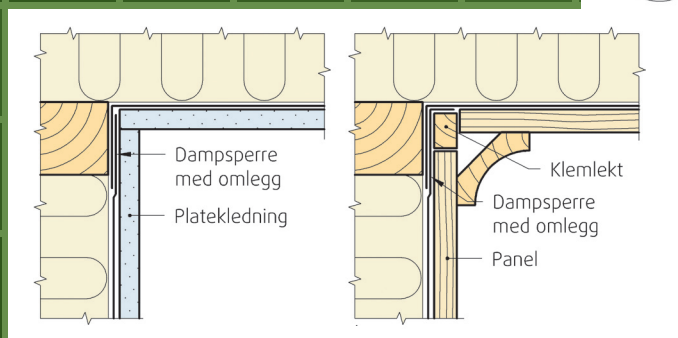
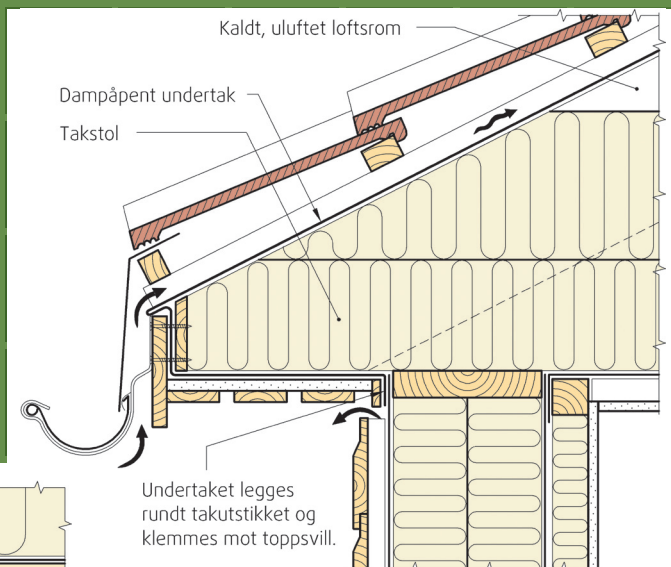


PETER BLOM OG SIVERT UVSLØKK

# Bygg tett!

Prosjektrapport 98

2012



SINTEF Byggforsk

Peter Blom og Sivert Uvsløkk

# **Bygg tett – og ventiler rett!**

Prosjektrapport 98 – 2012

Prosjektrapport nr. 98  
Peter Blom og Sivert Uvsløkk  
**Bygg tett – og ventiler rett!**

Emneord:  
Lufttetthet, varmetap, ventilasjon

ISSN 1504-6958  
ISBN 978-82-536-1276-8 (pdf)

Figurer omslag:  
Byggdetaljer 523.255

© Copyright SINTEF akademisk forlag 2012

Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndsverklovens bestemmelser. Uten særskilt avtale med SINTEF akademisk forlag er enhver eksemplarframstilling og tilgjengeliggjøring bare tillatt i den utstrekning det er hjemlet i lov eller tillatt gjennom avtale med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk.

Utnyttelse i strid med lov eller avtale kan medføre erstatningsansvar og inndragning, og kan straffes med bøter eller fengsel.

Adr.: Forskningsveien 3 B  
Postboks 124 Blindern  
0314 OSLO  
Tlf.: 22 96 55 55  
Faks: 22 69 94 38 og 22 96 55 08

[www.sintef.no/byggforsk](http://www.sintef.no/byggforsk)

# Innhold

Forord.....	4
Sammendrag.....	5
<b>1 Hvorfor tette hus? .....</b>	<b>6</b>
<b>2 Lufttetthet – krav og dokumentasjon.....</b>	<b>9</b>
2.1 Krav til lufttetthet.....	9
2.2 Målemetode .....	9
2.3 Lekkasjetall i norske bygninger .....	11
<b>3 Luftlekkasjer – årsaker og tiltak.....</b>	<b>13</b>
3.1 Prinsipper for lufttetting.....	13
3.2 Drivkrefter for luftlekkasjer .....	16
3.3 Lufttetting og varmetap.....	17
3.4 Lufttetthet og fuktsikring .....	18
<b>4 Tettematerialer og tettemetoder .....</b>	<b>23</b>
4.1 Dampsperrer.....	23
4.2 Vindsperrer .....	25
4.3 Teip og klebeprodukter .....	28
4.4 Tetting av fuger.....	30
4.5 Klemte omleggsskjøter .....	31
<b>5 Kritiske tettetdeljer.....</b>	<b>33</b>
5.1 Planlegging av tettearbeidet .....	33
5.2 Lufttetting i golvkonstruksjoner .....	33
5.3 Lufttetting i yttervegger .....	34
5.4 Lufttetting i takkonstruksjoner.....	37
5.5 Tetting rundt gjennomføringer.....	39

# Forord

Det stilles stadig strengere krav til energibruk i norske bygninger. Byggeteknisk forskrift (TEK10), som trådte i kraft 1. juli 2010, senket energibehovet til oppvarming i nye bygninger med 25 % i forhold til forskriftskravene fra 1997. Skjerpelsene består i bedre varmeisolering, varme-gjenvinning i ventilasjonsanlegg og ikke minst bedre lufttetthet i bygningsdelene. God lufttetthet i golv, yttervegger og tak er helt sentralt for å nå høye krav til energieffektivitet.

Utviklingen stopper ikke der: Myndighetene har varslet at nye, skjerpede energikrav vil komme hvert 5. år. KRDs arbeidsgruppe for energieffektivisering av bygg (Arnstad 2010<sup>1</sup>) anbefaler at det allerede fra 2015 bør komme krav om passivhusstandard for alle nybygg. Byrådet i Oslo har allerede vedtatt at alle kommunale nybygg som hovedregel skal ha passivhusstandard innen 2014.

Målinger av lufttetthet viser at mange nyere boliger på langt nær tilfredsstillende de nye kravene til tetthet. Det betyr at bransjen på en helt annen måte enn før må fokusere på lufttetting og gjennomføre nødvendige endringer. Det gjelder hele byggeprosessen, fra prosjektering og valg av løsninger til utførelse og kontroll på byggeplass. Samtidig er det mange eksempler på prosjekter med svært lave lekkasjetall selv med godt kjente løsninger. De viser at det er fullt mulig å tilfredsstillende de strengeste tetthetskravene.

ROBUST retter søkelyset mot klimatilpassede, miljø- og energieffektive løsninger for dagens og framtidens bygninger. Prosjektets hovedmål er å utvikle ny kunnskap og nye metoder for bruk av robuste konstruksjonsdetaljer og løsninger, og bruk av effektive isolasjonsmaterialer i godt isolerte bygninger. Resultatene vil bli innarbeidet i Byggforskserien.

ROBUST *Robust envelope construction details for buildings of the 21. century* er et forskningsprosjekt som retter søkelyset mot klimatilpassede, miljø- og energieffektive løsninger for dagens og framtidens bygninger. Prosjektets hovedmål er å utvikle ny kunnskap og nye metoder for bruk av robuste konstruksjonsdetaljer og løsninger, og bruk av effektive isolasjonsmaterialer i godt isolerte bygninger. Robuste konstruksjonsdetaljer og løsninger oppnås gjennom bruk av materialer og løsninger som har stor sikkerhet mot feil som kan gi fuktproblemer, og som med stor sikkerhet tilfredsstillende kravene i Byggeteknisk Forskrift til Plan- og bygningsloven (TEK10).

ROBUST ledes av SINTEF Byggforsk (vertsinstusjon) og Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) og gjennomføres i samarbeid med AF Gruppen ASA, Glava A/S, Hunton Fiber AS, Icopal as, Isola as, Jackon AS, maxit as, Moelven ByggModul AS, Rambøll Norge AS, Skanska Norge AS, Statsbygg og Takprodusentenes forskningsgruppe (TPF). Prosjektet ble igangsatt våren 2008 og vil pågå til 1. mai 2012.

Vi ønsker å rette en takk til prosjektets partnere, spesielt til Takprodusentenes forskningsgruppe som har deltatt aktivt både i finansiering og gjennomføring av delprosjektet, og Norges forskningsråd for finansieringen av forskningsprosjektet ROBUST.

---

<sup>1</sup> Energieffektivisering av bygg. Kommunal- og regionaldepartementets arbeidsgruppe for energieffektivisering av bygg. Sluttrapport, 23.08. 2010.

# Sammendrag

Denne rapporten forklarer hvorfor tette hus er viktig. God lufttetthet i bygningsdelene har betydning for en rekke faktorer: Energiøkonomi, fuktsikring, varmekomfort, luftkvalitet, brannsikring, lydisolasjon, tetthet mot radon og spredning av lukt.

Rapporten understreker innledningsvis at god lufttetthet uløselig henger sammen med et godt planlagt og vedlikeholdt ventilasjonssystem. God ventilasjon er en forutsetning for et godt inneklima. SINTEF Byggforsk anbefaler et balansert, mekanisk ventilasjonssystem med varme-gjenvinning. Planlegging og utførelse av ventilasjonssystemet blir ikke behandlet i rapporten.

Tidligere undersøkelser av lufttetthet i norske småhus bygget i 1970–80 har i gjennomsnitt et lekkasjetall  $n_{50}$  i overkant av 4 luftvekslinger pr. time. I dag er kravet til lekkasjetallet i Byggteknisk forskrift 2,5 luftvekslinger pr. time. Målinger i et større boligfelt viser at dette kravet kan oppfylles med god margin når prosjekterende og utførende har fokus på lufttetthet.

Målinger av lekkasjetall bør gjennomføres med trykkmetoden som er definert i NS-EN 13829. Det er viktig at rapporten fra målinger er godt dokumentert. Ikke minst er det viktig å beskrive nøyaktig hvordan innvendig volum er beregnet, og hvordan tetting av tilsiktede åpninger i ytterskallet er utført. Målinger underveis i byggeprosessen kan utføres etter enklere metoder.

SINTEF Byggforsk anbefaler at kravet til lekkasjetall i Byggteknisk forskrift også bør gjelde for måling på enkeltleiligheter i flerbolighus.

SINTEF Byggforsk mener at både vindsperre og dampspærre bør monteres med tanke på god lufttetthet, selv om det er mulig å tilfredsstille tetthetskravet i TEK med bare ett tett sjikt. To tette sjikt gir en ekstra ”forsvarslinje” som bør utnyttes for å hindre at luft presses gjennom konstruksjonen ved lokale utettheter i ett av sjiktene.

God lufttetthet er ikke minst viktig i takkonstruksjoner. I nyere tak med et uluftet kaldt loft og hus med isolerte takflater har det vært flere eksempler på rimdannelse og lekkasjer, delvis på grunn av luftlekkasjer fra et fuktig innemiljø.

Rapporten viser prinsippene for tradisjonell lufttetting i bygningskonstruksjoner, med klemming mellom plane flater. Samtidig er lufttetting basert på klebing i økende i bruk i bransjen. Rapporten understreker at produkter som teip, klebebånd og fugebånd må ha gjennomført prøver som dokumenterer bestandighet over tid avhengig av underlag, monteringsbetingelser (fukt og kulde) og miljøpåkjenninger (UV og varmealdring).

Rapporten viser eksempler på god lufttetting av kritiske tettetdeljer, både ved gjennomføringer, golv, vegger og tak.

# 1 Hvorfor tette hus?

## **God inneluft har prioritet**

Et godt inneklima er en forutsetning for alle tiltak som skal gjøre bygningene mer energieffektive. For å sikre god inneluft og samtidig energieffektive bygninger er det nødvendig å ha god kontroll både med ventilasjonen av de enkelte rom og med bygningens lufttetthet. For å klare begge disse kravene må bygningen ha et godt ventilasjonsanlegg som sikrer trekkfri tilførsel av ren friskluft til alle oppholdsrom. I tillegg må bygningen bygges så lufttett som mulig.

For mange har begrepet ”tette hus” en negativ klang, og forbindes med innestengthet og dårlig luft. Men hvis det er dårlig inneluft er det ikke fordi huset er for tett, men fordi huset har for dårlig ventilasjon.

## **Ventilasjon tilpasset behovet**

Med balansert mekanisk ventilasjon og effektiv varmegjenvinner (FXT-anlegg) kan man sikre riktig mengde friskluft til alle oppholdsrom. Samtidig oppfylles byggeforskriftens krav om energieffektivitet. Med et moderne FXT-anlegg er det ikke noe behov for den ekstra ventilasjonen luftlekkasjer gir. Luftlekkasjene representerer bare et unødvendig ekstra varmetap ettersom energien i lekkasjeluften ikke blir gjenvunnet. Samtidig må alle boliger fortsatt ha åpningsbare vinduer for ekstra utlufting på varme sommerdager og som en midlertidig reserveløsning hvis det oppstår feil med anlegget.

## **Lufttetthet gir sikkerhet mot fuktskader**

Dårlig lufttetthet gir økt risiko for fuktskader. Det er takkonstruksjonen som er mest utsatt siden det innvendige overtrykket, og dermed luftlekkasjene, er størst oppunder taket. Når fuktig inneluft lekker inn i konstruksjonen blir luften avkjølt og det kan felles ut fukt i form av kondens på undertaket eller på vindspærren. Under kuldeperioder kan en få betydelig fuktoppsamling i form av rim som ved væromslag smelter og renner ned i isolasjonen og eventuelt videre ned gjennom himlingen.

## **Mindre forurensninger og allergener**

Tilluften fra ventilasjonsanlegget blir filtrert og inneholder derfor mye mindre veistøv, pollen og andre utendørs forurensninger enn luft som kommer inn gjennom tilfeldige utettheter. De fleste moderne ventilasjonsanlegg med varmegjenvinning har filtre som filtrerer bort pollenkorn. For pollenallergikere er det derfor en stor fordel at uteluft tas inn via ventilasjonsanlegget og ikke via utettheter.

## **Bedre varmekomfort**

God lufttetthet hindrer trekkproblemer ved utettheter i yttervegger og tak. Med et balansert ventilasjonsanlegg med varmegjenvinning blir tilluften oppvarmet, slik at man også unngår trekkubehag ved tilluftsventilene. Samtidig må man være oppmerksom på at i hus med ventilasjonsanlegg basert på bare mekanisk avtrekk, vil god lufttetthet gi trekkproblemer i nærheten av yttervegsventiler og tilfeldige utettheter. Det skyldes at avtrekksviften skaper et ekstra undertrykk i bygningen. På kalde dager fører det gjerne til at beboerne lukker ventilene i et forsøk på å unngå trekkubehag. Det fører imidlertid til at undertrykket inne øker, spesielt i tette hus, slik at det kommer tilsvarende mer luft inn gjennom tilfeldige utettheter med påfølgende fare for trekkproblemer andre steder.

Hus med bare mekanisk avtrekksventilasjon bør ikke bygges tettere enn forskriftens minimumskrav og utetthetene bør helst være jevnt fordelt over konstruksjonen.

### **Redusert oppvarmingsbehov**

Å redusere varmetapet fra bygninger er den viktigste grunnen til at det stilles lufttetthetskrav i byggeforskriften. Utettheter i ytterkonstruksjonene øker oppvarmingsbehovet og energiforbruket på flere måter:

- Luftlekkasjer medfører større luftskifte, og dermed større ventilasjonsvarmetap, enn nødvendig
- Lekkasje-luften strømmer utenom varmegjenvinneren, slik at mindre varme blir gjenvunnet
- Varmemotstanden i isolasjonsmaterialene reduseres hvis kald uteluft fra utettheter i vindsperre får sirkulere inne i vegger og tak.

Utettheter kan også påvirke energibruken indirekte ved at eventuelt trekkubehag søkes kompensert ved heving av innnetemperaturen. En heving på 2°C vil føre til at energibruk til oppvarming øker med ytterligere ca. 10 %.

Varmetapet på grunn av et høyt lekkasjetall er for øvrig avhengig av mange faktorer, som klima, bygningens plassering i terrenget, antall etasjer og type ventilasjonsanlegg. I en småhusbolig isolert og ventilert ett etter kravene i TEK 07 kan man grovt sett regne med at totalt netto energibehov øker med ca. 8 % når lekkasjetallet øker med 1 luftomsetning pr. time.

### **Ingen spredning av lukt mellom boenheter**

Utettheter i skillekonstruksjoner kan gi spredning av mat- og røyklukt fra omkringliggende leiligheter i flerbolighus. For å unngå luktspredning må skillekonstruksjonene være lufttette. Det bør derfor legges like stor vekt på god lufttetthet i skillekonstruksjonene mellom leiligheter som i ytterkonstruksjonene. I tillegg bør ventilasjonsanleggene utformes og innreguleres slik at det ikke blir store trykkforskjeller mellom boenhetene.

### **Bedre lydisolasjon**

God lufttetthet er avgjørende for å oppnå god lydisolasjon, både med tanke på innvendige og utvendige støykilder.

