan det absolutte vanddampindhold benyttes, hvis temperaturen i bygningen afviger fra de 20 °C. Eksempelvis har mange boliger en indetemperatur på 22 °C. Her placeres boligen efter det absolutte vanddampindhold i indeluften.



Figur 3.3.1.1: Vanddampindhold i fugtbelastningsklasserne 1-5 og i udeluften over året. Baseret på [DS/EN ISO 13788, 2013] og referenceåret TRY. Indendørs relativ fugtighed er beregnet ved 20 °C. På den lodrette akse til venstre er angivet det totale vanddampindhold samt fugttilskuddet (Δ) indenfor de enkelte fugtbelastningsklasser i afhængighed af årstiden. På den lodrette akse til højre er angivet den tilsvarende forventede relative luftfugtighed.

- 1) I Danmark anses en bolig for at have normal ventilation, hvis bygningsreglementets krav om ventilation er opfyldt.
- 2) Beboelsestætheden kan fx være ukendt i lejeboliger.
- 3) I Danmark henregnes idrætshaller med mange tilskuere til fugtbelastningsklasse 3.

Klasse 1	Ubenyttede bygninger, tørre lagerhaller, idrætshaller uden tilskuere, industribygninger uden fugtproduktion
Klasse 2	Kontorer, forretning, boliger med normal beboelsestæthed og ventilation ¹⁾
Klasse 3	Boliger med ukendt beboelsestæthed ²⁾ , idrætshaller med mange tilskuere ³⁾
Klasse 4	Storkøkkener, kantiner, bade- og omklædningsrum
Klasse 5	Specielle bygning, fx vaskerier, bryggerier, svømmehaller

Tabel 3.3.1.1: Vejledende indplacering af bygninger i fugtbelastningsklasser efter anvendelse. I fugtbelastningsklasserne 2 og 3 regnes der med almindeligt ventilerede bygninger iht. Bygningsreglementet

3.3.2 SPECIELLE BYGNINGER

Tagkonstruktioner over svømmehaller er en særlig udsat konstruktion, og stort set al isolering bør placeres over det damptætte lag. Det kan dog, af hensyn til akustikken i det underliggende rum, være nødvendigt at have en beskedent isolering i loftkonstruktionen.

Idrætshaller med mange tilskuere kan ofte placeres i fugtbelastningsklasse 3.

I fugtbelastningsklasserne regnes der ikke med, at der findes klimaanlæg. I bygninger med klimastyring, og stor fugtproduktion som fugtbelastningsklasse 5, måles eller skønnes fugtindholdet i hvert enkelt tilfælde.

En bygning med overtryksventilation og befugtning giver normalt også en så stor fugtbelastning af tagkonstruktionen, at den må placeres i en højere klasse end forventet ud fra anvendelsen.

Generelt må overtryksventilation frarådes ud fra fugttekniske synspunkter angående klimaskærmen.

I bygninger med køling som skøjtehaller, kølelagre og frysehuse skal forholdene vurderes i det aktuelle tilfælde.

3.4 KRITISK TEMPERATUR

I de tilfælde, hvor der forekommer væsentlige kuldebroer, eller hvor dampspærre og damptætte membraner er trukket delvis ind i isoleringen, kan det med beregninger vurderes, om der er risiko for et skadeligt fugtforhold.

Som grundlag for vurderingen beregnes det stationære temperaturprofil i to dimensioner for den detalje, som skal vurderes. Der regnes med en udetemperatur svarende til månedsmiddeltemperaturen for den mest kritiske måned, som afhænger af hvilken fugtbelastningsklasse, bygningen er placeret i.

I tabel 3.4.1 er angivet, hvilke temperaturer der skal regnes med som udetemperatur og hvilken overfladetemperatur på dampspærre, der er den kritiske for en bygning i den pågældende fugtbelastningsklasse. Den beregnede minimumstemperatur på dampspærre (eller materialeoverflade, der virker som dampspærende lag) sammenholdes med den kritiske temperatur fra tabellen. Når den beregnede temperatur er højere end den kritiske temperatur, er der ikke risiko for skimmelsvampevækst.

Nærmere detaljer omkring beregningerne, og grundlaget for fastsættelse af de kritiske temperaturer, kan findes i DS/ISO EN 13788 og er tillige beskrevet i SBI-anvisning 224 "Fugt i bygninger", 2013.

Fugtbelastningsklasse	Kritisk måned	Ude-temperatur [oC]	Kritisk temperatur [oC]
1	Januar	-0,6	7,5
2	Januar	-0,6	12,0
3	Januar	-0,6	15,6
4	Januar	-0,6	18,8
5	-	-	-

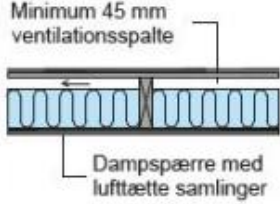

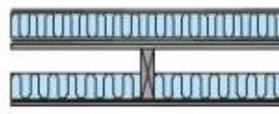
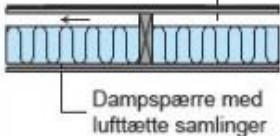
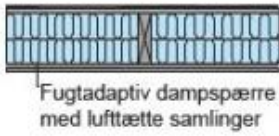
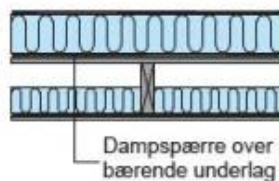
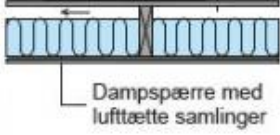
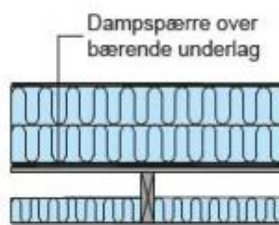
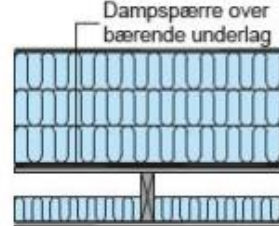
Tabel 3.4.1: Kritiske temperaturer gældende for gennemsnitlige danske vejrforhold, for acceptabel fugt på 75 % relativ fugtighed og en indendørs temperatur på 20 °C. For fugtbelastningsklasse 5 gives ingen retningslinjer, men kritisk temperatur må vurderes i det konkrete tilfælde.

3.5 VALG AF TAGKONSTRUKTION

Valg af tagkonstruktion bør ske ud fra fugtbelastningsklasse, som vist i tabel 3.5.1.

3.5.1 VALG AF KOLDT TAG

Ved valg af nye kolde tage, bør dette ske ud fra de underliggende rums fugtbelastningsklasse i henhold til tabel 3.5.1. De ventilerede, kolde tage kan kun anvendes ved begrænsede bygningsbredder, idet der skal kunne ventileres fra stern til stern eller fra stern til kip. Det frarådes at anvende hætteventilation, hvilket fremgår af afsnit 3.6.2.

Fugtbelastnings- klasse	Ventileret tag (koldt tag)	Uventileret tag	
		Med indvendig isolering (koldt tag)	Med udvendig isolering (varmt tag) ¹⁾
1 Tørre lagerhaller, industribygninger uden fugtproduktion, (idrætshaller uden tilskuere)	Minimum 45 mm ventilationsspalte  Dampspærre med lufttætte samlinger	 Fugtadaptiv dampspærre med lufttætte samlinger	
2 Beboelsesbygninger med lav beboelses- tæthed, kontorer, for- retninger, institutioner	Minimum 45 mm ventilationsspalte  Dampspærre med lufttætte samlinger	 Fugtadaptiv dampspærre med lufttætte samlinger	 Dampspærre over bærende underlag
3 Beboelsesbygninger med høj beboelses- tæthed, idrætshaller med mange tilskuere	Minimum 45 mm ventilationsspalte  Dampspærre med lufttætte samlinger	Beregning	 Dampspærre over bærende underlag
4 Storkøkkener, kantiner, bade- og omklædningsrum	Anbefales ikke	Anbefales ikke	 Dampspærre over bærende underlag
5 Specielle bygninger f.eks. vaskerier, bryggerier og svøm- mehaller	Anbefales ikke	Anbefales ikke	Beregning

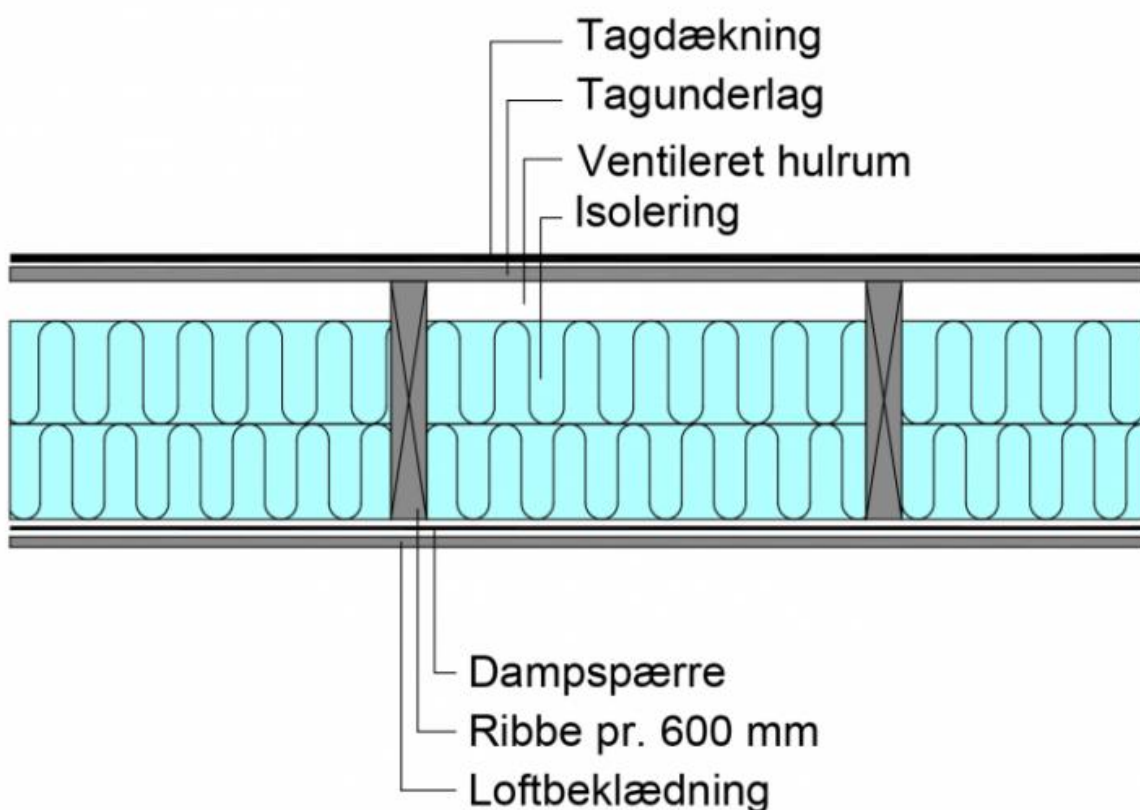
Tabel 3.5.1: Valg af egnede tagkonstruktioner ud fra fugtbelastningsklasse.

1) Nødvendig varmeisolering fremgår af tabel 3.13.1.1.

3.6 VENTILATION AF KOLDE TAGE

For at fjerne de fugtmængder, som trænger op i tagkonstruktionen enten ved diffusion eller konvektion i et koldt tag, skal tagkonstruktioner ved almindelige diffusionstætte dampspærre ventileres med udeluft.

På figur 3.6.1 er vist en bjælkespærkonstruktion. Konstruktionen er opbygget med en dampspærre af fx PE- folie. For at fjerne den fugt, som uundgåeligt kommer op i konstruktionen i løbet af vinterperioden, ventileres der med udeluft over isoleringen.



Figur 3.6.1: Ventileret bjælkespærkonstruktion.

3.6.1 GENERELT

Ved tage med en hældning på mindre end 10° kan ventilation ved husdybder under 16 m ske alene gennem åbninger ved tagkant i hver side.

Over isoleringen skal der være en afstand, der skal sikre fri luftpassage mellem isoleringens overside og tagunderlagets underside. Ventilationsspalten over isoleringen skal være mindst 45 mm ved tagbredder op til 16 m. Ved tagbredder over 16 m skal der foretages fugtteknisk vurdering og projektering. Det skal sikres, at isoleringsmaterialet ikke ekspanderer og med tiden lukker eller reducerer for luftgennemstrømningen.

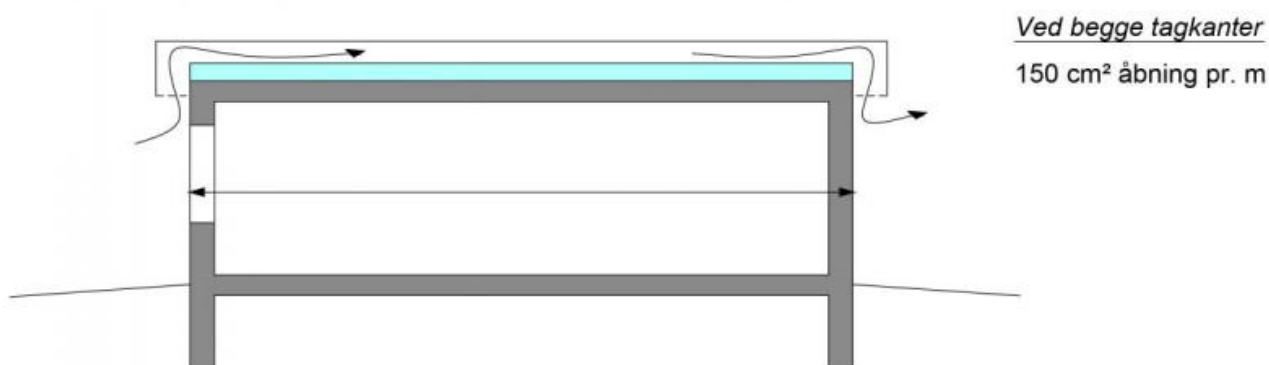
Ventilationskravene for kolde tage fremgår af figurerne 3.6.1.1 til 3.6.1.10. Der skelnes i nogle tilfælde mellem husdybder < 8 og 8-16 m. Ved husdybder > 16 m skal der foretages vurdering og/eller beregning. Ventilationsspalten mellem isolering og tagunderlag må normalt øges fra 45 mm til 70 eller 100 mm.

Konstruktioner, som ikke er dækket af eksemplerne og med husdybder > 16 m, anvendes det gamle forhold 1/500 som det sikre grundlag for vurdering af de nødvendige ventilationsåbninger.

De angivne krav til åbninger og antal studse er angivet som nettoarealer, og skal tilpasses, således at alle spærfag ventileres ligeligt, og at der ikke forekommer uventilerede områder i tagkonstruktionen.

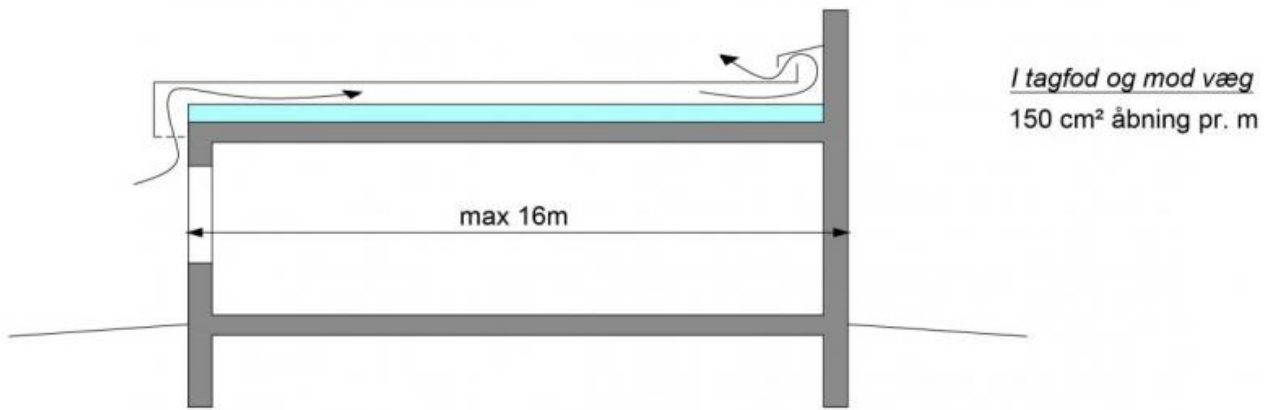
Hvis der anvendes insektnet i spalter og studse, skal ventilationsarealerne normalt fordobles.

Taghældning < 10°



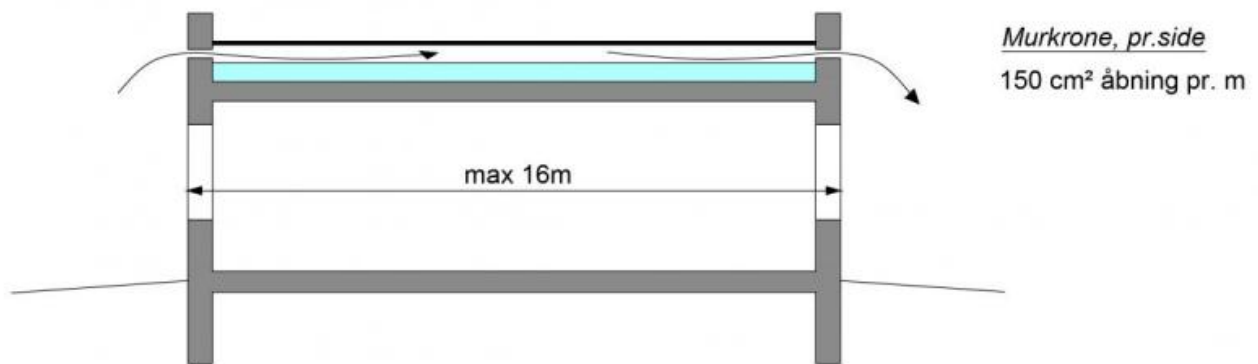
Figur 3.6.1.1: Nettoareal af ventilationsåbninger ved tagkanter.

