

0 Generelt

01 Innhold

Dette bladet omhandler et eksempel på et ventilasjonssystem med kulvert for føring av tilluft i skoler. Systemet er basert på balansert ventilasjon med svært lavt trykfall, og er utformet for å utnytte naturlige drivkrefter. Slike systemer betegnes ofte som hybrid ventilasjon. Bladet drøfter erfaringer og viktige fordeler og ulemper. Videre gir det konkrete dimensjoneringskriterier for blant annet lufthastigheter, trykfall og arealer, med særlig vekt på egenskapene til kulverten og utformingen av den.

02 Målgruppe

Bladet er i første rekke myntet på beslutningstakere og premissgivere i byggeprosjekter, VVS-rådgivere og ventilasjonsentreprenører, men bør også være av interesse for driftspersonell.

03 Begreper

- 031 *Kulvert* er et nedgravd rør eller en underjordisk betongkorridor som forbinder luftinntak og vertikale sjakter opp til ventilerte soner.
- 032 *Kulvertventilasjon* er et samlebegrep som omfatter alle ventilasjonssystemer som utnytter en kulvert på kjellerplan for klimatisering og eventuell filtrering av tillufta.
- 033 *Ren mekanisk ventilasjon* betyr transport av ventilasjonsluft utelukkende basert på drivtrykk fra vifter.
- 034 *Ren naturlig ventilasjon* betyr transport av ventilasjonsluft utelukkende basert på naturlige drivkrefter forårsaket av temperaturforskjeller og vind.
- 035 *Hybrid ventilasjon* innebærer at man bevisst utnytter en kombinasjon av mekanisk og naturlig ventilasjon. I perioder med lite naturlige drivkrefter bruker man vifter for å sikre tilstrekkelige ventilasjonsluftmengder.
- 036 *Termisk masse*. Bygningmaterialet med stor varmelagringssevne pr. volumenhet
- 037 *Passiv kjøling*. Bevisst utnyttelse av blant annet termisk masse for kjøling av bygget

04 Henvisninger

- Plan- og bygningsloven (pbl)
Teknisk forskrift til pbl (TEK) med veiledning
Planløsning:
- 379.310 Plassbehov og plassering av tekniske rom for ventilasjonsanlegg
 - 379.320 Plassbehov for føringsveier til tekniske installasjoner
- Byggdetaljer:
- 520.375 Mekanisk røykventilasjon
 - 520.706 Radon. Bygningstekniske tiltak

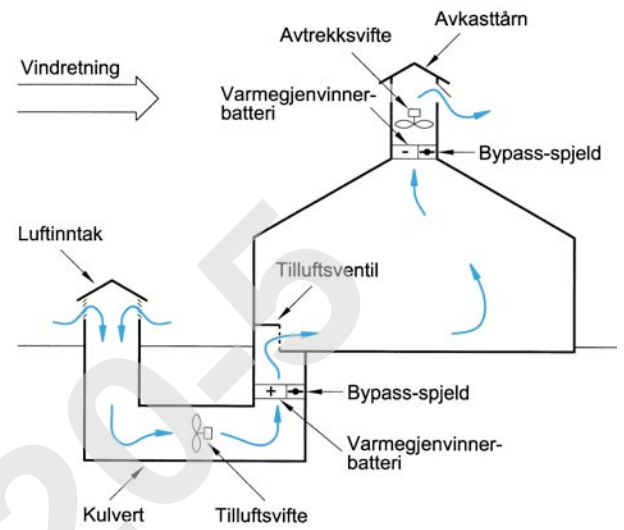


Fig. 11
Skjematisk skisse av et bygg med hybrid ventilasjon og kulvert med mekanisk forvarming

