

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

**SINTEF Energiforskning AS**

Postadresse: 7465 Trondheim  
Resepsjon: Sem Sælands vei 11  
Telefon: 73 59 72 00  
Telefaks: 73 59 72 50

www.energy.sintef.no

Foretaksregisteret:  
NO 939 350 675 MVA

**TEKNISK RAPPORT**

SAK/OPPGAVE (tittel)

**Ventilasjon for boliger med støyreducerende tiltak**

SAKSBEARBEIDER(E)

Hans Martin Mathisen

OPPDRAGSGIVER(E)

Statens Vegvesen Vest-Agder

TR NR.	DATO	OPPDRAGSGIVER(E)S REF.	PROSJEKTNR.
TR A5722	2003-03-05	Stig Berg-Thomassen	16X361
ELEKTRONISK ARKIVKODE		PROSJEKTANSVARLIG (NAVN, SIGN.)	GRADERING
021106hmm12588		Hans Martin Mathisen	Åpen
ISBN NR.	RAPPORTTYPE	FORSKNINGSSJEF (NAVN, SIGN.)	OPPLAG      SIDER
82-594-2383-9		Trygve Eikevik	24
AVDELING	BESØKSADRESSE	LOKAL TELEFAKS	
Klima- og kuldeteknikk	Kolbjørn Hejes v 1D	73 59 39 50	

**RESULTAT (sammendrag)**

Målet for prosjektet har vært å vurdere virkemåte, konsekvenser og kostnader og for ulike typer ventilasjon i boliger hvor det er gjennomført støyreducerende tiltak på fasade. Resultatene vil danne grunnlaget for en metodikk for Vegvesenet ved valg av ventilasjonsløsning for boliger med ulike romløsninger og grader av tiltak.

Følgende punkter er behandlet:

- Forskrifter og veiledningers krav til ventilasjon i boliger for ulike romtyper
- Ulike ventilasjonsløsningers virkning på bygningen
- Hva gir lufting gjennom vindu?
- Lufting gjennom ventil
- Miljøventilen, måling på utførte løsninger og brukernes erfaringer
- Oversikt over aktuelle ventilasjonsløsninger og noen data om aktuelle produkter
- Mekanisk avtrekk i kombinasjon med tilluftventil i fasade
- Rangering av løsningenes egnethet for ulike bygnings- og romtyper
- Energibruk til ventilasjon av enkeltrom
- Aktuelle spørsmål med svar

**STIKKORD**

EGENVALGTE	Ventilasjon	Veg
	Støy	Bolig

## INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
1 INNLEDNING.....	3
2 INFORMASJON/LITTERATUR VEDR VENTILASJONSLØSNINGER FOR STØYDEMPEDE FASADER.....	3
3 KRAV TIL VENTILASJON I BOLIGER, ULIKE ROMTYPER.....	3
3.1 FORSKRIFTER OG VEILEDNINGER.....	4
4 ULIKE VENTILASJONSLØSNINGERS VIRKNING PÅ BYGNINGEN.....	4
4.1 LUFTING GJENNOM VINDU.....	4
4.2 LUFTING GJENNOM VENTIL.....	5
5 MILJØVENTILEN, MÅLING PÅ UTFØRTE LØSNINGER.....	5
5.1 BRUKERENES ERFARINGER.....	7
6 OVERSIKT OVER AKTUELLE VENTILASJONSLØSNINGER OG DATA OM AKTUELLE PRODUKTER.....	8
6.1 MEKANISK AVTREKK I KOMBINASJON MED TILLUFTVENTIL I FASADE.....	13
7 RANGERING AV LØSNINGENES EGNETHET FOR ULIKE BYGNINGS- OG ROMTYPER.....	13
7.1 ENERGIBRUK TIL VENTILASJON AV ENKELTROM.....	15
8 AKTUELLE SPØRSMÅL MED SVAR.....	16
8.1 NATURLIG VENTILASJON:.....	16
8.2 MEKANISK (BALANSERT) VENTILASJON:.....	16
8.3 BALANSERT VENTILASJON (FULLT ANLEGG MED KANALER OG LUFTINNTAK PÅ ANNEN FASADE):.....	17
VEDLEGG A, MÅLTE LUFTSTRØMMER I HUS MED MILJØVENTILEN.....	19

## **1 INNLEDNING**

Oppdragsgiver for dette prosjektet er Statens vegvesen Region Sør som består av fylkene Buskerud, Vestfold, Telemark, Aust-Agder og Vest-Agder. Statens vegvesen Vest-Agder v/Stig Berg-Thomassen er kontaktperson på vegne av Region Sør.

Målet for prosjektet har vært å vurdere virkemåte, konsekvenser og kostnader og for ulike typer ventilasjon i boliger. Resultatene vil danne grunnlaget for en metodikk for Vegvesenet ved valg av ventilasjonsløsning for boliger med ulike romløsninger og grader av tiltak.

Rapporten inneholder en enkel liste med spørsmål og svar med hensyn til valg av løsning.

## **2 INFORMASJON/LITTERATUR VEDR VENTILASJONSLØSNINGER FOR STØYDEMPPEDE FASADER**

Det er gjennomført et søk etter vitenskapelige artikler om temaet, men svært lite relevant stoff er funnet. Det mest relevante ser ut til å være det som allerede er kjent, slik som:

- 1) Byggforsk håndbok 47. Isolering mot utendørs støy. Homb, Anders 1999
- 2) Støyhåndboka. En veileder i støyarbeidet
- 3) Forskrift om grenseverdier for lokal luftforurensning og støy. Forskrift (FOR) av 1997-05-30
- 4) Diverse skriv fra SFT

## **3 KRAV TIL VENTILASJON I BOLIGER, ULIKE ROMTYPER**

Prinsipielt er det to grunner til at vi ventilerer hus:

- 1) Tilførsel av friskluft og fjerning av forurensninger. Dette bestemmes ut fra antall personer og eventuelt krav om luftmengder pr arealenhet. Bak disse kravene ligger det vurderinger av hva som gir opplevelse av frisk luft og lave nok forurensningskonsentrasjoner til at helsemessige konsekvenser ikke oppstår. Forurensninger avgis fra personer, kjeledyr, bygningsmaterialer, rommets flater (maling, lakk, myknere osv), innredning, pleiemidler (møbelpuss), rengjøringsmidler og andre kjemikalier
- 2) Kontrollere romtemperaturen. Dette kan vi gjøre ved å tilføre kjølig luft som fjerner varmeoverskudd. Vi åpner vinduer på varme dager for å få inn større mengder uteluft eller vil lufter på soverom om natten for å senke temperaturen. Særlig vil dette være tilfelle på solutsatte fasader der det er stort behov for å kunne tilføre uteluft.

Punkt 2, kontroll av romtemperaturen, krever om sommeren større luftmengde en punkt 1. Normalt er det derfor punkt 2 som blir dimensjonerende for nødvendig friskluftskapasitet.

### 3.1 FORSKRIFTER OG VEILEDNINGER

§ 8-34 i Teknisk forskrift til plan- og bygningsloven har krav til ventilasjon som gjelder boliger. Forskriftskravene er funksjonsbaserte. Veiledninger gir forslag til løsninger. I *"Utkast til Veiledning til Teknisk forskrift til plan- og bygningsloven av April 2002 - Frist for kommentarer: 15. juni 2002"* gis rettledning om aksepterte løsninger. Blant annet anvises luftmengder og løsninger for naturlig ventilasjon i boliger. Utkastet vil etter BEs planer bli gjort gjeldende fra vinteren 2003.

I veiledningen finner vi følgende aktuelle anvisninger (*skrevet i kursiv*). Vanlig font er SINTEFs kommentarer:

*"En bolig må tilføres tilstrekkelig mengde ren uteluft for å tynne ut de forurensninger som tilføres inneluften. Dette kan skje ved at det etableres et visst avtrekk, naturlig eller mekanisk, fra rom med større luftforurensning eller fuktighetsbelastning, som kjøkken, bad, WC og vaskerom. Det samlede avtrekk fra disse rommene må sikre en utelufttilførsel på 0,5 luftvekslinger pr. time som anses som minimum i bolig."* For en bolig på 100 m<sup>2</sup> tilsvarer dette ca 33 l/s (120 m<sup>3</sup>/h).

*"Soverom bør sikres en frisklufttilførsel på 7 l pr. sekund og person."* Med tanke på at det kan være ønskelig å holde luften på soverom kjølig, bør luftmengden kunne økes ut over veiledningens tall i perioder.

*"Bolig som ligger i sterkt forurensset uteluft, bør ha balansert, mekanisk ventilasjon slik at uteluften kan renses før den tilføres boligen."* Det sentrale her må være at forurensset luft renses før den tilføres, ikke hvordan drivkraften for ventilasjonen framskaffes.