### **Bedre brannsikkerhet**

På samme måte som spredning av lukt, kan branngasser spres via utettheter i skillekonstruksjoner. En brann kan derfor spres over større arealer enn nødvendig hvis skillekonstruksjonene er utette. Selv om brannen ikke spres til nabo-leilighetene kan spredning av røk og branngasser i seg selv føre til personskader og i verste fall dødsfall.

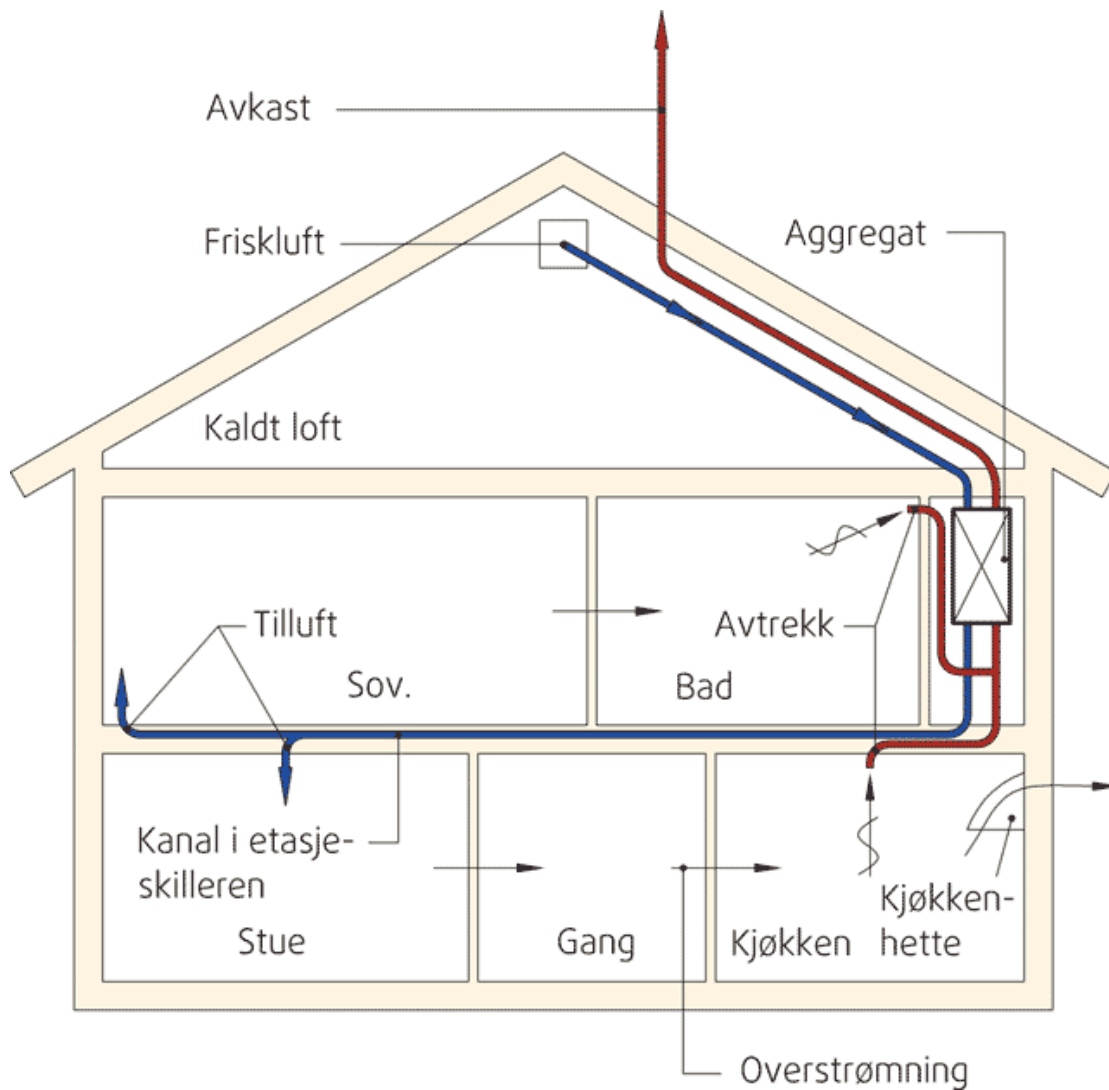
### **Mindre radon**

I områder med radonholdig byggegrunn vil utettheter i konstruksjonene medføre økt radoninn-tregning. Statens strålevern har i 2009 fastsatt en tiltaksgrense for konsentrasjon av radon i inneluften på 100 Bq/m<sup>3</sup>. Skal denne grenseverdien tilfredsstilles i områder med mye radon i byggegrunnen må lufttettheten mot grunnen være svært god. God lufttetthet i tak og vegger vil redusere lekkasjene opp gjennom golvet fordi trykkforskjellen over golvet blir redusert. I tillegg vil mekanisk tilluft til rommene i nederste etasje være et effektivt tiltak for å redusere radon-konsentrasjonen, dels ved at radonholdig luft skiftes ut med frisk luft og dels ved at undertrykket ved golvet, og dermed radongasslekkasjene opp gjennom golvet, reduseres.

### **Ventilasjonsanlegg må vedlikeholdes**

For å sikre tilfredsstillende luftkvalitet og innneklima over tid må mekaniske ventilasjonsanlegg vedlikeholdes. Filtrene i ventilasjonsanlegget vil med tiden tettes av støv og pollen og må derfor skiftes etter en tid. Hvor hyppig de må skiftes avhenger av hvor forurenset uteluften er, men i boliger bør de vanligvis skiftes en gang i året. Moderne anlegg varsler selv når filtrene bør skiftes. Nødvendig ettersyn og vedlikehold kan sikres med en serviceavtale med et ventilasjonsfirma. Manglende vedlikehold fører til reduserte luftmengder og for dårlig inneluft.





Figur 1

Et balansert mekanisk ventilasjonsanlegg

Vifte i ventilasjonsaggregat trekker friskluft tas inn gjennom yttervegg. I aggregatet varmes friskluften i en varmeveksler, som overfører varme fra avtrekksluften til den kalde uteluften. Oppvarmet og filtrert tilluft føres til oppholdsrom (stue, soverom). Ventilasjonsaggregatet må plasseres innenfor isolasjonssjiktet. Etter montering av anlegget må det kontrolleres at kanaler og kanaltilslutninger er tette.

Byggforskserien 552.303 Balansert ventilasjon i småhus

## 2 Lufttetthet – krav og dokumentasjon

### 2.1 Krav til lufttetthet

I Byggeforskriften stilles det krav om at våre bygninger skal ha god lufttetthet. Det vil si at luftlekkasjer ut og inn gjennom tilfeldige utettheter i ytterkonstruksjonene skal begrenses.

Tetthetskravet i Byggeforskriften er definert ved *lekkasjetallet*  $n_{50}$ . Lekkasjetallet er definert som målt luftlekkasje i  $m^3$  pr. time dividert på husets innvendige volum. Det angis med enheten  $m^3/m^3 \cdot h$  ved 50 Pa, eller som antall luftvekslinger pr. time, 1/h, i bygningen når:

- ytterkonstruksjonene utsettes for en trykkforskjell på 50 Pa,
- alle tilsiktede åpninger i ytterkonstruksjonene (ventiler, piper, vinduer) er lukket.

Krav til lekkasjetall ble første gang tatt inn i Byggeforskriften i 1982. Kravene ble skjerpet i 2007. I *NS 3700 Kriterier for passivhus og lavenergihus Boliger*, som kom i 2010, er det stilt egne krav til lekkasjetallet avhengig av energiklasse. Se tabell 1.

Tabell 1

Krav til lufttetthet ( $m^3/m^3h$ ) i Byggeteknisk forskrift og i NS 3700 Kriterier for passivhus og lavenergihus

Bygningstype	Frittliggende småhus	Rekkehus i inntil to etasjer	Andre bygninger
TEK 97	$\leq 4,0$	$\leq 3,0$	$\leq 1,5$
TEK 2007/2010	$\leq 2,5$ <sup>1)</sup>	$\leq 1,5$ <sup>1)</sup>	$\leq 1,5$ <sup>1)</sup>
Lavenergi klasse 1 – NS 3700	$\leq 1,0$	$\leq 1,0$	$\leq 1,0$
Lavenergi klasse 2 – NS 3700	$\leq 3,0$	$\leq 3,0$	$\leq 3,0$
Passivhus – NS 3700	$\leq 0,6$	$\leq 0,6$	$\leq 0,6$

<sup>1)</sup>Ved omfordeling mellom energiltak aksepteres en lufttetthet  $\leq 3,0 m^3/m^3h$ .

### 2.2 Målemetode

I småhus måles lekkasjetallet med trykkmetoden som er definert i NS-EN 13829<sup>2</sup>. Metoden er også beskrevet i Byggeforskserien<sup>3</sup>.

Målingen gjennomføres ved at en plastdør med vifte og utrustning for måling av luftmengder (sk. ”Blower-door”) settes inn i en av husets ytterdører. Se Figur 2. Dernest tettes alle åpninger mot uteluft (uteluftventiler, avtrekksventiler, peisspjeld og ovnsventiler, etc). Ytterdører og vinduer holdes lukket, mens innerdører skal stå åpne. Når vifta starter, vil luftstrømmen gjennom vifta tilsvare samlet luftlekkasje gjennom utettheter i huset. Under målingen noteres sammenhørende verdier av luftmengde og trykkforskjell mellom ute og inne. Se Figur 3. Som regel måles lekkasjeluftmengde både ved 50 Pa undertrykk og ved 50 Pa overtrykk.

I Figur 3 er gjennomsnittlig luftlekkasje (overtrykk/undertrykk) ved 50 Pa ca. 250  $m^3/h$ .

Lekkasjetallet  $n_{50}$  beregnes da som forholdet mellom samlet luftlekkasje og husets innvendige volum:

$$n_{50} = \frac{\dot{V}}{V} \quad \frac{m^3}{h} / m^3$$

Korrekt oppmåling og beregning av volumet er viktig for beregningen av lekkasjetallet. Volumet skal beregnes ved å multiplisere innvendig golvareal (BRA) med midlere romhøyde<sup>4</sup>. Volumet av innvendige vegger tas med, men ikke mellombjelkelag.

<sup>2</sup> NS-EN 13829 Bygningers termiske egenskaper – Bestemmelse av bygningers luftlekkasje – Differansetrykkmetode (ISO 9972 modifisert)

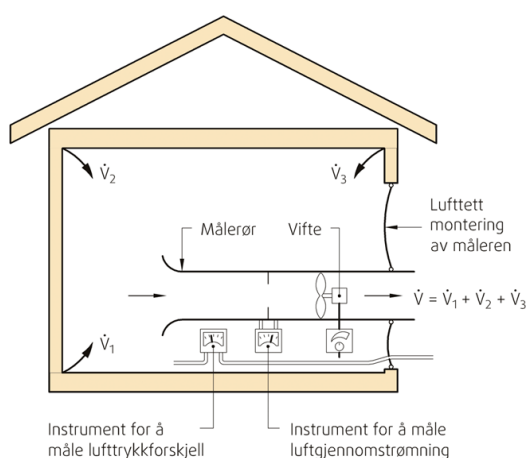
<sup>3</sup> BKS Anvisning 720.035 Måling av bygningers lufttetthet.

<sup>4</sup> NS 3031:2007 Beregning av bygningers energiytelse – Metode og data.

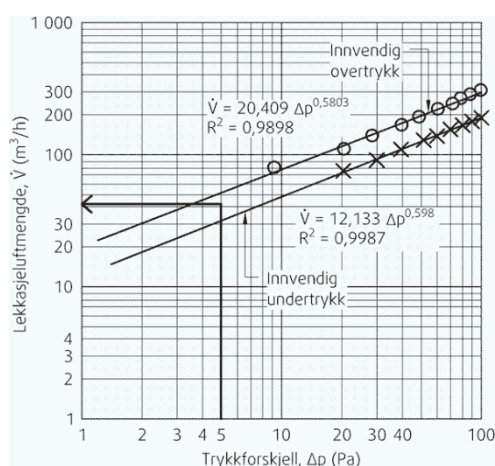
I tillegg til volumberegning er det en rekke faktorer som har innflytelse på målt lekkasjetall. Det betyr at blant annet værforhold og en nøyaktig beskrivelse av hvordan bygningen er klargjort for måling må være inkludert i målerapporten.

Ved måling av lufttetthet i enkeltleiligheter i flerfamiliehus vil lekkasjetallet også inkludere interne luftlekkasjer mellom boenheter. For å måle lekkasjer av uteluft i en boenhet må i prinsippet naboenheter trykkeses samtidig (støttetrykk)<sup>5</sup>. Etablering av støttetrykk er vanskelig å få gjennomført i praksis. Dessuten er god lufttetthet mot naboeligheter vel så viktig som tetthet mot uteklimaet, om enn av litt andre hensyn (lukt, lyd eller brann). Etter vår oppfatning bør derfor kravet til lufttetthet i TEK være tilfredsstillt i alle typer boenheter, selv om en del av lekkasjene skyldes interne utettheter i bygningen.

Man må også være klar over at lekkasjetallet forandrer seg. I det første året etter bygging vil treverk tørke ut, krympe og vri seg. Klemvirkningen i klemte skjøter kan reduseres. I praksis bør derfor lekkasjetallet i et helt nytt hus ligge en del under kravet i TEK.



Figur 2  
Måling av lufttetthet  
Byggforskeren 720.035 Måling av bygningers lufttetthet.



Figur 3  
Resultat fra lufttetthetsmåling  
BKS 720.035 Måling av bygningers lufttetthet.

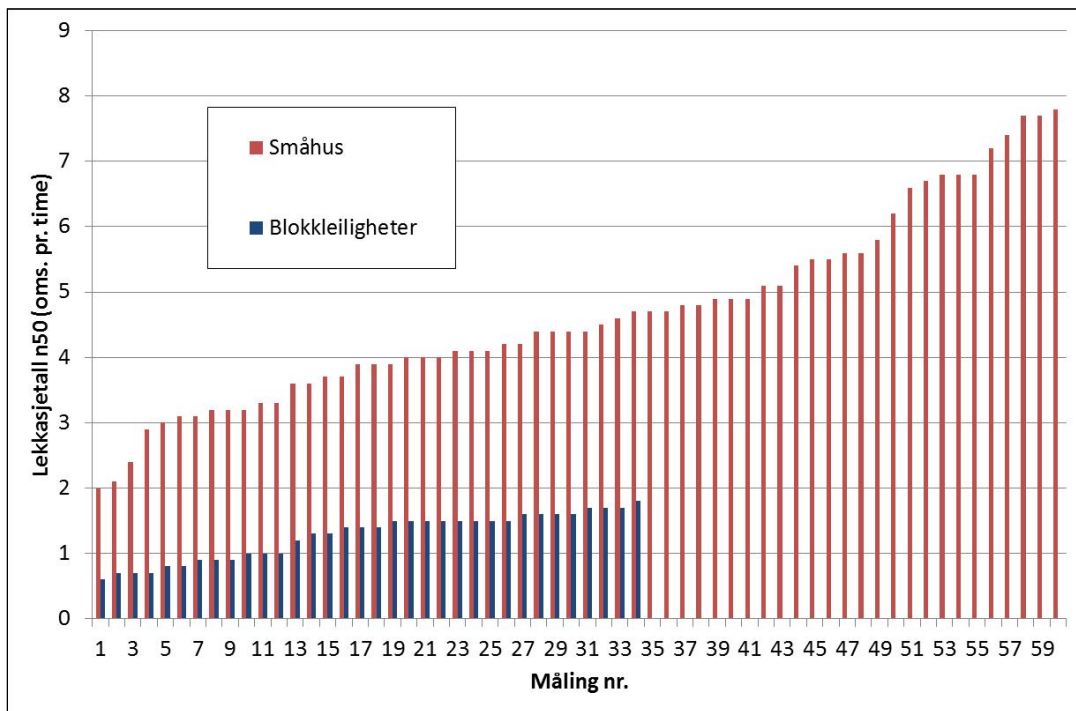
<sup>5</sup> BKS 720.035 Måling av bygningers lufttetthet

På grunnlag av kurven i Figur 3 kan det regnes ut et ekvivalent lekkasjeareal ved 4 Pa trykkforskjell, som er en virkelighetsnær gjennomsnittlig trykkforskjell over året. Dette arealet gir et intuitivt bilde av hvor store utettheter det er snakk om. For et småhus med golvareal på 100 m<sup>2</sup> i 1 etasje vil et lekkasjetall n<sub>50</sub> på 2,5 luftomsetninger pr. time (1/h) tilsvare et ekvivalent lekkasjeareal på 140 cm<sup>2</sup>, eller et sirkulært hull i klimaskjermen med diameter ca. 13 cm.