- 552.302 Naturlig og mekanisk avtrekksventilasjon i småhus
- 552.308 Viftestøy og energiforbruk til vifter. Del I og II
- 552.311 Ventilasjon og inn klima i skoler
- 552.323 Behovsstyrt regulering av ventilasjon
- 552.335 Prosjektering av energieffektive ventilasjonsanlegg
- 552.340 Varmegjenvinnere i ventilasjonsanlegg. Del I og II
- 552.351 Fordeling av ventilasjonsluft i rom
- 552.352 Dimensjonering av tilluft fra ventilasjonsanlegg
- 552.360 Plassering av friskluftinntak og avkast for å minske forurensning

1 Bakgrunn

11 Generelt

Flere norske skoler er bygd med hybrid ventilasjon med kulvert for føring av tilluft, se fig. 11. Slike ventilasjonssystemer har ulike egenskaper, avhengig av om de har mekanisk forvarming av tillufta eller ikke. I Norge fins det kun skoler med batteri for forvarming av lufta, og dette bladet omhandler bare slike løsninger.

I Sverige fins det en rekke skoler med kulvertventilasjon uten noen form for mekanisk forvarming av tillufta. På kalde dager vil slike løsninger i praksis ikke kunne tilfredsstille normal tolkning av Forskrift for miljørettet helsevern i skoler og barnehager [921] (som setter en grense på 1 000 ppm CO₂ i oppholdssonen), uten at det blir ubehagelig kaldt.

12 Forutsetninger

Utgangspunktet for konseptet med hybrid ventilasjon og kulvert er å:

- utnytte termisk masse for passiv kjøling
- ha inspeksjons- og renholdsvennlige føringsveier for ventilasjonsluft
- utforme installasjoner og føringsveier for ventilasjonsluft slik at de gir lave trykfall og dermed lavt energiforbruk til viftedrift.

Lave trykfall gir også mulighet til å utnytte naturlige drivkrefter (se pkt. 034), men den økonomiske gevinsten av naturlige drivkrefter er imidlertid liten. Tilgjengelige bidrag fra naturlige drivkrefter i et skolebygg kan bare redusere energibruken til vifter med ca. 1 kWh pr. elev pr. år. Utnyttelse av naturlige drivkrefter er derfor et underordnet mål i forhold til for eksempel godt innemiljø og lave livsløpskostnader (investeringskostnader, energikostnader og andre drifts- og vedlikeholdskostnader).

13 Krav til planlegging

Utforming for lavt trykfall innebærer at føringsveiene for ventilasjonsluft krever stor plass. Romslike føringsveier og bruk av kulvert for føring og fordeling av tilluft kan i stor grad påvirke utnyttelse av tomt og utforming av bygningen. Valg av en slik løsning bør derfor gjøres meget tidlig i planleggingsfasen, før premisser for tomteutnyttelse og bygningsutforming er lagt. Stor tverrfaglig innsats i den første planleggingsfasen er avgjørende for å få et vellykket resultat.

2 Konseptbeskrivelse

21 Hovedelementer

Konseptet består av følgende hovedelementer, se også fig. 11:

- luftinntak
- kulvert med plass til ventilasjonstekniske komponenter som vifter, reguleringsspjeld og eventuelt filter
- varmegjenvinner og eventuelt varmebatteri
- egne tilluftssjakter fra kulvert opp til de ventilerte sonene
- tilluftsorganer i hver ventilerte sone
- egne avtrekk fra hver ventilerte sone og ut av bygningen
- CO₂- og/eller temperatursensorer for behovsstyrt ventilasjon
- bruk av materialer med stor termisk masse i kulvert, tilluftssjakter og ventilerte soner

22 Funksjon og egenskaper

Typisk trekk ved konseptet er:

- Tillufta kan forvarmes i kulverten ved hjelp av en varmeveksler som henter varme fra avtrekkslufta (væskekoblet

varmegjenvinning). Et varmebatteri brukes i tillegg for å sikre at tillufta har ønsket temperatur.