## 4 ULIKE VENTILASJONSLØSNINGERS VIRKNING PÅ BYGNINGEN

Inneluftens fuktighet, temperatur og trykk i forhold til omgivelsene virker inn på bygningens materialer. En generell vurdering av krav til trykkforhold med tanke på mulige fuktskader i konstruksjonen er derfor nødvendig.

Fuktskader som skyldes inneluftens vanndampinnhold kan oppstå på to måter:

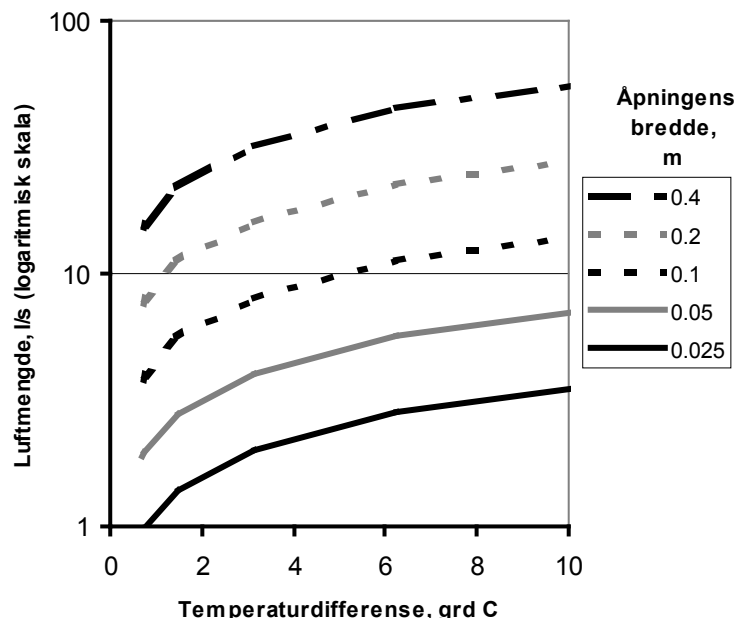
- 1) Luft inneholder vann dampform. Når luften kjøles ned for eksempel nær en kald flate vil vann kondensere på flaten. Det er vanlig å se dette på vinduer når det er kaldt ute, men også for eksempel i baderom med høy luftfuktighet kan dette skje bak skap som står mot yttervegg.
- 2) I en yttervegg vil temperaturen om vinteren bli lavere utover i veggen. Dersom inneluft kan trenge ut i isolasjonen i en vegg vil vanndampen kondensere og isolasjonen fuktes. Derfor bruker vi dampsperre innvendig i hus. Samtidig sørger vi for å holde lavere trykk inne enn ute, slik at eventuell lekkasje vil skje utenfra og inn.

Det første punktet har ikke direkte noe med trykkforholdene i huset å gjøre, men fuktskader vil oppstå sjeldnere med god ventilasjon og god isolasjon. Det andre punktet er sterkt knyttet til ventilasjonen. I et hus med naturlig oppdriftsventilasjon gjennom åpning over tak vil det alltid være undertrykk, i hus med balansert ventilasjon må vi passe på at avtrukket luftmengde er litt større enn tilført. I et hus som har naturlig ventilasjon kan man derfor ikke sette inn en vifte som blåser luft inn, uten samtidig å gjøre noe med avtrekket.

### 4.1 LUFTING GJENNOM VINDU

Figur 1 viser hvordan luftmengden varierer med vinduets bredde og utetemperaturen for et 0.8 meter høyt sidehengslet vindu. Dette er en teoretisk beregning, som forutsetter helt vindstille vær og at

rommet har lukket dør og er helt tett mot resten av huset. Luftbevegelsen vil være inn gjennom nedre del av vinduet og ut gjennom øvre del. Som vi ser skal det ikke så stor åpning til før kravet om 7 l/s er nådd.



Figur 1. Luftmengde gjennom vindu med høyde 0.8 meter som funksjon av temperaturdifferanse mellom ute og inne og vinduets bredde

## 4.2 LUFTING GJENNOM VENTIL

Lufting gjennom en ventil forutsetter at det finnes termisk oppdrift i huset eller et mekanisk avtrekk. Ved naturlig oppdrift som eneste drivkraft vil luftmengden i vindstille vær og med lik temperatur ute og inne være tilnærmet null. Etter hvert som utetemperaturen synker øker ventilasjonen. Rom som ligger i nederste etasje vil få mest ventilasjon fordi drivtrykket der er størst. Dersom huset verken er utstyrt med avtrekkskanal over tak eller mekanisk avtrekk risikerer man at luft vil strømme ut av ventiler i øverste etasje. Disse rommene får da lufttilførsel fra andre deler av huset.

## 5 MILJØVENTILEN, MÅLING PÅ UTFØRTE LØSNINGER

Et alternativ til ventilasjon av enkeltrom er den såkalte Miljøventilen som har blitt produsert på Stjørdal i Nord-Trøndelag. Den består av en enhet som monteres på vegg i det aktuelle rommet og med en kanal ut gjennom yttervegg. Den virker ved at brukt luft fra rommet blåses ut gjennom en varmegjenvinnerenhet som tar opp varme fra lufta. Etter en stund (30 til 45 sekunder) skifter luftstrømmen retning slik at kald uteluft strømmer gjennom den samme varmegjenvinnerenheten og blir varmet opp før den blåser inn i rommet. I tillegg har Miljøventilen filter og lydfelle. For å undersøke hvordan ventilen virker i en virkelig situasjon er det gjort målinger.

Målingene er utført i tre hus i Verdal i Nord-Trøndelag av SINTEF i oktober 2002. To av husene er 1½-etajers frittliggende boliger opprinnelig bygget i 1960-årene, hvor det er montert Miljøventil i to rom i 2. etasje. Det tredje huset har to Miljøventiler i 2. etasje og en i første. Det er gjort måling av luftskifte, trykkforhold og enkel støymåling. Resultatene av undersøkelsen er vist i Tabell 1 og Tabell 2 nedenfor.

Tabell 1. Måling av luftmengder i tre boliger.

Hus	Rom	Trinninnstilling på Miljøventil	Luftmengde målt som utelufttilførsel direkte til rommet, l/s (m <sup>3</sup> /h)	Trykkvariasjon i forhold til naborom, Pa
A	A1	3	21 (75)	± 0.55 Pa
	A2	Etter behov	2 (6)	
B	B1	1	8 (30)	
	B2	2	13 (47)	
C	C1	1	6 (23)	± 1.8 Pa
	C2	3	24 (87)	
	C3			

I tillegg til luft tilført direkte til rommet kommer luft som først har strømmet gjennom andre deler av huset. Om natten når det ikke forekommer personforurensning av luften i resten av huset, vil derfor ”frisklufttilførselen” være større enn det som er angitt i tabellen. Det betyr at Miljøventilen tilfredsstiller forskriftens veiledning for rom med en person på trinn 1 og for to personer på trinn 2. Det er ikke mulig å skille mellom utlufttilførsel som skyldes Miljøventilen og direkte infiltrasjon til rommet.

Tabellen viser også to trykkmålinger mellom soverom og gang utenfor soverom. Trykkene er lave, dette indikerer at rommene er utette og at luften som blåses inn og ut passerer relativt uhindret. På trinn 1 og 2 var trykkene så lave at pålitelige målinger ikke var mulig.

I Vedlegg A er de målte luftstrømmene i husene vist mer i detalj. Av disse resultatene går det fram at det aller meste av luften som blåses inn i rommet av miljøventilen går ut av det samme rommet som eksfiltrasjon gjennom yttervegger. Med andre ord presses luft ut i bygningskonstruksjon og isolasjon. Denne luften vil også ha med seg fuktighetstilskuddet fra personer i rommet. Det er altså en risiko for kondensasjon i isolasjon og bygningskonstruksjon. SINTEFs konklusjon er derfor at Miljøventilen bør monteres som såkalt tvillingmontasje, dvs to enheter som arbeider slik at når den ene suger ut, så blåser den andre inn. Alternativt kan det monteres en lyddempet ventil i veggen med liten strømningsmotstand som lar luften passere fritt ut når ventilen blåser inn.