Taghældning < 10°



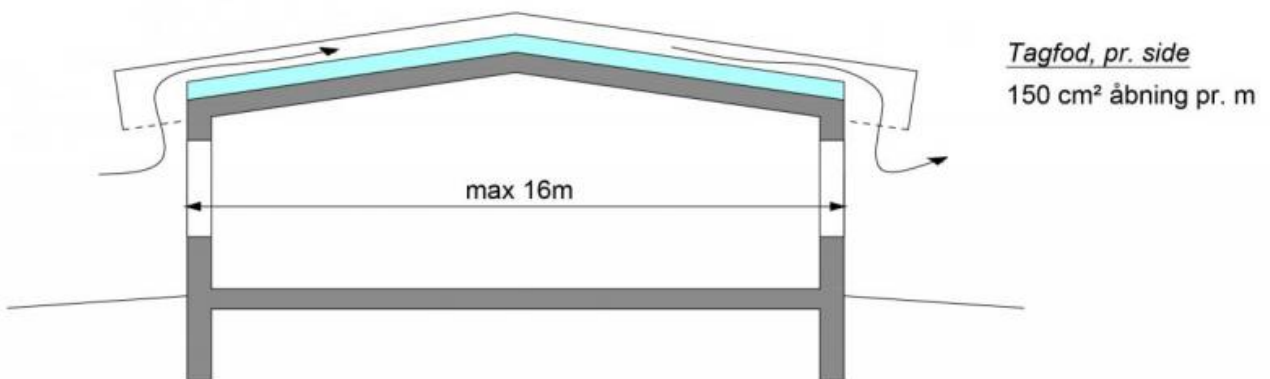
Figur 3.6.1.2: Nettoareal af ventilationsåbninger ved tagkanter og mur ved taghældning < 10°

Taghældning < 10°



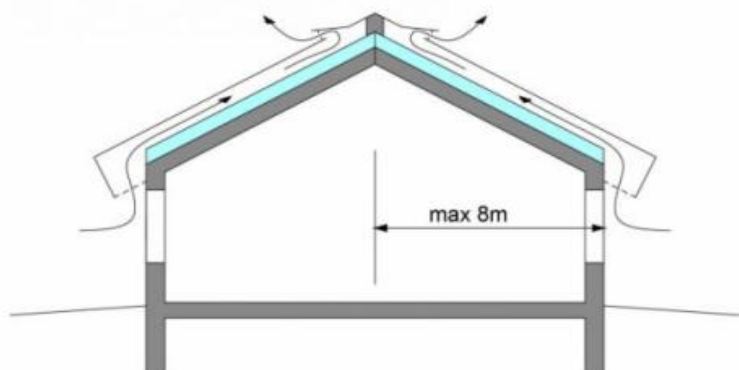
Figur 3.6.1.3: Nettoareal af ventilationsåbninger i murkrone ved taghældning < 10°

Taghældning < 10°



Figur 3.6.1.4: Nettoareal af ventilationsåbninger ved tagfod ved taghældning <math>< 10^\circ</math>

Taghældning > 10°

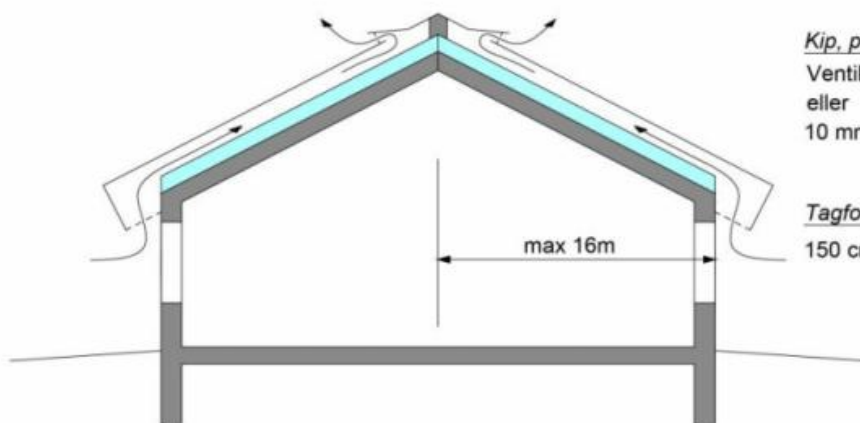


Kip, pr. side

Ventilationsstuds: 1 stk. a 50 cm^2 pr. m
eller
10 mm spalte pr. m

Tagfod, pr. side

150 cm^2 åbning pr. m



Kip, pr. side

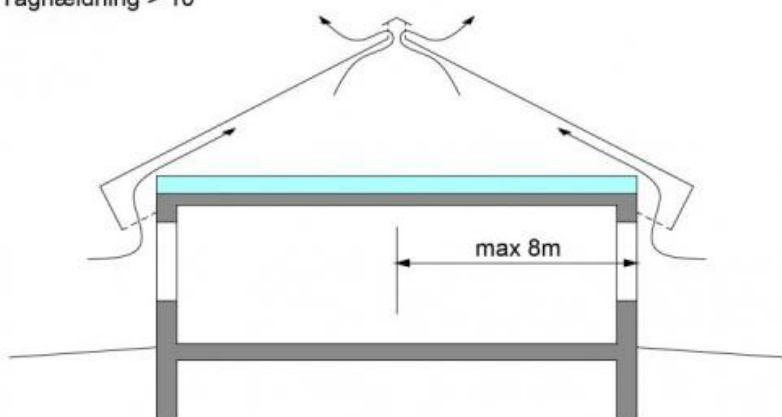
Ventilationsstuds: 1 stk. a 100 cm^2 pr. m
eller
10 mm spalte pr. m

Tagfod, pr. side

150 cm^2 åbning pr. m

Figur 3.6.1.5: Nettoareal af ventilationsåbninger ved tagfod og enkelt kip ved taghældning > 10° .

Taghældning > 10°



Kip

10 mm spalte pr. m
eller

Ventilationsstuds:
1 stk. a 100 cm^2 pr. m forskudt på
de 2 tagflader

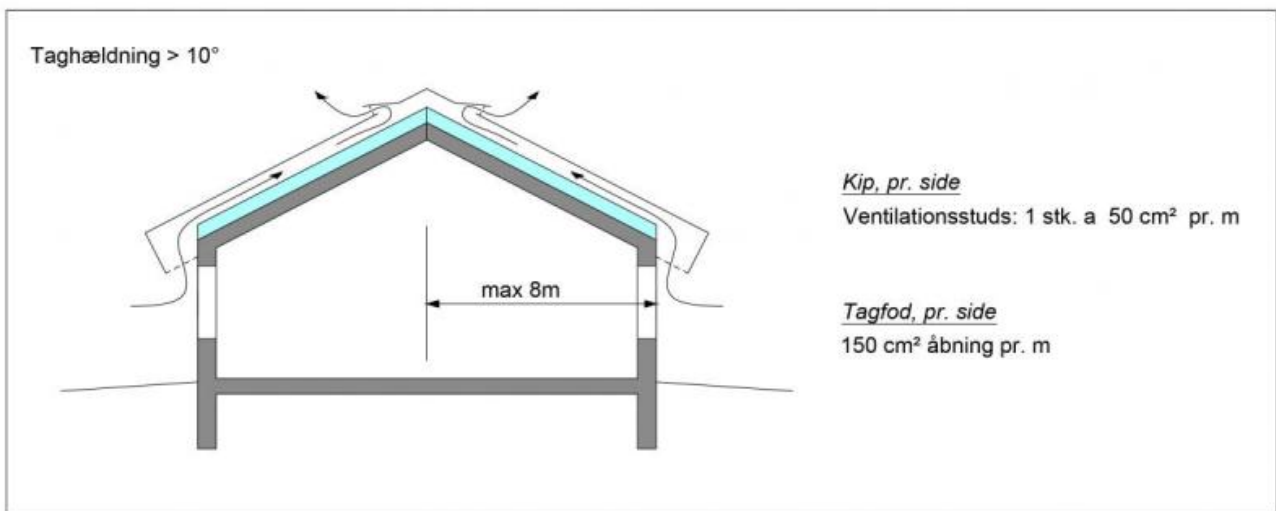
eller

Ventilationsstuds: 2 stk. a 50 cm^2
pr. m, 1 på hver side

Tagfod, pr. side

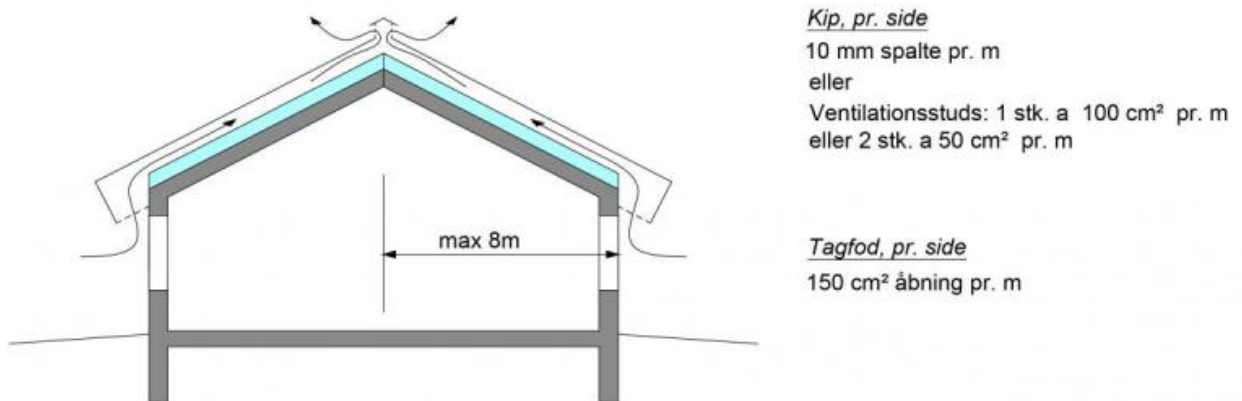
150 cm^2 åbning pr. m

Figur 3.6.1.6: Nettoareal af ventilationsåbninger ved ventilation fra tagfod til dobbeltkip ved taghældning > 10°



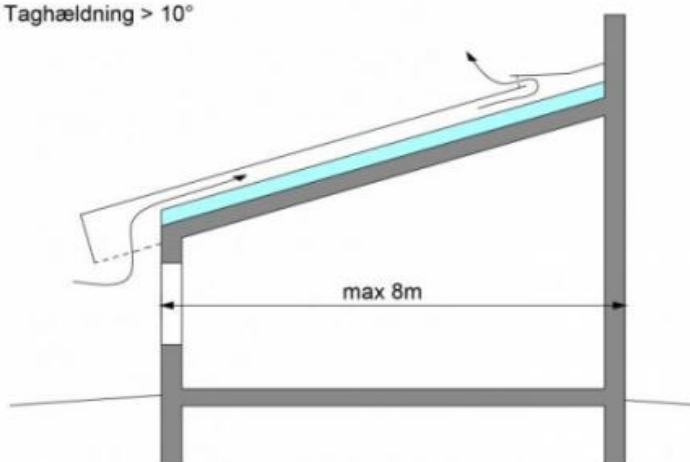
Figur 3.6.1.7: Nettoareal af ventilationsåbninger ved ventilation af skråtag fra tagfod til hver side af tagkip ved taghældning $\hat{>}$ 10°.

Taghældning > 10°



Figur 3.6.1.8: Nettoareal af ventilationsåbninger ved ventilation af skråtag fra tagfod til dobbeltkip ved taghældning $\hat{>}$ 10°

Taghældning > 10°

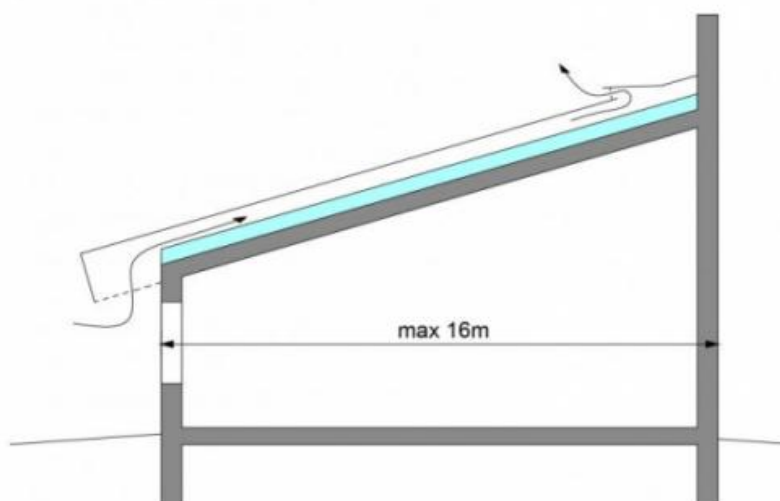


Kip

Ventilationsstuds: 1 stk. a 50 cm² pr. m
eller 10 mm spalte pr. m

Tagfod

150 cm² åbning pr. m



Kip

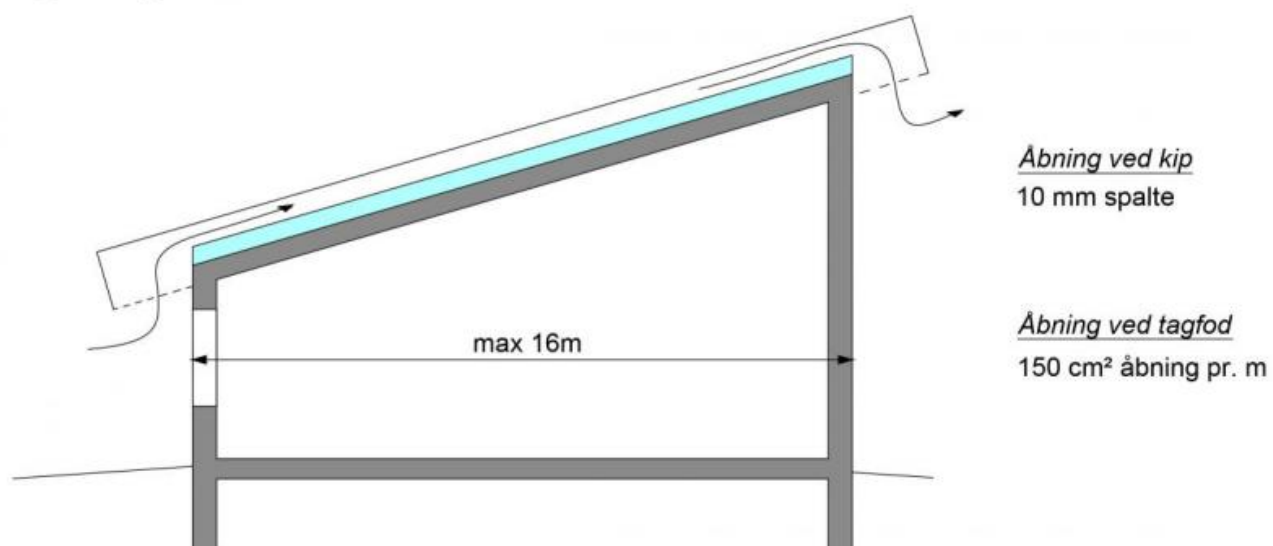
Ventilationsstuds: 1 stk. a 100 cm² pr. m
eller 10 mm spalte pr. m

Tagfod

150 cm² åbning pr. m

Figur 3.6.1.9: Nettoareal af ventilationsåbninger ved ventilation fra tagfod til kip ved bygningspring og taghældning > 10°

Taghældning > 10°



Figur 3.6.1.10: Nettoareal af ventilationsåbninger ved ventilation fra tagfod ved taghældning > 10°

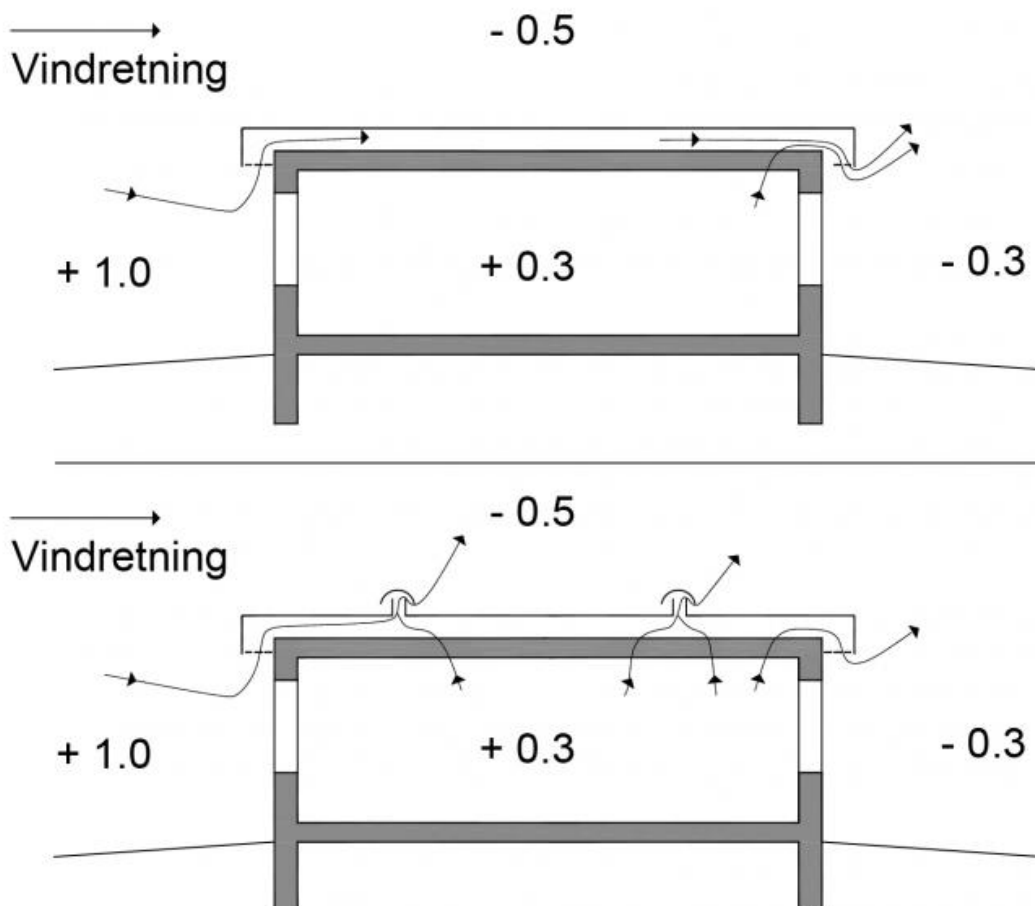
3.6.2 VENTILATION MED HÆTTER

Ved tage med taghældning under 10° må der ikke anvendes hætter.