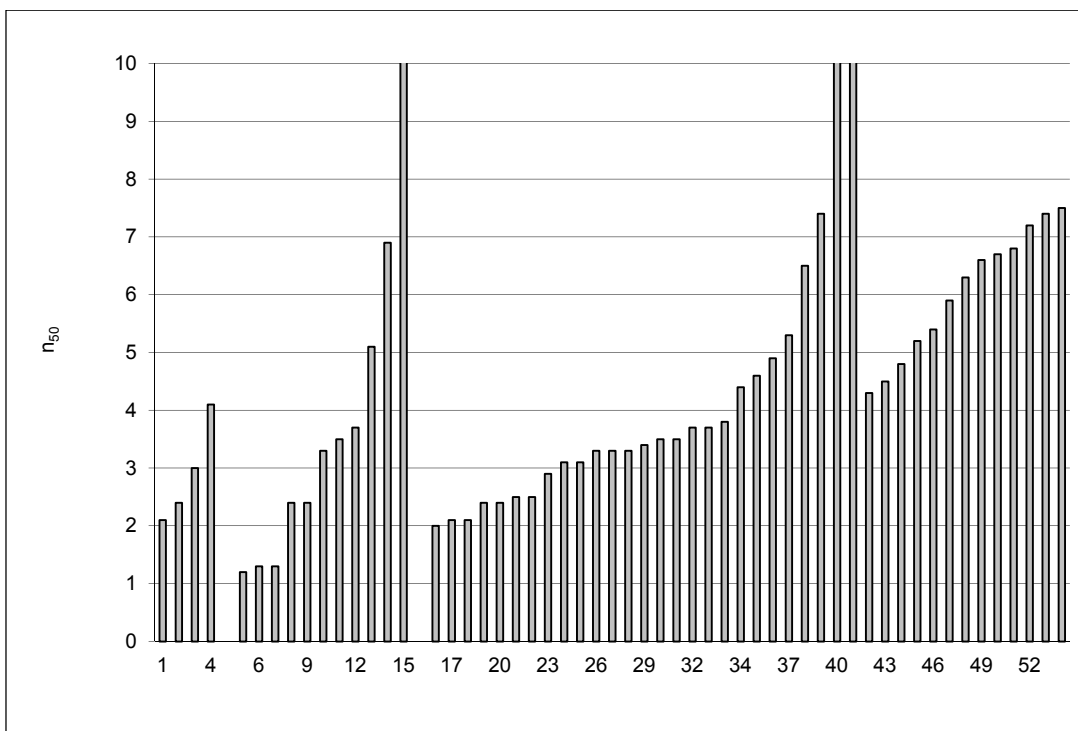
## 2.3 Lekkasjetall i norske bygninger

Lekkasjetall for fritt utvalgte boliger bygget i 1970-årene er vist i Figur 4. Lufttetthetsmålingene ble utført av Norges byggforskningsinstitutt på slutten av 70-årene. Figur 5 viser målinger fra tidsrommet 1998-2003. Figurene viser at det er et stykke igjen til dagens tetthetskrav i nye boliger.

Målinger i et større boligfelt på Vestlandet viser at god tetthet er fullt mulig å oppnå, se Figur 6.

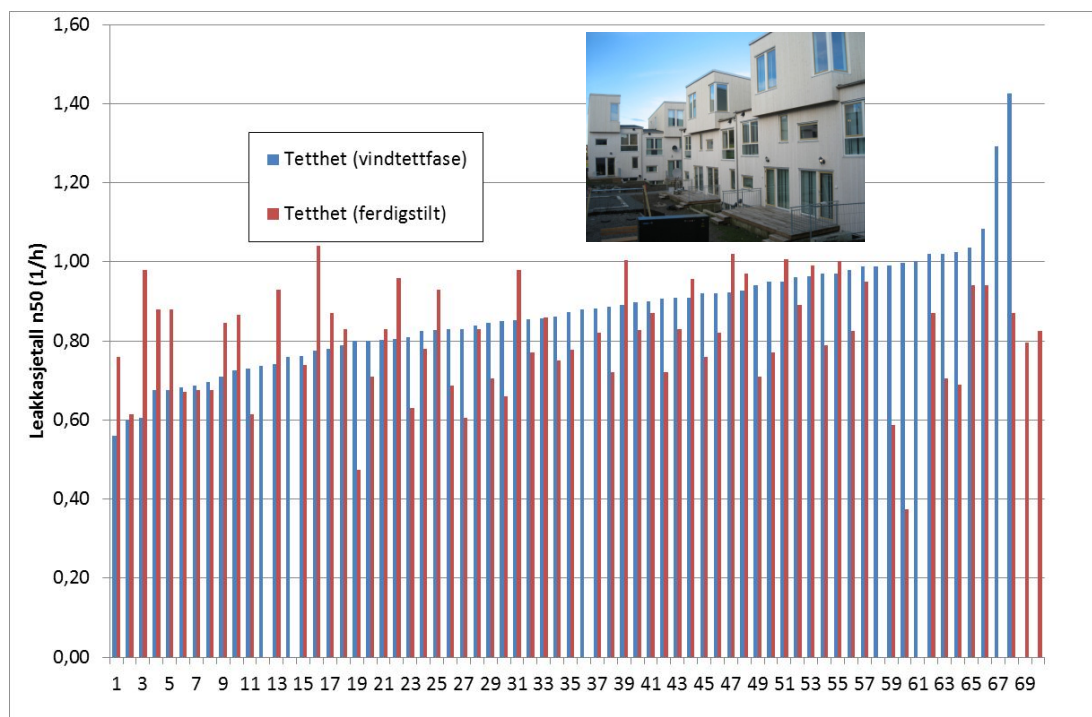


Figur 4  
Fordeling av lekkasjetall i norske småhus og blokkleiligheter bygd på 1970-tallet. Både husene og leilighetene var fritt utvalgt i 4 kommuner på Østlandet og Vestlandet. (Brunsell og Uvsløkk 1980)



Figur 5  
Lekkasjetall fra målinger utført av SINTEF Byggforsk i tidsrommet 1988-2003, sortert etter kategori i grupper (fra venstre):

- yrkesbygg
- boliger i blokk
- småhus
- 11 småhus fra ett og samme prosjekt



Figur 6  
Lufttetthetsmålinger fra 68 boenheter i boligfeltet Jåtten øst. Prosjektet ble ferdigstilt i 2008.<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Holøs, S. Lekkasjemodell for småhusboliger. Oppdragsrapport 3B0233 for Boligprodusentenes Forening. SINTEF Byggforsk 2010.

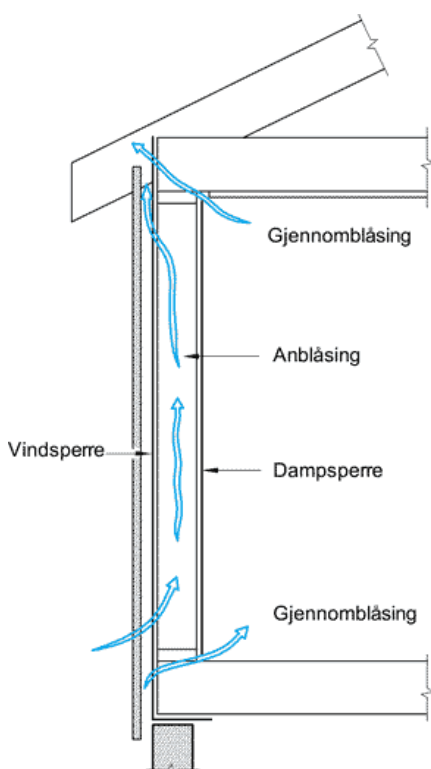
## 3 Luftlekkasjer – årsaker og tiltak

### 3.1 Prinsipper for lufttetting

For å oppnå god lufttetthet og god fuktsikring må isolerte ytterkonstruksjoner bygges med en dampsperre på den varme siden og en vindsperre på den kalde siden. I tre- og metallkonstruksjoner er sperresjiktene som regel et folie- eller et plateprodukt.

#### 3.1.1 To former for luftlekkasjer

Vi skiller mellom to former for luftlekkasjer: gjennomblåsing og anblåsing. Begrepene er illustrert i Figur 7. Med gjennomblåsing menes luftstrøm som går gjennom veggen. Ved anblåsing strømmer luft gjennom utettheter i veggens ytre tettesjikt (vindsperren) på ett sted, for så å strømme ut igjen gjennom andre utettheter et annet sted. Denne typen luftlekkasje skyldes utettheter i vindsperren og varierende vindtrykk oppover langs veggen. Varmetapet øker fordi isolasjonen kjøles ned, men utetthetene behøver ikke ha innflytelse på lekkasjetallet.

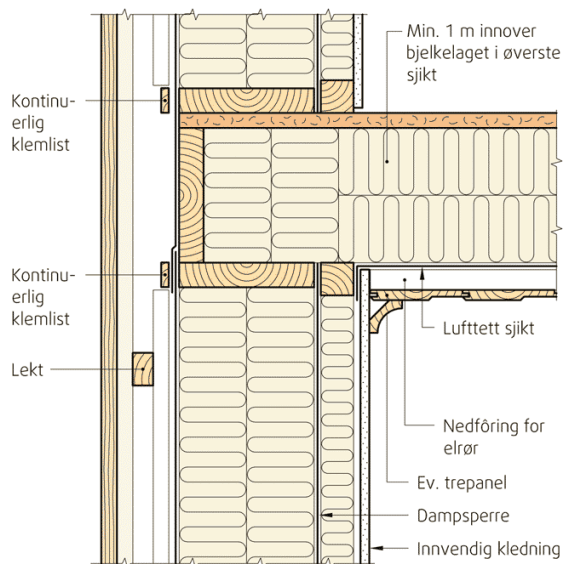


Figur 7

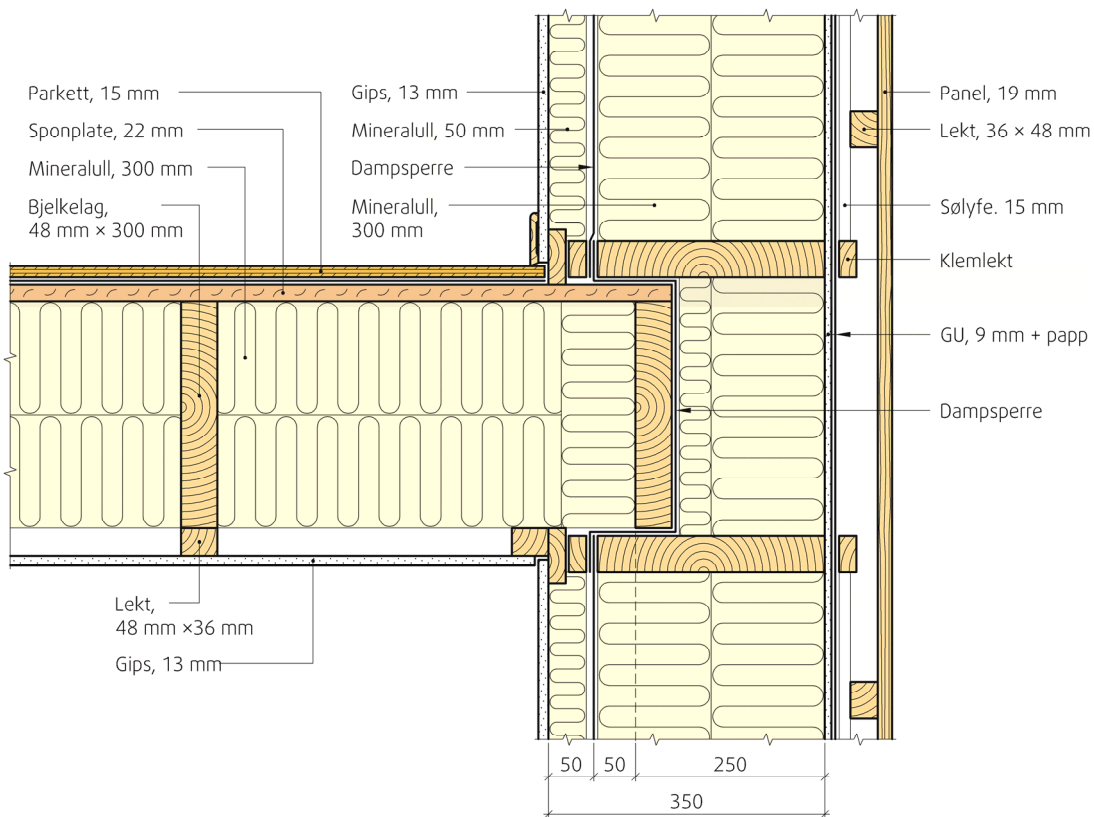
To former for infiltrasjon: Gjennomblåsing og anblåsing. Anblåsing fanges ikke opp av kravet til lekkasjetall i forskriften. Byggforskserien 573.121 Materialer til luft- og dampetting

#### 3.1.2 Både vindsperren og dampperren er viktige for å oppnå lavt lekkasjetall

Både vindsperre og dampsperre bør monteres med tanke på god lufttetthet, selv om det er mulig å tilfredsstille tetthetskravet i TEK med bare ett tett sjikt. To tette sjikt gir en ekstra ”forsvarslinje” som bør utnyttes for å hindre at luft presses gjennom konstruksjonen ved lokale utettheter i ett av sjiktene. Der det er vanskelig eller arbeidskrevende å få til kontinuerlig tetting med dampperren kan en få det til ved hjelp av vindsperren. Det gjelder spesielt for vanlige bindingsverkskonstruksjoner med gjennomgående stendere og sviller. Et eksempel er mellombjelkelag. Med vanlig plattformkonstruksjon er det umulig å føre dampperren kontinuerlig gjennom bjelkene, men ved å utnytte vindsperren, som vist i Figur 8, kan en oppnå god tetting rundt bjelkelagskanten. Figur 9 viser hvordan man i passivhus kan føre dampsperre kontinuerlig.



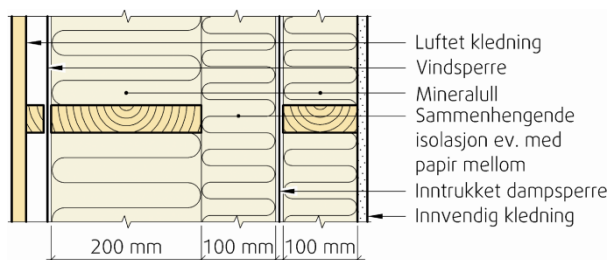
**Figur 8**  
**Lufttetting ved mellombjelkelag i plattformkonstruksjon**  
**Byggforskeren 522.355 Etasjeskiller med trebjelkelag**



**Figur 9**  
**Lufttetting ved mellombjelkelag i passivhus**  
**Dampspærre er ført kontinuerlig rundt bjelkelaget. Dampspærre er klemt med egen klemlakt.**

I veggkonstruksjoner uten tette, gjennomgående stendere og sviller vil luften kunne bevege seg tilnærmet fritt sideveis i isolasjonen fra fakk til fakk. Se Figur 10. Da er det vanskelig å kompensere en dårlig løsning i det ene sjiktet med god tetthet i lokalt i det andre tettesjiktet. Slike konstruksjoner er derfor mye mer sårbare og avhengige av at vindspærresjiktet og dampspærresjiktet er kontinuerlige og tette hver for seg. De er også mye mer sårbare for anblåsing enn tradisjonelle vegger etter som uteluft kan blåse inn gjennom en utett vindspærre på en vegg som vender mot vinden og ut igjen gjennom vindspærren på en tilstøtende vegg som er i le for vinden. Et kontinuer-

lig og lufttett vindsperrsjikt er derfor spesielt viktig for konstruksjoner som er åpne for sideveis luftgjennomstrømming.



Figur 10

Noen veggkonstruksjoner i passivhus har ikke gjennomgående stendere og sviller. Slike vegger er avhengige av at vindsperrsjiktet og dampsperrsjiktet er kontinuerlige og tette hver for seg.