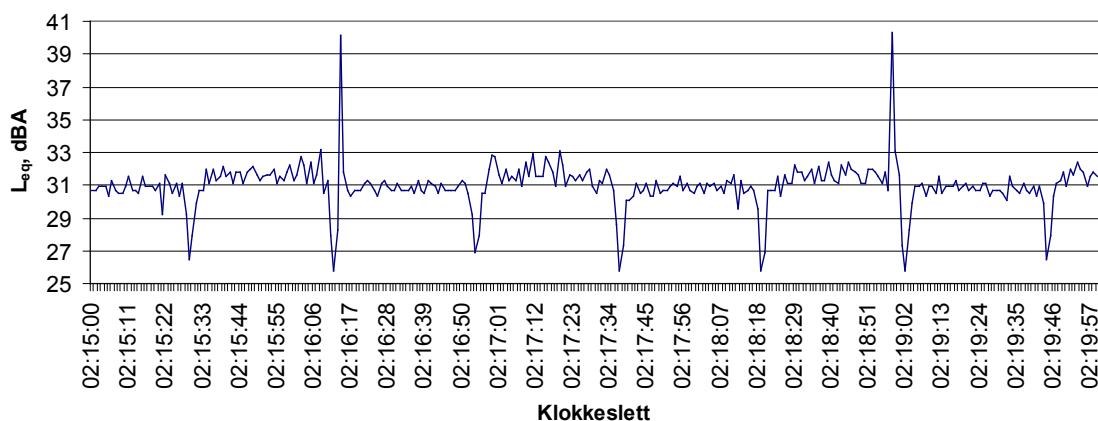
Tabell 2 viser øyeblikksmålinger av støy målt på dagtid. For trinn 2, som tilsvarer en luftmengde på ca 13 l/s, så ligger støyen i området fra 31 til 34 dBA. I hus C var måleforholdene vanskelige på grunn av mye bakgrunnsstøy fra trafikk. Figur 2 viser måling av støynivå over en periode på fire minutter målt om natten uten trafikkstøy. Ventilen har da gått gjennom 7 sykluser med vending av luftretning. Ekvivalent støynivå for denne perioden er 31 dBA. Velger derfor å konkludere med at egenstøy på trinn to er 31 til 32 dBA.

For trinn 1 viser tilsvarende målinger et støynivå på 27,2 dBA.

For trinn tre ligger egenstøyen rundt 37 dBA.

Tabell 2. Måling av støy fra Miljøventil i tre hus på Verdalen

Hus	Rom	Trinninnstilling på Miljøventil	dBA	Lineært
A	A1	3	37.5	
B	B1	2	31	40
	B1	3	37	44-46
	B1	1	27,2	
C	C1			
	C2	2	(32)	50
	C2	3	37	52
	C3	2	(34)	48
	C3	3	37	48


 Figur 2. Støynivå i hus B.  $Leq=31$  dBA for den viste perioden.

## 5.1 BRUKERENES ERFARINGER

Nedenfor er beboernes egne utsagn om Miljøventilen gjengitt.

Hus A:

- Ikke som frisk luft
- Støyende
- Trekk om vinteren
- Ga ikke god nok ventilasjon i sommer
- Stor, plasskrevende, lite per boks
- Dyre filter (1000 kr per år for to rom)
- Vanskelig tilgjengelig filter
- Ingen vet hvem som har ansvar for Miljøventilen (Konkurs?)
- For øvrig fornøyd med demping av innendørs støy fra veg

Hus B:

- For mye støy, spesielt om sommeren når full hastighet må benyttes
- Trekk om vinteren



Hus C:

- Tungtransport høres godt inne i huset, ikke alle vinduer er skiftet
- Forskjell på støynivået i rommene
- Skiftet filter en gang, det så ikke så ille ut
- Generelt fornøyd med Miljøventilen
- Mye støv i ett av soverommene hvor vinduslufting delvis benyttes om dagen

## 6 OVERSIKT OVER AKTUELLE VENTILASJONSLØSNINGER OG DATA OM AKTUELLE PRODUKTER

I Tabell 3 er det vist en samlet oversikt over aktuelle produkter for ventilering av boliger med støydempet fasade, fra de enkleste til de mer avanserte.

1. Det enkleste alternativet er ventiler uten vifte, men med god lyddemping montert i yttervegg. Disse krever at huset har godt avtrekk. På grunn av strømningsmotstanden slike ventiler har, vil neppe termisk oppdrift (naturlig ventilasjon) være tilstrekkelig. Det er derfor nødvendig med vifter som suger luft ut fra bad, vaskerom og kjøkken, samt at luften fra de aktuelle rommene møter liten strømningsmotstand på vei mot bad/kjøkken. En slik løsning vil ha fordeler som at den er enkel, har liten egenstøy og lav kostnad. Ulempene er at luften tilføres uten formvarming slik at trekk kan oppstå, og at energiforbruket øker fordi løsningen ikke har varmegjenvinning. De kan heller ikke utstyres med filtre som tar små partikler, da dette vil gi for stor strømningsmotstand. (Det finnes også løsninger for montering bak konvektor/panelovn, slik at trekkfaren reduseres.)
2. Det finnes flere løsninger med veggmonterte apparater med varmegjenvinning. Miljøventilen er omtalt i kapitlet om målinger. Fordelen med denne er at den er enkel å montere og har moderat kostnad dersom den kun skal brukes i ett eller to rom i huset. Ulempen er egenstøy fra apparatet og at det bør benyttes to apparater i samme rom. Et av alternativene til Miljøventilen er SIEGENIA Aerolife som er et veggapparat med innmontert varmegjenvinner. Disse tilfører og suger ut luften balansert. Usikkerhetsmomenter er hvordan varmegjenvinneren håndterer kondensering/påfrysing (produsert i Tyskland hovedsakelig for tysk klima?) og om egenstøyen er lav nok. SIEGENIA er brukt av vegvesenet i Østfold, montert sommeren 2002. Erfaringer for vinteren 2002-2003, innhentet av Vegvesenet i Østfold fra to av beboerne, er gode, dvs ingen driftsmessige problemer er registrert. Det har i perioden vært temperaturer ned mot  $-20^{\circ}\text{C}$ . Dette er et noe for spinkelt grunnlag til å trekke generelle konklusjoner, men siden ingen negative erfaringer er registrert så langt, så bør løsningen prøves videre i andre klimasoner og med andre belastninger.
3. For løsninger med balansert ventilasjon med gjenvinning for hele huset finnes flere produkter som i prinsipiell virkemåte er like. Varmegjenvinningen kan for imidlertid være anordnet etter ulike prinsipper. Varmegjenvinnere av platetypen gir kondensutfelling på varmevekslerflaten. Dette vannet må dreneres bort. Dersom aggregatet er plassert på kaldt loft er det fare for gjenfrysing av dreneringsledning. For å unngå denne risikoen og forenkle vedlikeholdet foretrekker de fleste produsenter derfor montering av selve aggregat i oppvarmede rom. For

montering på kaldt loft kan det anbefales roterende gjenvinner eller kammerveksler som ikke gir kondens.

For alle løsninger bør det tas høyde for at vinduer ikke kan åpnes. Det vil si at det bør kunne tilføres en luftmengde som er vesentlig større enn 7 l/s og person for å fjerne varmeoverskudd om sommeren.

Tabell 3. Noen aktuelle produkter. Det gjøres oppmerksom på at det finnes flere produkter enn det som er nevnt i tabellen her.

Produkt	Virkemåte	Pris inkl mva Ferdig montert	Maksimal luftmengde pr apparat	Egenstøy fra apparat, målt i rom	Demping av utendørs støy gjennom apparat dersom dette gir lydgjennomgang i yttervegg	Grovt anslag over levetid og vedlikeholdsbehov
Fresh 80 dB	Ventil i yttervegg med støydemping og filter	Fra kr 5 – 600 pr ventil pluss montering	7 l/s gir 16 Pa trykkfall. For rom med to personer må to ventiler benyttes	Tilnærmet støyfri ved lav luftmengde	43 til 50 avh av veggtykkelse	Meget lang, filter må skiftes
Fresh 100 dB	Ventil i yttervegg med støydemping og filter	Fra kr 5 – 600 pr ventil pluss montering	7 l/s gir 6 Pa trykkfall, (14 l/s ved 24 Pa trykkfall over ventilen, helst bør to ventiler benyttes for denn eluftmengden)	Tilnærmet støyfri ved lav luftmengde	39 til 42 avh av veggtykkelse	Meget lang, filter må skiftes
Takmontert avtrekk (VILPE-vent eller tilsvarende)	Gir undertrykk i huset ved å trekke ut luft fra våtrom og ev kjøkken	kr 4000 pluss montering og kanalføring	Kan f eks brukes i kombinasjon med Fresh ytterveggsventil eller tilsvarende, se kap. 6.1			
Overstrømnings-ventil fra soverom	Sørger for at luft kan strømme fra soverom til korridor/bad			Støyfri		