- Stor termisk masse i kulvert og tilluftssjakter kan gi passiv kjøling av tillufta om sommeren.
- Stor eksponert termisk masse i oppholdssonene bidrar til å dempe temperatursvingninger.
- Føringsveiene for ventilasjonsluft, og de ulike ventilasjonskomponentene, er utformet og dimensjonert slik at de gir svært lave trykfall. Aksialvifter på tillufts- og eventuelt avtrekksiden supplerer de naturlige drivkreftene. Systemet kan derfor betraktes som balansert mekanisk ventilasjon med svært lavt trykktap.
- Det er utstrakt bruk av behovsstyring av luftmengde i hvert rom, fortrinnsvis med kombinasjonen CO₂- og temperaturfølere i rom med flere personer, eventuelt persondetektor i mindre rom.
- Det brukes vanligvis fortrenningsventilasjon i rommene for å få høy ventilasjonseffektivitet.

23 Innemiljø

I en brukerundersøkelse som omfattet tolv skoler med ulike ventilasjonssystemer, skilte ikke ventilasjon med kulvert seg ut på områder som termisk komfort, bygningsstøy og inneklimate relaterte symptomer [922]. Oppfattet luftkvalitet var god på skoler som ikke filtrerte utelufta med posefilter.

24 Fordeler

- Dempet temperaturvariasjon i tillufta over døgnet, ved at tillufta utveksler energi med tung masse (betong, murverk)
- Passiv kjøling av tillufta om sommeren, særlig hvis bygningen har nattventilasjon. Riktig dimensjonert kan et slikt konsept tilfredsstille komfortkrav til innendørs temperatur uten mekanisk tilleggskjøling.
- Lavt trykfall i føringsveiene og dermed redusert behov for elektrisk energi til viftedrift (bør optimaliseres ved en samlet vurdering av livsløpskostnader)
- Redusert risiko for funksjonssvikt hvis føringsveiene for tilluft gjøres inspeksjons- og renholdsvennlige, slik at ettersyn og renhold kan gjøres uten avanserte hjelpemidler. I tillegg kan man redusere antall komponenter i luftveien, noe som også reduserer risikoen for funksjonssvikt.
- Ingen horisontale føringer i bruksetasjene. Dermed trenger man ikke nedsenket himling. Det kan utnyttes til større romvolum og mer eksponert termisk masse, som gir bedre innemiljø ved stor person- eller solbelastning.

25 Ulemper

- Konseptet krever stor tverrfaglig innsats i første del av planleggingsfasen.
- Byggets tilpasningsdyktighet i forhold til framtidig bruksendring er avhengig av en ekstrainsats under prosjekteringen. I enkelte tilfeller kan ventilasjonsløsningen gi uheldige begrensninger.
- Det er krevende å få til enkle og gode løsninger i bygg med mange etasjer.
- Konseptet krever bruk av delte gjenvinnerbatterier. Slike batterier har vesentlig dårligere virkningsgrad enn for eksempel roterende gjenvinnere (se Byggdetaljer 552.340).
- Utelukkende bruk av termisk masse for klimatisering kan bety treg temperaturregulering for brukerne.

- En kulvert i grunnen kan påvirke luftkvaliteten negativt dersom man får kondensutfelling på kalde betongvegger og påfølgende mikrobiell vekst.
- Konseptet gir fare for at tillufta blir tilført radongass fra grunnen.

3 Luftinntak

31 Plassering

Riktig plassert og utformet luftinntak og avkast (om avkast, se pkt. 7) kan være avgjørende for å oppnå tilfredsstillende inneklima i en bygning. Luftinntak og luftavkast må plasseres og utformes slik at det er liten risiko for kortslutning mellom tilluft og avtrekk, se Byggetaljer 552.360.

Luftinntaket bør plasseres der lufta er tilfredsstillende eller mest mulig ren, og med tilstrekkelig avstand til bakken slik at snø, løv o.l. ikke trekkes inn i inntaket. God avstand fra bakken vil i tillegg redusere muligheten for hærverk. Det er også et poeng å plassere luftinntaket med god avstand fra pollenspredere som bjørketrær og gras. For å utnytte vindkreftene bør luftinntaket plasseres på byggets loside.