Trykforholdene omkring et hus med fladt tag vil typisk se ud som vist på figur 3.6.2.1.

Når der ventileres fra stern til stern, vil det gennemsnitlige tryk i taghulrummet stort set svare til det svage overtryk, der er i rummet under taget. Og der vil være en vekselvirkning mellem over- og undertryk i taghulrummets enkelte områder, afhængig af vindretningen.

Ved brug af hætter er der konstant undertryk over hætterne, og der er risiko for, at varm fugtig indeluft trækkes op i konstruktionen. Tagventilationshætter har i nogle tilfælde vist sig at være mere skadelige end gavnlige. Er der utætheder i dampspærre, vil taghætterne bevirke en forøget opslugning af rumluft op i tagkonstruktionen, idet det undertryk, der normalt findes over et fladt tag, vil forplante sig ned i taghulrummet og give et sug over dampspærre.



Figur 3.6.2.1: Luftens strømning i et fladt tag med ventilation fra tagkant til tagkant og suppleret med hætteventilation

Dette betyder som nævnt, at der mellem det underliggende rum og taghulrummet opstår en næsten konstant trykforskel, som trækker fugtig rumluft op i taghulrummet gennem revner og sprækker i dampspærre. Den almindelige skorstensvirkning – varm luft stiger opad – vil virke i samme retning.

Ofte vil den opstigende varme rumluft nå at afsætte en stor del af sit fugtindhold, inden den ventileres bort gennem hætterne, og der sker derved en opfugtning af tagkonstruktionen.

Hvis dampspærre ikke er udført lufttæt, hvad man må forvente, at den ikke er i især ældre bygninger, vil hætter altså forøge opfugtningen, hvorfor hætter normalt bør undgås. I tage med fugtproblemer skal man ikke forsøge at løse problemer ved at sætte flere hætter på taget, idet hovedproblemet er utæthederne i dampspærre.

Fugtproblemerne burde altså i princippet løses ved at gøre dampspærre tæt. Dette er desværre i nogle tilfælde, især i eksisterende bygninger, i praksis næsten umuligt. Idet det kræver nedtagning af skillevægge, indbyggede skabe, el-installationer m.v. Ved nybyggeri er der i dag krav til lufttætheden af dampspærre, jf. afsnit 4.

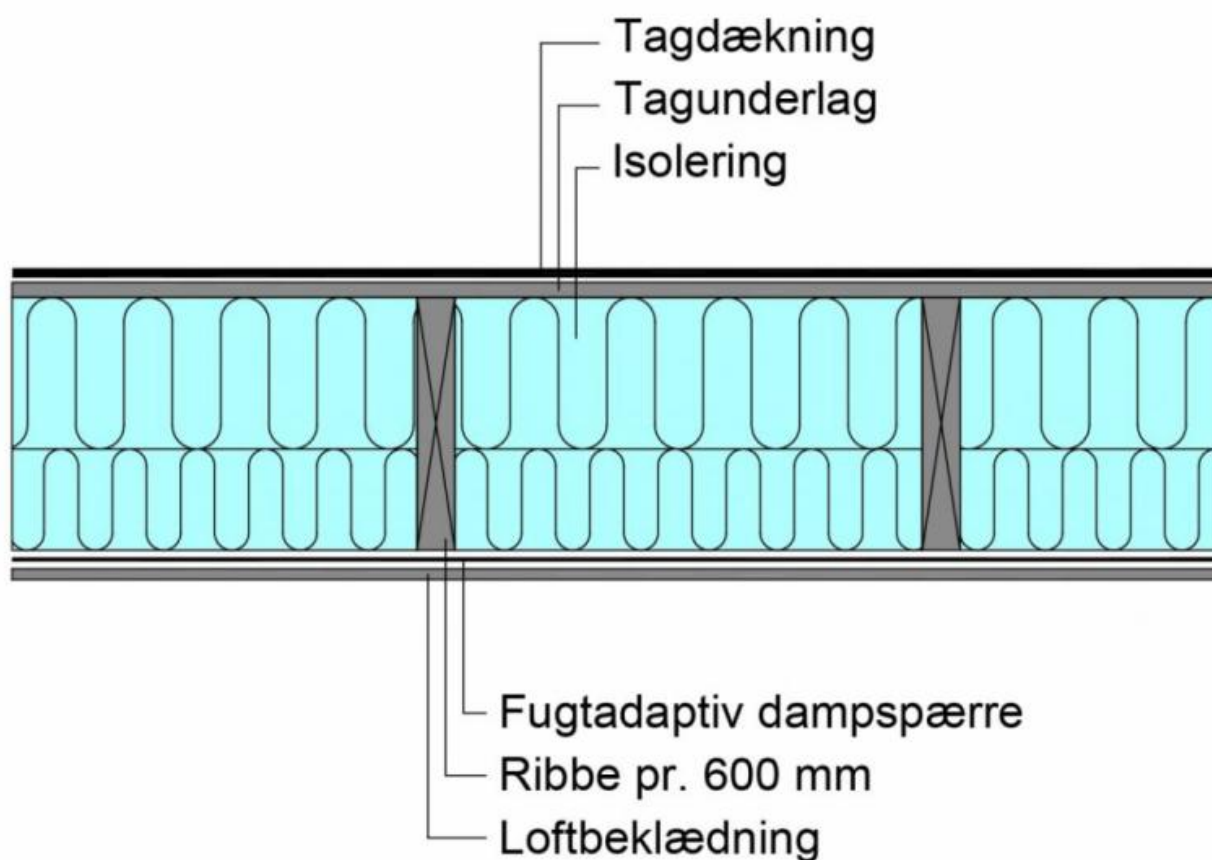
Ventilation af tage med hældning under 10° bør derfor under ingen omstændigheder udføres med hætteventilation.

Ved tage over 10° kan anvendes "fisk" (flade ventilationsåbninger) eller lignende, idet den termiske opdrift vil få ventilationen til at fungere.

3.7 UVENTILEREDE KOLDE TAGE

I tagkonstruktioner over rum med beskeden fugttilførsel, dvs. fugtbelastningsklasse 1 og 2, se afsnit 3.3 Fugtbelastningsklasser, kan anvendes uventilerede tagelementer i kombination med en såkaldt fugtadaptiv dampspærre. Der er dog en række vigtige begrænsninger ved anvendelse af en sådan dampspærre, hvilket vil fremgå af producenternes vejledningsmateriale, herunder fx skyggeforhold på taget, orientering mod verdenshjørner og taghældning. For at forhindre uhensigtsmæssig intern konvektion i tagelementerne, skal disse udfyldes helt med isoleringsmateriale.

På figur 3.7.1 er vist princippet i en uventileret tagkonstruktion med en fugtadaptiv dampspærre. En fugtadaptiv dampspærre ændrer fugttransportegenskaber ved en ændring i fugtforholdene i det miljø, den fugtadaptive dampspærre befinder sig i.



Figur 3.7.1: Tagkonstruktion (tagelement) med 45 mm spær pr. 600 mm. Loftbeklædning af 13 mm gipsplade med fugtadaptiv dampspærre og tagdækning af to lag tagpap på tagfiner.

Om vinteren, når fugttransporten sker fra indeklimaet op i tagkonstruktionen, begrænses fugttransporten af den fugtadaptive dampspærre. Under sommerforhold transporteres den ophobede fugt ned mod loftet og den fugtadaptive dampspærre. Ved høj relativ fugtighed ændres dampspærrens egenskaber, så den bliver mere diffusionsåben og tillader fugt at diffundere igennem dampspærren og videre ud til rummet, hvor fugten bortventileres ved almindelig ventilation af bygningen.

Bemærk, at en fugtadaptiv dampspærre ikke vil kunne fjerne større mængder byggefugt fra tagkonstruktionen. En fugtadaptiv dampspærre vil heller ikke kunne forhindre, at byggefugt trænger op i tagkonstruktionen, hvis der er et højt fugtniveau i det underliggende rum, fx som følge af betonkonstruktioner under udtørring.

Ved større bygningsbredder, for bygninger i fugtbelastningsklasse 1 og 2 og som ikke kan ventileres, anvendes uventilerede, kolde tage med en fugtadaptiv fugtspærre, som beskrevet ovenfor. I øvrige fugtbelastningsklasser bør der anvendes varme tagkonstruktioner. Ved særlige fugtbelastede bygninger - som fx skøjtehaller, svømmehaller, kølehuse m.v. - bør der altid foretages en bygningsfysisk vurdering af en sagkyndig.

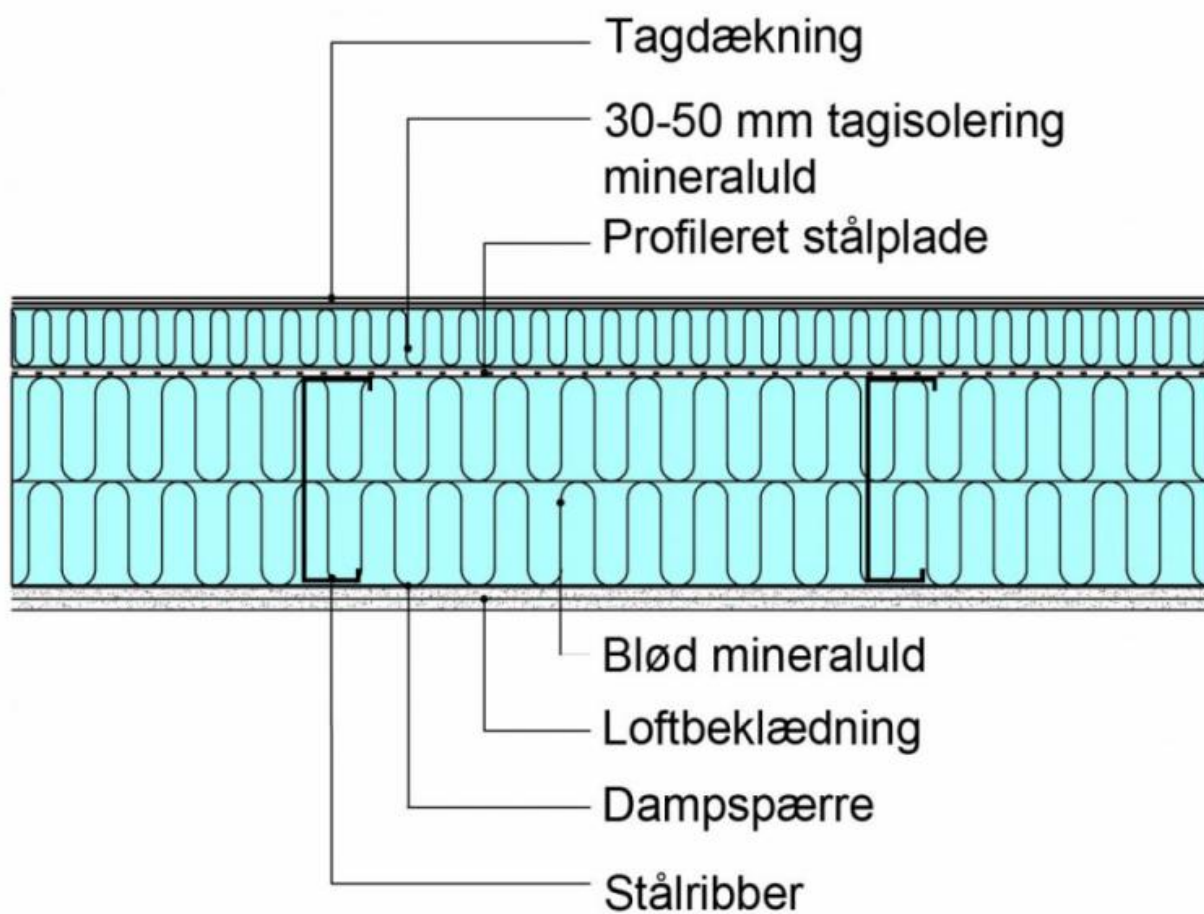
3.7.1 UVENTILEREDE STÅLTAGEELEMENTER

Uventilerede tagelementer, fremstillet af mineraluld og stålprofiler, henregnes i fugtteknisk sammenhæng til kolde tage. Der er ganske vist ingen trædele, der kan rådne, men til gengæld er der ståldele, der kan korrodere.

Anvendelsesbegrænsninger er derfor som angivet for uventilerede kolde tage.

Desuden vil indbygget fugt kunne vandre op og ned i elementet som følge af solopvarmning af tagfladen m.v. Derfor vil indbygget fugt kunne give anledning til dryp i form af sommerkondens.

Uventilerede ståltageelementer med diffusionstæt dampspærre og diffusionstæt tagdækning vil kun i begrænset grad kunne udtørre byggefugt. Det er derfor vigtigt, at disse elementer indbygges tørt.



Figur 3.7.1.1: Principopbygning for uventilerede ståltageelementer

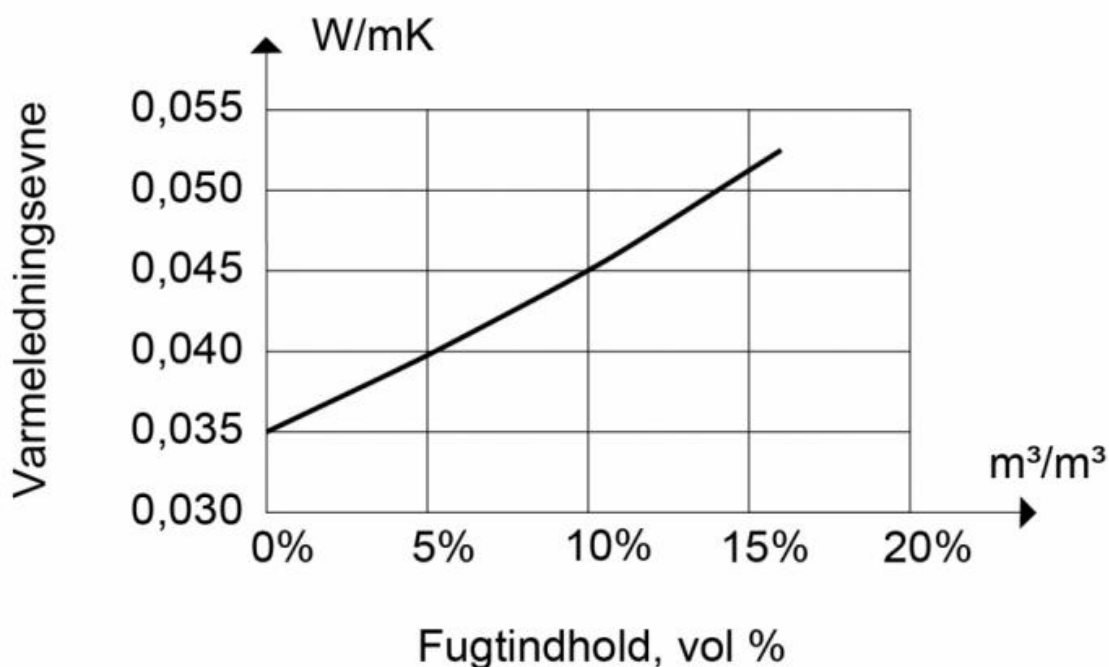
3.8 FUGT I MATERIALER

De fleste byggematerialer er mere eller mindre hygroskopiske, men det er træ og de træbaserede materialer samt gipsplader, som hurtigst tager alvorlig skade af vedvarende opfugtning.

Hygroskopiske materialer stiller sig i ligevægt med de omgivende materialer og luftens relative fugtighed. Ved ændringer i temperaturen ændres den relative fugtighed også, hvorefter hygroskopiske materialer igen vil stille sig i ligevægt ved at optage eller afgive fugt.

Sammenhæng mellem materialets fugtindhold og omgivelsernes relative fugtighed beskrives ved sorptionskurven for materialet. På figur 3.8.1.1 ses et eksempel på en sorptionskurve for krydsfiner.

De fleste isoleringsmaterialer vil kunne indeholde fugt, som nedsætter isoleringsevnen. Den nedsatte isoleringsevne skyldes, at luft, der isolerer godt, fortrænges af vand, der leder varmen bedre. Desuden sætter vandet sig omkring kontaktpunkterne mellem fibrene, hvilket også forøger varmeledningen gennem materialet. Når fugten - som følge af temperaturforskelle - vandrer frem og tilbage igennem materialet, fordampes og fortættes vandmolekylerne.