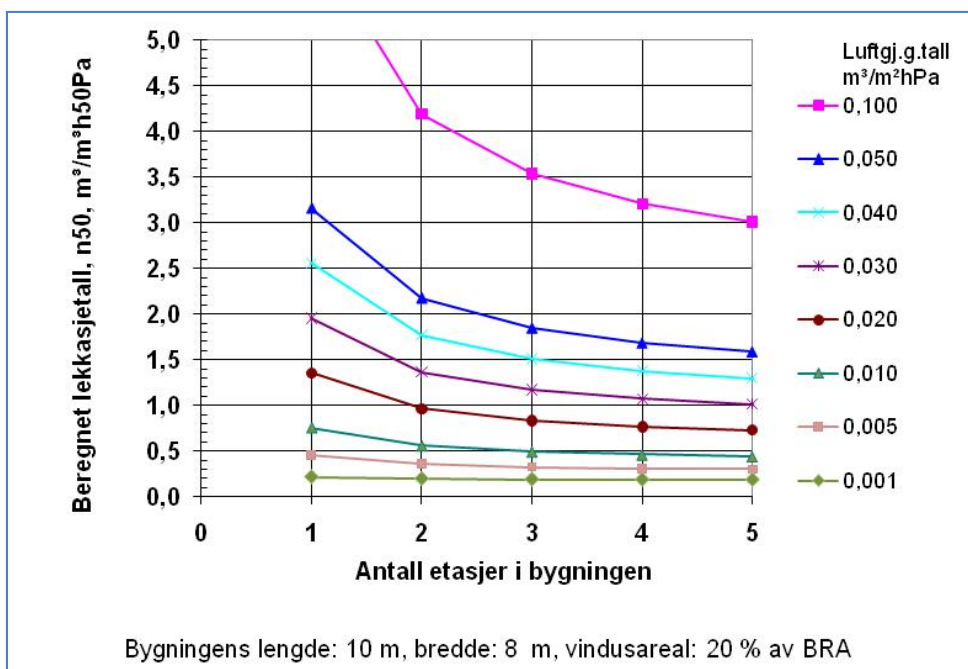
### 3.1.3 Hvor lufttette må ytterkonstruksjonene være?

Lekkasjetallet  $n_{50}$  er et mål for de samlede luftlekkasjene i en bygning. *Luftgjennomgangstallet* er et mål for lekkasjene i hver enkelt bygningsdel. I Figur 11 er det vist en teoretisk sammenheng mellom luftgjennomgangstallet for de enkelte bygningsdelene og lekkasjetallet,  $n_{50}$ , avhengig av antall etasjer. Det er forutsatt samme luftgjennomgangstall for golv, vegger og tak. Figuren viser at luftgjennomgangstallet til bygningsdelene bør være mindre enn  $0,010 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{hPa}$  for at lekkasjetallet skal bli lavere enn  $0,6 \text{ m}^3/\text{m}^3\text{h}$  ved  $50 \text{ Pa}$  som er kravet til passivhus. I praksis betyr det at kravet til lufttetthet ikke nødvendigvis kan oppfylles av vindsperran alene. Som vist i Tabell 2 er det flere godkjente vindsperrer og kombinerte vindsperrer/undertak som alene ikke tilfredsstiller kravet på  $0,010 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{hPa}$ . Ved tetthetsmåling i "vindtett fase", det vil si måling når kun det ene tettesjiktet (vindsperran) er montert, kan det altså hende at en ikke klarer kravet til lekkasjetall for ferdig bygning. God tetthet kan da bare oppnås når begge tettesjiktene er på plass. Dampsperran må bidra til lufttettheten.

Målinger i "vindtett fase" kan likevel være nyttige for å lokalisere feil i tettearbeidet. God tetthet i vindtettfasen kan også være en garanti for et lavt lekkasjetall når bygningen er ferdig. Se Figur 6.

Et lavt lekkasjetall i vindtett fase må ikke ta fokuset vekk fra tettearbeidet ved montering av dampsperre. Et lufttett dampsperrsjikt er den viktigste garantien for å unngå kondensskader i konstruksjonene.





Figur 11

Beregnet lekkasjetall,  $n_{50}$ , for bygninger som funksjon av luftgjennomgangstallet til bygningsdelene og antall etasjer. Diagrammet viser at luftgjennomgangstallet til bygningsdelene bør være mindre enn  $0,010 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{hPa}$  for at lekkasjetallet skal bli lavere enn  $0,6 \text{ m}^3/\text{m}^3\text{h}$  ved  $50 \text{ Pa}$ , som er kravet til passivhus. Beregningene forutsetter et luftgjennomgangstall i vinduer og dører på  $1,9 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$  ved  $50 \text{ Pa}$  trykkforskjell. Utettheter ved gjennomføringer er neglisjert.

### 3.2 Drivkrefter for luftlekkasjer

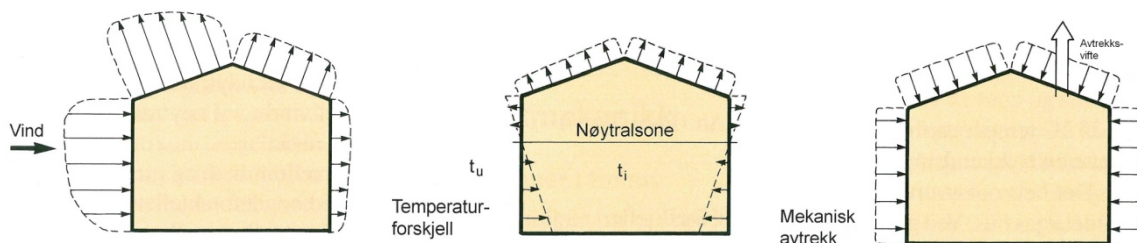
Luftlekkasjer krever en forskjell i lufttrykket mellom ute og inne. Det er tre former for drivkrefter som bidrar til å skape trykkforskjeller over bygningskonstruksjoner: (se Figur 12)

- Vind
- Temperaturforskjell mellom inne og ute
- Vifter i ventilasjonsanlegg og kjøkkenhetter

Vinden skaper et utvendig overtrykk på losiden og et undertrykk på lesiden. Over tak med helning mindre enn ca. 30 grader blir det gjerne utvendig undertrykk, dvs. sug, ved alle vindretninger. Ved større helning blir det trykk på takflater som vender mot vinden. Vinden gir vanligvis et undertrykk inne, men hvis det er en overvekt av utettheter i veggene mot vindsiden, kan det i stedet bli overtrykk inne.

Det naturlige lufttrykket skyldes vekten av luftlaget over oss. Vekten, og dermed lufttrykket, avtar med høyden fordi tykkelsen på luftlaget over blir mindre. Kald luft er tyngre enn varm luft. Derfor avtar trykket mer når høyden øker i kald uteluft enn i varm inneluft. Det fører til at det blir et overtrykk inne i de høyereliggende delene av en bygning og et undertrykk i de lavere delene. Det er samme fenomen som gir oppdrift i en varm pipe eller i en ventilasjonskanal for naturlig avtrekk over tak. I vindstille vær vil lufttrykket være likt i et bestemt nivå. Dette nivået kalles nøytralsonen. Over nøytralsonen vil det lekke ut luft gjennom utetthetene, mens det under sonen vil lekke luft inn. Hvis utetthetene er jevnt fordelt over høyden, vil nøytralsonen ligge midt på bygningens høyde. Hvis man åpner et vindu, vil nøytralsonen straks flytte seg til vinduets nivå. Hvis utetthetene er konsentrert i bygningens øvre deler, vil nøytralsonen også ligge høyt.

Viftene i ventilasjonsanlegg påvirker også trykkforholdene. Avtrekksvifter suger ut luft og gir undertrykk i hele huset når det er stille vær og huset ikke er for utett. Anlegg med balansert ventilasjon vil ikke påvirke trykkforholdene så lenge tilluftsmengden er lik fraluftsmengden.



Figur 12

Trykkforskjeller over yttervegger og tak på grunn av vind, termisk oppdrift og mekanisk avtrekk. Plasseringen av nøytralsonen i trykkbildet for den termiske oppdriften er basert på en noenlunde jevn fordeling av utettheter. Når de tre drivkreftene virker samtidig får man et trykkbilde hvor nøytralsonens plassering kan avvike mye fra tilstanden som forekommer ved termisk oppdrift alene.

### 3.3 Lufttetting og varmetap

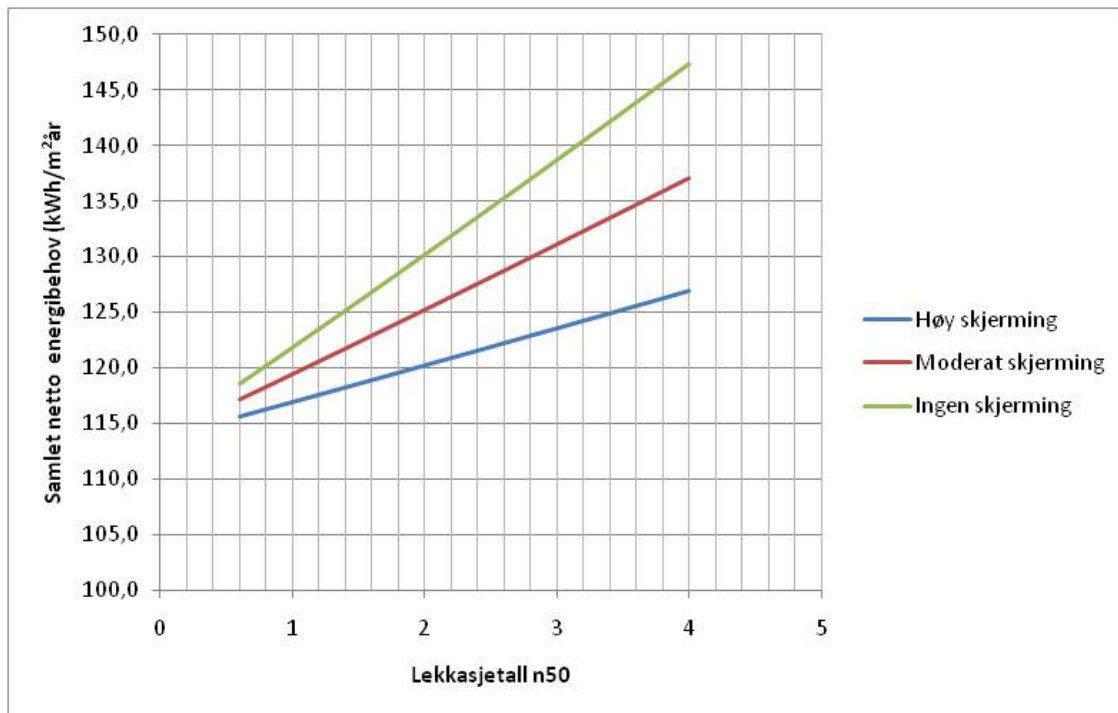
Sammenhengen mellom lekkasjetallet  $n_{50}$  og det faktiske varmetapet på grunn av luftlekkasjer er komplisert å beregne. Det er mange faktorer som avgjør varmetapet:

- Vindhastighet i området
- Skjerming med vegetasjon, terreng eller andre bygninger
- Skjermingseffekt fra luftet kledning og luftet tak
- Antall etasjer
- Areal og fordeling av utettheter
- Type ventilasjonsanlegg (avtrekksanlegg eller et tillufts- og avtrekksanlegg med varmegjenvinning)
- Innregulering av ventilasjonsanlegget (balansen mellom tilførsel og avtrekk)

Høye bygninger er mer utsatt for vind. I tillegg kan skorsteinseffekten gi store trykkforskjeller mellom ute og inne om vinteren, og dermed økt infiltrasjon.

I bygninger med ventilasjonsanlegg basert på mekanisk avtrekk er infiltrasjonsvarmetapet relativt sett mindre enn i hus med varmegjenvinning. Det skyldes først og fremst at den luften som kommer inn gjennom utettheter blir en del av den nødvendige frisklufttilførselen, i hvert fall hvis avtrekksvifta klarer å skape undertrykk i hele bygningens høyde.

Mange beregningsprogrammer for energibehov beregner infiltrasjonsvarmetapet på en enkel måte. I programmer basert på NS 3031 ser man for eksempel bort fra etasjeantallet, det tas bare hensyn til om bygningen ligger utsatt til. I tillegg tas det ikke hensyn til effekten av anblåsing (Figur 7). Figur 13 viser beregnet netto energibehov for en ny enebolig i Oslo, avhengig av lekkasjetall og skjermingsgrad. Hvis lekkasjetallet  $n_{50}$  øker fra 2 til 3 oms/h øker energibehovet i en moderat vindutsatt bolig med ca. 7 kWh/(m<sup>2</sup>·år), eller ca. 5 %.

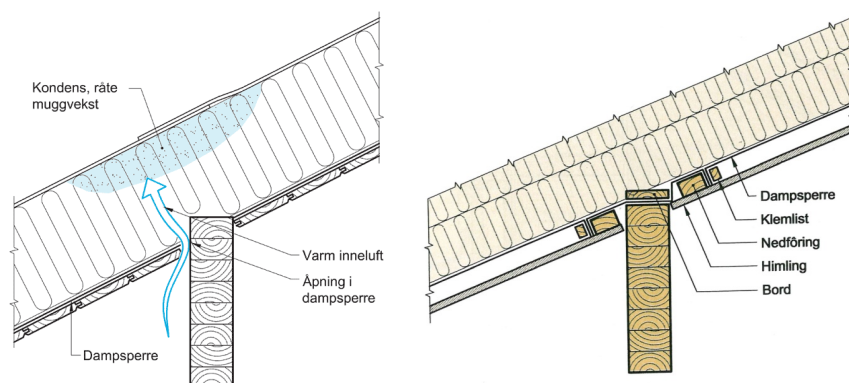


Figur 13  
Beregnet totalt energibehov for en enebolig avhengig av lekkasjetall ( $n_{50}$ ) og skjermingsgrad. Beregningen<sup>7</sup> gjelder for en enebolig i Oslo på to plan med grunnflate 80 m<sup>2</sup>. Bygningen er isolert etter kravene i TEK 07, og har et balansert ventilasjonsanlegg med varmegjenvinning.

### 3.4 Lufttetthet og fuktsikring

#### 3.4.1 Kondens på undertak

De økte isolasjonstykkelsene i passiv- og lavenergihus fører til at kledninger og vindspærre blir mer preget av uteklimaet. I praksis betyr det en noe høyere fukttilstand over året. Videre gjør mer treverk og dermed mer byggfukt at konstruksjonene bruker lengre tid på å tørke ut. Hvis ytterkonstruksjonene i tillegg tilføres fukt fra innemiljøet kan det oppstå kondensskader. Det er takkonstruksjonen som er mest utsatt. Det skyldes dels større isolasjonstykkelser enn i vegger, og dels at skorsteinseffekten gir et overtrykk i øvre deler av huset om vinteren, se Figur 12. Dermed øker risikoen for at fuktig inneluft strømmer opp i isolasjonen. Et typisk lekkasjested er rundt limtredragere i taket, se Figur 14. Hvis innelufta vinterstid holder 20 °C og 30 % RF vil det kondensere på vindspærre/undertak når temperaturen der synker ned til 1°C.

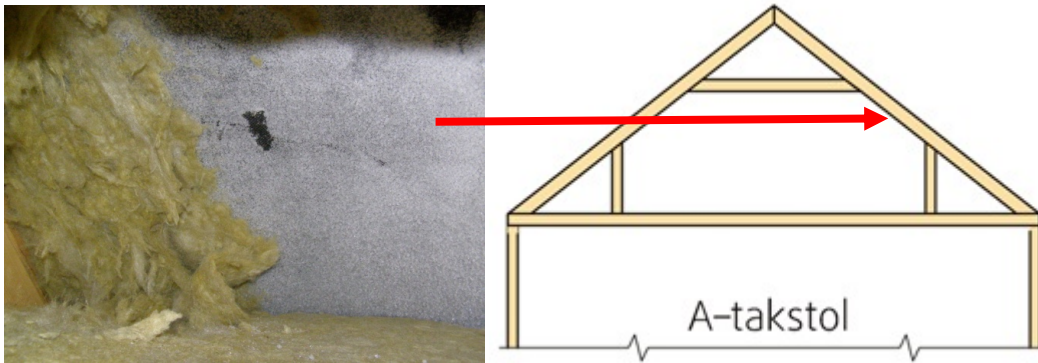


Figur 14  
Utettheter rundt limtredragere kan føre til kondens og fuktskader i isolerte takkonstruksjoner. Dampspærre må gå kontinuerlig over drageren, som vist i eksemplet til høyre.