SIEGENIA Aerolife Forhandles av Fresh Norge	Ventil i yttervegg med støydemping, varmegjenvinning, filter og vifte	kr 7500 pluss montering		23 dBA ved 8.3 l/s 32 dBA ved 12.5 l/s	$D_{n,w} = 52 \text{ dB}$	Erfaring mangler
SIEGENIA Aerovital Forhandles av Fresh Norge	Samme som over, men med pollenfilter og mer avansert styring	kr 9500 pluss montering		19 dBA ved 4.1 l/s 30 dBA ved 10.2 l/s 38 dBA ved 15 l/s	$D_{n,w} = 52 \text{ dB}$	Erfaring mangler
Miljø-entilen	Ventil i yttervegg med støydemping, varmegjenvinning, filter og vifte. Luft blåses vekselvis ut og inn ved at viften snur.	kr 9000 pluss montering		Målt i boliger. Trinn 1; ca 6 l/s: 27 dBA Trinn 2, ca 12 l/s: 34 dBA Trinn 3, ca 22 l/s: 37 dBA		Erfaring mangler

Enervent	Balansert ventilasjon med kammer-gjenvinner	Priser fra kr 35 000 (nytt hus) Tillegg for hulltaking og innkassing i eksisterende hus : kr 5 000 – 60 000	Flere størrelser	Avhenger av valg av lydfeller	Plasseres på fasade med lavt støynivå	Filter må skiftes jevnlig. Levetid for selve aggregatene bør være minst 25 år.
Beam	Balansert ventilasjon med plate-gjenvinner					
Villavent	Balansert ventilasjon med konv. plategjenvinner, og plategjenvinner med forbedret virkn.grad					
Flexit	Balansert ventilasjon med plate-gjenvinner eller roterende gjenvinner					

## 6.1 MEKANISK AVTREKK I KOMBINASJON MED TILLUFTVENTIL I FASADE

En relativt enkel løsning for boliger hvor man ikke ønsker å gjøre tiltak med ventilasjonen i hele huset kan være som følger: I rom hvor det er gjort støyreduserende tiltak monteres en enkel, støydempet ventil av type Fresh eller tilsvarende i den yttervegg hvor støy- og forurensningsbelastning er lavest. Avtrekk besørges av avtrekksvifte som kan monteres på yttertak. Denne forbindes med kanaler til tiltaksrommene og våtrom. Luftmengden fra rommene innreguleres ved hjelp av spjeld og ventiler slik at våtrom får undertrykk i forhold til tiltaksrom. Avtrekksviften bør ha trinnregulering slik at ventilasjonen kan forseres ved behov. Kanaler må isoleres på kalde loft slik at kondens innvendig i disse forhindres.

Et spørsmål med denne løsningen er hva som skjer dersom ventilen i yttervegg stenges i et tiltaksrom? Rommet vil da få økt tilførsel av luft fra gang og naborom pluss mer infiltrasjon gjennom yttervegger. Dersom våtrommet er et naborom og har dårlig tetthet kan det trekkes inn noe luft fra dette.

Ulempen med løsningen er at det kun kan tilføres uteluft uten oppvarmning. Det kan derfor bli trekk om vinteren. Stenges ventilene helt kan dermed luftkvaliteten bli redusert.

Denne løsningen må planlegges og innreguleres av kompetent fagperson.

## 7 RANGERING AV LØSNINGENES EGNETHET FOR ULIKE BYGNINGS- OG ROMTYPER

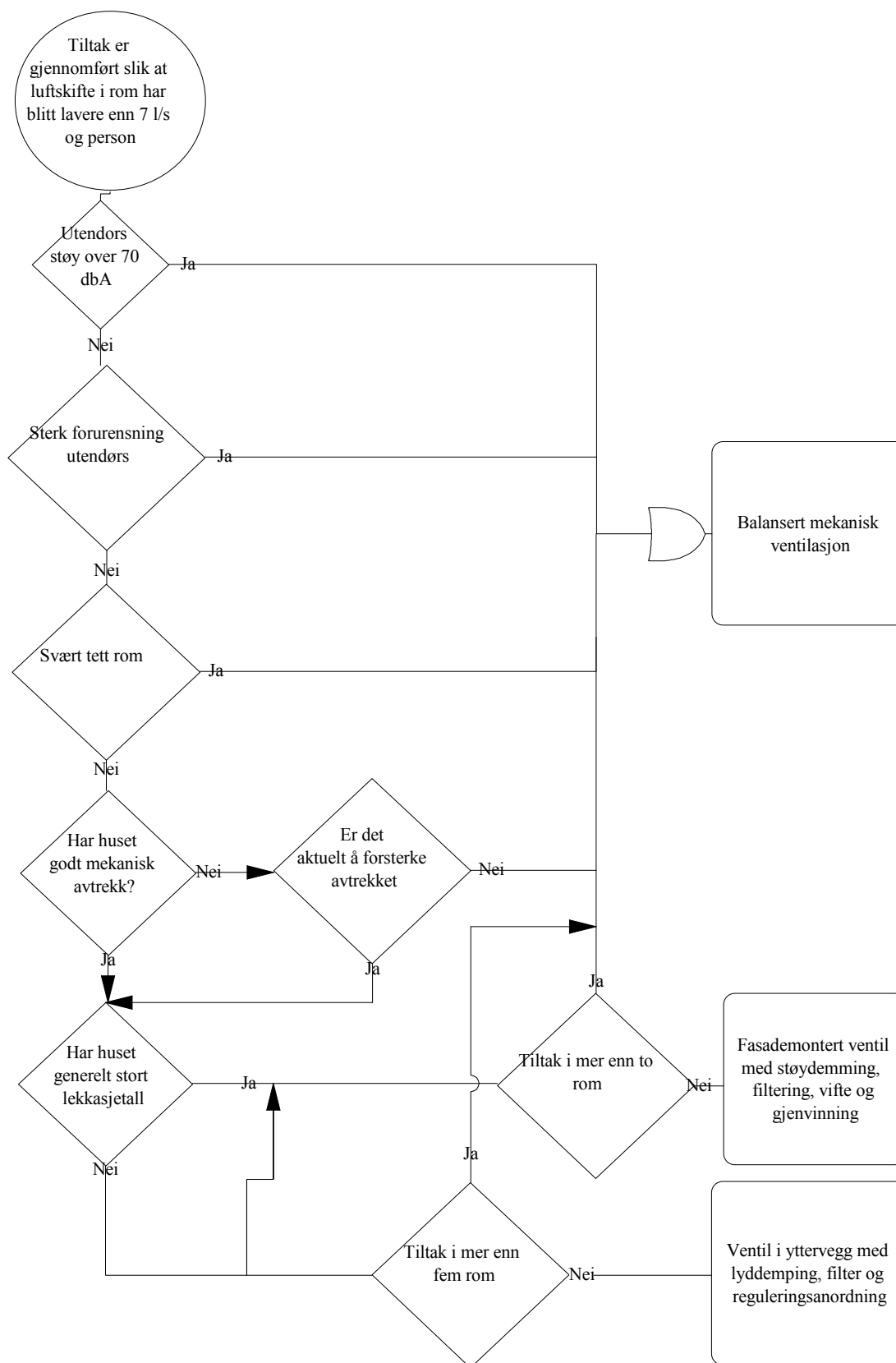
Rangering av løsningenes egnethet for ulike bygnings- og romtyper ut fra følgende kriterier:

- Kostnader
- Luftkvalitet/ventilasjon
- Demping av utendørs støy
- Egenprodusert støy
- Trekk
- Temperaturkontroll

Ved vurdering av kostnader som knytter seg til de enkelte ventilasjonsløsninger, vil følgende inngå:

1. Planlegging. Herunder kostnader til arkitekt/ingeniør for tilpasning og utførelse av ventilasjonstekniske beregninger (mest aktuelt for balansert ventilasjon, men kan også være aktuelt for andre løsninger). Priser for slikt arbeid innhentes fra firmaer.
2. Maler- og snekkerarbeid. Dette må forutsettes for alle rom hvor det fremføres kanaler. Snekkerarbeid må også medtas for innsetting av ventiler i vegg (for alle typer ventilasjon). For aggregater med plategjenvinner vil det oppstå kondens som må dreneres. Husk kostnad for dette, spesielt om aggregatet plasseres på loft. Priser innhentes fra firmaer i bransjene.
3. Innkjøpskostnader og montering av selve ventilasjonsanlegget. For mekanisk og naturlig ventilasjon (Miljø- og Fresch-ventiler eller tilsvarende) forutsettes montering utført av snekker. Priser innhentes fra leverandører.

Figuren på neste side viser prinsipiell gang i valg av løsning.



Figur 3. Valg av ventilasjonsløsning.