32 Utforming

Luftinntaket må utformes slik at det avskiller snø og regn. Samtidig må det være energieffektivt, det vil si at det gir lavest mulig trykkløst. Avskillingsgraden kan forbedres ved å sette en snøskjerm foran risten, men bruk av rist vil også øke trykkløstet i inntaket. Eventuelt kan man forberede for senere montering av snøskjerm ved å ha festepunkter i inntaksristen. På lite værharde steder kan man velge en løsning som vist på fig. 32, med kombinert inntaks- og avkasttårn.



Fig. 32
Kombinert luftinntak og avkasttårn med værhane. Om avkast, se også pkt. 7. Foto: Byggforsk

Inntaksrister i form av innadslående «blafrespjeld» er montert på alle sider av tårnet. Spjeldene åpner seg på den siden det blåser og lukker seg på motsatt side slik at man i praksis «fanger» vindkreftene, uansett vindretning. Slike løsninger er imidlertid svært sårbare for regn- og snøinntrengning. Man må unngå at utnyttelse av vindkrefter gir økt fuktinntrengning og dermed økt risiko for redusert luftkvalitet.

33 Utfellingskammer

Etter inntaksristen må det være et utfellingskammer der lufta passerer med lav hastighet slik at lett snø og regn felles ut. I praksis vil også en stor andel av polleninnholdet i lufta felles ut her. Utfellingskammeret må være lett å komme til for inspeksjon og renhold. Golvet bør ha et vanntett og renholdsvennlig belegget som trekkes tilstrekkelig langt opp på veggene. Utfellingskammeret bør ha fall mot en grube som samler opp inntrengt fuktighet. Gruben kan tømmes ved behov med en nedsenket pumpe og rør ut til overvannsledning eller sluk, eller ved hjelp av felle og bøtte der man venter små fuktmengder. Permanent sluk med vannlås må tilføres væske jevnlig for ikke å tørke ut.

34 Dimensjonering

Tabell 34 gir retningslinjer for dimensjonering av rister og utfellingskammer.

Tabell 34
Dimensjonering av rister og utfellingskammer

Sted	Maksimal hastigheter (m/s)
Over brutto riståpning	1
I siden av snøskjerm	0,75
I utfellingskammeret	0,5

4 Kulvert

41 Generelt

Kulvert og gjerne også sjakter bygges av materialer med stor termisk masse, for eksempel betong, og med overflater som er lette å holde rene, se pkt. 42 og 43.

Kulverten består normalt av to deler; en inntakskulvert, som går fra eksternt plassert luftinntak fram til bygget, og en fordelingskulvert, som går under bygget, eller som integreres i byggets kjeller (se fig. 11). Fra fordelingskulverten går det vertikale sjakter opp til hver ventilerte oppholdssone. Det er mulig å plassere alle bevegelige reguleringsspjeld i fordelingskulverten for å få en oversiktlig, driftsvennlig løsning med god mulighet for å avdekke eventuell funksjonssvikt på et tidlig tidspunkt. Kulvert mellom luftinntak og bygning øker kulvertens samlede kjøle- og filtreringseffekt, og gir også en viss forvarmingseffekt. I tillegg kan flytting av luftinntaket bort fra bygningskroppen gi bedre luftkvalitet i inntaket. Det kan også være estetiske argumenter for å flytte luftinntaket bort fra bygget.

En kulvert som integreres i kjellerareal eller legges inn til fundamentingsvegger ned til fjell, kan utgjøre en relativt liten tilleggskostnad.

Det er også fullt mulig å lage løsninger uten inntakskulvert. En slik løsning kan ha luftinntak på taket, med en vertikal sjakt ned til en fordelingskulvert under bygget.