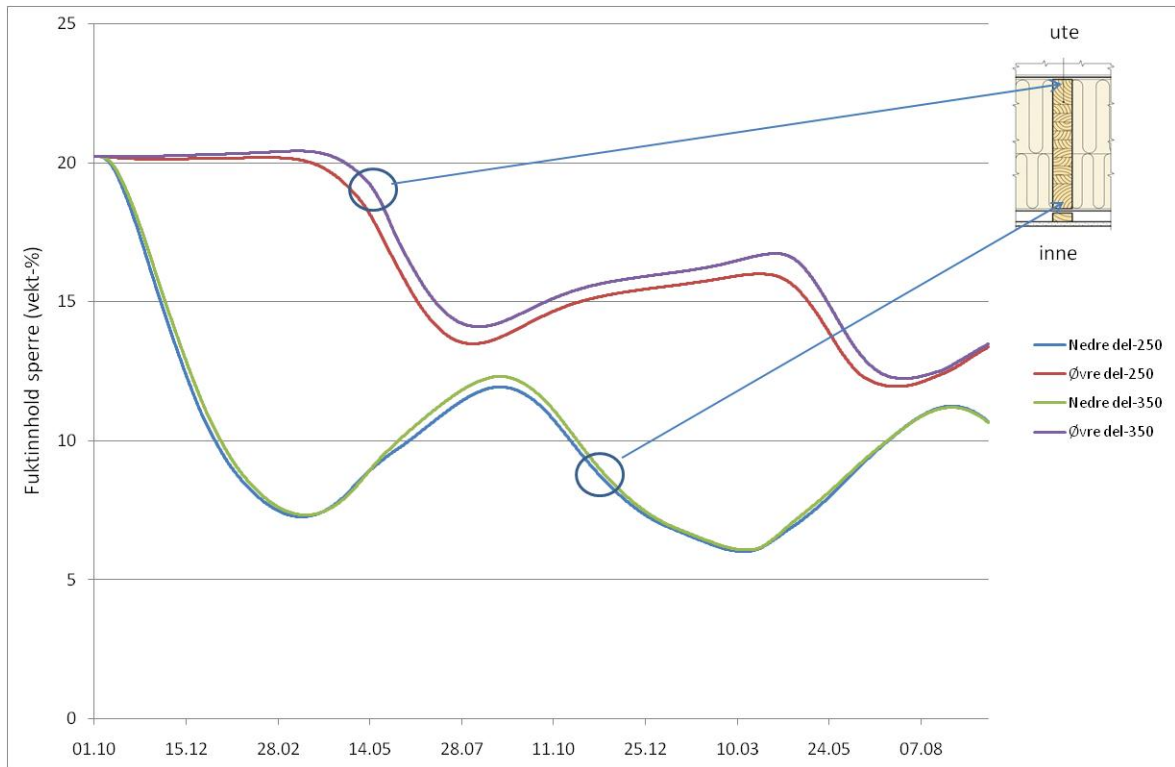
<sup>7</sup> NS 3031:2007 Beregning av bygningers energiytelse. Månedstasjonær beregningsmetode.

I de senere årene har det vært flere tilfeller av kondens på undertak i løpet av byggetiden og i den første tiden etter innflytting. Kalde, uluftede loft har spesielt vært utsatt for kondens. Årsaken er som regel en kombinasjon av byggfukt i taksperre og tilførsel av fuktig luft innenfra. Byggfukten vil etter hvert tørke ut, men under oppføring av boligen og i den første tiden etterpå kan fuktinnholdet i øvre deler av sperrene være høyt. Se Figur 15 og Figur 16. Tiltak som kan hindre problemet med kondens i byggeperioden:

- Sørg for lavt fuktinnhold i bindingsverket før isolering (mindre enn ca. 15 vekt-%)
- Legge på takstein raskt
- Tørke bindingsverket ved å ventilere med noe oppvarming i noen uker før isolering og lukking. Alternativ kan det benyttes luftavfuktere.
- Legge på dampsperre raskt etter at isoleringsarbeidet er fullført
- Montere dampsperre med tette skjøter
- Lav dampmotstand i vindsperre/undertak ( $< 0,1$  m ekvivalent luftlagstykkelse,  $s_d$ )
- Vindsperre/undertak med en viss kondensopptaksevne
- Bruke sperrer med lite byggfukt (I-profiler, gitterdragere, K-bjelker)
- Skjerme bindingsverket mot nedbør i byggeperioden.



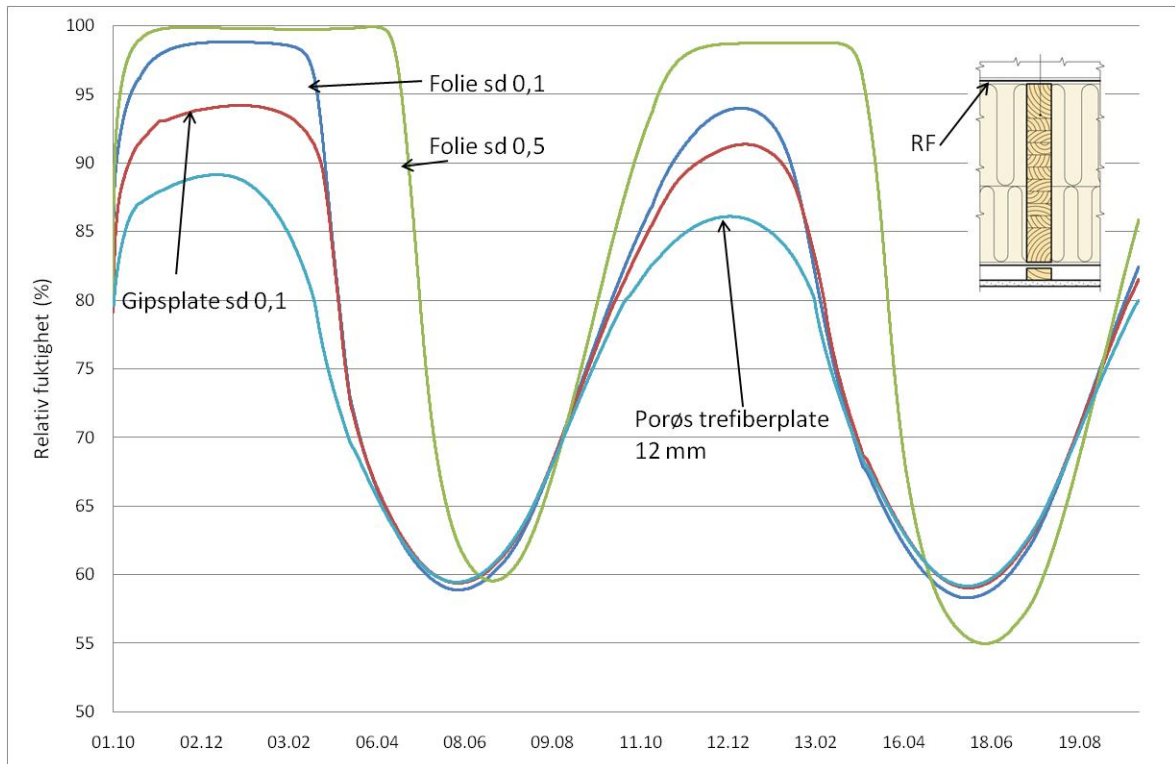
Figur 15  
Kondens (rim) på undersiden av kombinert undertak/vindsperre



Figur 16

Beregnet fuktinnhold over 2 år i øvre og nedre del av en takspærre i en isolert takkonstruksjon med dampspærre på undersiden og kombinert undertak og vindspærre på oversiden. Figuren viser en omlagring av fuktighet i takspærrerne. Om vinteren tørker nedre deler ut, mens øvre deler fuktes opp. Tykkelsen på isolasjonen og høyden på spærrerne (250 eller 350 mm) har relativt lite å si for fuktnivået. Beregningene er gjennomført for et innlandsklima på Østlandet. Det er ikke tatt hensyn til luftlekkasjer eller naturlig konveksjon i isolasjonen. Beregningene er gjennomført med programmet WUFI 2D-3 ([www.wufi.no](http://www.wufi.no)).

Undertaketets evne til kondensopptak har ikke vært fokusert i bransjen til nå. Vindspærren står i et kaldt miljø, der luftfuktigheten i uteluften vinteren hyppig overskrider 90 %. Det skal derfor svært lite ekstra fukttilskudd til før rim-/isdannelse starter. Samtidig er det store variasjoner i fuktighet og temperatur i utelufta over døgnet. Kondensopptak i undertaket vil kunne dempe variasjonene. Se Figur 17.



Figur 17

Beregning av relativ fuktighet på undersiden av to typer undertak i en isolert takflate.

Et vindsperreprodukt av plater har større kondensopptak og termisk masse enn et folieprodukt. Begge produktene er beregnet med en motstand mot dampgjennomgang lik 0,1 m ekvivalent luftlagtykkelse.

### 3.4.2 Uluftede, kalde loftsrom

Tradisjonelt har kalde loftsrom i småhusbebyggelse hatt store lufteåpninger i raft og møne. Godt luftede kalde loftsrom har god sikkerhet mot kondens og fuktskader, siden evnen til å transportere bort overskuddsfuktighet er stor. Men det er ulemper ved konstruksjonen:

- Åpninger i raft gjør at branngasser lett kan spres til loftsrommet
- Risikoen øker for at kald uteluft trenger inn i isolasjonen i bjelkelag
- Åpninger i raft og gavlvegger gir fare for inndrev av nedbør inn på loftet.

Både beregninger og praktiske erfaringer viser at kalde, uluftede loftsrom kan fungere tilfredsstillende. Det gir bedre brannsikring, og det blir enklere å få til en kontinuerlig, vindtett overgang mellom vegg og tak. Et lufttett loftsrom gjør også at transporten av varm, fuktig inneluft gjennom utettheter i loftsbjelkelaget reduseres. Dermed blir det mindre overskuddsfuktighet i loftsrommet. Forutsetningen for at uluftede kalde loft skal fungere fuktteknisk er at undertaket er dampåpent og at det er lufting mellom undertak og tekking. I tillegg må man følge tiltakene for å unngå kondens nevnt over. Det gjelder spesielt et kontinuerlig lufttett sjikt mellom kaldt loftsrom og innemiljøet. For å unngå riming og kondensskader som vist på Figur 18 kan det også være aktuelt med en midlertidig ventilasjon av loftsrommet i byggeperioden, eventuelt at man setter inn avfuktingsaggregater.





Figur 18  
Rimdannelse på undertak i et kaldt, uluftet loftsrom

## 4 Tettematerialer og tettemetoder

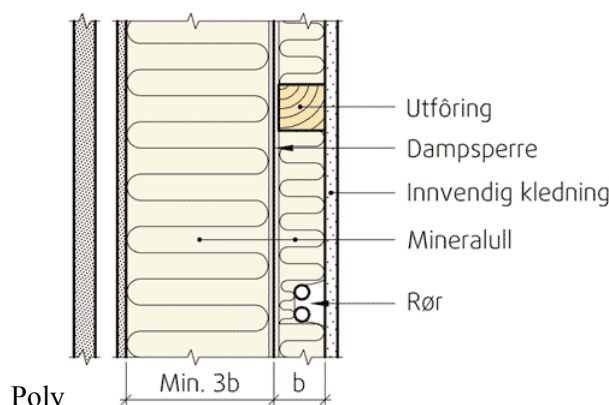
God lufttetthet krever at skjøter i dampsperre og vindsperre er tette. Det gjelder også overganger til andre bygningsdeler som vinduer og ved gjennomføringer i vegger og tak. I dag er det kommet en rekke hjelpemidler som kan forbedre og forenkle tettearbeidet radikalt, spesielt i forbindelse med tetting rundt gjennomføringer og reparasjoner av rifter og hull. Flere produsenter tilbyr nå tettesystemer som i tillegg til vindsperre- og dampsperrmaterialer består av ulike typer teip, fugebånd og tettebånd.

### 4.1 Dampsperrer

En lufttett dampsperre hindrer at fuktig inneluft transporteres ut i de kaldere delene av isolerte ytterkonstruksjoner. For at en dampsperre skal kunne tilfredsstille alle aktuelle tetthetskrav i golv, vegger og tak bør luftgjennomgangstallet til selve materialet ikke overstige  $0,002 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{hPa})^8$ . De fleste aktuelle dampsperrmaterialer har god lufttetthet. I praksis er det derfor tettearbeidet i forbindelse med skjøter, gjennomføringer og overganger til andre materialer som avgjør om dampsperrsjiktet er tilstrekkelig lufttett.

Dampsperrmaterialer må også ha tilstrekkelig tetthet mot diffusjon av vanndamp. SINTEF Byggforsk anbefaler at dampsperrer for generell bruk i bygningskonstruksjoner bør ha en diffusjonsmotstand på minst  $50 \cdot 10^9 \text{ m}^2\text{sPa/kg}$ , som tilsvarer en ekvivalent luftlagstykkelse ( $s_d$ ) på minst 10 m. Ekvivalent luftlagstykkelse viser hvor tykt et stillestående luftlag må være for å ha samme diffusjonsmotstand som materialsjiktet.

For å unngå at dampsperran gjennomhulles av føringsrør for skjult elektrisk anlegg kan dampsperran plasseres et stykke ut i isolasjonssjiktet, og monteres bak en innvendig utføring. Se Figur 19. SINTEF Byggforsk anbefaler generelt at varmemotstanden i isolasjonssjiktet på varm side av dampsperran maksimalt skal utgjøre  $\frac{1}{4}$ -part av den totale varmemotstanden i veggen. Hvis det skal benyttes mer isolasjon på varm side må risikoen for kondens utredes ved fukttkniske beregninger eller målinger.



Poly  
Figur 19  
Inntrukket dampsperre

<sup>8</sup> Dampsperrmaterialer bør ha luftgjennomgangsmotstand på minimum  $0,002 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{hPa})$ . Se Byggdetaljer 573.121 Materialer til luft- og dampetting.



Tabell 2  
 Vanndampmotstand for noen materialer som kan brukes som dampsperre  
 Byggforskserien 573.430 Materialdata for vanndamptransport

Type	Vanndampmotstand målt mellom to luftfuktnivåer (50–94 % RF)	
	$10^9 \text{ m}^2\text{sPa/kg}$	Ekv. luftlags-tykkelse, $s_d$ (m)
0,20 mm polyetylenfolie	450	90
0,15 mm polyetylenfolie	360	70
0,06 mm polyetylenfolie	120	24
Aluminiumsfolie med Polyetylenfolie	440	85
Aluminiumsfolie med Kraftpapir	240	47
Plastfiberfilt med striper av plastfolie på begge sider	30–50	6–9
0,10 mm polyetylenfolie med 3 mm polyetylenskum	290	55
1,0 mm PVC folie	60–120	12–24
2,0 mm asfalt takbelegg	700	135
0,5 mm butylfolie	900	175
1,1 mm EPDM gummifolie	2100	400

#### 4.1.1 Polyetylenfolie

Polyetylenfolie med tykkelse 0,015 eller 0,02 mm (også kalt bygningsplast eller byggfolie) er nesten enerådende som dampsperre i trehus i Norge. Populariteten skyldes flere ting:

- Produktet leveres i store formater, som gir få skjøter og dermed mindre risiko for utettheter
- God rivestyrke
- Gjennomsiktighet gjør det mulig å inspisere isolasjonen bak dampsperran
- Lett å bearbeide og forme i hjørner og skjøter.

#### 4.1.2 Dampsperrer med variabel dampmotstand

Det fins folier som fungerer som dampsperre i tørr tilstand, men som slipper gjennom fukt i fuktig tilstand. Dermed får konstruksjonen uttørkingsevne mot romsiden under bestemte forhold.

Et eksempel er en polyamidbasert folie (PA-folie) som har selvregulerende dampmotstand. Folien blir dampåpen når relativ luftfuktighet i foliens omgivelser overstiger 70 %. Det kan skje en solrik sommerdag, når fuktige utvendige deler av vegg eller tak får høy temperatur. Det driver fuktighet i konstruksjonen inn mot dampsperran. Slike dampsperrer må ikke brukes i rom med høy fuktbelastning, som for eksempel svømmehaller.

Et annet eksempel er en laminert folie som slipper ut vann kapillært via en filt som ligger mellom striper av PE-folie. For at fukt skal slippe ut gjennom denne dampsperrertypen forutsettes det at det først dannes kondensvann på dampsperran. Stripene av PE-folie på begge sider av filteren overlapper hverandre og sikrer at produktet har tilfredsstillende motstand mot diffusjon og luftlekkasjer.

Dampsperre med variabel dampmotstand kan være aktuelle for flate, kompakte tak. Når taktekingen blir oppvarmet av sola, vil eventuell fukt i taket bli ”presset” nedover mot dampsperran, som ”åpner seg” og slipper fukten ut til rommet under.

#### 4.1.3 Dampbrems

Tabell 2 viser at polyetylenfolie har mye høyere dampmotstand enn kravet ( $s_d = 10 \text{ m}$ ). Som et alternativ til polyetylenfolie har det i de siste årene vært markedsført luftsperrer (kalt dampbrems) med lavere dampmotstand, typisk i området  $s_d = 2\text{--}5 \text{ m}$ .

I Tyskland brukes slike produkter i mye større grad enn i Norge. Dette begrunnes med at konstruksjonene skal kunne tørke ut begge veier, og at en polyetylenfolie hindrer uttørking innover.

Men analyser av uttørkingsforløp i bygningsdeler <sup>9</sup> tyder på at dampbremsere har liten betydning for uttørkingshastigheten. Rask uttørring av overskuddsfukt i yttervegger i norsk klima krever først og fremst en vindsperre med lav dampmotstand ( $s_d$ -verdi lavere enn 0,1 m).

Men i norsk klima og med norsk byggeskikk ser det ikke ut til at bruk av polyetylenfolie med dens høye dampmotstand har medført spesielle fuktproblemer.