## 7.1 ENERGIBRUK TIL VENTILASJON AV ENKELTROM

Et grovt overslag over energibruk til ventilasjon av rom som holder ca 20 °C viser at:

- Et rom på 10 m<sup>2</sup> med 0.5 luftskifter per time hele døgnet bruker om lag 310 kWh per år til oppvarming av ventilasjonsluft dersom det ligger i Kristiansand.
- Et rom som ventileres hele døgnet med 7 l/s bruker om lag 650 kW/h per år. Dersom ventilasjonen brukes 12 timer i døgnet halveres dette. Har ventilasjonen en varmegjenvinner med 50% virkningsgrad halveres forbruket en gang til slik at årlig forbruk blir 162 kWh/år.
- Et rom på Røros vil bruke om lag 75% mer enn dette.

Energikostnadene til ventilerings av enkeltrom er altså relativt små og kan isolert økonomisk sett ikke forsvare investering i mer avanserte løsninger.



## 8 AKTUELLE SPØRSMÅL MED SVAR

Hensikten med spørsmålene er å kunne gi greie svar på spørsmål som ofte blir stilt i forbindelse med vurdering av tiltak. Spørsmålene er utarbeidet av Vegvesenet.

### 8.1 NATURLIG VENTILASJON:

1. *Vil støydempende ventiler (en eller flere i samme rom) av typen Fresh 80, Fresh 90 eller tilsvarende kunne gi tilfredsstillende ventilasjon forutsatt at kvaliteten på uteluften er OK ?*  
Tilfredsstillende luftutskifting forutsetter at den naturlige oppdriften, (ofte kalt ”skorsteins-effekten”), eller vind er sterk nok til å drive ventilasjonen. Om sommeren er oppdriften ikke til stede, da er det eneste alternativet er da åpent vindu eller eventuelt vind som kan drive luften gjennom ventilen.
2. *Hvilke svakheter har eventuelt slike ventiler i forhold til utskifting av luft?*  
Det er ingen oppvarming av luften i ventilen, så ved lave utetemperaturer kan det bli trekk i rommet. Det finnes ventiler som kan plasseres bak panelovn/konvektor som kan gi en viss oppvarming av luften før den strømmer inn i rommet. På grunn av frostfare bør denne løsningen ikke brukes i forbindelse med radiatorer med vannbåren varme.
3. *Vil temperatursvingninger ute/inne ha betydning for effekten av slike ventiler?*  
Ja. De drivkreftene vi har for naturlig ventilasjon er oppdriftskrefter ”skorsteineffekt” og vind. I stille vær er det kun oppdriftskraften som virker, i stille vær om sommeren har vi ingen driftkraft for ventilasjonen.
4. *Hvor stor er utskiftingen av luft gjennom et åpent vindu?*  
Dette varierer mye med uteforholdene. Med vertikal vindusåpning skal imidlertid temperaturdifferensen mellom ute og inne ikke være særlig stor før luftutskiftingen i rommet blir betydelig.

### 8.2 MEKANISK (BALANSERT) VENTILASJON:

1. *Er Miljøventilen å betrakte som mekanisk balansert ventilasjon eller bare mekanisk ventilasjon for et enkeltrom?*  
Miljøventilen blåser inn og suger ut like mye luft ved hjelp av en vifte. I såkalt tvillingmontasje med to Miljøventiler i lokalet skjer innblåsing og utsugning samtidig. Dette er å betrakte som mekanisk balansert ventilasjon. Har man kun en Miljøventil vil man få trykkvariasjoner i rommet og luften presset ut/suges inn gjennom utettheter og åpninger. Dette er vel mest å betrakte som mekanisk ventilasjon (ikke ”mekanisk balansert”)
2. *Vil Miljøventilen eller tilsvarende kunne tilfredsstille kravene til støynivå fra ventilasjonsutstyr?*  
Ved den minste luftmengden, dvs trinn 1, som er aktuell for et rom hvor det kun oppholder seg en person er støyen tilfredsstillende. For en luftmengde på 14 liter per sekund så ligger det vel på grensen av det akseptable dersom man benytter tvillingmontasje.
3. *Dersom det forutsettes at 1 –3 fasader av en bolig forblir som før, vil da Miljøventilen eller tilsvarende kunne:*
  - a) *tilfredsstille kravet om tilfredsstillende ventilasjon i de rom der den settes inn?*

- b) *tilfredsstille byggforskriftenes krav til innendørs luftkvalitet forutsatt at uteluften ikke er tilfredsstillende?*
  - c) *tilfredsstille byggforskriftenes krav til innendørs luftkvalitetkravet forutsatt at uteluften er tilfredsstillende?*
    - a) Luftmengdekravet er 7 l/s per person. Målinger som er utført viser at miljøventilen kan klare dette kravet for rom med en person uten at det blir for mye støy. I rom for to personer dvs med 14 l/s blir egenstøyen fra Miljøventilen ca 31 dBA. Mange vil oppleve at dette støynivået ikke er tilfredsstillende
    - b) Hvis vi med dette mener at partikkelinnholdet er for høyt på den fasaden som luftinntaket plasseres, så vil Miljøventilen kunne gi god nok filtrering. Filteret vil fort tettes til slik at filterbyttekostnaden blir høy. Miljøventilen kan ikke fjerne gasser og lukt. Det vil i slike tilfeller være en bedre løsning å plassere luftinntaket ved en renere fasade.
    - c) Ja
4. *Vil eier som tar i mot slike løsninger bli påført økte strømudgifter av betydning til oppvarming og drift av anlegget?*  
Dersom ventilen kjøres kun når rommet er i bruk vil elkostnaden for ligge rundt 100 kr per år for trinn en og 200 kr per år på trinn to.
5. *Vil montering av slikt utstyr i f.eks. et soverom medføre fare for ukontrollerte luftstrømmer i boligen med fare for råteskader, fuktdannelser etc.?*  
Ja, dersom det ikke benyttes såkalt tvillingmontasje med to ventiler vil det kunne være risiko for fuktskader i veggene i det rommet hvor ventilen er plassert.

### **8.3 BALANSERT VENTILASJON (FULLT ANLEGG MED KANALER OG LUFTINNTAK PÅ ANNEN FASADE):**

1. *Er dette bare en mer altomfattende utgave av balansert mekanisk ventilasjon siden også dette anlegget drives av vifter og har varmeveksler ?*  
Ja
2. *Må alle husets fasader utbedres dersom det skal installeres balansert ventilasjon?*  
Nei, se neste punkt
3. *Vil et balansert ventilasjonssystem kunne fungere etter hensikten dersom 1-3 fasader fortsatt er som før med åpne ventiler, spalteventiler i vinduene og at det luftes med vinduene ?*  
Det vil fungere, men til kunne sies å være unødvendig i de rommene som fra før hadde tilfredsstillende luftkvalitet eller hvor beboeren fortsetter å lufte med åpent vindu hele året. Her vil den balanserte ventilasjonen føre til økt energibruk.
4. *Vil det være forbundet med vanskeligheter å kunne dimensjonere og etablere et godt og sikkert styringssystem for balansert ventilasjon dersom ikke hele boligen tas?*  
Dersom man er sikker på at ventilasjonen er helt balansert så kan man godt installere balansert ventilasjon (nøytralt trykk eller undertrykk i forhold til omliggende rom) i kun ett rom.

For det vi normalt mener med balansert mekanisk ventilasjon for boliger så forutsettes det at avtrekk skjer fra vaskerom, bad, WC og kjøkken. Dersom vi forutsetter at disse rommene