42 Inspeksjon og renhold

En velfungerende kulvertløsning forutsetter at man ikke har problemer med vanninntrengning. Når tillufta kjøles ned i kulverten i sommerhalvåret, øker den relative luftfuktigheten og dermed faren for kondens og mikrobiell vekst i kulverten. Man kan redusere risikoen for inneklimaproblemer ved jevnlig inspeksjon og renhold. Kulverten må derfor være gangbar, og kulvertoverflatene bør være lyse slik at kulverten blir enkel og trivelig å inspisere. Kulverten bør videre ha elektriske uttak for støvsuging, eller være tilknyttet sentralstøvsugeranlegg. Kulverten bør i minst mulig grad benyttes til andre installasjoner som begrenser tilgjengelighet og mulighet for effektivt renhold.

43 Overflatebehandling

Det er etter hvert blitt vanlig å behandle kulvertene med hvit silikatmaling, noe som er gunstig med hensyn til støvbinding. Silikatmaling er dessuten relativt diffusjonsåpen slik at betongen kan beholde sin hygroskopiske evne ved eventuell kondensering på betongoverflatene.

44 Brann

Brannteknisk må løsningen ivareta nødvendig sikkerhet mot røyk- og brannspredning. Kulverten må ikke benyttes som lagerrum, og må ikke inneholde brennbare materialer. Viftene kan brukes til røykventilasjon. Se Byggetaljer 520.375.

45 Kjøling

Kulvert og sjakter i mur eller betong vil sammen med eksponerte flater i oppholdssonen utgjøre en betydelig termisk masse som kan utnyttes til å forbedre det termiske miljøet, eller redusere behovet for mekanisk kjøling. Hvis man i varme perioder opprettholder eller forserer luftmengden gjennom kjølige netter, så kan man hver natt samle opp en kuldemengde på 100–200 Wh pr. m² kulvertoverflate. Denne kuldemengden frigjøres til den varmere lufta på dagtid.

46 Dimensjonering

Reningslinjer for dimensjonering av kulvert er vist i tabell 46.

Tabell 46
Dimensjonering av kulverter

Størrelser og hastigheter	Anbefalte verdier
Kulvertoverflate for kjøling	1–2 m ² /elev
Minimumsbredde	0,8 m
Minimumshøyde	2,0 m
Dimensjoneringshastighet	1,0 m/s
Maks. hastighet i utfellingsområdet	0,5 m/s

47 Filtrering av tilluft

471 *Aktiv filtrering* i form av filtervegger er i dag standardkomponenter i ventilasjonsaggregater. Filtervegger har to funksjoner: å beskytte komponentene i ventilasjonsanlegget og å beskytte brukerne mot helseskadelige partikler i uteluft. Filteret må skiftes regelmessig. Brukt posefilter reduserer oppfattet luftkvalitet [923, 924].

472 *Passiv filtrering*. For bygg som ligger i områder med tilfredsstillende ren luft hele året, kan man vurdere passive filtreringsmetoder. For eksempel kan man bygge et romslig kammer like etter luftinntaket, der tillufta passerer med så

lav hastighet at store partikler sedimenteres, for eksempel pollen. Dette kan kombineres med utfelling av snø og regn, se pkt. 33 En slik løsning forutsetter at komponentene i anlegget er robuste i forhold til støv og mindre partikler, og at føringsveiene for ventilasjonsluft er inspeksjons- og renholdsvennlige.

For eksempel inntil trafikkerte veier er utelufta sannsynligvis ikke av tilfredsstillende kvalitet hele året. I slike tilfeller må man benytte aktiv filtrering.

473 *Dimensjonering av filter*. Tabell 473 gir retningslinjer for dimensjonering av aktiv og passiv filtrering.

Tabell 473
Dimensjonering av filter

Filtrerings-prinsipp	Størrelser og tiltak	Anbefalte verdier
Passiv filtrering	Maksimal hastighet i utfellingsområde rett etter luftinntak	0,5 m/s
Aktiv filtrering	Anbefalt maksimalt trykkfall over filtervegg	30 Pa
	Filterskift	Hvert år på ettersommeren (etter pollen-sesongen)

5 Varmegjenvinning

51 Potensial

I Norge stiller man igjennom TEK relativt høye krav til luftveksling i forhold til andre land. Kravet gjelder også på kalde dager. Det betyr at det i kaldt klima, som i Norge, normalt er svært lønnsomt å gjenvinne varme fra avtrekksluft til tilluft. Med batterigjenvinner kan man gjenvinne rundt 45–60 % av varmen i avtrekkslufta.