#### 4.1.4 Varmereflekterende folier

Varmereflekterende, varmeisolerende folier består av et tynt metallsjikt, vanligvis aluminium, med ett eller flere lag polyetylenfolie på begge sider. Se Figur 20. I tillegg til å ha stor vandampmotstand har disse foliene høyt refleksjonstall for varmestråling, 0,85–0,95 (og lavt emisjonstall, 0,05–0,15). Sammen med hulrom med stillestående luft kan en slik folie gi en vesentlig varmemotstand. I en isolert yttervegg vil for eksempel et hulrom på inntil ca. 30 mm mellom en reflekterende dampsperrer (emisjonstall  $\varepsilon = 0,05$ ) og innvendig kledning kunne gi samme varmemotstand som om hulrommet var fylt med mineralull.

Hulrommet mellom innvendig kledning og den reflekterende folien kan benyttes til trekking av elkabler. Løsningen reduserer risikoen for at dampsperrer perforeres i forbindelse med legging av skjult elektrisk anlegg.



Figur 20  
Varmereflekterende, inntrukket dampsperrer  
Teknisk Godkjenning 20004 Air Guard

## 4.2 Vindsperrer

Vindsperren har flere funksjoner, både i byggetiden og etter at bygningen er tatt i bruk. Før utvendige kledninger er montert, skal vindsperren bidra til å lukke bygget og beskytte isolasjonen og rommene innenfor mot regn og vind. Enkelte vindsperrer av platemateriale har også tilstrekkelig mekanisk styrke til å gi bygningen vindavstiving. Når bygningen er ferdig og tatt i bruk, skal

<sup>9</sup> Geving, S., Holme, J., Uvsløkk, S. Alternative dampsperrer med uttørkingsmulighet mot inneluft. Prosjektrapport 65/2010, SINTEF Byggforsk.

vindsperreren beskytte veggene mot eventuelt regnvann som kommer gjennom kledningen, og hindre varmetap på grunn av luftlekkasjer. Vindsperrer må ha evne til å slippe fukt ut av konstruksjonen og bør derfor ha minst mulig dampmotstand.

Vindsperrerenes tetthet mot luftgjennomgang bestemmes på grunnlag av to laboratoriemålinger; en for materialet og en for et prøvefelt med riktige skjøteløsninger. I praksis er det skjøtene som er avgjørende for vindsperrersjiktets lufttetthet.

For at vindsperreren skal gi god beskyttelse mot anblåsing må samlet luftgjennomgang for en ferdig montert vindsperre med normalt antall skjøter ikke være større enn  $0,050 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{hPa})$ <sup>10</sup>. Hvis vindsperrersjiktet skal kunne sikre ekstra lave lekkasjetall ( $n_{50} < 0,6 \text{ m}^3/(\text{m}^3 \text{ h})$ , kravet til passivhus) må luftgjennomgangstallet ikke overstige  $0,01 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{hPa})$ . Se Figur 11.

En vindsperre med lav dampmotstand gir raskere uttørring av byggfukt og eventuell fukt som kommer inn i konstruksjonen senere. I tillegg kan det være en fordel at materialet har evnen til å ta opp og lagre fukt midlertidig. Vindsperreren kan da ta opp fuktighet i kritiske perioder med store fuktpåkjenninger og senere gi fra seg fuktigheten igjen i tørre perioder.

Vindsperrer bør ha en vanddampmotstand ( $s_d$ -verdi) som er så lav som mulig og ikke over 0,5 m.  $S_d$ -verdien til et materialsjikt angir hvor tykt et stillestående luftlag må være for å ha samme diffusjonsmotstand som materialsjiktet.

Tabell 3

Veiledende lufttetthet og dampåpenhet (ekvivalent luftlagstykkelse,  $s_d$ ) for vindsperrer med Teknisk Godkjenning fra SINTEF Byggforsk (pr. april 2011).

Vindsperrer	Vekt	Luftgjennomgangstall $\text{m}^3/(\text{m}^2\text{hPa})$		Ekvivalent luftlagstykkelse ( $s_d$ ) M
	$\text{g}/\text{m}^2$	Material	Konstruksjon	
Isola Baros	112	0,003	0,009	< 0,02
Hunton asfalt vindtett		0,005	0,014	0,17
Huntonit Sutak		0,0005	0,013	0,28
Icopal Windbreak	25	0,01	0,01	0,029
LafargeGKBI-Scan	7200			0,06
Mataki Halotex W20	115	<0,002	0,003	< 0,048
Norgips GU-X	7500	0,0003	0,011	0,071
Nortett vindsperre	120	< 0,001	<0,003	0,033
Ranit forhudning	1300	<0,001	0,015	0,3
Steni Wintec	7500	<0,0002	<0,05	<0,2
Isola Tyvek Soft	60	< 0,002	< 0,003	0,023
Isola Tyvek UV fasade	195	< 0,0012	< 0,003	0,043
Vempro vindsperre	95	< 0,002	< 0,002	0,02
Wütop DU300	130	< 0,005	< 0,002	< 0,08

#### 4.2.1 Kombinert undertak og vindsperre

Noen spesielle vindsperreprodukter har så god vanntetthet og styrke at de også kan brukes som dampåpne undertak, se Figur 21 og Tabell 4. Slike kombinerte undertak- og vindsperreprodukter finnes både som rullprodukter og som plater. Det er svært viktig å passe på at produktet har tilstrekkelig dampåpenhet til å kunne fungere som vindsperre, se Tabell 3. Det er også en fordel om undertaksprodukter har evne til å ta opp kondens. Spesielt i byggeperioder om vinteren kan byggfukt i taksperre forårsake kondens- og rimdannelse på undertaket. For dampåpne undertak med begrenset evne til å ta opp fukt,  $< 0,4 \text{ l}/\text{m}^2$ , må  $S_d$ -verdien være 0,1 m eller lavere i følge retningslinjene for Teknisk Godkjenning.

<sup>10</sup> Byggedetaljer 573.121 Materialer til luft- og damptetting.

Kombinert undertak og vindsperre gjør det enkelt å oppnå et lufttett vindsperrsjikt i takkonstruksjonen. Enkelte typer undertak kan føres rundt raftekassen og overlappe med vindsperreren i veggene, se Figur 36.

Kombinert undertak og vindsperre kan monteres med horisontale eller vertikale skjøter. Vertikale skjøter (se Figur 21) kan klemmes sløyfer, noe som gir god lufttetting. Ved horisontale skjøter er tettingen basert på klebekanter (se Figur 22) eller spesielle skjøteprofiler.

Tabell 4

Veiledende lufttetthet og dampåpenhet (ekvivalent luftlagstykkelse,  $s_d$ ) for kombinert undertak/vindsperrer.

Produkter med Teknisk Godkjenning fra SINTEF Byggforsk (pr. april 2011).

Prøvemethode vanndampmotstand: NS-EN 12572

Prøvemethode lufttetthet: NS 3261 (material)/NS-EN 12114 (konstruksjon)

Undertak	Vekt	Luftgjennomgangstall $m^3/(m^2hPa)$		Ekvivalent luftlagstykkelse ( $s_d$ ) m	Kondensopptak kg/m <sup>2</sup>
	kg/m <sup>2</sup>	Material	Konstruksjon		
Daltex FNS 125	0,092	0,01	0,01	0,025	
Divoroll Universal	0,155	0,003	0,009	0,04	
Hunton undertak	4,8	0,004	0,026	0,36	1,3
Huntonitt Sutett	2,9	0,0005	0,045	0,28	0,18
Icopal Brettex	1,4	0,001	0,016	0,18	0,63
Icopal Ventex	0,3	0,003	0,002	0,25	
Mataki Halotex	0,24	0,001	0,001	0,18	
Nortett Venti-tak	0,14	0,004	0,004	0,017	
Sarnafil TU11	0,2	0,003	0,003	0,025	
Vempro R+	0,225	0,002	0,002	0,03	
Wütop Quadro	0,16	0,005	0,002	0,14	
Isola Tyvek Pro/Pro super	0,195	0,002	0,002	0,014	
Isola Tyvek Xtra	0,32	0,002	0,002	0,03	0,4



Figur 21

Eksempel på kombinert undertak og vindsperre

Omliggsskjøter i undertaket parallelt med taksperrene må klemmes med sløyfer for å oppnå god regn- og lufttetthet. Teknisk Godkjenning 2058 Icopal Brettex



Figur 22

Horizontal montering av kombinert undertak og vindsperre med limte horisontale skjøter

Slike rullprodukter leveres med lim på begge flatene i omlegget. God lufttetthet er avhengig av at klebingen i skjøten utføres omhyggelig. Teknisk Godkjenning 2134 Tyvek Pro.

### 4.3 Teip og klebeprodukter

For produkter basert på klebing (teip, klebebånd, lim-/fugestrenger, ulike typer membraner og mansjetter) er det helt avgjørende at produktene har dokumentasjon på varig heft mot de aktuelle materialoverflatene. Spesielt for nye produkter og løsninger er det viktig at det er gjennomført prøver som dokumenterer bestandighet over tid avhengig av underlag, monteringsbetingelser (fukt og kulde) og miljøpåkjenninger (UV og varmealdring). På nettstedet [www.sintefcertification.no](http://www.sintefcertification.no) finnes det presentert produkter som har Teknisk Godkjenning og som har dokumentert egenskaper med hensyn på bestandighet.

Så langt tyder alt på at klebing som tette- og skjøtemetode blir stadig mer aktuelt, både som en forsterkning av klemte skjøter eller som primær skjøte-/tettetemetode. Dette gjelder i første rekke for vindsperre og undertak, se Figur 22. Men klemming mellom plane flater bør likevel fortsatt være hovedmetoden, i hvert fall for dampsperrer.

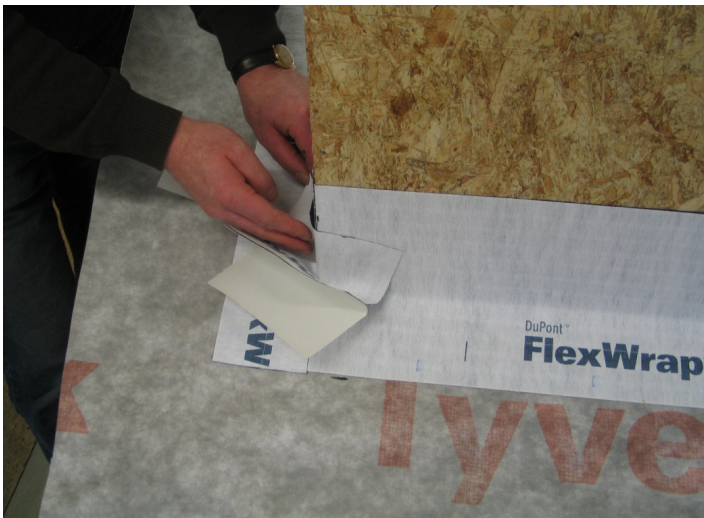
Teip kan brukes som en ekstra tetting av omleggsskjøter, reparasjon av rifter og hull, feste vindsperre til vindus- eller dørkarm, eller tette rundt gjennomføringer, se Figur 23. Teip kan også brukes på fuger og materialoverganger med en viss bevegelse, såfremt det legges en avlastningssløyfe over fugen.

Ulike typer tettebånd i butyl brukes til å tette stiftehull under klemlekter på undertak i værharde strøk, tetting av skjøter mellom undertak og vindsperrer og lignende. Det finnes også fleksible tettebånd i butyl for vindusomramminger, piper og gjennomføringer, se Figur 24. Mansjetter i ulike størrelser kan benyttes til å tette gjennomføringer, se Figur 25.





Figur 23  
Gjennomføring tettes utvendig med vindsperretape  
Teknisk Godkjenning 2601 Isola Tyvek vindsperre tape



Figur 24  
Fleksible tettebånd basert på butyl



Figur 25  
Tetting rundt kanal gjennom vindsperre.  
Elastisk mansjett tetter rundt røret. Mansjetten har en selvklebende krage som kleber til vindsperre/undertak.

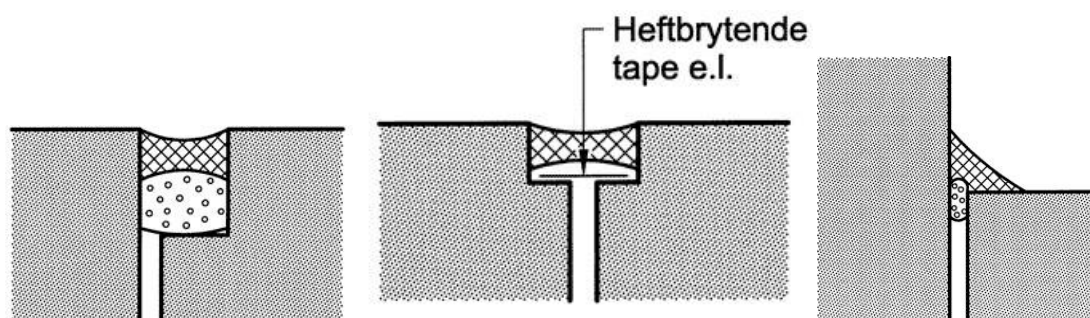
## 4.4 Tetting av fuger

### 4.4.1 Fugemasse med bunnfylling

Lufttetting med fugemasse mot bunnfylling benyttes for eksempel i fuge mellom vinduskarm og vegg og generelt i fuger der man kan vente større bevegelser. En riktig utført elastisk fugemasse krever blant annet (se Figur 26):

- dokumentert god heft mot aktuelle materialeroverflatene
- at fugemassen massen er skilt fra underlaget med bunnfyllingslist eller heftbrytende teip
- en korrekt geometrisk utforming (ikke for tynne i forhold til bredden, bredde/dybde ca. 2:1)

Ulike typer fugemasser kan også brukes som lufttetting i sammenhenger der bruk av bunnfyllingslist eller heftbrytende teip ikke er aktuelt, for eksempler i hjørnefuger uten store bevegelser.



Figur 26

Fugemasser med bunnfylling eller heftbrytende teip

Figuren viser korrekt utført fugemasser i tilfeller der massen skal kunne ta opp bevegelser i underliggende fuge. Bruk av fugemasser er nærmere beskrevet i Byggdetaljer 520.406.

### 4.4.2 Elastiske og ekspanderende fugebånd

Som et alternativ til fugemasser med bunnfylling markedsføres det nå flere typer elastiske og ekspanderende fugebånd (se Figur 27). Ekspanderende fugebånd ekspanderer etter at beskyttelsesteip er fjernet. Noen fugebånd skal bare beskytte mot inntrengning av nedbør, og har ingen funksjon med hensyn på lufttetting. Men det finnes også ekspanderende fugebånd med et luft- og damp tett sjikt på den ene siden. En fordel med slike produkter er at funksjonen ikke er avhengig av heft mot begge de tilstøtende flatene. Det er liten erfaring med slike produkter i Norge. Det må være en absolutt forutsetning at produktene egenskaper er tilfredsstillende dokumentert gjennom prøving. Ved isolering av vindusfuger bør produktene dekket av en list som sikrer to trinns tetting.



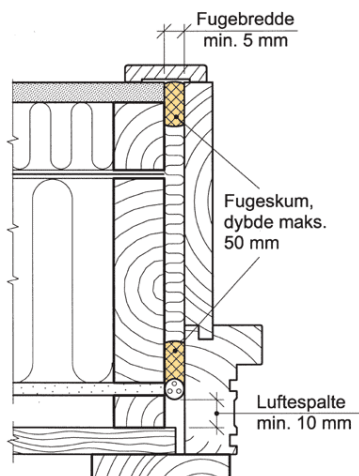
Figur 27

Ekspanderende fugebånd som vindtetting av vindusfuger  
Båndet ekspanderer etter at beskyttelsesteip er fjernet.

### 4.4.3 Fugeskum

Fugeskum kan også benyttes til tetting av for eksempel vindusfuger, se Figur 28. Det er viktig at det benyttes fugeskum beregnet for profesjonell bruk, som generelt har liten etter-ekspansjon. De aktuelle skumproduktene har lukkede porer, slik at materialet kan tilskjæres uten at lufttettingen opphører. Man må være oppmerksom på at skumming av vindusfuger gir en stiv konstruksjon som kan gjøre det vanskeligere å justere vinduene i etterkant.

Polyuretanskum er hovedsakelig beregnet til tetting og/eller isolering av fuger rundt vinduer og dører. Polyuretanskum er spesielt egnet når overflaten i smyget er ujevn, og når fugebredden varierer. Det kan også brukes til tetting av vanskelig tilgjengelige sprekker og hulrom der man ikke kan utføre tradisjonell isolerende fugging eller isolering. Dette kan være rundt gjennomføringer, til fugging mellom elementer, som varmeisolasjon og lufttetting samt i fuger med lite bevegelse. En fordel med polyuretanskum er at det er lett å bruke i fuger med varierende bredde. Fugen bør imidlertid ikke være for smal fordi det da kan være vanskelig å få til god skumming. Fugebredden bør minimum være 5 mm, mens dybden til fuger som skal fylles i én omgang ikke bør overstige 50 mm.