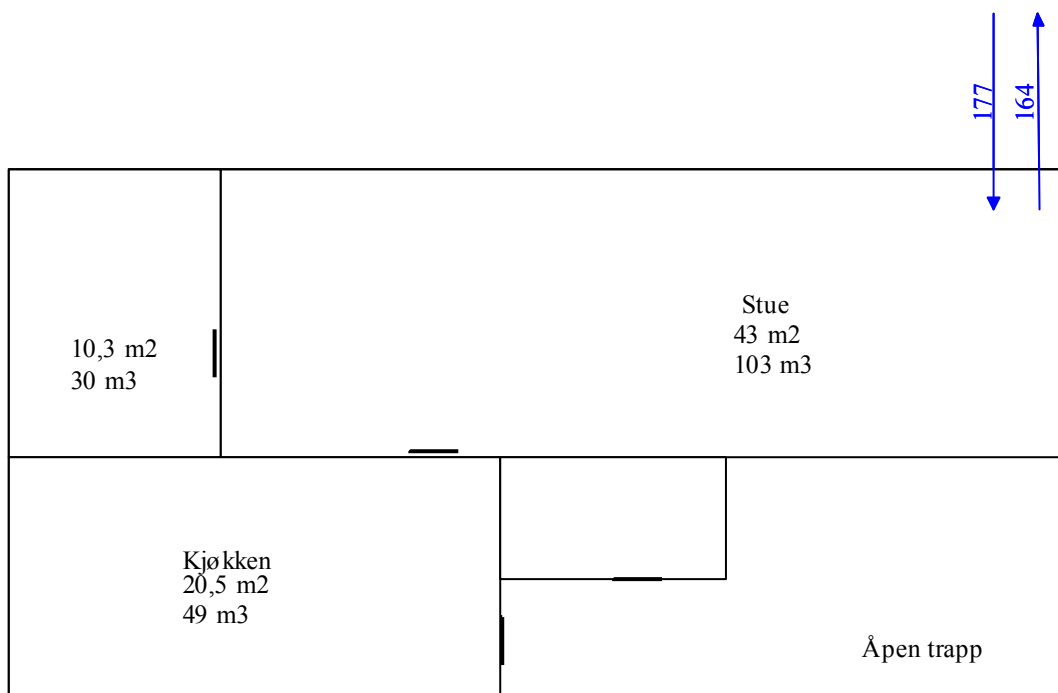
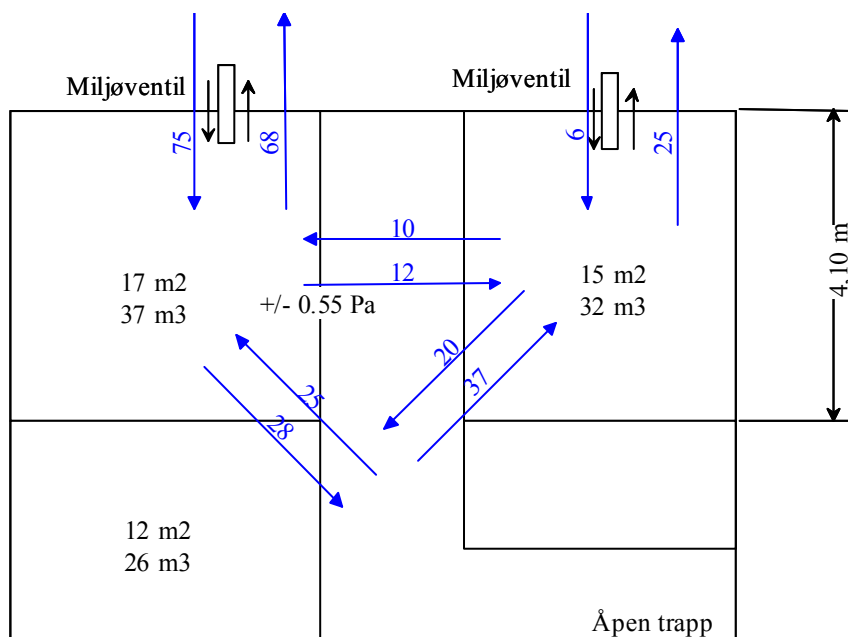
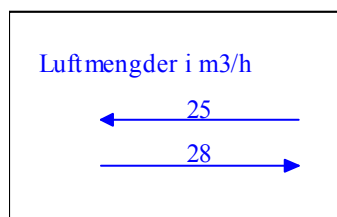
omfattes av tiltaket, så vil det være mulig å ventilere kun deler av boligen. Men da er det vel i en vanlig bolig ikke mange rom igjen som ikke omfattes av tiltaket?

5. *Dersom svaret på spørsmålet over er ja, har det da noen hensikt å installere slikt anlegg?*  
Se punktet foran.
6. *Vil feildimensjonering av slikt utstyr i en bolig kunne medføre fare for ukontrollerte luftstrømmer i boligen med fare for råteskader etc?*  
Ja, dersom tilluft er større enn avtrukket mengde, så vil det kunne oppstå slike skader fordi fuktig romluft presses ut i ytterveggene.
7. *Hvilke vedlikeholdsfordeler/ulempes har et balansert ventilasjonsanlegg?*  
Fordeler er at filtre som skal skiftes er plassert på samme sted. Anlegget styres også fra ett sted. Ulemper er at filtre må skiftes, det må sjekkes at kanaler ikke tilsmusses innvendig og det må jevnlig kontrolleres at skader og slitasje ikke har oppstått på sentrale komponenter.
8. *Vil et balansert ventilasjonsanlegg gi eier økte strømudgifter, og eventuelt hvor mye pr. år.?*  
Dersom ventilasjonsluftmengden kommer i tillegg til ventilasjon som allerede er der så vil fyringsutgiftene øke. Dersom den balanserte ventilasjonen kun erstatter tidligere ventilasjon så kan fyringsutgiftene gå ned fordi balansert ventilasjon har gjenvinning. I praksis så vil det nok for hus hvor kun vinduer i en fasade skiftes bety at huseier får en ekstra utgift til oppvarming av ventilasjonsluft.
9. *Vil balansert ventilasjon gi tilfredsstillende ventilasjon uansett?*  
Balansert ventilasjon vil alltid kunne oppfylle forskriftskrav til ventilasjonsluftmengder. Negative forhold kan være viftestøy og for dårlig mulighet til brukertilpasset temperatur.
10. *Vil balansert ventilasjon gi bedre luftkvalitet og ventilasjon enn f.eks Miljøventilen i de rom hvor kravet til utbedring er utløst på grunn av støynivået?*  
Dersom luftmengden er den samme og utendørs luftkvalitet er lik, så vil luftkvaliteten bli lik.
11. *Vil balansert ventilasjon kreve detaljberegninger for å dimensjonere anlegget. Hvem må utføre slikt arbeid, og hva koster det ?*  
Leverandøren vil kunne plukke ut et anlegg for enkle bygg. For større boligkomplekser med komplisert kanalføring bør en prosjekterende ingeniør benyttes.

## VEDLEGG A, MÅLTE LUFTSTRØMMER I HUS MED MILJØVENTILEN

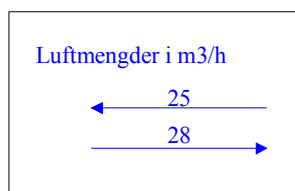
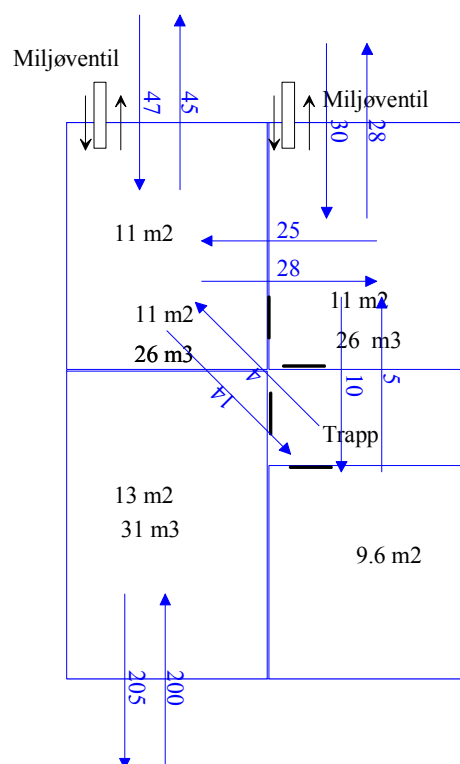
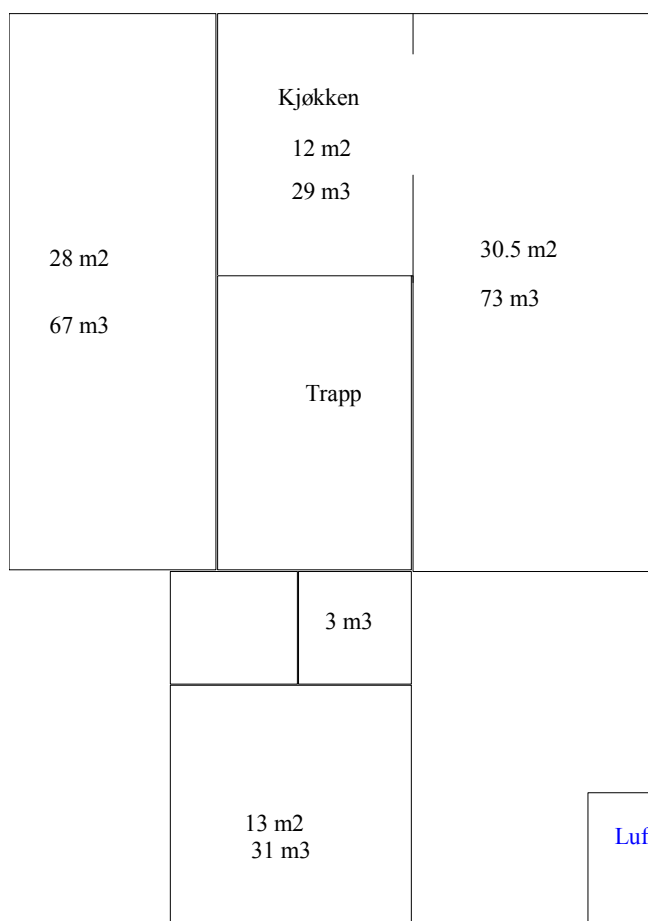
### Hus A