52 Oppbygning og plassering

Ved hybrid ventilasjon og bruk av kulvert er det sjelden mulig å samle luftstrømmene for tilluft og avtrekk for varmegjenvinning. Derfor må man benytte batterigjenvinner med batteri på avtrekksiden som trekker varme ut av avtrekkslufta, og et røranlegg ned til tilluftssiden hvor varmen overføres tillufta ved hjelp av det andre batteriet.

Har man lave lufthastigheter inn mot gjenvinnerbatteriet, bør batteriet plasseres slik at lufta passerer batteriet oppover for å oppnå en jevn lufthastighet og temperaturfordeling over hele batteriflaten. Hvis dette er vanskelig å få til, bør batteriflatene skråstilles så mye som mulig.

For å unngå unødvendig trykktap over komponentene er det fornuftig å ha et forbigangsspjeld (bypass) slik at luftstrømmen går utenom gjenvinner- og ettervarmebatteri i perioder uten oppvarmingsbehov.

53 Dimensjonering

Tabell 53 gir retningslinjer for dimensjonering av varmegjenvinningsbatteri.

Tabell 53
Dimensjonering av varmegjenvinningsbatteri

Trykkfall og virkningsgrad	Anbefalte verdier
Trykkfall over gjenvinningsbatteri ved antatt gjennomsnittlig luftmengde	20 Pa
Dimensjonerende temperaturvirkningsgrad ved jevn lufthastighet over varmegjenvinningsbatteriet	55 %

6 Lufttilførsel til ventilerte soner

61 Sjakter

Fra kulverten bør det være egne sjakter opp til hver ventilerte sone. Dermed kan man oppnå god fordeling av ventilasjonsluft, og redusere overføring av støy mellom sonene.

62 Fortrengningsventilasjon

For å oppnå lavt trykkfall ved ventilering av soner anbefales fortrenningsventilasjon, med tilførsel av luft ved golvnivå og avtrekk av luft ved himling, se Byggetal 552.351. Lufta må tilføres med så lav hastighet at den ikke bidrar til trekk i oppholdssonen, og med 2–4 °C undertemperatur i forhold til romluft. Tilluftsdonene kan være fabrikkproduserte enheter, eller bygningsintegrerte løsninger tilpasset det enkelte prosjekt. Godt prosjektert fortrenningsventilasjon gir høyere ventilasjonseffektivitet enn omrøringsventilasjon. Et konservativt anslag er at man ved å bruke fortrenningsventilasjon i stedet for omrøring kan redusere luftmengdene med ca. 30 %. Det betyr at man for et klasserom som er i bruk kan redusere luftmengden fra ca. 10 til 7 l/s pr. person, uten at kvaliteten på innåndingslufta blir redusert.

7 Avkast

71 Plassering

Avkast for avtrekksluft må plasseres og utformes slik at man ikke får avtrekksluft inn i luftinntaket (pkt. 31), se Byggetal 552.360.

For å utnytte termiske drivkrefter må avkastet plasseres så høyt som mulig over tak. De termiske drivkreftene er proporsjonale med temperaturforskjell inne og ute, og med høydeforskjell mellom der lufta varmes opp og avkast.

For å utnytte vindkreftene bør man legge avkaståpningen på bygningens leside i forhold til framherskende vindretning, og/eller bruke værhane eller lanternin, se pkt. 72.

72 Avkasttårn

Et avkasttårn fører lufta høyt over tak før den slippes ut. Dette øker den termiske drivhøyden og dermed de termiske drivkreftene. I tillegg reduseres den andelen av bygningsvolumet som har et innvendig overtrykk i forhold til ute, noe som igjen reduserer risikoen for luftlekkasjer og fuktskader på grunn av kondens i yttervegger og tak.