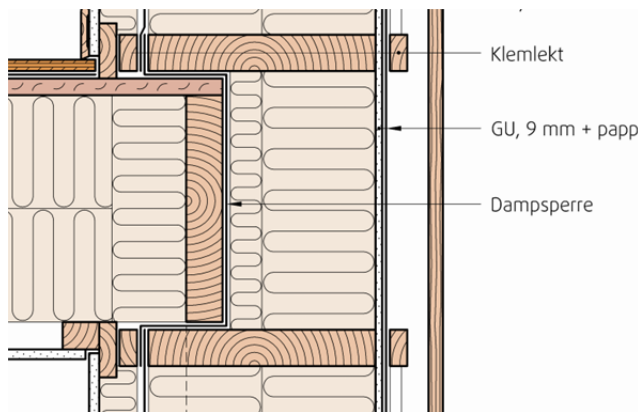
Figur 28  
Tetting av monteringsfuge med fugeskum. Fra Byggedetaljer 573.107 Fugeskum

## 4.5 Klemte omleggsskjøter

Generelt anbefaler SINTEF Byggforsk at omleggsskjøter i sperresjiktene klemmes mekanisk mellom to plane, faste flater. Se figur 30. For å oppnå god lufttetthet må c/c avstanden mellom spikerne eller skruene ikke være for stor, men tilpasses stivheten til klemlektene eller platene. Klemlekter bør ikke være tykkere enn 36 mm. Tykkere lekter blir gjerne for stive til å gi kontinuerlig og varig klem. For å oppnå fullgod klem ved inntrukket dampsperre og 48 mm innvendig påføring kan omleggsskjøtene i dampsperran først klemmes med en tynnere klemlekt og deretter fores på med en ny lekt for å få riktig tykkelse. Se Figur 29. Det samme gjelder for sløyfer for klemming av omleggsskjøter i undertak. Tre og trebaserte materialer vil normalt tørke og krympe eller endre form etter at de er montert innendørs. Klemvirkningen vil avta, og lufttettheten til klemte skjøter kan bli vesentlig dårligere. Mer varig klemvirkning kan også oppnås ved å bruke skruer med glatt stamme gjennom klemlekten, i stedet for spiker. Pyntelister er dårlig egnet for klemming av skjøter fordi spikeravstanden gjerne blir for stor. Dersom vindusbelistning likevel brukes til å klemme dampsperran, må det spikres med maks senteravstand på 200 mm. Dampsperran kan klemmes med innvendig platekledning, eller med egne klemmlister som spikres eller skrues godt, se Figur 30. Klemming av omlegg bare ved hjelp av trepanel gir ikke tilstrekkelig tetthet ettersom panelbordene vil krumme seg når de tørker og derfor ikke lenger gir en kontinuerlig klem.



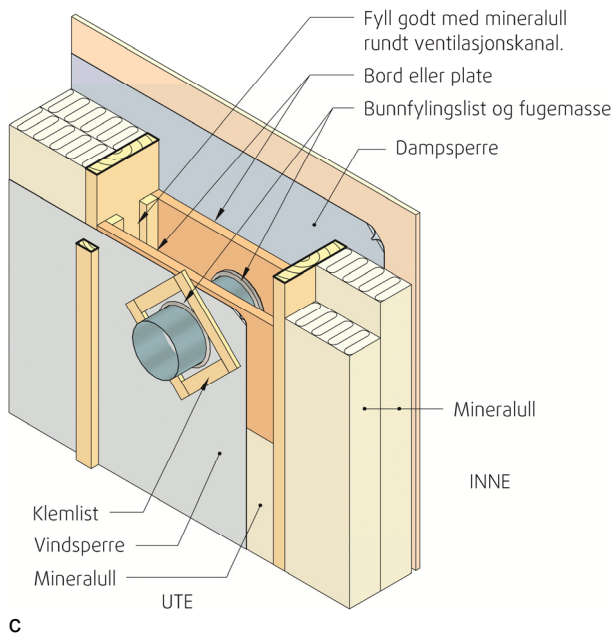
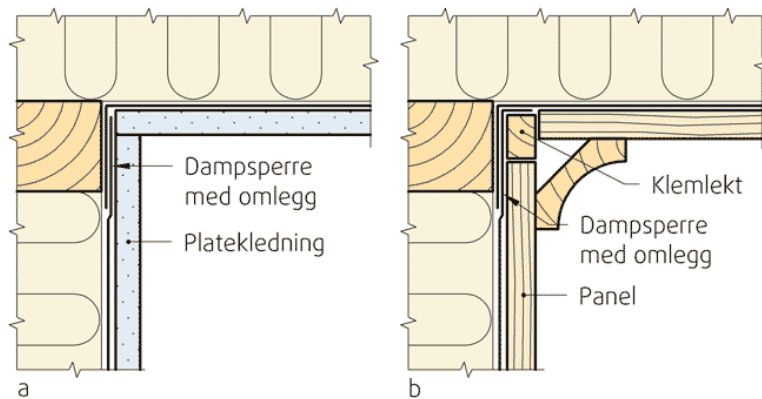
Tettheten til omleggsskjøter i dampsperrer kan forbedres ved å lime omlegget med en tettemasse som hefter til dampsperrer materialet og som ikke er hinnedannende. Omlegget må i tillegg klemmes. Liming er mest aktuelt hvis det er vanskelig å oppnå en jevn og kontinuerlig klem eller hvis klemvirkningen er usikker.



Figur 29

Klemming av inntrukket dampsperre

Klemlektene bør ikke være tykkere enn 36 mm. Derfor monteres en innvendig 50 mm utforing med to lekter.



Figur 30

- a. Tetting av dampsperre med bygningsplater
- b. Tetting med klemløst, med tykkelse 11-23 mm
- c. Tetting rundt gjennomføring med plater og klemløst

## 5 Kritiske tettedetaljer

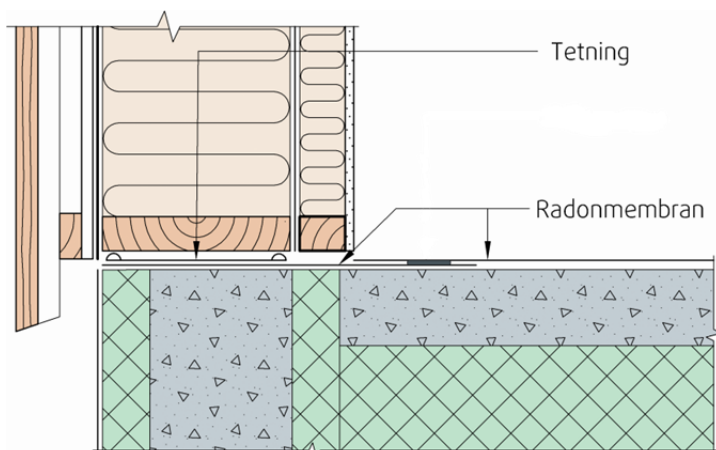
### 5.1 Planlegging av tettearbeidet

God lufttetthet er avhengig av god planlegging og gode detaljtegninger. Spesielt er materialoverganger kritiske punkter. Generelle retningslinjer for god lufttetthet:

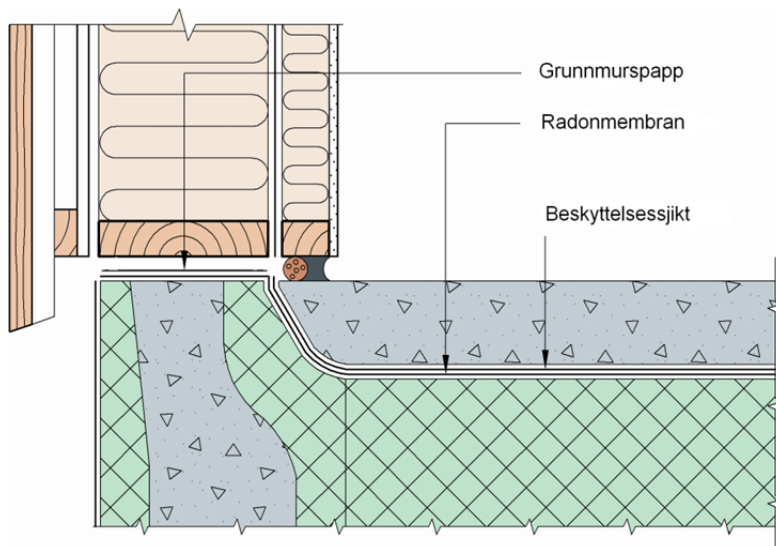
- Skjøte-/tette metoder for innvendig/utvendig lufttetting må planlegges og beskrives.
- Overganger bør tegnes ut i stor målestokk (1:10, 1:5)
- Vanskelige 3-D hjørner (f.eks. bunn/sidekarm/sålbenk i vindu) bør vurderes skissert i perspektiv
- Arbeidsrekkefølgen for vanskelige overganger bør beskrives, gjerne på tegning
- Benytte produkter med dokumentert bestandighet og heft (teip, klebebånd m.m.)
- Både dampsperre og vindsperre bør om mulig føres kontinuerlig rundt hele bygningen
- Store formater i dampsperre og vindsperre reduserer antall skjøter
- Inntrukket dampsperre i vegg og nedforet himling i tak for skjult elektrisk anlegg

### 5.2 Lufttetting i golvkonstruksjoner

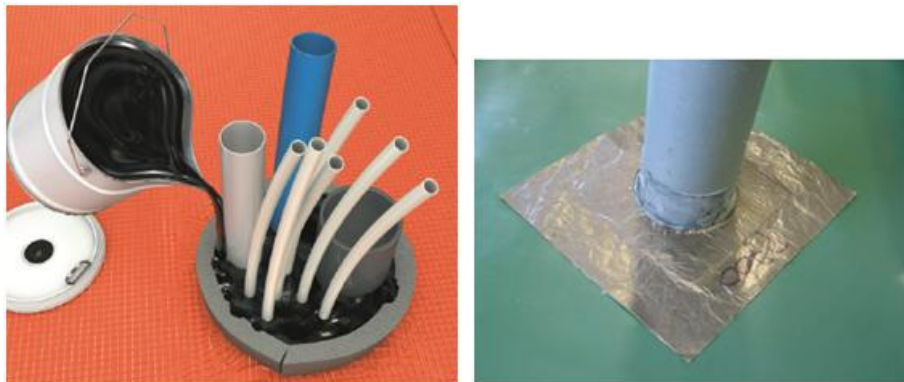
I overgangen mellom golv på grunn og yttervegg er det ofte utettheter. Det kan være utettheter både mellom golvstøp og ringmur og mellom ringmurkroner og yttervegg. Fuge mellom bunnsvill og murkroner kan tettes med et sjikt som kan ta opp ujevnheter i murkronen. Elastisk sjikt kan være gummiprofiler (Figur 31), en svillemembran med ”pølser”, fugemasse (Figur 32) eller laftevatt. Tettesjiktet bør ha en elastisitet (arbeidshøyde) som er like stor som høydeavviket på murkronen. Nøyaktig avretting av murkroner kan være spesielt viktig ved prefabrikkerte veggelementer. Stive elementer gjør at bunnsvill i liten grad tilpasser seg høydevariasjoner i underlaget. Figur 33 viser eksempler på tetting rundt rørøppestikk i golv.



Figur 31  
Lufttetting med plastprofil mellom bunnsvill og murkroner. En remse radonmembran legges under plastprofil. Radonmembran på golvet sveises til remsen under bunnsvill umiddelbart før legging av golvbelegg.



Figur 32  
Fukt- og radontetting med radonmembran som føres opp fra golvet og under grunnmurspapp. I tillegg lufttetting med fugemasse.



Figur 33  
Tetting rundt gjennomføring i golvkonstruksjon

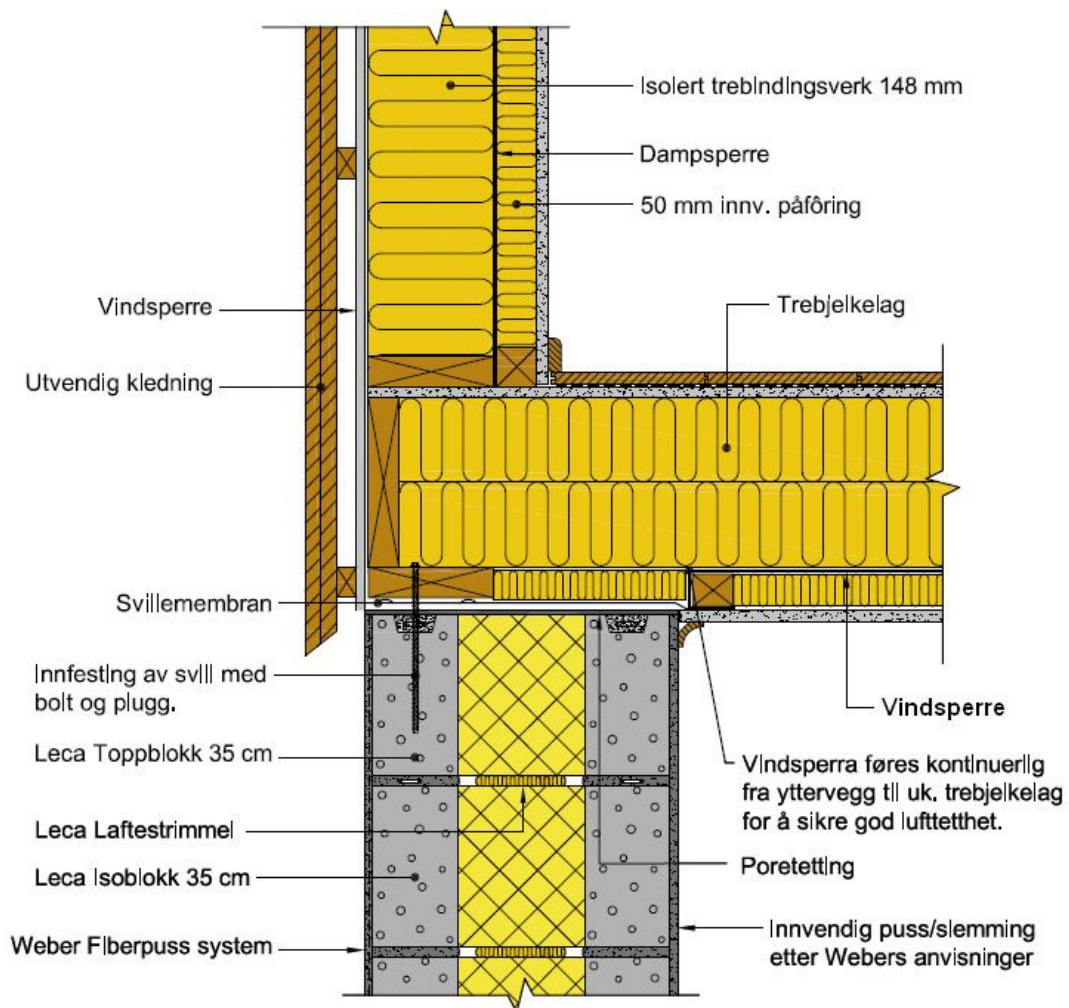
### 5.3 Lufttetting i yttervegger

Kritiske punkter er:

- Overgang mot ringmurkrone (Figur 34)
- Monteringsfuger for vinduer (Figur 35)
- Gjennomføringer for ventilasjon m.m. (Figur 8)
- Mellombjelkelag (Figur 23)
- Overgang til takkonstruksjon (Figur 36)

En inntrukket dampsperre i vegg sikrer at skjult elektrisk anlegg ikke punkterer sperresjiktet (jf. Figur 36).