2. etasje  
(1. sal)

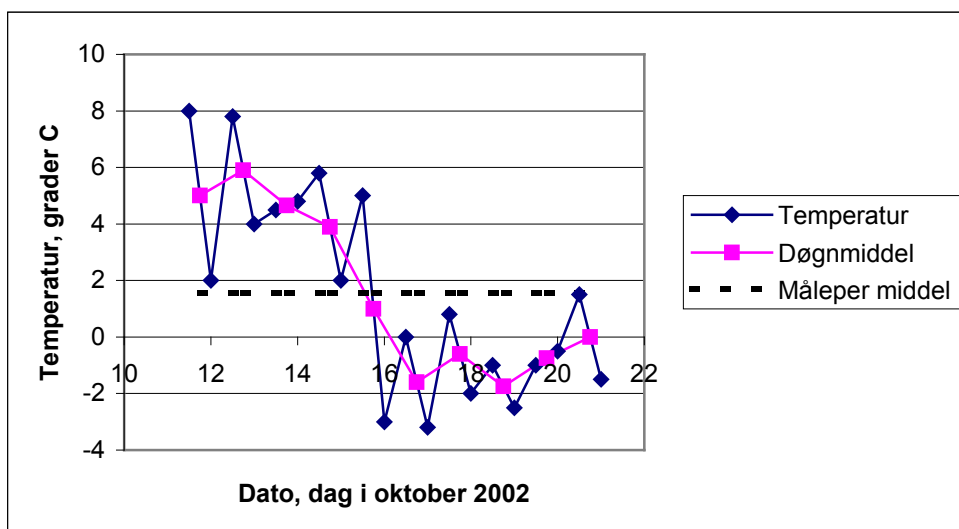
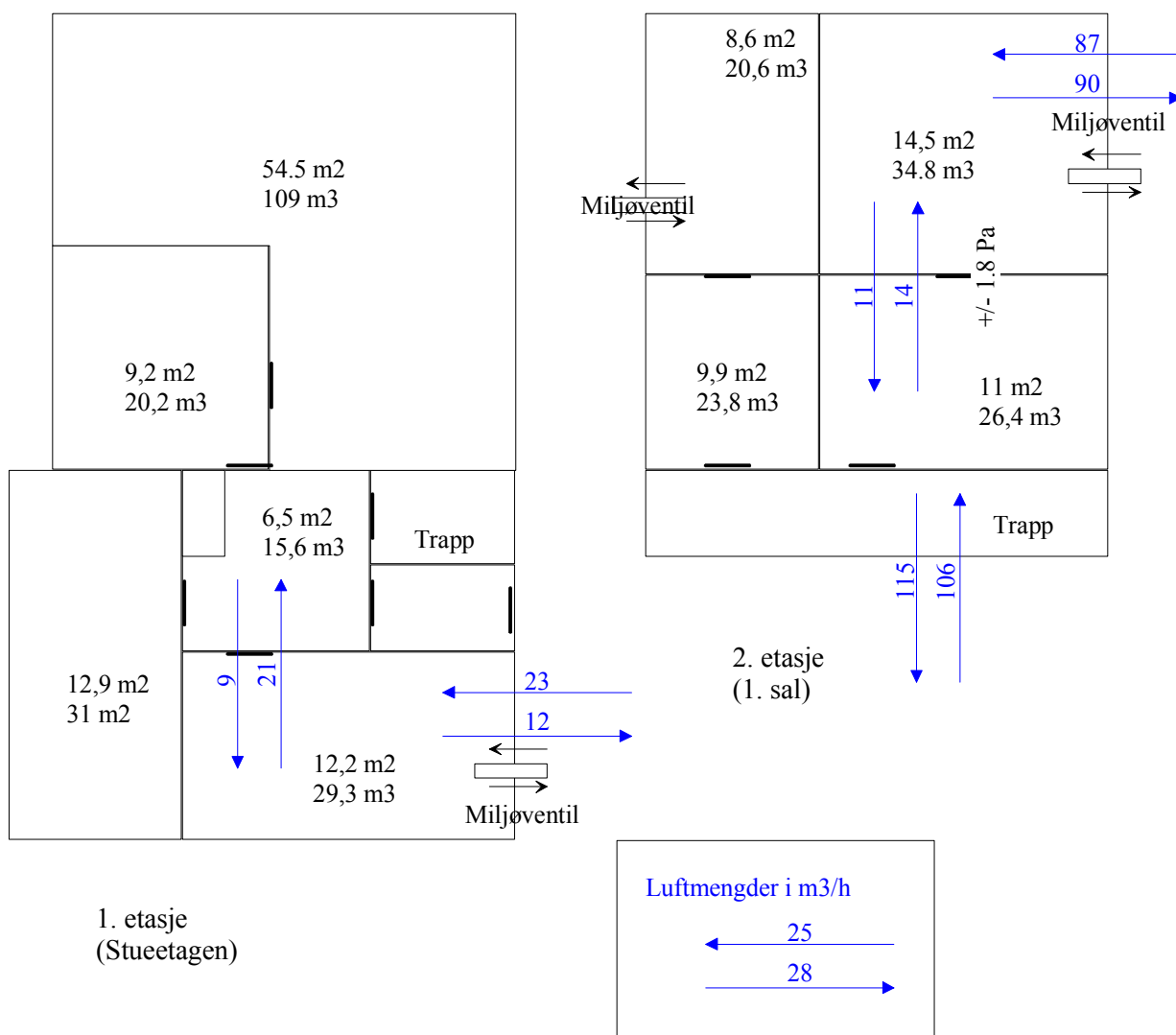


1. etasje  
(Stueetagen)

## Hus B



## Hus C



Figur 4. Utetemperatur i måleperioden

Nedenfor følger måleresultater fra de tre husene. Målingen foregikk over 10 dager og representerer gjennomsnittet av situasjonen i denne perioden. Analyse av adsorbere er gjort Statens Byggeforskningsintitut i Danmark.

Enclosure 1, page 1 of 1  
Report No. L17

## PFT-measurement

Building	: SINTEF, hus A.	Date:	29.10.02
Project	: L17		
Emitter file:	SINTEFA.EMT	Start:	11.10.02 at 16:00
Input file	: SINTEFA.CAT	End:	21.10.02 at 08:00
		GC analysis:	24.10.02
		# Hours:	232.0

## Results

Building Infiltration Rate: 257.1 m<sup>3</sup>/h, (31.0) [12%]  
Building Exchange Rate : 0.93 ACH (0.11)

Zone	Infiltration			Exfiltration			Total Flow		
	(m <sup>3</sup> /h)	SD	%SD	(m <sup>3</sup> /h)	SD	%SD	(m <sup>3</sup> /h)	SD	%SD
1	74.4	12.7	[17]	68.2	24.9	[36]	107.7	17.2	[16]
2	5.8	7.4	[126]	25.0	29.8	[119]	54.2	13.0	[24]
3	176.8	36.9	[21]	163.8	39.3	[24]	225.0	48.8	[22]

Interzone flow				Interzone flow			
Zone	(m <sup>3</sup> /h)	SD	%SD	Zone	(m <sup>3</sup> /h)	SD	%SD
1 to 2	11.6	5.8	[50]	2 to 1	8.9	5.0	[57]
2 to 3	20.3	39.9	[197]	3 to 2	36.7	12.0	[33]
1 to 3	27.9	28.6	[102]	3 to 1	24.4	7.7	[32]

## GC-analysis

Zone	Sampler id	Measured volume (pl)		
		PMCP	PMCH	PDCH
1	2964	33.3	5.6	11.8
1	3261	33.4	5.3	12.9
2	3290	11.0	56.0	30.2
2	3779	10.2	47.4	33.2
3	3783	10.5	17.5	40.7
3	3319	9.5	14.1	45.4
3	3837	9.7	13.7	48.8
3	3008	2.3	0.1	43.4
3	3568	2.7	0.9	41.5
3	3593	2.4	0.1	42.4
3	3854	2.7	0.2	43.8
3	3907	2.5	0.1	39.0
3	3166	3.4	1.3	40.9
blk	3047/3	10.2	15.3	46.9