En værhane kan brukes for å rette utløpsåpningen i le av vinden (se fig. 32). En lanternin kan åpnes enten manuelt eller automatisk slik at utløpet kommer i le av vinden, se fig. 72. I perioder med sol vil avtrekkslufta i lanterninen varmes



Fig. 72
Lanterniner som kan åpnes på lesiden i forhold til framherskende vindretning. Foto: Byggforsk

opp og øke ventilasjonen. Store glassflater i forbindelse med lanterniner kan medføre betydelig kaldras og trekk på kalde dager. Lanterniner bør derfor ikke plasseres over sitteplasser.

8 Regulering

81 Luftkvalitet og temperatur

Mange av skolene som er bygd med kulvertventilasjon, har CO₂- eller temperaturstyring av luftmengdene.

En del skoler har begge deler ved at de i utgangspunktet styrer etter CO₂, men med en minimumsbegrenser på temperaturen. Slik regulering har vist seg å fungere bra. Spjeldene åpner når CO₂-føleren måler mer CO₂ enn ønsket. Hvis en sone har for høyt CO₂-nivå med helt åpent spjeld, så må viftepådraget øke inntil alle soner får tilfredsstillende CO₂-nivå.

Behovsstyrt fortrenningsventilasjon med CO₂-sensor i pustesonene kan mer enn halvere luftmengdebehovet i forhold til ventilasjonssystemer uten behovsstyring, se Byggetal 552.323.

82 Passiv kjøling

Bruk av kulvert til passiv kjøling innebærer nattventilasjon, se pkt. 45. Nattventilasjon må bare brukes ved behov og mulighet for kjøling, og må reguleres slik at bygningen ikke blir for kjølig om morgenen. En god og utprøvd reguleringsstrategi er gitt i [922], vedlegg B.

83 Årstidstilpasning

Enkelte har også en årstidstilpasning av luftmengdene, der man tillater et høyere CO₂-nivå i kalde perioder med relativt lav temperatur inne (19–20 °C). Med en slik løsning unngår man perioder med ekstremt lav luftfuktighet i lokalene, samtidig som man reduserer energibehovet. Redusert luftmengde betyr redusert uttynning av gasser og andre stoffer

i lokalet og dermed økt risiko for skadelige konsentrasjoner av gasser/stoffer. Et lokale med bygningstekniske svakheter (kuldebroer, luftlekkasjer) kan få økt risiko for fuktskader ved redusert ventilasjon på kalde dager.

84 Vinduslufting

Uansett ventilasjonskonsept så er det fornuftig å ha vinduer som kan åpnes, slik at brukerne kan forsere ventilasjonen ved behov. En slik forsering blir særlig effektiv der hvor man har åpent avtrekk via sjakt over tak.

9 Referanser

91 Utarbeidelse

Dette bladet er utarbeidet av Mads Mysen og Peter G. Schild. Fagredaktør har vært Lars-Ivar Aarseth. Faglig redigering ble avsluttet i mars 2004.

92 Litteratur

- 921 Veileder til Forskrift om miljørettet helsevern i barnehager og skoler m.v. Statens helsetilsyn, IK-2619. 1998
- 922 Bygningsintegrert ventilasjon – en veileder. Økobygg, 2003. Papirversjon tilgjengelig fra BNL. Elektronisk versjon tilgjengelig fra Norges byggforskningsinstitutt
- 923 Teijonsalo, J.; Pasanen, P. og Seppänen, O. Filters of air supply units as sources of contaminant. Proceedings of Indoor Air. Institute of Heating Ventilating and Air Conditioning, Helsinki University of Technology, Helsinki, 1993
- 924 Strøm-Tejse, P.; Clausen, G. og Toftum, J. Sensory pollution load from a used ventilation filter at different airflow rates. Proceedings of Healthy Buildings. Department of Building, National University of Singapore, Singapore, 2003