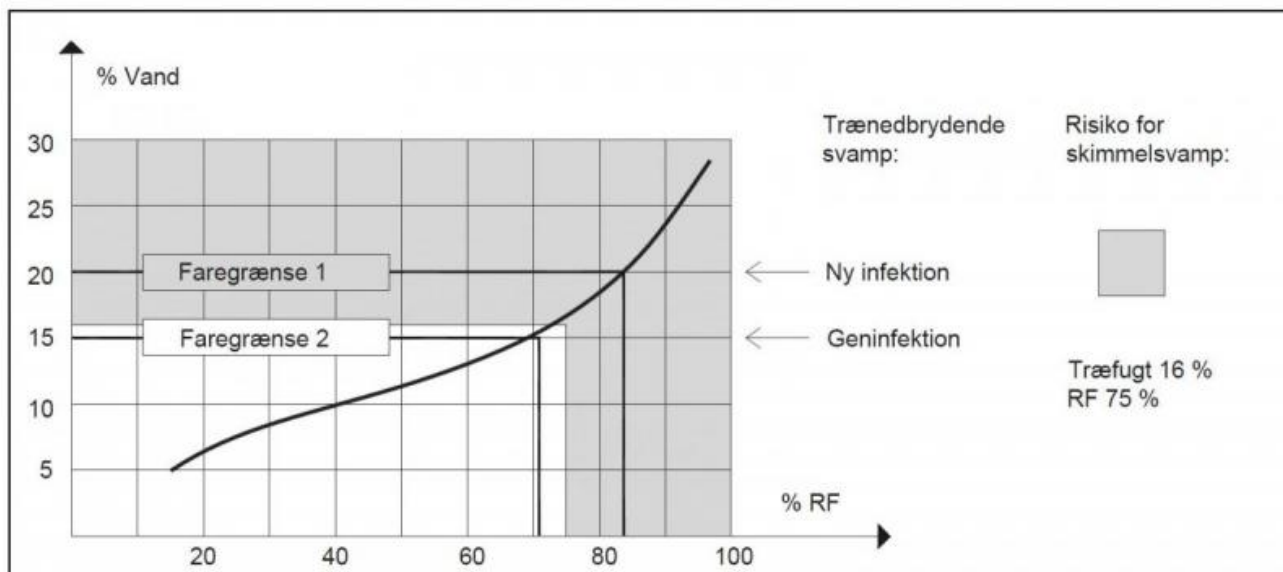
Figur 3.8.1: Ændring af varmeledningsevne for mineraluld og EPS som funktion af fugtindhold uden hensyn til latent varmetransport.

Fordampning er en energikrævende proces, der flytter varmeenergi (latent varmetransport). På længere sigt vil holdbarheden også kunne blive et problem for nogle isoleringsmaterialer, hvor der fx kan ske en nedbrydning af bindemidlet.

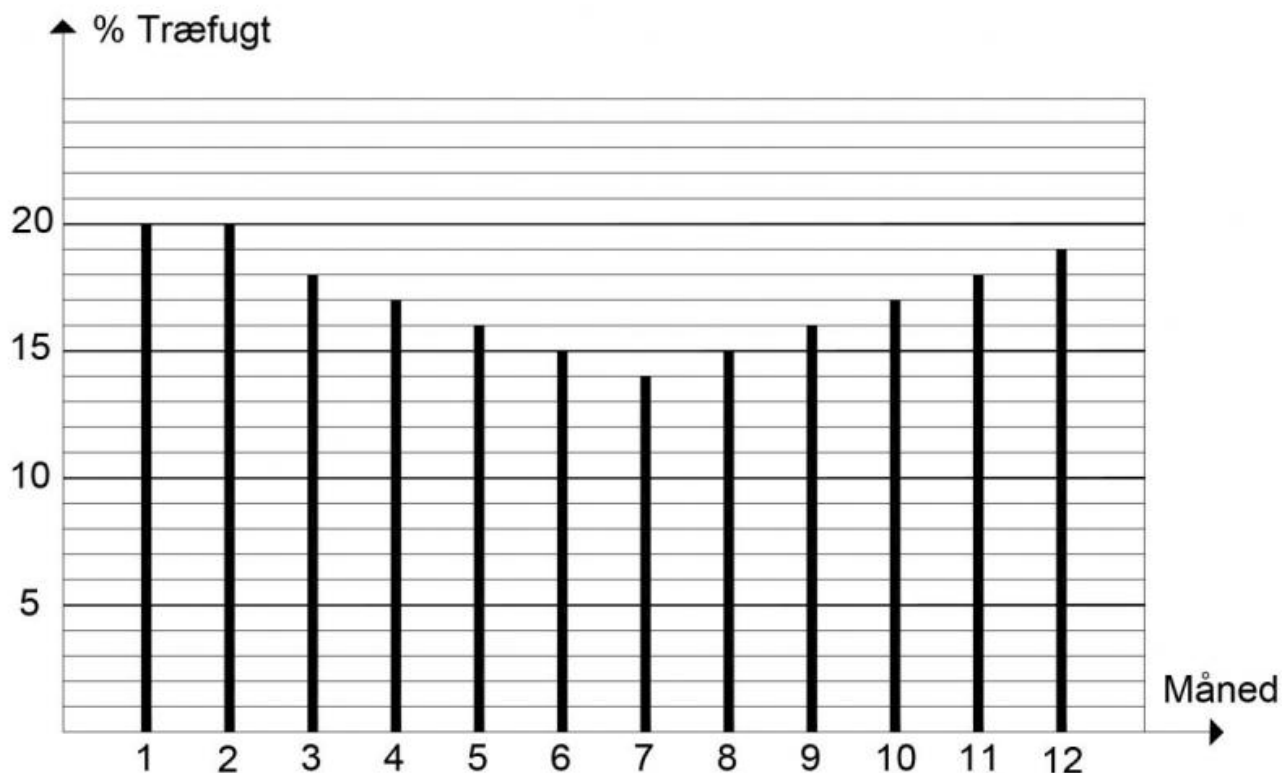
3.8.1 OPFUGTNING AF TRÆMATERIALER

Træ og træbaserede pladematerialer stiller sig i fugtligevægt med den omgivende lufts fugtindhold. Og denne ligevægtstilstand beskrives normalt ved en såkaldt sorptionskurve (fugtligevægtskurve), som angiver sammenhænge mellem fugtindholdet og den relative luftfugtighed. Sorptionskurven afhænger også af træsort og temperaturen i materialet. Temperaturafhængigheden er for det meste så lille, at der kan ses bort fra denne.

På figur 3.8.1.1 er vist en sorptionskurve (gennemsnitskurve) for krydsfiner med indtegnede faregrænser (for svampeangreb). Normalt skal fugtindholdet i træ være over 20 vægt-%, for at svampe kan trives - den såkaldte faregrænse 1. I området mellem 15 og 20 % er der en vis risiko for, at tidligere svampeangreb, der er gået i stå, kan starte igen (geninfektion). Et fugtindhold på 15 % benævnes tilsvarende faregrænse 2.



Figur 3.8.1.1: Sorptionskurve for krydsfiner med faregrænse 1 og 2 indtegnet. Fugtindholdet i træet er angivet i vægtprocent bestemt ved tørre-/vejemetoden. Elektriske fugtmålere vil i en vis udstrækning blive forstyrret af limlag, men kan bruges til orienterende og sammenlignende målinger.



Figur 3.8.2.1: Årsvariation af forventet maximal træfugt i ventilerede tagkonstruktioner i ligevægt med udeluften.

Svampevækst i træ er også temperaturafhængig, og ved temperaturer under ca. 5 °C, går væksten stort set i stå.

For træfugt fra 16 % er der tillige risiko for vækst af skimmelsvamp, hvis perioden med fugt i dette område er længerevarende (uger), og temperaturen samtidig er over ca. 5 °C.

Ved renovering af eksisterende trætagkonstruktioner med udvendig efterisolering skal man derfor sikre sig, at renoveringen udføres, så fugtindholdet i tagets trædele holder sig under 75 % RF, svarende til 16 % træfugt.

3.8.2 VÆKST AF SKIMMELSVAMPE

Vækst af skimmelsvampe på fugtige bygningsdele er blevet et stigende problem. Dette er bl.a. en følge af mangelfuld vedligehold, kombineret med højere relativ fugtighed på grund af lavere temperatur som følge af højere isoleringskrav.

Den afgørende forudsætning for vækst af skimmelsvampe er den relative fugtighed på materialets overflade - den såkaldte vandaktivitet.

Nogle skimmelsvampe kan trives allerede fra ca. 75 % RF på overfladen af fx træ, mens andre kræver 80 eller 90 % RF.

I udeluftventilerede tagkonstruktioner vil træfugten i vinterhalvåret komme over 16 %, idet udeluften typisk er 80-90 % RF.

Træfugten i ventilerede tagkonstruktioner bør henover året holde sig under de niveauer, der er vist i figur 3.8.2.1.

3.8.3 KONTROL AF FUGTINDHOLD

I bygningsreglementet (BR15 kapitel 4) stilles der krav til, at bygningskonstruktioner og materialer ved indflytning ikke må have et fugtindhold, der kan give risiko for vækst af skimmelsvamp. Dette betyder, at der i byggetilladelsen kan stilles krav til fugtsagkyndig dokumentation af, at det kritiske fugtindhold ikke overskrides.

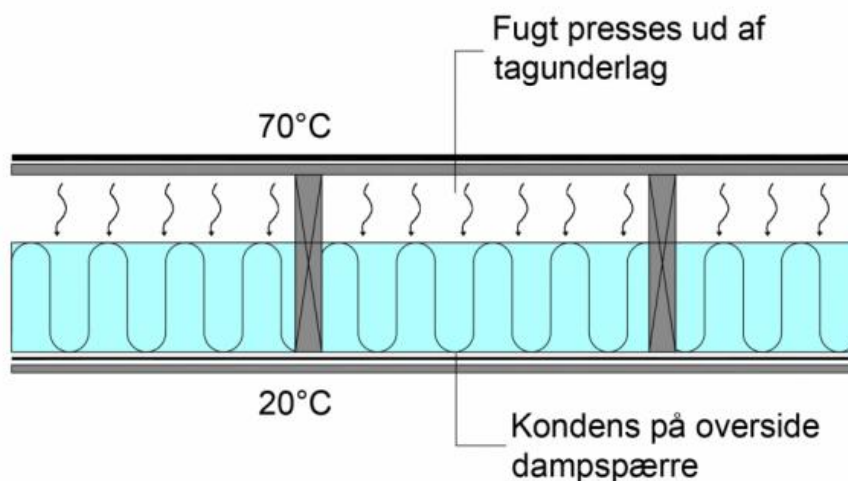
For at undgå en forlængelse af byggeperioden anbefales det derfor, at der i projektplanlægningen afsættes tid til udtørring af materialerne, at der gennem hele byggeperioden er stor fokus på korrekt opbevaring af fugtfølsomme materialer samt at der udføres løbende og afsluttende kontrolmålinger af fugtindholdet. Der kan med fordel i større byggeprojekter udarbejdes en fugtstrategiplan med tilhørende kontrolplaner, således at de kritiske fugtniveauer ikke overskrides.

For kolde tage bør det dokumenteres at:

- Der ikke indbygges fugt i konstruktionen.
- Der ikke har været fugtbetingelser til stede i byggeperioden, som har kunnet give anledning til vækst af skimmelsvamp.

For varme tage bør det dokumenteres at:

- Isoleringen er indbygget tørt, dvs. med et vandindhold på max 0,5 vol%.



Figur 3.9.1: Når solen bager på et fugtigt område af taget, kan der let drives op til 1 deciliter vand ud af hver kvadratmeter tagunderlag. Det giver risiko for kondens på oversiden af dampspærre, som nu er koldere end luftens dugpunkt.

3.9 SOMMERKONDENS

Undertiden observeres, at det pludselig drypper fra loftet ved klart solskin i forsommeren.

Dette fænomen er forårsaget af det, som kaldes sommerkondens. Dette skyldes, at når solen opvarmer tagets overside, trykkes ophobet fugt i tagets øverste dele ned i konstruktionen, hvor den kondenserer oven på dampspærre.

Selv om fugtophobningen i løbet af vinteren ikke overstiger de kritiske 20 % i et tagpapunderlag af træ, kan der sagtens i et sådant tag drives så store fugtmængder ud, at det kan give dryp. Tilsvarende forhold vil også kunne forekomme i varme tage, hvor fugten er akkumuleret i isoleringsmaterialet.

Sommerkondens bemærkes normalt kun, når kondensfugten samles på dampspærre og i større mængder løber ned gennem utætheder i denne. Dryp fra sommerkondens kan undgås ved at anvende en fugtadaptiv dampspærre, der bliver diffusionsåben, når vanddamp presses ned oppefra, så fugten kan fordampe videre til det underliggende rum, hvor fugten fjernes med ventilationsluften.

Sommerkondens vil også kunne fjernes med en drænende dampspærre. Her bliver kondensvandet absorberet på oversiden og suget vandret igennem et filtlag til undersiden, hvorfra vandet afgives til rummet ved fordampning.

Også i varme tage med betondæk kan der opstå problemer med sommerkondens, når fugt drives fra toppen af isoleringen og ned mod fx den relativt kolde betonkonstruktion.

Der er herefter risiko for, at kondenseret vand vil løbe igennem eventuelle utætheder ved elementsamlinger, gennemføringer eller revner i betonen.

Ved tagdækning på betontage er det vigtigt at gøre sig klart, om der skal anvendes dampspærre eller ej.

For en tagkonstruktion uden dampspærre gælder erfaringsmæssigt følgende:

- Betondæk støbt på stedet eller med udstøbte elementfuger giver tilstrækkelig diffusionsmodstand til at sikre mod diffusion og konvektion.
- Betondæk, hvor samlinger er strimlet med tagpap på spartlet og primet underlag, giver tilstrækkelig diffusionsmodstand til at sikre mod diffusion og konvektion.
- Fugt i betondækket, der kan give anledning til sommerkondens, kan skyldes, at betonen ikke er udtørret ved montering af isolering og tagpap, eller at betonen eller isoleringen er opfugtet af regnvejr under montagen.

Opfugtning af tagisolering fra beton, kan hindres ved at udlægge en tagpapdampspærre ovenpå betonen, inden isoleringen udlægges.

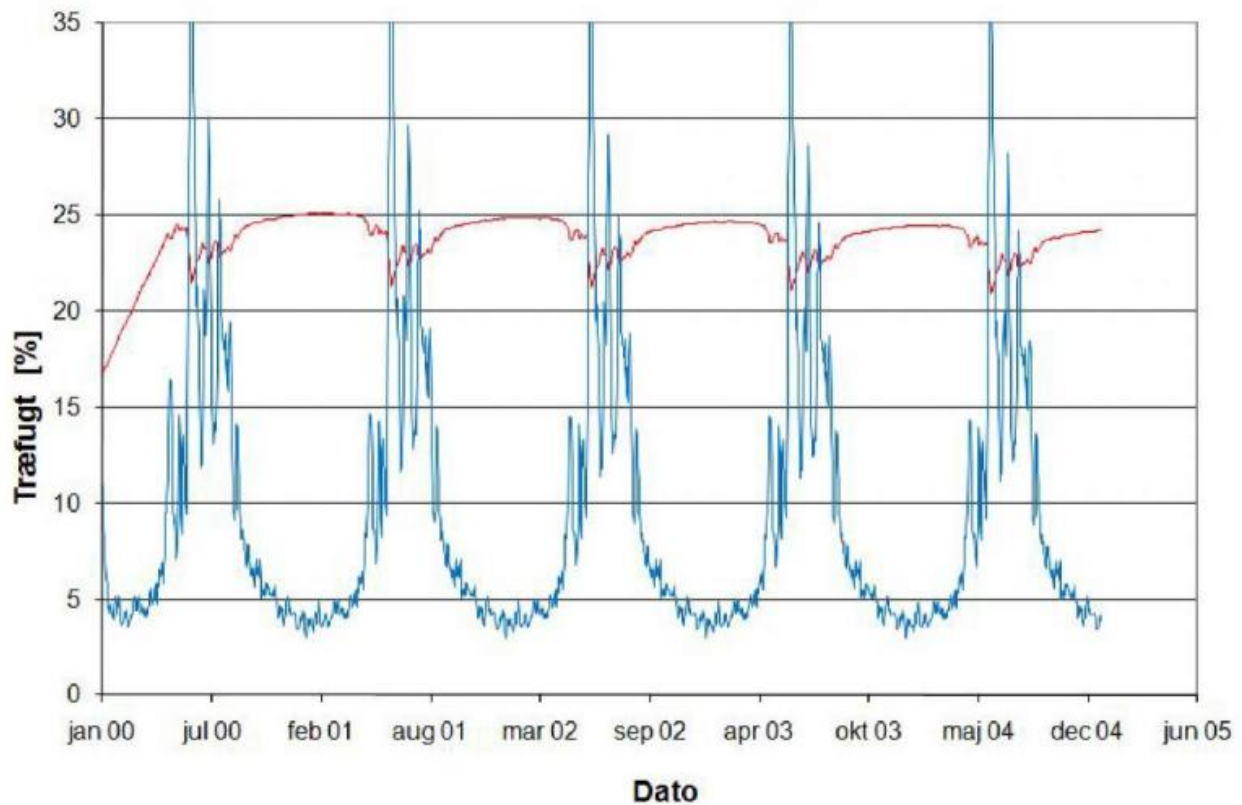
Dette kan imidlertid føre til problemer med indbygget byggefugt uden udtøringsmulighed. Hvis man er så uheldig at få bygget fugt ind i isoleringen under udførelse af tagdækningsarbejdet, bliver denne fugt spærret inde mellem to fugttætte lag tagpap: Tagdækningen og dampspærren.

Erfaringer viser, at isoleringsmaterialer med sporing (ventilationsriller) umiddelbart under tagdækningen har mindre tendens til at danne sommerkondens, formentlig fordi fugt trods alt kan afgives ved inddækninger etc.