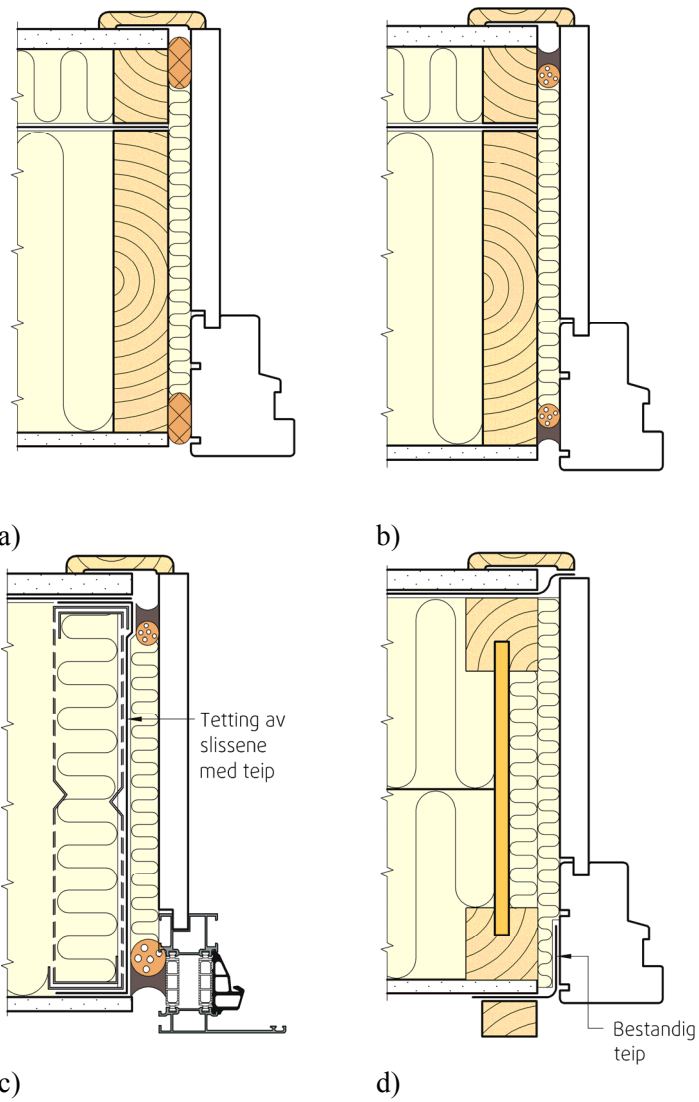
I høye bygninger (> 3 etasjer) og i områder med stor vind- og slagregns påkjenning kan en vindsperre av plater suppleres med et rullprodukt utenpå platene før klemlektene monteres over skjøtene. Forutsatt at alle skjøter er godt klemt, vil rullproduktet gi ekstra sikring mot utettheter i plateskjøtene. Rullproduktet beskytter platene mot nedbør i tillegg til å vindtette fuger, for eksempel over vinduskarm og vegg. Samlet  $s_d$ -verdi for rull- og plateprodukt må ikke overstige 0,5 m.



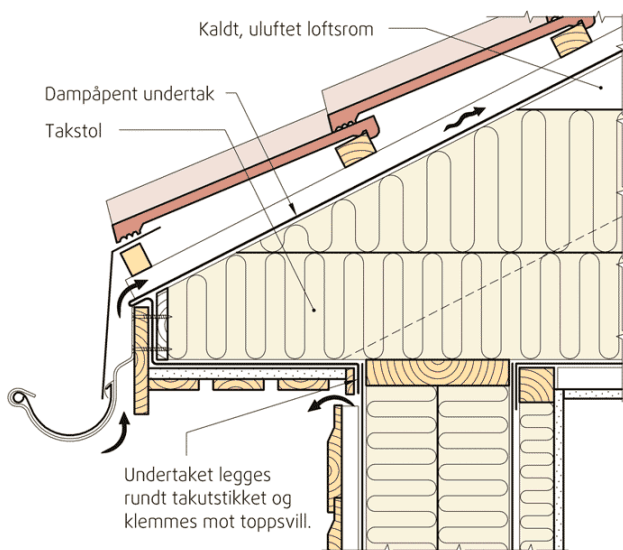
Figur 34  
 Overgang yttervegg mot terreng og bjelkelag – mur i lettklinker  
 God lufttetting er avhengig av at murkroner og begge sider lettklinkerblokkene er pusset eller slemmet.

Den ytre lufttetting utføres ved hjelp av elastisk fugemasse, fugeskum, ekspanderende fugebånd eller remser av et vindsperremateriale som klemmes godt til karm og vegg.

Ytre lufttetting kan utføres ved hjelp av tilskårne strimler av vindsperre på rull. Det leveres i dag smale vindsperreruller til ytre lufttetting rundt vinduer. Slike vindsperrestrimler fins også med teip for enklere montering, se pkt. 56. Tetting med vindsperrestrimler forutsetter at vinduet er festet tilstrekkelig langt ute i vegg, se pkt. 22. Metoden er spesielt egnet der det er brede fuger eller fuger med svært varierende bredde.



c) d)  
 Figur 35  
 Tetting av monteringsfuge for vindu



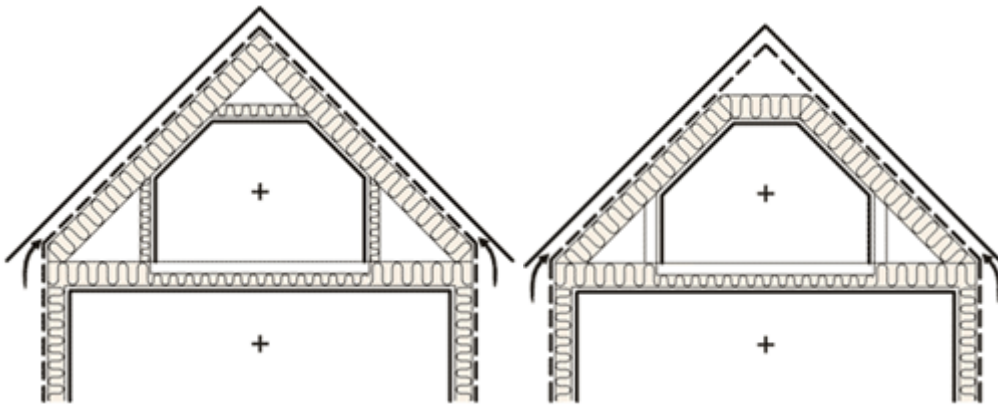
Figur 36  
 Undertaket føres rundt takutstikk og overlapper med vindspærre i vegg

## 5.4 Lufttetting i takkonstruksjoner

Generelt anbefales at skrå trectak bygges med isolerte takflater, uten kalde loftsrom. Ved å bruke kombinert undertak og vindsperre er det enklere å få til en lufttett overgang mellom tak og vegg. Figur 38 viser en løsning der sperrene er kuttet i vegglivet. Det forenkler overlapping mellom undertak og vindsperre i vegg. En påhengt raftekasse må dimensjoneres spesielt med hensyn på snølast. I Figur 39 må undertak føres ned mellom sperrene. Da må fugen mellom undertak og sperreside tettes.

Mange nyere boliger er bygd med en loftromstakstol (A-takstol). Denne konstruksjonen har vært problematisk med tanke på lufttetting og fuktsikring. Årsaken er problemer med å få til god tetting i tettesjiktene. I tillegg hender det at uisolerte kne loft utnyttes, for eksempel til ventilasjonsaggregater. Konstruksjonen forbedres ved å isolere i yttertaket i stedet for kneveggene og føre vindsperre kontinuerlig over raftekasse. Se Figur 37.

Lyspunkter og skjult elektrisk anlegg i tak bør legges i en nedføring, se Figur 40.

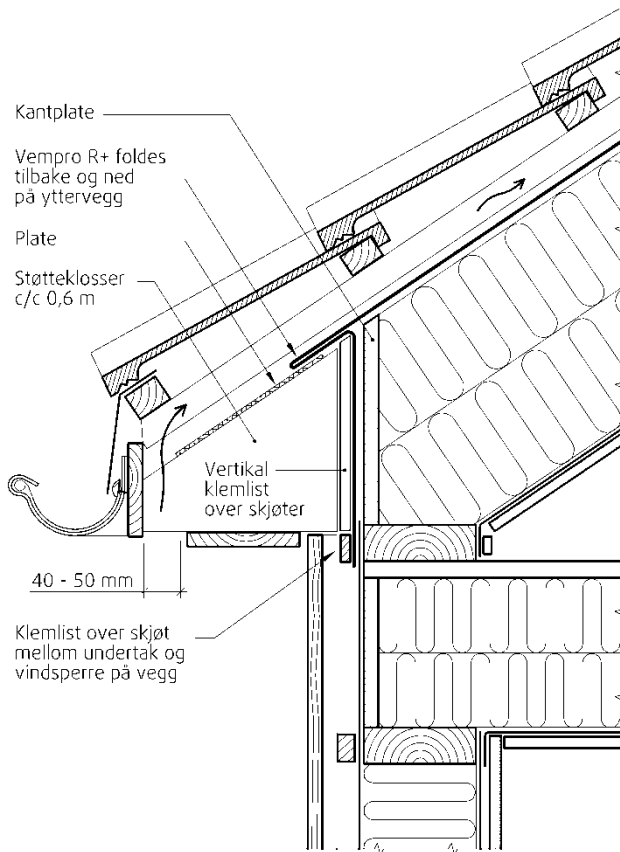


Figur 37

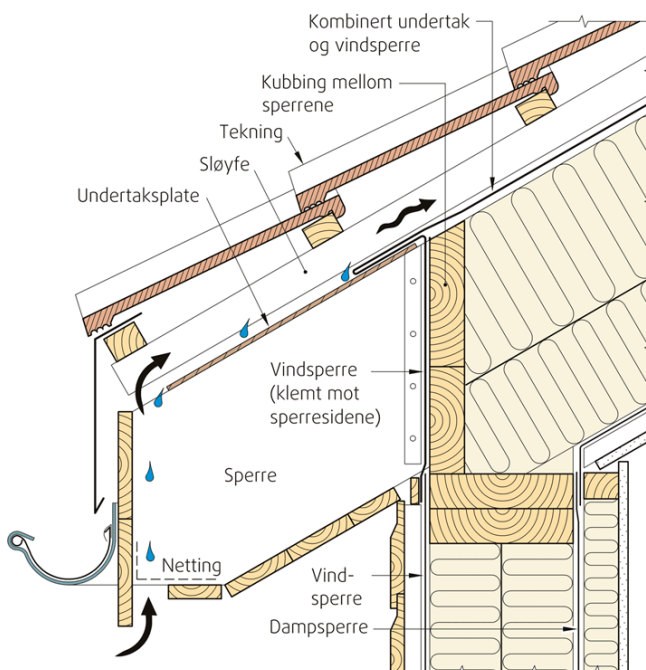
To alternative prinsipper for isolering og tetting av loftromstakstol (A-takstol)

Takflaten isoleres, og undertaket overlapper med vindsperre i vegg. Stiplet linje viser undertak/vindsperre, heltrukket linje er dampsperre.

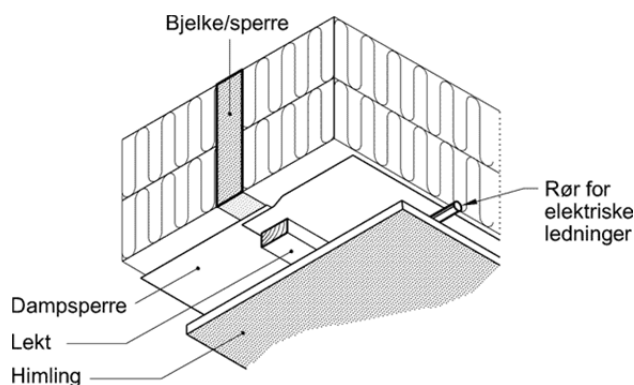




Figur 38  
 Avkuttete sperrer forenkler overlapping mellom undertak og vindsperre i vegg. En påmontert raftekasse må dimensjoneres for snølast. Teknisk Godkjenning 20016 Vempro R+ Kombinert undertak og vindsperre.



Figur 39  
 Undertaket er ført ned mellom sperrer og klemt mot vindsperre i vegg. Undertak av folie må klemmes mot sperresidene. Ved undertak av plater må det fuges mellom sperres og undertaksplater. Byggetaljer 525.102 Isolerte, skrå tretek med kombinert undertak og vindsperre.

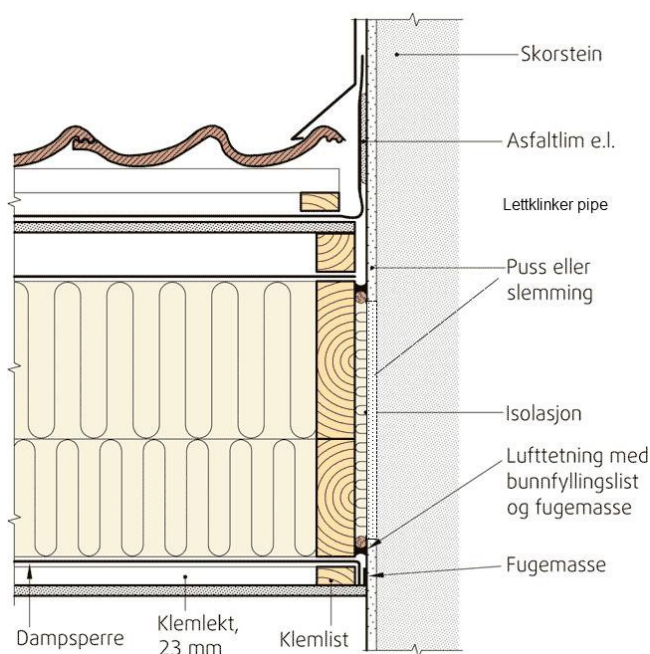


Figur 40  
Lyspunkter og skjult elektrisk anlegg i tak bør legges i en nedføring

## 5.5 Tetting rundt gjennomføringer

Fuger rundt gjennomføringer gjennom vegger og tak (vinduer, kanaler, piper og ventiler) må tettes på kald og varm side.

Figur 41 viser tetting mot skorstein. I tillegg til utvendig tetting mot nedbør er fugen tettet med fugemasser med bunnfyllingslister. Eksempel på gjennomføringsmansjett er vist i Figur 25. Figur 24 viser utvendig tetting rundt gjennomføring i tak med et fleksibelt klebebånd, som er spesielt egnet til å tette rundt innvendig og utvendige hjørner og generelt rundt vanskelige detaljer. Lettklinkerblokker er i utgangspunktet et luftåpent materiale. For å oppnå god lufttetthet må blokkene overflatebehandles, enten med en slemmemørtel eller et puss-sjikt. En lettklinkerpipe må enten slemmes eller pusses på alle 4 sider. Ved skorsteinsgjennomføringer i bjelkelag eller tak må pipeelementene slemmes på alle 4 sider på forhånd, i tillegg til at det må sikres god tetthet i montasjefugen, jf. figur 41. Alternativt kan det benyttes monteres etasjehøye, ferdigpussede piper. Vindussmyg og murkroner i lettklinker må også slemmes eller pusses for å hindre luftlekkasjer.



Figur 41  
Gjennomføring i takkonstruksjon  
Fugen er tettet med en gjennomføringsmansjett på oversiden og med fugemasse med bunnfyllingslist på begge sider av bjelkelaget. Piper av lettklinker må være pussert eller slemmet på alle 4 sider i hele pipas lengde.



## 5.6 Litteraturliste

- Energieffektivisering av bygg. Kommunal- og regionaldepartementets arbeidsgruppe for energieffektivisering av bygg. Sluttrapport, 23.08.2010.
- NS-EN 13829 Bygningers termiske egenskaper – Bestemmelse av bygningers luftlekkasje – Differansetrykkmetode (ISO 9972 modifisert)
- NS 3031:2007 Beregning av bygningers energiytelse – Metode og data.
- Uvsløkk, S. Tak med kaldt loft. Prosjektrapport 396/2005. SINTEF Byggforsk: 2005
- Geving, S., Holme, J., Uvsløkk, S. Alternative dampsperrer med uttørkingmulighet mot inneluft. Prosjektrapport 65/2010, SINTEF Byggforsk
- Holøs, S. Lekkasjemodell for småhusboliger. Oppdragsrapport 3B0233 for Boligprodusentenes Forening. SINTEF Byggforsk: 2010
- Byggforskserien:*
- Byggdetaljer:
- 522.355 Etasjeskiller med trebjelkelag
- 523.255 Bindingsverk av tre. Varmeisolering og tetting
- 523.701 Innsetting av vindu i vegger av bindingsverk
- 525.101 Isolerte skrå tretak med lufting mellom vindsperre og undertak
- 525.102 Isolerte, skrå tretak med kombinert undertak og vindsperre
- 525.106 Skrå tretak med kaldt loft
- 573.107 Fugeskum
- 573.121 Materialer til luft- og dampetting
- 573.430 Materialdata for vandamptransport
- 552.303 Balansert ventilasjon i småhus
- Byggforvaltning:
- 720.035 Måling av bygningers lufttetthet

**SINTEF** er Skandinavias største forskningskonsern. Vår visjon er «Teknologi for et bedre samfunn». Vi skal bidra til økt verdiskapning, økt livskvalitet og en bærekraftig utvikling. SINTEF selger forskningsbasert kunnskap og tilhørende tjenester basert på dyp innsikt i teknologi, naturvitenskap, medisin og samfunnsvitenskap.

**SINTEF Byggforsk** er et internasjonalt ledende forskningsinstitutt og Norges viktigste formidler av forskningsbasert kunnskap til bygge- og anleggsnæringen. Vi skaper verdier for våre kunder og for samfunnet gjennom forskning og utvikling, spesialrådgivning, sertifisering og kunnskapsformidling. Våre publikasjoner omfatter Byggforskserien, Byggebransjens våtromsnorm, håndbøker, rapporter, faktabøker og beregnings- og planleggingsverktøy.