Zone	Type	Average Zone Concentration (pl/l)					
		PMCP	%SD	PMCH	%SD	PDCH	%SD
1	PMCP	16.0	[ 0]	2.5	[ 4]	5.4	[ 8]
2	PMCH	5.1	[ 5]	24.0	[13]	13.9	[ 9]
3	PDCH	2.4	[72]	2.5	[154]	18.8	[ 9]

Zone and emitter data				Emission Rates		Reference temp: 25.0 (C)		
Zone	Zoneidentification	volume (m <sup>3</sup> )	Type	Number	Ref. rate (nl/h)	Purity	Temp (C)	Est. rate (nl/h)
1	1-sal	37.0	PMCP	1	2575	1.00	15.0	1616
2	1-sal	32.0	PMCH	1	1710	1.00	17.0	1181
3	1-sal+stueetage	208.0	PDCH	5	4360	1.00	22.0	3804

NOTES: Uncertainty of GC: 10%, uncert. of mixing: 5%, uncert. of adsorbere: 2%, uncert. of emitters: 10%  
Rack factors: PMCP: 0.99; PMCH: 0.90; PDCH: 0.80; Rack factors are not included in measured volumes  
Uncertainty of conc. matrix: 0.180 Uncert. of flow matrix: 0.234 Condition no. of conc. matrix: 1.33

Enclosure 2, page 1 of 1  
Report No. L17

## PFT-measurement

Building : SINTEF, hus B. Date: 29.10.02  
Project :  
Emitter file: SINTEFB.EMT Start: 11.10.02 at 16:00 GC analysis: 24.10.02  
Input file : SINTEFB.CAT End: 21.10.02 at 08:00 # Hours: 232.0

## Results

Building Infiltration Rate: 277.8 m<sup>3</sup>/h, (48.4) [17%]  
Building Exchange Rate : 0.97 ACH (0.17)

Zone	Infiltration			Exfiltration			Total Flow		
	(m <sup>3</sup> /h)	SD	%SD	(m <sup>3</sup> /h)	SD	%SD	(m <sup>3</sup> /h)	SD	%SD
1	30.2	6.8	[22]	27.9	7.1	[25]	40.4	8.5	[21]
2	47.3	7.4	[16]	45.1	8.9	[20]	58.8	8.9	[15]
3	200.2	50.5	[25]	204.7	52.2	[25]	218.9	55.1	[25]

Interzone flow				Interzone flow			
Zone	(m <sup>3</sup> /h)	SD	%SD	Zone	(m <sup>3</sup> /h)	SD	%SD
1 to 2	7.3	2.0	[27]	2 to 1	0.2	0.2	[131]
2 to 3	13.5	4.7	[35]	3 to 2	4.2	1.4	[34]
1 to 3	5.1	2.8	[54]	3 to 1	10.0	3.3	[33]

## GC-analysis

Zone	Sampler id	Measured volume (pl)		
		PMCP	PMCH	PDCH
1	3538	71.7	0.8	10.2
1	3718	88.9	0.7	9.7
2	3162	9.7	37.5	4.1
2	2871	10.7	37.8	4.1
3	2961	3.2	2.4	36.0
3	3590	3.9	3.3	38.3
3	3131	2.6	2.1	45.0
3	3855	2.7	2.1	47.1
3	2988	2.8	2.0	47.3
3	3871	2.7	2.2	46.3
3	3792	2.2	2.3	42.2
3	3330	2.2	2.3	37.7
3	3358	1.3	2.6	29.8
3	3481	1.6	2.2	30.9

Average Zone Concentration (pl/l)							
Zone	Type	PMCP	%SD	PMCH	%SD	PDCH	%SD
1	PMCP	38.4	[15]	0.4	[13]	4.4	[4]
2	PMCH	4.9	[8]	17.5	[0]	1.8	[0]
3	PDCH	1.2	[31]	1.1	[18]	17.6	[20]

Zone and emitter data					Emission Rates		Reference temp: 25.0 (C)	
Zone	Zoneidentification	volume (m <sup>3</sup> )	Type	Number	Ref. rate (nl/h)	Purity	Temp (C)	Est. rate (nl/h)
1	1-sal	26.0	PMCP	1	2575	1.00	14.0	1539
2	1-sal	26.0	PMCH	1	1710	1.00	14.0	1022
3	1-sal+stueetage	234.0	PDCH	5	4360	1.00	22.0	3804

NOTES: Uncertainty of GC: 10%, uncert. of mixing: 5%, uncert. of adsorbers: 2%, uncert. of emitters: 10%  
Rack factors: PMCP: 0.99; PMCH: 0.90; PDCH: 0.80; Rack factors are not included in measured volumes  
Uncertainty of conc. matrix: 0.182 Uncert. of flow matrix: 0.225 Condition no. of conc. matrix: 1.04



Enclosure 3, page 1 of 1  
Report No. L17

## PFT-measurement

Building : SINTEF, hus C. Date: 29.10.02  
Project : L17  
Emitter file: SINTEFC.EMT Start: 11.10.02 at 16:00 GC analysis: 24.10.02  
Input file : SINTEFC.CAT End: 21.10.02 at 08:00 # Hours: 232.0

## Results

Building Infiltration Rate: 216.5 m<sup>3</sup>/h, (33.3) [15%]  
Building Exchange Rate : 0.73 ACH (0.11)

Zone	Infiltration			Exfiltration			Total Flow		
	(m <sup>3</sup> /h)	SD	%SD	(m <sup>3</sup> /h)	SD	%SD	(m <sup>3</sup> /h)	SD	%SD
1	23.0	4.2	[18]	12.1	15.1	[125]	32.9	5.2	[16]
2	87.8	14.3	[16]	89.6	15.3	[17]	101.6	16.0	[16]
3	105.8	36.0	[34]	114.9	38.0	[33]	137.7	44.6	[32]

Interzone flow				Interzone flow			
Zone	(m <sup>3</sup> /h)	SD	%SD	Zone	(m <sup>3</sup> /h)	SD	%SD
1 to 2	-0.5	1.8	[-361]	2 to 1	1.4	0.4	[32]
2 to 3	10.6	4.1	[38]	3 to 2	14.3	5.2	[37]
1 to 3	21.3	17.7	[83]	3 to 1	8.6	3.1	[37]

## GC-analysis

Zone	Sampler id	Measured volume (pl)		
		PMCP	PMCH	PDCH
1	2876	139.7	1.5	15.4
1	3222	144.6	1.5	15.0
2	2825	2.3	22.1	7.7
2	3828	2.5	23.9	8.2
3	2912	5.8	1.7	43.1
3	2878	5.5	2.0	43.1
3	3236	19.5	1.8	73.4
3	3347	18.5	2.0	71.9
3	3404	18.6	2.2	63.7
3	3479	17.8	2.2	63.9
3	3381	45.0	2.1	49.2
3	3426	46.7	2.0	49.8
blk	3355/3	6.8	17.6	31.6
blk	3501/3	6.3	16.3	35.3

Average Zone Concentration (pl/l)							
Zone	Type	PMCP	%SD	PMCH	%SD	PDCH	%SD
1	PMCP	68.0	[ 2]	0.7	[ 2]	6.7	[ 2]
2	PMCH	1.1	[ 3]	10.7	[ 6]	3.5	[ 5]
3	PDCH	10.6	[71]	0.9	[ 9]	25.1	[27]

Zone and emitter data					Emission Rates		Reference temp: 25.0 (C)	
Zone	Zoneidentification	volume (m <sup>3</sup> )	Type	Number	Ref. rate (nl/h)	Purity	Temp (C)	Est. rate (nl/h)
1	stueetage	29.3	PMCP	1	2575	1.00	21.0	2145
2	1-sal	34.8	PMCH	1	1710	1.00	15.0	1073
3	1-sal+stueetage	231.0	PDCH	6	5232	1.00	15.0	3283

NOTES: Uncertainty of GC: 10%, uncert. of mixing: 5%, uncert. of adsorbers: 2%, uncert. of emitters: 10%  
Rack factors: PMCP: 0.99; PMCH: 0.90; PDCH: 0.80; Rack factors are not included in measured volumes  
Uncertainty of conc. matrix: 0.177 Uncert. of flow matrix: 0.246 Condition no. of conc. matrix: 1.08

**SINTEF Energi AS**  
SINTEF Energy Research

No-7465 Trondheim  
Telephone: + 47 73 59 72 00  
[energy.research@sintef.no](mailto:energy.research@sintef.no)  
[www.sintef.no/energy](http://www.sintef.no/energy)