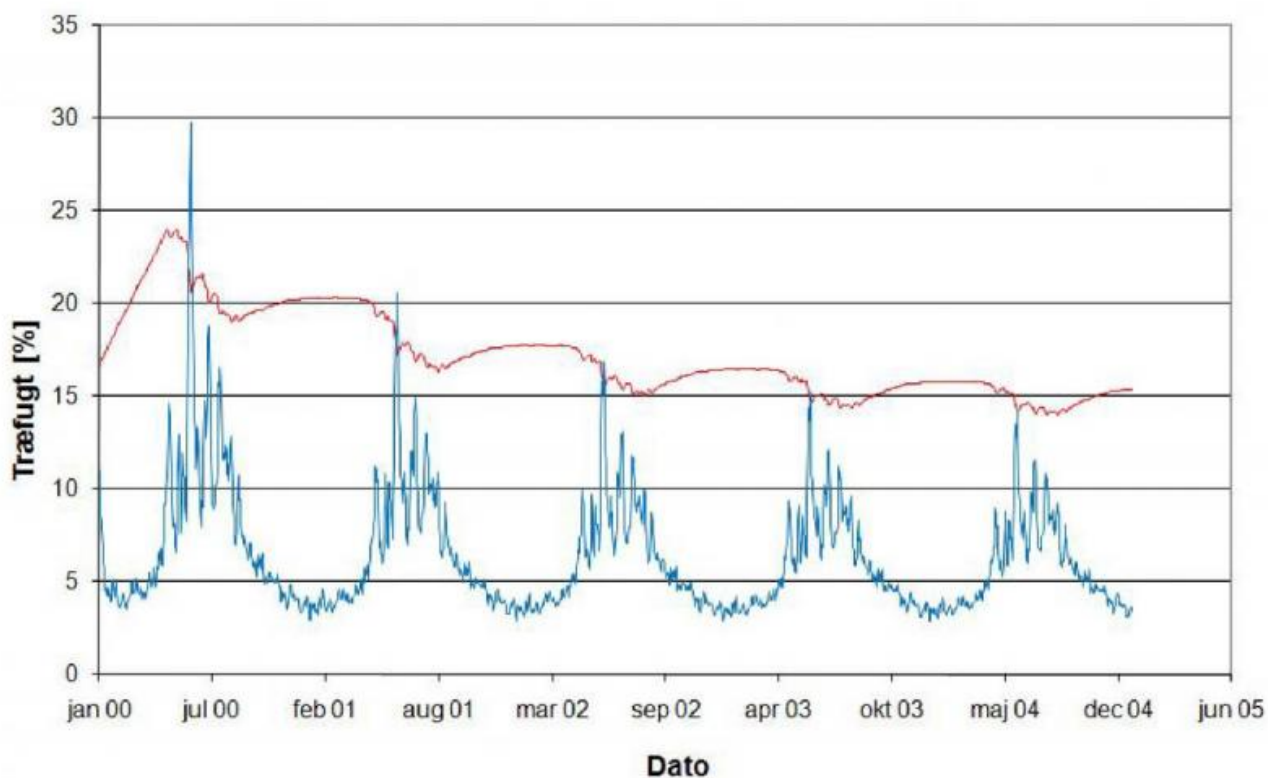
Ud over risikoen for dryp fra loftet, betyder indbygget fugt også en væsentlig reduktion af isoleringsevnen. Mineraluld kan ved fugt/ varmpåvirkning også delaminere og miste en del af sin trykstyrke.

I et fugtsimuleringsprogram er et varmt tag med indbygget fugt simuleret i to forskellige situationer:

1. Hvor fugt er indbygget mellem tagdækning og en almindelig diffusionstæt dampspærre.
2. Hvor den er indbygget mellem tagdækning og en fugtadaptiv dampspærre.



Figur 3.9.2: Simulering af fugtforholdene i et varmt tag med 300 mm mineraluldsisolering og hvor fugt er spærret inde mellem en diffusionstæt dampspærre og en tæt tagpapdækning. Rød kurve viser fugtindholdet i krydsfineren og blå viser kontrollaget, som et fiktivt meget tyndt lag træ placeret i bunden af tagkonstruktionen til vurdering af fugtvandring gennem året.



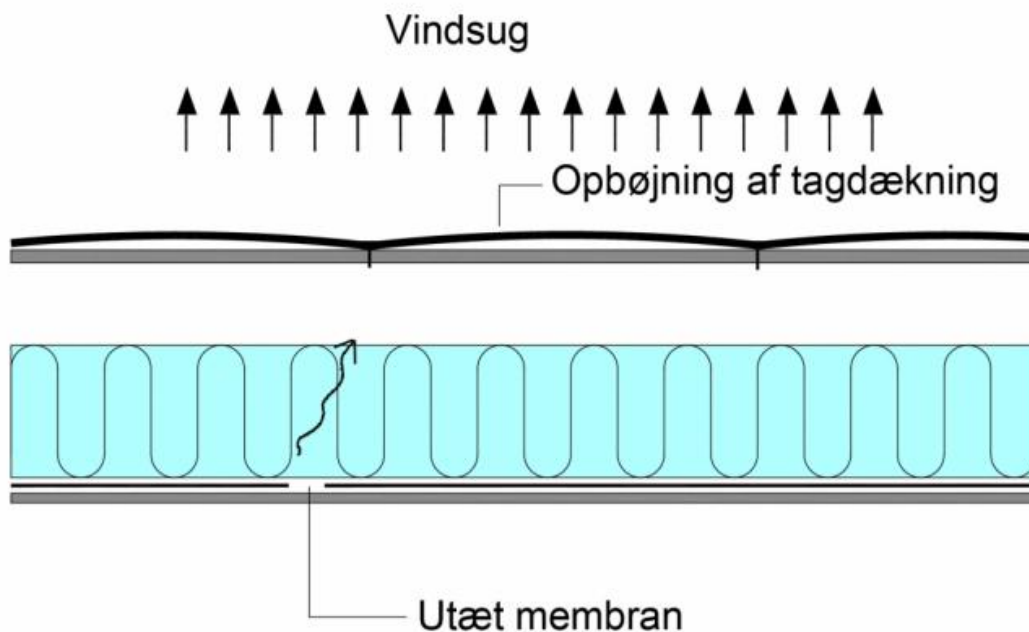
Figur 3.9.3: Simulering af fugtforholdene i et varmt tag med 300 mm mineraluldsisolering og hvor der er fugt i isoleringen, der tørrer ud gennem en fugtadaptiv dampspærre. Rød kurve viser fugtindholdet i krydsfineren og blå viser kontrollaget, som et fiktivt meget tyndt lag træ placeret i bunden af tagkonstruktionen til vurdering af fugtvandring gennem året.

Af figurene ses, at ved anvendelse af en diffusionstæt dampspærre vil fugten blive inde i konstruktionen i årevis og holde krydsfineren fugtig, mens der ved anvendelse af en fugtadaptiv dampspærre er mulighed for, at fugten udtørres med tiden.

3.10 PUMPEVIRKNING

Der anvendes i stort omfang løst udlagt, mekanisk fastgjort tagdækning.

Når den løst udlagte tagdækning påvirkes af de kræfter fra vindsug, som der normalt findes over et tag med lille hældning, vil tagdækningen løfte sig mellem fastgørelserne. Herved opstår et undertryk under tagdækningen. Dette undertryk vil medføre opsugning af rumluft, hvis der ikke findes et lufttæt lag i konstruktionen nedenunder, fx i form af en dampspærre.



Figur 3.10.1: Pumpevirkning i løst udlagt, mekanisk fastgjort tagdækning. Fugtig rumluft trækkes op i isoleringen.

Fugten i den rumluft, der på denne måde pumpes op i taget, vil afsættes inde i isoleringen under tagpappet og kan medføre fugtophobning.

Pumpevirkningen er mest kritisk for tynde tagdækninger og mindre kritisk for tungere tagdækninger som en 2-lags tagpapdækning.

Ved løst udlagte, mekanisk fastgjorte tagpap er det derfor særlig vigtigt, at der er et lufttæt lag længere nede i konstruktionen. Dette indebærer fx strimling med tagpap af elementsamlinger i betonelementtage uden udstøbte fuger. Betonoverfladen skal ved elementsamlinger være spartlet og primet for sikring af vedhæftning af strimlingen.

3.11 FUGT- OG TEMPERATURBETINGEDE BEVÆGELSER I UNDERLAG

Visse isoleringsmaterialer, og især træbaserede materialer, får betydelige dimensionsændringer ved ændringer i materialets fugtindhold. Dette kan give store variationer i fugebredden i underlaget for tagdækningen. Fugebredder vil forøges ved udtørring og formindskes ved opfugtning.

Når der anvendes materialer med betydelige fugt- og temperaturbetingede dimensionsændringer, så som træbaserede plader, er det for at undgå store bøjninger i tagpappen nødvendigt at fordele dimensionsændringen over et større område end lige omkring pladesamlingen. Underpap med svejsestriber sikrer pappens bevægelighed imellem striberne, således at dimensionsændringen i underlaget kan optages i tagpappen.

Også ændringer i temperaturforholdene alene vil kunne give ændringer i fugebredden. Dette gælder især for varme tage med isoleringsmateriale af skumplast.

Mineraluldsprodukter har relativt mindre temperatur- og fugtbetingede dimensionsændringer.

Ved plader af ekspanderet polystyren (EPS) vil der, ud over de almindelige reversible dimensionsændringer forårsaget af temperaturændringer i en periode efter produktion, kunne ske et svind, som vil give anledning til, at fugerne vokser. I visse tilfælde vil svindet medføre såkaldt spadsering, hvor materialet vandrer mod midten af taget, således at der ude langs tagets kanter opstår spalter på op til flere cm. Dette er en hård påvirkning for tagpappen og inddækningerne langs tagkanten. Hvis EPS anvendes som direkte underlag for en tagpappedækning, skal producenten oplyse om svind.

3.12 FORBEDRING AF FUGTFORHOLD

Udbedring af traditionelt ventilerede træbaserede tagkonstruktioner med fugtproblemer, som skyldes fugt nedefra, kunne i princippet løses ved at gøre dampspærre tæt.

En lang række undersøgelser samt praktiske erfaringer har vist, at udvendig merisolering er den sikreste og mest effektive metode til udbedring af fugtproblemer i flade tagkonstruktioner. Ved udvendig merisolering udlægges et tilstrækkeligt tykt lag isolering direkte ovenpå den eksisterende tagdækning, som derved kommer til at virke som en fugt- og lufttæt dampspærre. Og samtidig undgås kondens, da den oprindelige tagdækning bliver varmere end dugpunktet.

Ved at vælge en passende isoleringstykkelse hæves temperaturen på det gamle tagpapunderlag så meget, at skadelig opfugtning undgås, og fugtindholdet i trædelene kan bringes ned under de kritiske 16 % svarende til under 75 % RF.

Ved udvendig merisolering af et koldt tag ændres dette til et varmt tag, og den oprindelige ventilation kan lukkes. Hvor der er risiko for at spærre tidligere ophobet fugt inde i taget, bør den oprindelige ventilation dog bevares i det første år efter merisoleringen. Lukningen bør foretages i juli/ august, hvor fugtindholdet er lavest. Derudover anbefales at tagkonstruktionen undersøges for skimmelsvamp ved stikprøver i områder med mistanke om opfugtning.

Ved udvendig isolering kan der anvendes kileskåret isolering til også at skabe fald på taget. Ved at vælge materialer med små fugt- og temperaturbetingede bevægelser som udvendig isolering, kan der samtidig etableres et stabilt underlag for den nye tagdækning.

Det er vigtigt at være opmærksom på, at undgå det såkaldte badekarsyndrom, som er en typisk årsag til indbygning af fugt. Syndromet beskrives som et badekar, idet fugten har lettere ved at komme ind end ved at slippe ud - dvs. at der i et tag kan være risiko for at spærre fugt inde mellem den gamle og den nye tagdækning. Dette kan afsløres og til dels afhjælpes, hvis der etableres et sladreafløb fra den gamle tagpapdækning.

3.13 RENOVERING OG MERISOLERING

Ved renovering og merisolering af eksisterende tage kan fugtbetingede skader løses samtidig med, at der opnås en bedre isoleringsevne. I det følgende beskrives, hvilke forhold, der skal overvejes og hvilke retningslinjer, der skal følges for henholdsvis kolde og varme tage.

3.13.1 UDVENDIG MERISOLERING AF KOLDE TAGE

Den nødvendige, udvendige merisolering af et koldt tag ved ombygning til varmt tag kan bestemmes ud fra fugtbelastningsklassen for de underliggende rum, som vist i tabel 3.13.1.1.

Beregningen af den nødvendige merisoleringstykkelser kan alternativt ske ved hjælp af fugtsimuleringsprogrammer som fx MATCH. Denne metode kan give lidt andre forhold mellem isolanser end anført i tabel 3.13.1.1, idet skemaet for fugtbelastningsklasse 1, 2 og 3 er baseret på en lang række praktiske målinger på merisolerede tage over boliger og institutioner.

Når de fugttechniske forhold i en bygning er i fugtbelastningsklasse 4-5, skal der altid udføres en beregning af den nødvendige merisoleringstykkelser.

Det er vigtigt, at der ikke indbygges fugt i den nye isolering, da der praktisk taget ikke vil kunne ske nogen udtørring, selv om der monteres trykudligningshætter.

Fugtbelastnings-klasse	Isolans over membran ift. eksisterende isolans	Principtegning
1 Lav + 2 g/m ³	1 : 1 ²⁾	
2 Middel + 4 g/m ³	1,5 : 1	
3 Høj + 6 g/m ³	3 : 1	
4	4:1 - 8:1 ³⁾	
5	Skal vurderes og beregnes for det enkelte tilfælde	

Tabel 3.13.1.1: Forholdet imellem den nye og den eksisterende isolering i et ventileret koldt tag, som efterisoleres udvendigt. Det angivne forhold er angivet som isolanser. Ved beregning af nødvendig isoleringstykkelse skal isolansen af evt. luftlag og overgangsisolanser medtages¹⁾.

¹⁾ Lukning af ventilation efter et år eller efter det er konstateret, at tagkonstruktionen er tør.

²⁾ På det laveste sted kan accepteres 2:3.

³⁾ Skal vurderes og beregnes for det enkelte tilfælde.

Følgende er et eksempel på nødvendig udvendig isolering af eksisterende konstruktion ved ombygning fra koldt til

varmt tag.

Oprindelig konstruktion er opbygget som følgende, angivet oppefra:

- Tagpap
- 22 mm tagkrydsfiner/brædder
- 100 mm ventileret hulrum
- 100 mm mineraluld med varmeledningsevne 37 mW/mK
- Evt. delvis tæt dampspærre
- 25 mm spredt forskalling
- 13 mm gipspladeloft

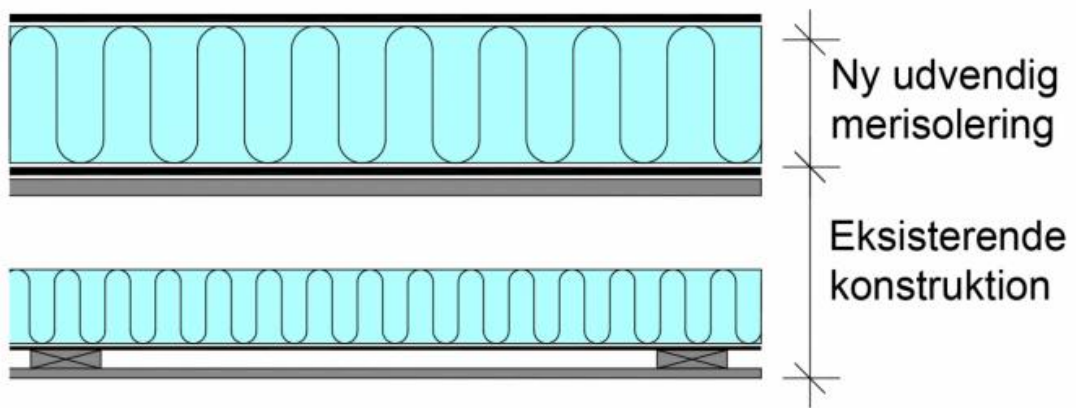
Isolansen af den eksisterende konstruktion er beregnet til $3,3 \text{ m}^2 \text{ K/W}$.

Den nødvendige isoleringstykkelse for en ny isolering med tre forskellige lambdaværdier er beregnet for de forskellige fugtbelastningsklasser.

Fugtbelastningsklasse	Tykkelse af udvendig isolering [mm]		
	$\lambda = 39$ mW/mK	$\lambda = 37$ mW/mK	$\lambda = 32$ mW/mK
1	130	120	105,0
2	195	185	160
3	385	365	315
4 og 5	Normalt benyttes ikke kold tagkonstruktion		

Tabel 3.13.1.2: Eksempel på mindste merisoleringstykkelser ved koldt tag.

Af eksemplet ses, at ved dårligere isoleringsevne af den anvendte isolering skal isoleringstykkelsen øges, og ved bedre isoleringsevne kan isoleringstykkelsen reduceres. I fugtbelastningsklasse 4 og 5 anvendes varme tagkonstruktioner. Ved ny anvendelse af en eksisterende bygning, hvor fugtbelastningsklassen ændres til 4 eller 5, bør der foretages en nærmere fugtteknisk vurdering.



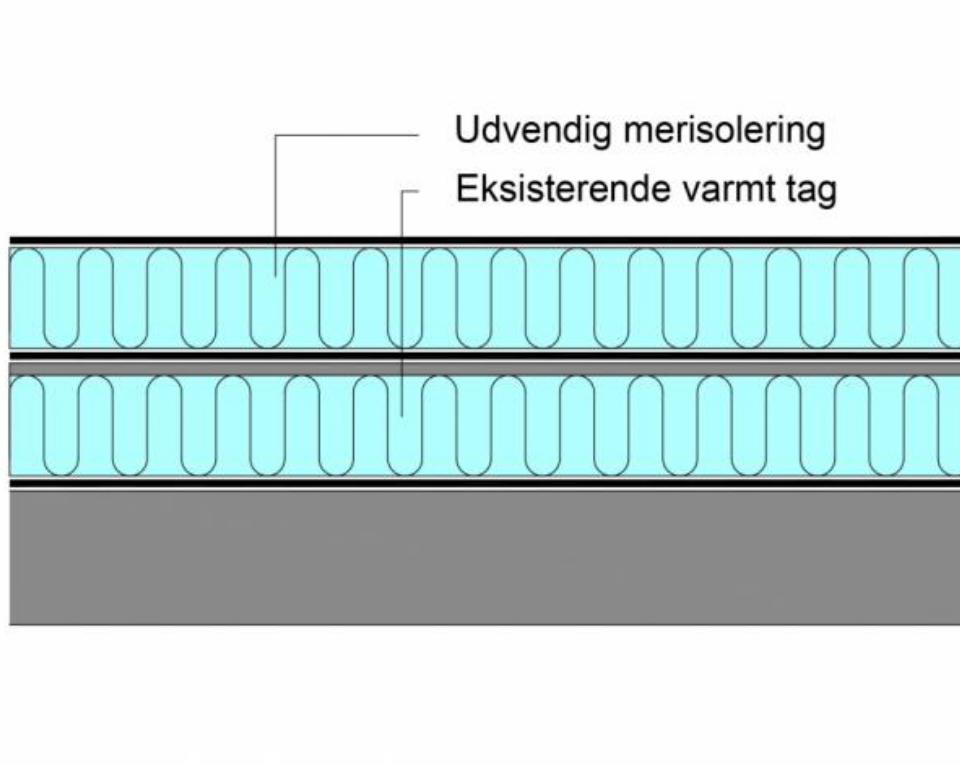
Figur 3.13.1.1: Koldt tag med udvendig merisolering.

Bemærk, at det ved efterisolering kan være nødvendigt at leve op til BR15 isoleringskravene på komponentniveau.
Dvs. $U \leq 0,12 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.

3.13.2 UDVENDIG MERISOLERING AF VARME TAGE

Udvendig merisolering af varme tage vil altid forbedre de fugttekniske forhold i den eksisterende konstruktion, så reglerne for minimumstykkelser for merisolering er ikke relevante. Også i dette tilfælde er det vigtigt, at der ikke indbygges fugt i den nye isolering, ligesom eventuel gammel isolering med fugt udskiftes med ny tør isolering.

Ved merisolering af varme tage, hvor den gamle isolering indeholder træbaserede materialer, som fx underlag for tagpap, skal vurderinger af minimumstykkelser af merisolering ske på samme måde som kolde tage.



Figur 3.13.2.1: Udvendig merisolering på varmt tag.

3.13.3 OVERTRYKSVENTILATION

Som midlertidig løsning af et fugtproblem forårsaget af konvektion kan anvendes overtryksventilation af taghulrummet i kolde tage.

Overtrykket i tagrummet medfører, at fugtopstrømningen ved konvektion hindres.

Overtrykket etableres ved, at der ovenpå taget anbringes en ventilator, som blæser udeluft ned i taghulrummene. Eventuelle hætter på taget skal lukkes, for at overtrykket kan etableres.

Metoden er energikrævende, idet isoleringen gennemblæses, samtidig med at indeklimaet kan påvirkes, når der blæses kold luft ned i rummet gennem utætheder i dampspærre. Desuden har metoden i praksis vist sig at være mindre pålidelig, idet fx strømafbrydelser m.v. kan standse ventilatoren, hvorefter opfugtningen straks starter igen. Det må derfor anbefales, at denne løsning kun anvendes som midlertidig løsning.

Ved skimmelsvamp i konstruktionen er der desuden risiko for spredning af sporer til rummene i den underliggende bygning.

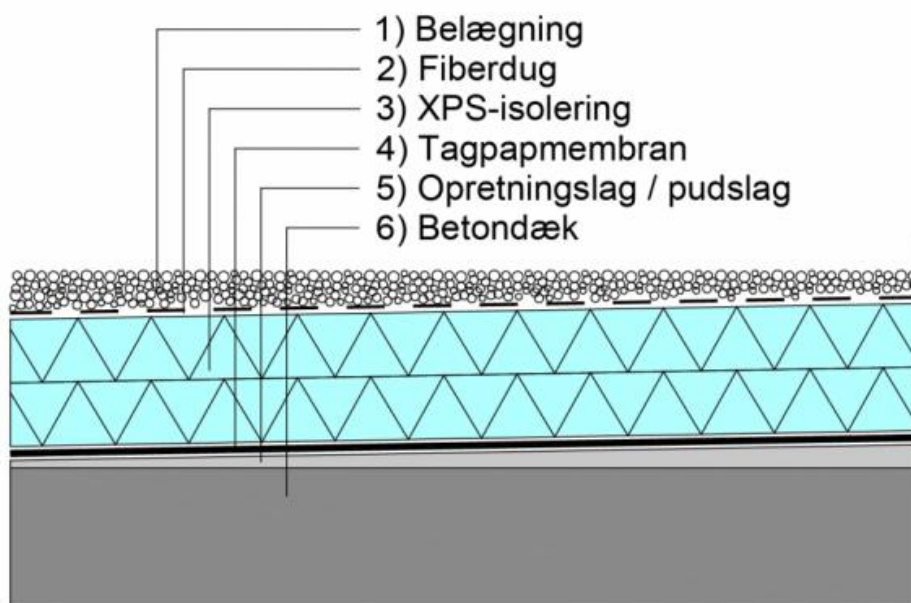
Udtørring kan eventuel også ske ved hjælp af affugtningssaggregat, der indbygges i taget.

3.14 TAGTERRASSER, GRØNNE TAGE OG PARKERINGSDÆK

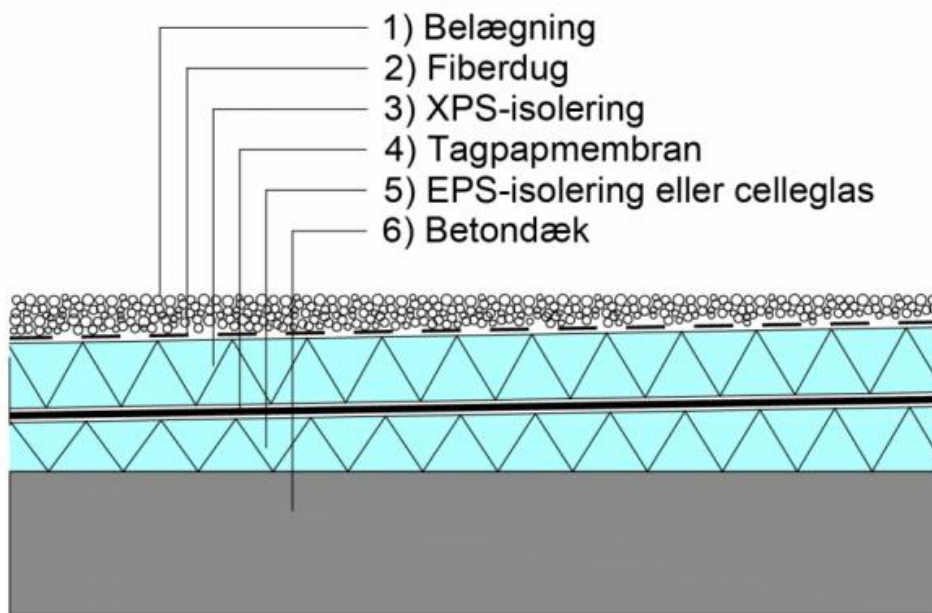
Udnyttelse af bygningernes tagflader er blevet meget almindeligt og populært. Når tagfladen udnyttes til grønne tage, tagterrasser og parkeringsdæk, skal der tages hensyn til belastningerne på taget samt de særlige påvirkninger som fx bremsekræfter på P-dæk, der overføres fra belægningen til tagdækningen. Det er normalt en fordel at udforme disse belastede tage som omvendte tage eller duo-tage for at beskytte tagmembranen.

Ved omvendte tage eller duo-tage kan isoleringen tåle vandpåvirkning fra nedbør. Det vandtætte lag i form af membran er placeret under eller midt i isoleringsmaterialet og bør have fald mod et afløb. Ved denne udformning holdes membranen frostfri. Herved hindres, at belægningerne fryser fast til membranen og beskadiger den ved dimensionsændringer.

Omvendte tage og duo-tage virker fugtteknisk som varme tage, idet de bærende dele af tagkonstruktionen ligger på den varme side af isoleringen.



Figur 3.14.1: Eksempel på omvendt tag, hvor det vandtætte lag er placeret under isoleringen.



Figur 3.14.2: Eksempel på duo-tag, hvor membranen er placeret midt i isoleringen.

3.14.1 KONDENSRISIKO I OMVENDTE TAGE OG DUOTAGE

I det omvendte tag er der kun én membran, idet tagdækningen i princippet også er dampspærre. I duo-taget skal isoleringen på oversiden af dampspærre normalt udgøre mindst en tredjedel af isoleringen, for at sikre at membranen holdes fri for frost og kondens. Tykkelsen af det øverste isoleringslag skal dimensioneres i henhold til tabel 3.13.1.1.

Hvis forholdet mellem isolering over og under tagmembranen i duo-tage er mindre end 1:1, må der normalt indlægges en dampspærre på oversiden af tagdækket, med mindre dette kan antages at være diffusionstæt i sig selv, som fx betondæk med udstøbte eller strimlede samlinger.

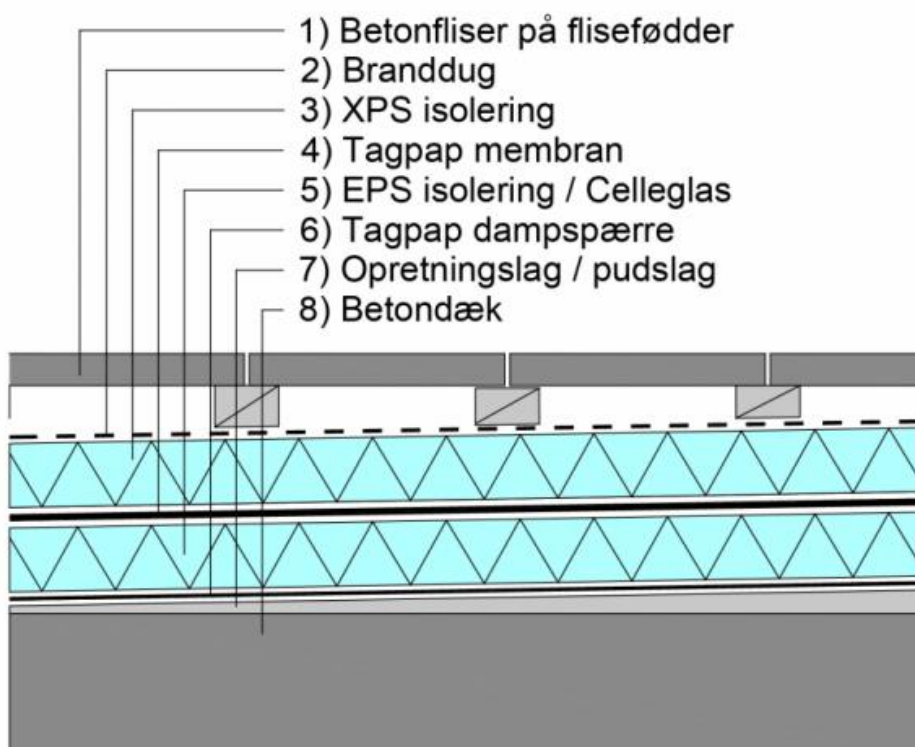
3.14.2 TAGTERRASSER

Tagterrasser med betonfliser bør normalt udformes som omvendte tage og/eller duotage så membranen ligger beskyttet. Tagmembranen kan så udføres med fald 1:100.

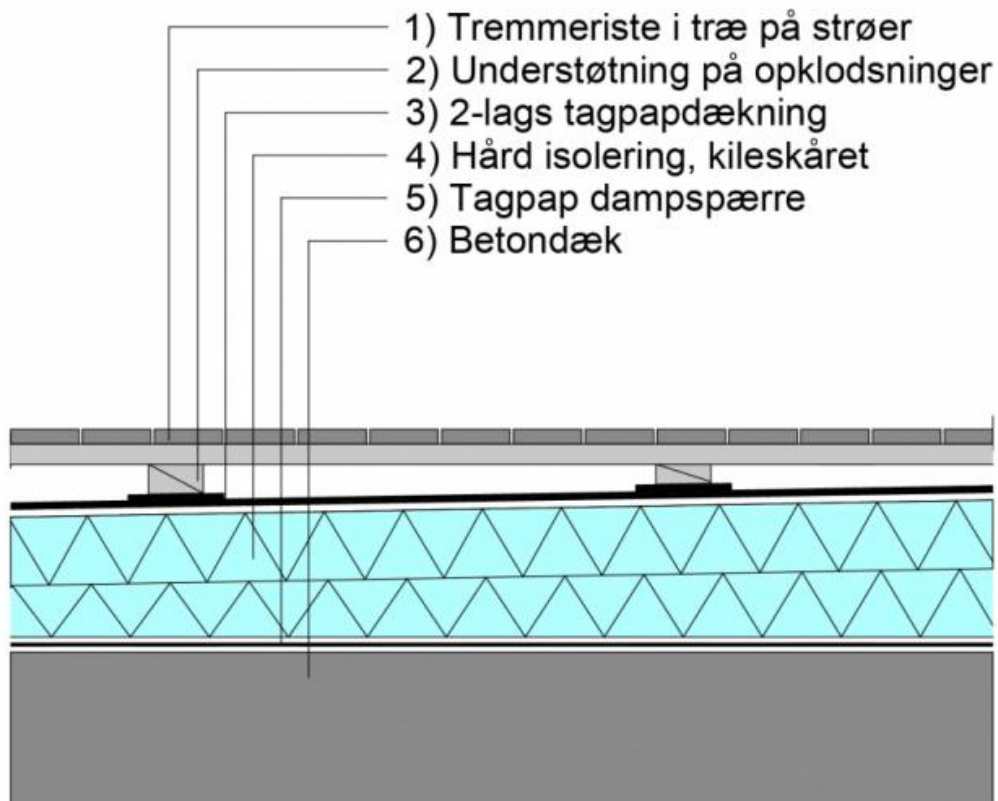
Ved almindelige, retvendte (varme) tage, placeres belægningen på opklodsninger, så vandet kan løbe frit under belægningen. Tagmembranen skal i så fald have et fald på mindst 1:40.

Belægningen kan bestå af betonfliser på flisefødder eller trædæk på strøer. Fliser udlagt i grus må normalt frarådes i forbindelse med retvendte, varme tage, idet membranen og inddækninger udsættes for kraftige påvirkninger ved skift mellem frost og tøj, hvilket medfører stor risiko for revner og vandindtrængning.

Flisebelægning og gruslag følger således stort set udetemperaturens variationer. Ved temperaturer under frysepunktet fryser gruslaget fast i den vandtætte membran, og skift mellem frost og tøj medfører bevægelser, som overføres til membranen. Herved er der risiko for sprængninger i såvel det vandtætte lag (membranen) som i overlæggene. Hvis der anvendes fliser i grus på retvendte, varme tage, skal der udlægges en kraftig glidefolie til hindring af fastfrysning af membranen.



Figur 3.14.2.1: Tagterrasse, duo-tag, betonfliser på flisefødder



Figur 3.14.2.2: Tagterrasse, retvendt tag, tremmeriste i træ.

3.14.3 GRØNNE TAGE

Grønne tage opbygges normalt som en form for varmt tag, dvs. som et omvendt tag, et duo-tag eller et retvendt tag - normalt på betondæk.

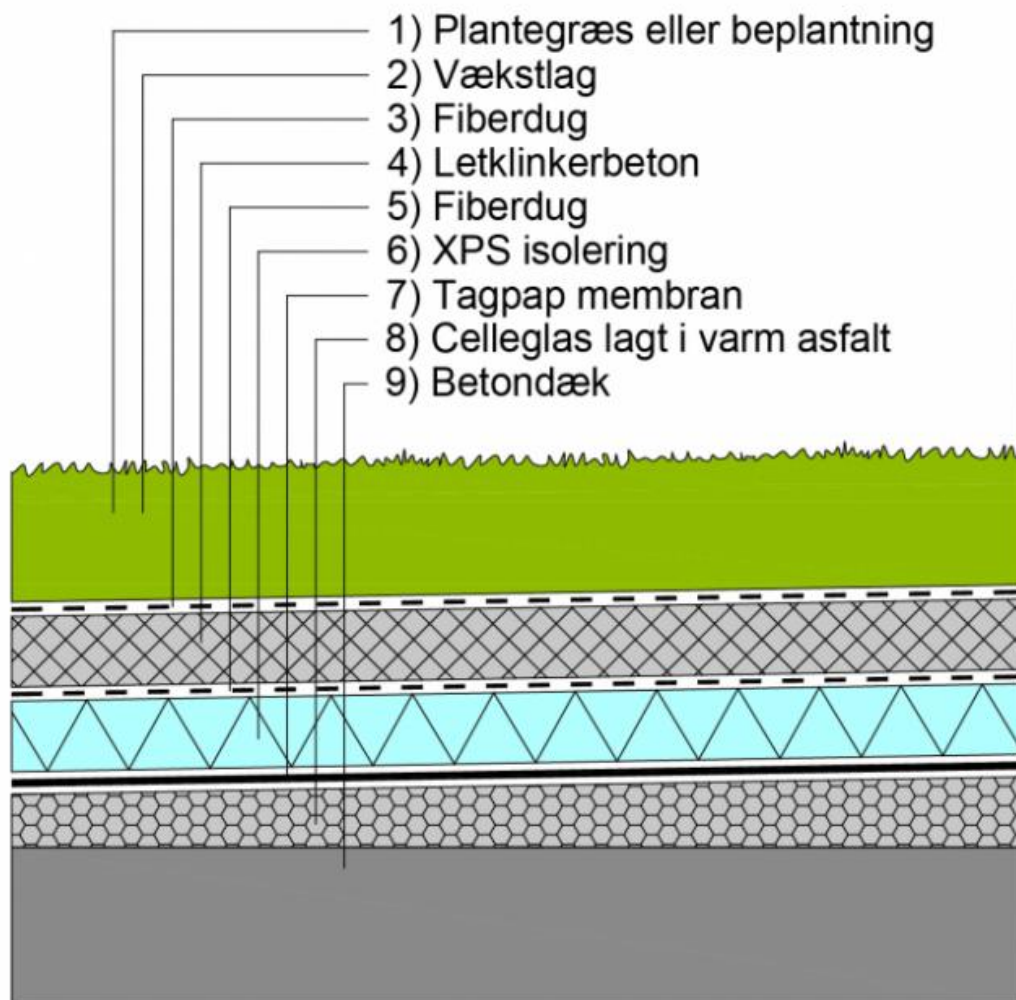
Intensive grønne tage giver mulighed for indretning af tilgængelige taghaver, hvor der kan anvendes mellemhøje træer og buske. Der kan anvendes et omvendt tag eller duo-tag med en hældning på min. 1:100 på membranen.

Semi-intensive grønne tage giver mulighed for begrænset adgang, og der vil kunne anvendes græsser og mindre planter. Ved anvendelse af et omvendt tag eller et duotag skal hældning på membranen være min. 1:100 og ved et retvendt tag skal der være en hældning på 1:40.

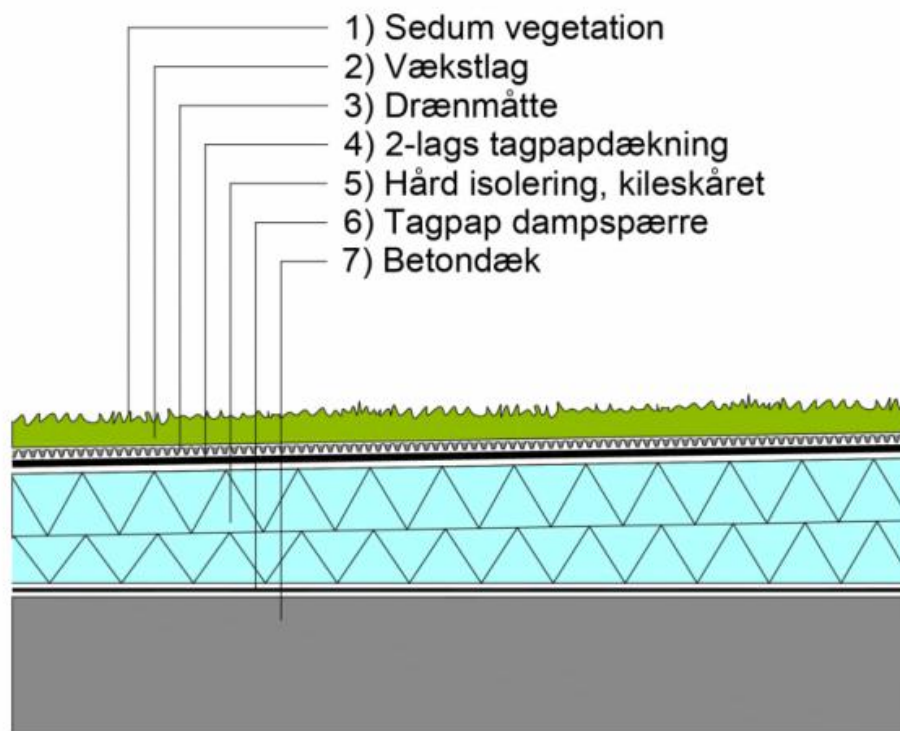
Ekstensive tage kan kun betrædes i forbindelse med vedligehold, og der anvendes en bevoksning af sedumplanter. Der anvendes et retvendt tag med en hældning på min. 1:40.

For grønne tage på et betondæk gælder, at det kan være vanskeligt at lokalisere utætheder i den vandtætte membran, da denne er skjult under et vækstlag og drænlag. Det er derfor vigtigt, at både projektering, udførelse og tilsyn foregår omhyggeligt, samt at der foreskrives sikre og gennemprøvede detal løsninger for fx inddækningshøjder (min. 200 mm over bevokset overflade), fald- og afløbsforhold.

Ekstensive grønne tage kan evt. anvendes på træunderlag i både varme og velventilerede kolde tage, hvis der i begge tilfælde er mulighed for inspektion fra undersiden. Effekten af de ændrede fugt- og temperaturforhold på træunderlaget, som følge af bevoksningen på taget, er dog endnu ikke veldokumenteret. Ventilerede paralleltage anses som et risikobehæftet forhold, da konstruktionen ikke kan inspiceres indefra. Der er dermed stor risiko for, at eventuelle skader ikke opdages i tide.



Figur 3.14.3.1: Intensivt grønt tag, duo-tag, tykt vækstlag



Figur 3.14.3.2: Ekstensivt grønt tag, retvendt tag, sedum-planter

3.14.3.1 AFLEDNING AF VAND FRA GRØNNE TAGE

En udførlig gennemgang af grønne tages opbygning og andre forhold i forbindelse med grønne tage findes i PTM-Vejledning Udførelse af grønne tage.

Det fremgår heraf, at for ekstensive tage (sedumbevoksede) kan der regnes med samme afstande mellem tagbrønde som for en almindelig tagpapbelagt overflade, dvs. med 14,4 m mellem tagnedløb og 7,2 m til tagkant.

For intensive og semiintensive tage viser erfaringen, at disse afstande må forkortes til henholdsvis 12 m og 6 m, da vandafledningen i nogen grad hæmmes af mere eller mindre kraftig bevoksning på tagfladen - med risiko for vandophobning på tagfladen samt vandgennemtrængning ved inddækninger.

Afløb og indsats skal være udført i rustfrit stål, og indsatsen skal være perforeret, så der gives mulighed for afvanding fra alle niveauer i tagopbygningen. Omkring indsatsen skal der være fiberdug, så urenheder fx jord hindres i at komme ned i afløbet. Afløb skal være forsynet med let tilgængeligt og aftageligt dæksel, så afløb kan efterses og renses flere gange årligt.

Det anbefales, at afløbsskålen forsænkes 8-10 mm i et område på mindst 600 x 600 mm, så der ikke opstår en "strandvold" omkring afløbsskålen.

Det er også nødvendigt at etablere nødafløb på normal vis, hvis taget er udformet som et badekar. Nødafløb placeres lavere end laveste inddækningshøjde på taget.

Nødafløb dimensioneres svarende til et ø50 mm afløb pr. tagbrønd.

Inddækningshøjden skal være min. 200 mm, da grønne tage kan vokse i tykkelse med tiden. Inddækningshøjden måles fra overkant af vækstlag.

Bemærk, at på intensive og semiintensive grønne tage sker vandafledningen så langsomt, at UV-afløbssystemer normalt er uegnede.

3.14.3.2 KONTROL AF MEMBRANENS TÆTHED

Når membranen er færdig og afløbene etableret, skal der afprøves for vandtæthed inden det grønne tag etableres. Dette kan ske ved at lukke afløbsbrønde og efterfølgende fylde dækket med vand til 50 mm på det højeste sted (mindste dybde 50 mm). De efterfølgende to døgn observeres for utætheder

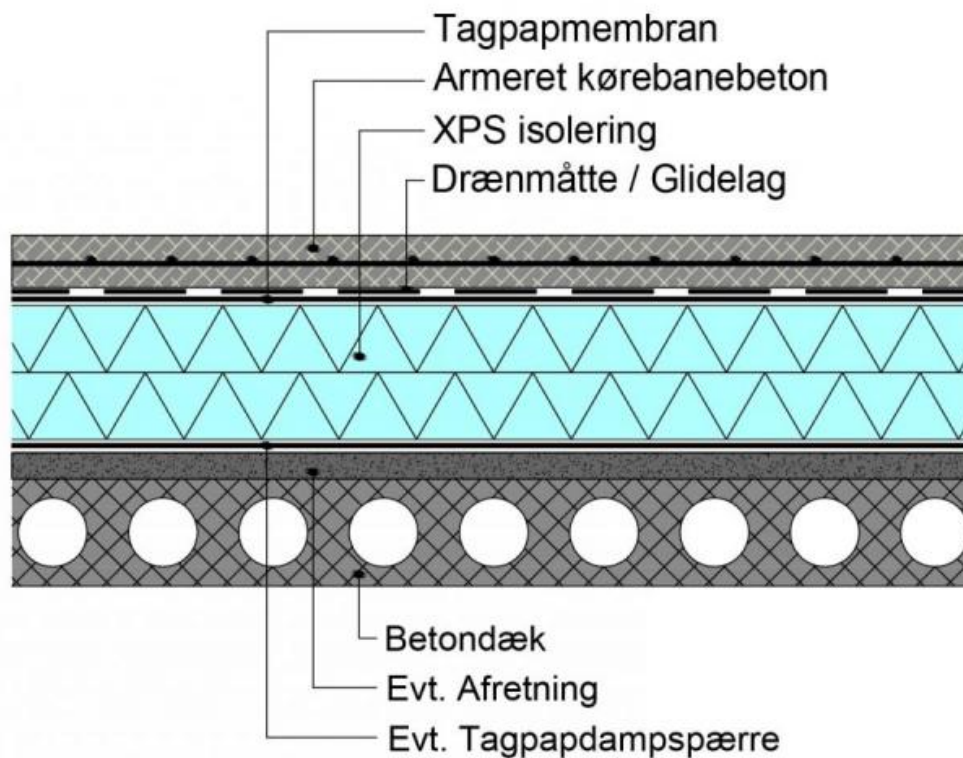
3.14.4 PARKERINGSDÆK

Parkeringsdæk opbygges normalt som omvendte tage, hvis der er tale om isolerede dæk eller med membran direkte på betondæk, hvis der er tale om uisolerede dæk. Kørebanelægninger kan være belægningssten lagt i grus eller pladsstøbt beton.

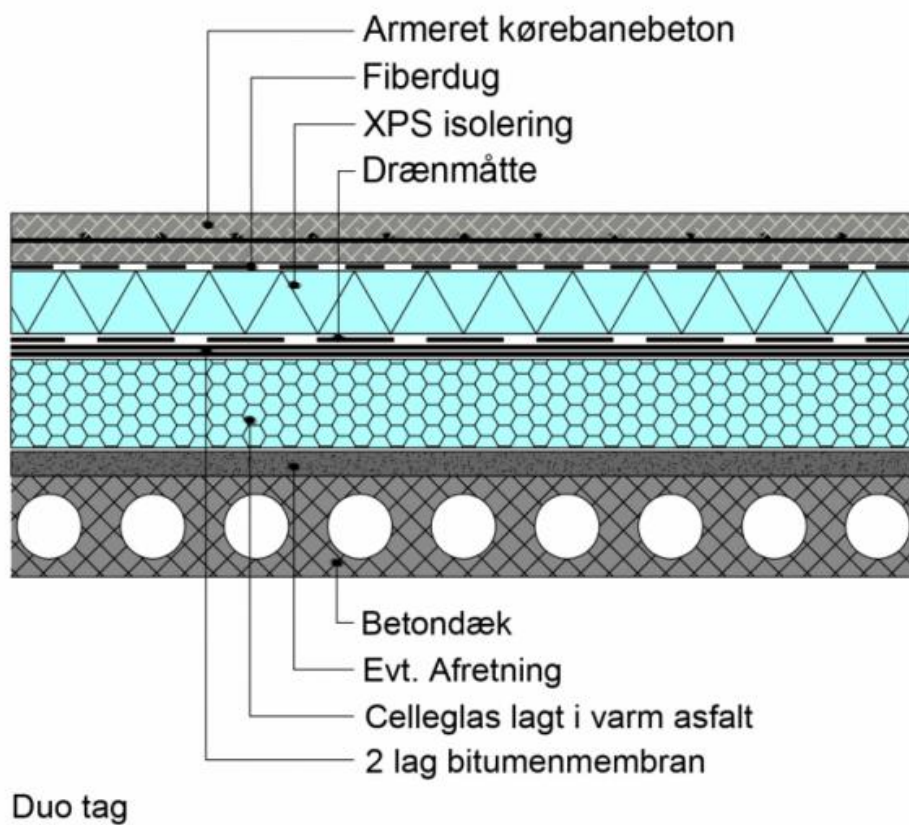
Da der er tale om store belastninger, skal der foretages en dimensionering af både belægning og isolering for optagelse af hjulbelastninger og bremsekræfter. Uisolerede P-dæk kan opbygges som vejbroer med en bromembran og en asfaltbelægning eller en betonbelægning.

3.14.4.1 KONTROL AF MEMBRANENS TÆTHED

Når membranen er færdig og afløbene etableret, skal der afprøves for vandtæthed inden der bygges oven på. Dette kan ske ved at lukke afløbsbrønde og efterfølgende fylde dækket med vand til 50 mm på det højeste sted (mindste dybde 50 mm). De efterfølgende to døgn observeres for utætheder.



Figur 3.14.4.1: P-dæk, omvendt tag betonkørebane. 3.14.4.1



Figur 3.14.4.2: P-dæk, duo-tag, betonkørebane.

4. LUFTTÆTHED

4.1 LOVKRAV

Der er i Bygningsreglementet krav til bygningers lufttæthed. Kravet er et energikrav og skal minimere varmetabet på grund af utilsigtede utætheder.

Kravet gælder for alle opvarmede bygninger.

Luftskiftet gennem utætheder i klimaskærmen må i henhold til BR15 ikke overstige 1,0 l/s pr. m² opvarmet etageareal ved en trykprøvning med 50 Pa.

For bygninger med høje rum, hvor klimaskærmens overflade divideret med etagearealet er større end 3, må luftskiftet ikke overstige 0,5 l/s pr. m² klimaskærm.

Kravene til lufttæthed for bygningsklasse 2020 er 0,5 l/s pr. m² og 0,15 l/s pr. m² for en bygning med høje rum.

Trykprøvningen gennemføres ved både over- og undertryk på 50 Pa, og resultatet udtrykkes som gennemsnittet af de luftskifter, der findes ved de to prøvninger.

Kommunalbestyrelsen kan stille krav om dokumentation ved prøvning efter DS/EN 13829.

Krav til klimaskærmens lufttæthed er et energikrav, men har også stor betydning for tagets fugttekniske funktion. Mange fugtproblemer kan undgås, hvis dampspærre er tæt og opfylder kravene i Bygningsreglementet.

4.2 LUFTTÆTHED I TAGPAPTAGE

Tagpaptage er normalt lufttætte i sig selv, men dette betyder ikke, at BR-kravet til lufttæthed automatisk er opfyldt.

4.2.1 VENTILEREDE KOLDE TAGE

I ventilerede kolde tage er der ventileret under tagpapunderlaget og det betyder, at lufttætheden skal ligge i dampspærre, som er en del af bygningens tæthedsplan. Derfor bør der stilles krav til udførelsen af dampspærres tæthed for at kunne overholde kravene.

En bygning, som opfylder tæthedskravet, kan have enkelte mindre utætheder.

Det må pointeres, at utæthederne i dampspærre bør være jævnt fordelt over hele klimaskærmen og fx ikke være koncentreret i taget. Hvis alle utæthederne ligger i tagets dampspærre, kan det føre til fugtproblemer i taget.

4.2.2 VARME TAGE

I varme tage er der ingen ventilation under tagpapdækningen, så derfor kan tagpappen bidrage til lufttæthed.

Det kan dog ikke påregnes, at tagdækningen er lufttæt ved tagkanter m.v., hvilket medfører, at der sker trykudligning. Desuden kan pumpevirkning af tagdækningen trække rumluft op i taget. Derudover skal der være en dampspærre for at begrænse diffusion op i taget.

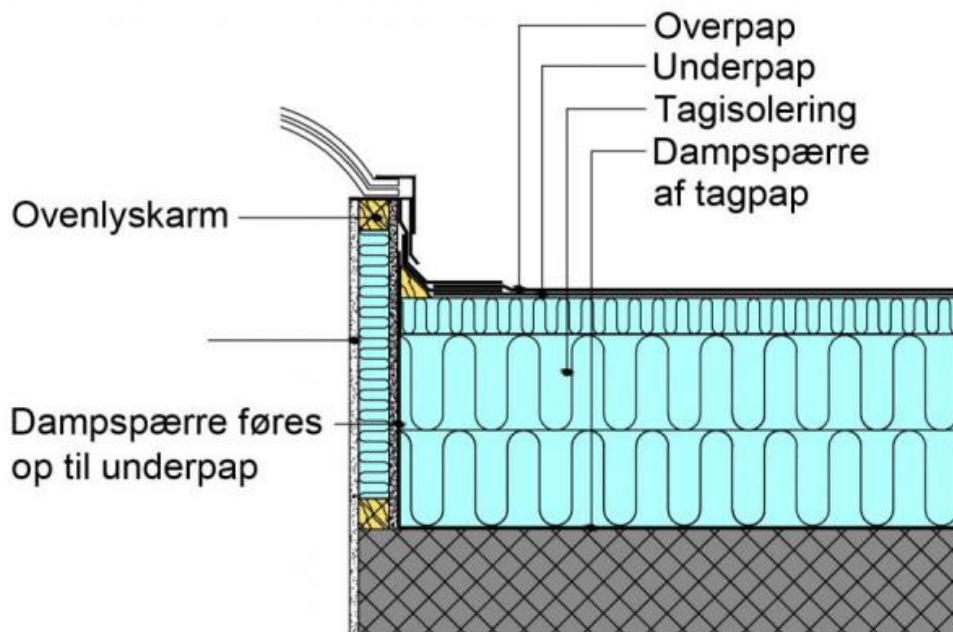
Dette betyder, at der normalt skal udføres en lufttæt dampspærre på tagisoleringens varme side. I stålpladetage, hvor dampspærre normalt af brandmæssige årsager er placeret 50 mm oppe i isoleringen, skal lufttæthed i stedet sikres i dette niveau. Se figur 4.4.1.

4.3 MATERIALER TIL DAMPSPÆRRE I VARME TAGE

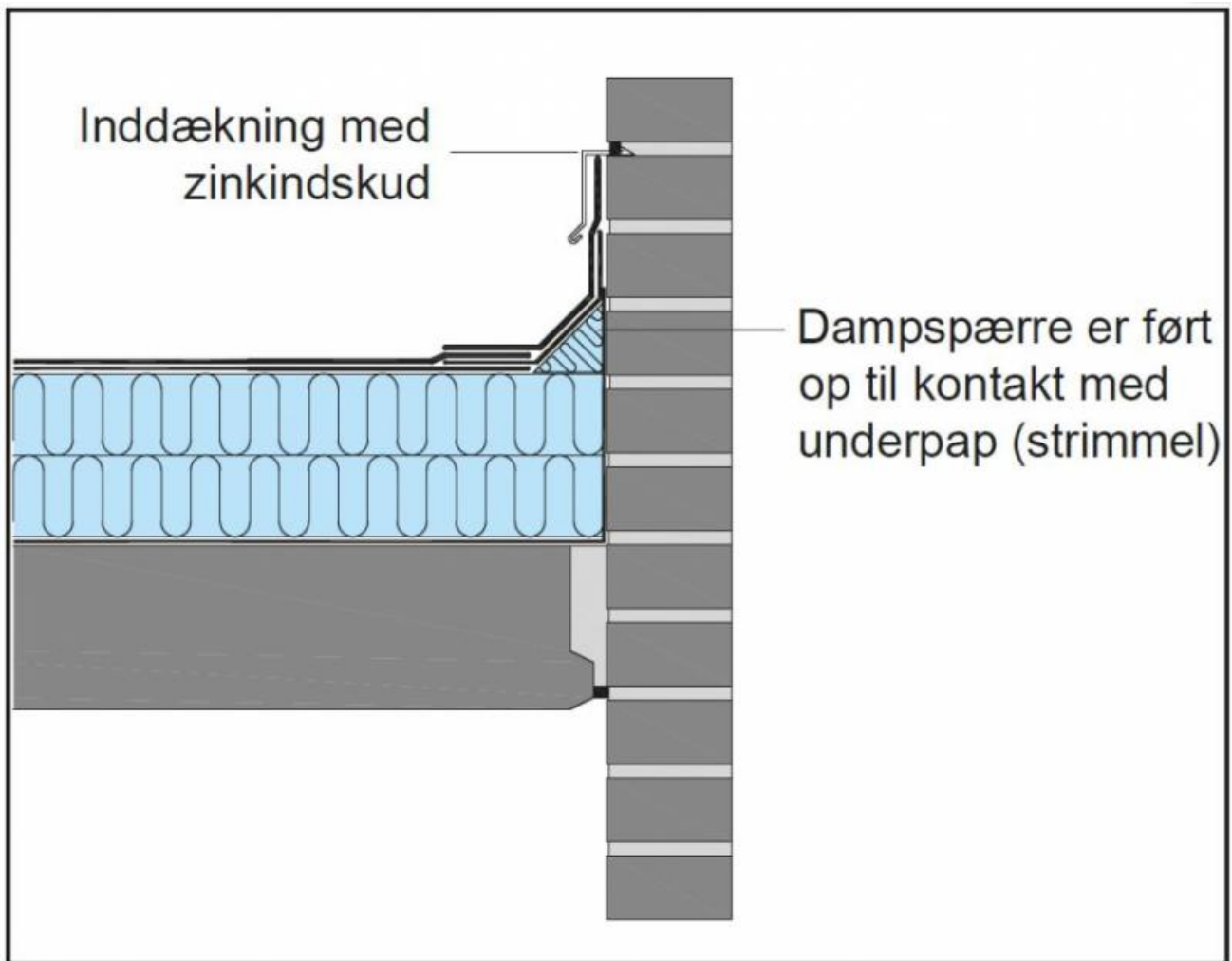
Dampspærre i varme tage udføres med en bitumendampspærre:

- På fast underlag af beton eller træ anvendes en svejseunderpap PTM DuraTæt (PF 3500) / PTM AeroTæt 32 Dampspærre (PF 3200) / PTM DuraFlex (PF 3500 SBS) med svejste samlinger og tilslutninger.
- På underlag af isolering kan der anvendes en løst udlagt tagpap.

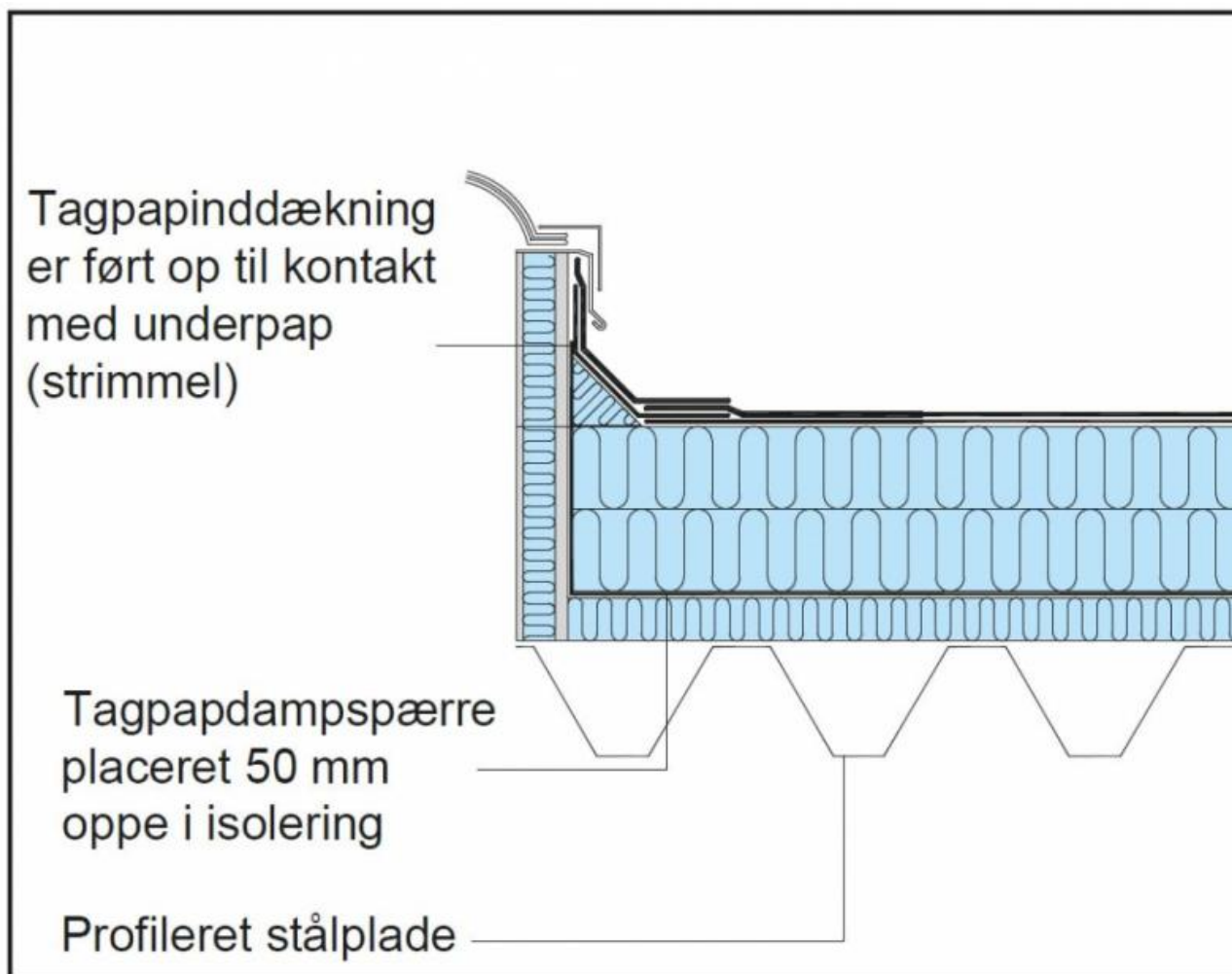
PTM AeroTæt 20 Dampspærre (PF 2000) med klæbede eller svejste samlinger og tilslutninger. Dampspærre i varme tage skal føres op til inddækningens underpap og forbindes til denne, som vist på figur 4.3.1.



Figur 4.3.1: Udførelse af dampspærre ved ovenlys i varmt tag. Tilslutning af dampspærre udføres med svejseunderpap.



Figur 4.3.2: Udførelse af dampspærre ved mur i varmt tag. Dampspærre af tagpap svejses til underpapinddækning



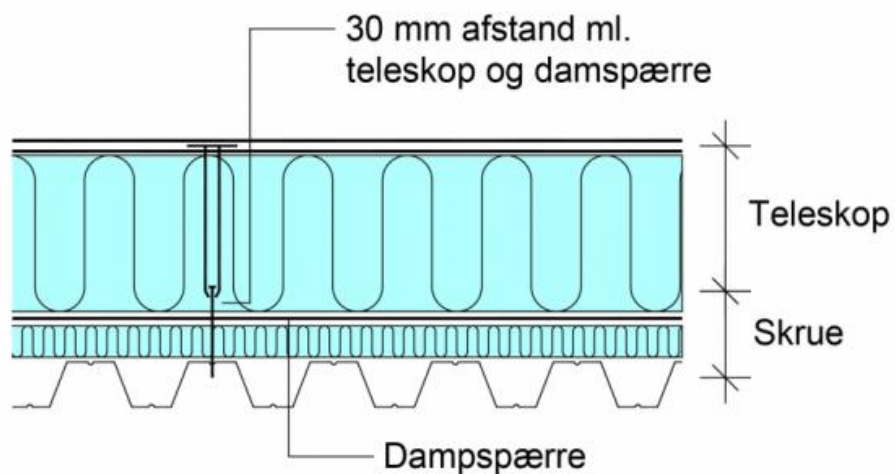
Figur 4.3.3: Tagpapinddækning omkring ovenlys og tilslutning af dampspærre af tagpap

Tagpapdampspærrens overlæg og tilslutninger svejses eller klæbes med koldklæber, eller der anvendes selvklæbende overlæg.

Ved mekanisk forankring af tagpapdækningen gennembrydes dampspærre af fastgørelsesbeslagenes skruer eller søm. Der skal derfor anvendes en tagpap som dampspærre, idet denne tætnet godt omkring skruer og søm, således at risikoen for utætheder minimeres. Desuden giver en tagpapdampspærre god mulighed for at opnå tæthed med svejste tilslutninger til tagkanten og taggennembrydninger. PE-folie er ikke anvendelig.

4.4 UDFØRELSE

Det skal ved mekanisk fastgørelse sikres, at det kun er skruen eller sømmet, der perforerer dampspærre, ved at tilpasse længde af teleskopdelen og skruen til dampspærrens placering. Der skal desuden holdes en afstand på 30 mm mellem teleskopdel og dampspærre for at undgå brud på dampspærre ved aktivitet på taget.

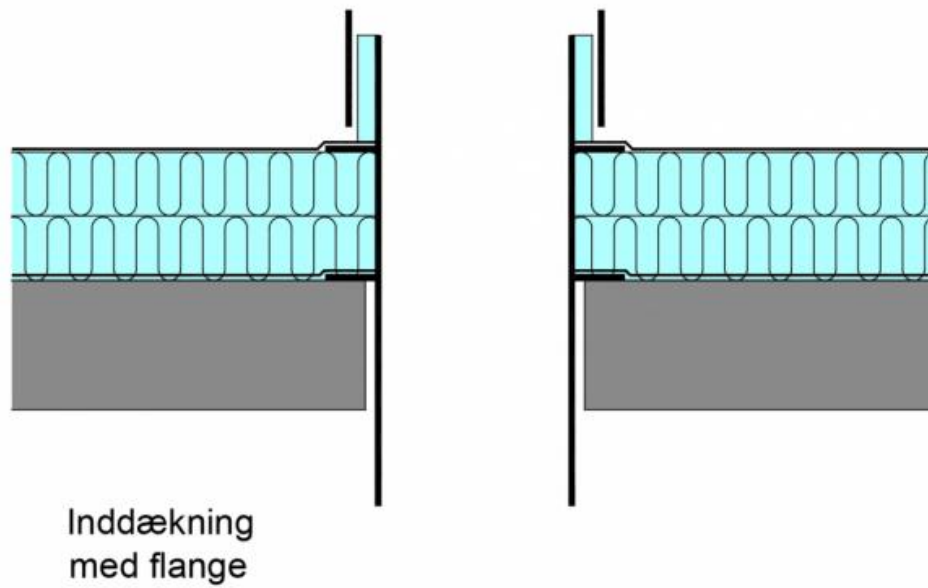


Figur 4.4.1: Valg af beslag ved oprykket dampspærre på underlag af profilerede stålplader.

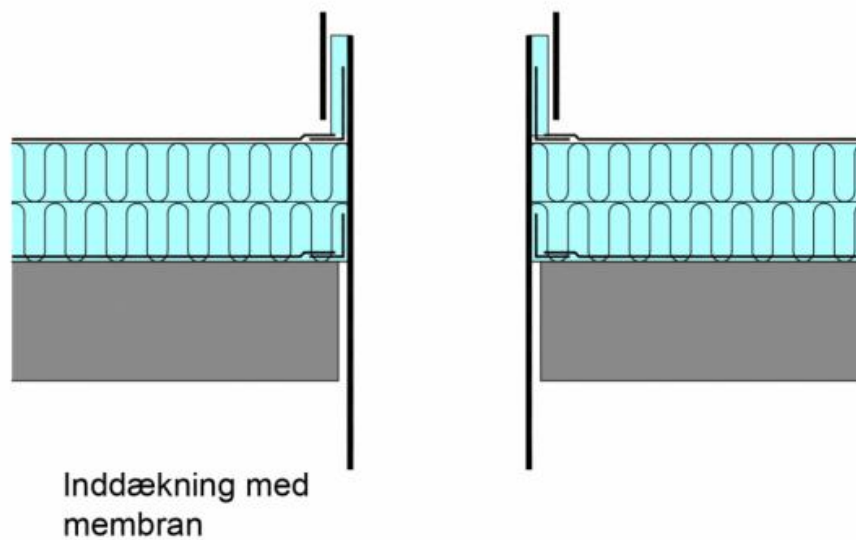
Med tagpapdampspærre på beton skal det undgås at boret, der anvendes til forboring af huller, fræser tagpapdampspærren i stykker nede på betonen.

Det er vigtigt, at dampspærre også inddækkes lufttæt mod alle gennemføringer som ovenlys, ventilationskanaler og afløb.

Der skal således inddækkes både i dampspærreniveau og i tagdækningsniveau.



Figur 4.4.2: Tætning omkring ventilationsgennemføring med flange.

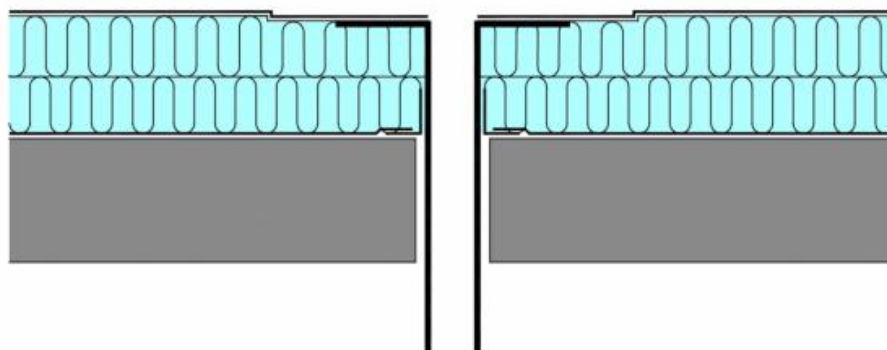


Figur 4.4.3: Tætning omkring ventilationsgennemføring med gummikrave og flange.

Hvis der anvendes brændbar tagisolering, skal der udføres brandsikring omkring alle gennemføringer med 2 x 25 mm mineraluld med forskudte samlinger.

Det er også vigtigt, at sikre tæthed i dampspærreniveau omkring afløb, idet fugtig rumluft ellers vil kondensere på

afløbet og dryppe tilbage.



Figur 4.4.4: Tætning ved tagbrønd.

4.5 BYGGEPLADSMEMBRAN

Ofte vil det også være en fordel at benytte en dampspærre af tagpap, fx PF 3500 eller PF 3500 SBS, som byggepladsmembran i en periode, indtil taget gøres færdigt med isolering og tagdækning.

Dette er en god løsning på underlag af beton, men må frarådes ved hævet dampspærre i stålpladetage, da skader på byggepladsmembranen vil kunne medføre, at nederste del af isoleringen opfugtes og at membranens lufttæthed sættes over styr.

Byggepladsmembranen skal, inden yderligere arbejder på taget igangsættes, tjekkes for skader, som kan give lufttætheder.

Der kan i situationer, hvor dampspærre udsættes for stor belastning, anvendes en bitumenmembran som dampspærre, fx PF 5200 SBS.

