Arkiveksemplar Utg¬tt 2006-1

0 Generelt

01 Innhold

Dette bladet behandler termisk røykventilasjon, dvs. røykventilasjon basert på naturlig oppdrift hvor branngasser ventileres ut via luker, overlyskupler, vinduer eller røyksjakt. Bladet omtaler både utførelse og dimensjonering.

God røykventilasjon er viktig med hensyn til brannsikring av bygninger. Målgruppe for bladet er planleggere, prosjekterende og myndigheter.

Røykventilasjonen kan også være mekanisk, dvs. at utluftingen skjer ved hjelp av kanaler og vifter. Dette er behandlet i Byggdetaljer 520.375.

02 Lover, forskrifter, vedtekter og retningslinjer

Bestemmelser om røykventilasjon fins i plan- og bygningsloven og byggeforskriften med veiledning. Retningslinjer for dimensjonering av røykventilasjon er gitt i Veiledning for dimensjonering av termisk og mekanisk røykventilasjon (Melding HO-5/1989) og Veiledning for brannvern av bygninger med overbygde gårder eller gater (Melding H-1/88), begge utgitt av Statens bygningstekniske etat. Røykventilasjon kan utføres i samsvar med disse veiledningene, men det anbefales å benytte den strategi og dimensjoneringsmetode som er vist i dette bladet.

Vi viser for øvrig til brosjyrer m.v. fra produsenter og leverandører av røykventilasjonsmateriell. Opplysninger kan videre fås ved henvendelse til Norsk Brannvern Forening, Oslo, som også har publikasjoner om forebyggende brannvern – og brannvernfilmer til utlån.

Bygningsmyndighetene i de enkelte kommunene kan i spesielle tilfeller stille krav utover det som følger av de konkrete tekniske bestemmelsene i lover, forskrifter og vedtekter.

03 Krav om godkjenning

Før installering av anlegg for termisk røykventilasjon, må arbeidet meldes til de kommunale bygningsmyndighetene. Meldingen må gjøre rede for type konstruksjon, størrelse, antall røykluker og friskluftåpninger og plassering av dem. Godkjenning må innhentes for hvert enkelt tilfelle.

04 Henvisninger

Byggeforskriften med veiledning
Melding HO-5/1989 fra Statens bygningstekniske etat. Veiledning for dimensjonering av termisk og mekanisk røykventilasjon
Melding H-1/88 fra Statens bygningstekniske etat. Veiledning for brannvern av bygninger med overbygde gårder eller gater

Byggdetaljer:
520.375 Mekanisk røykventilasjon
520.380 Trykksetting av trapperom ved brann
525.775 Overlys med kupler av plast

1 Røykventilasjon

Røykventilasjonen skal under brann hindre at bygningen blir raskt overtent og at rømningsveiene blir fylt med røyk. Videre skal den lette atkomsten og arbeidet for slokkemannskapet og redusere skadevirkningene fra ild og røyk på bygningskonstruksjoner, innredninger og inventar.

11 Behov for røykventilasjon

Dersom det oppstår brann i en bygning uten røykventilasjon, vil lokalet der brannen oppstår raskt bli fylt med røyk og varme og giftige branngasser. Sikten blir redusert og fort så dårlig at det blir umulig å orientere seg. Branngasser som ikke ventileres bort, kan antennes og spre brannen eksplosivt, se fig. 11. Temperaturen og trykket i rommet stiger slik at branngasser sprer seg til andre rom, brannen vokser og antenner andre materialer og til slutt blir hele lokalet overtent.

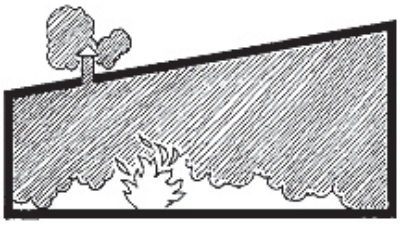

Fig. 11
Manglende røykventilasjon forårsaker ufullstendig forbrenning og stor utvikling av røyk/branngasser. Overtrykket øker og med det faren for brannspredning og eksplosjon. Bygningen fylles med røyk, og så vel evakuering som slokking hindres.

Stikkord: brann, røykventilasjon - termisk

© Ettertrykk forbudt

Lastet ned av -, - 08.05.2025 © SINTEF: Ettertrykk forbudt.

Utgått 2006-1

Arkiveksemplar Utg¬tt 2006-1

12 Hensikt

Røykventilasjon er basert på at røykgassene fra brannen stiger opp på grunn av varmeutviklingen. Luften i rommet deler seg i to sjikt: øverst i brannrommet et varmt, røykfylt luftsjikt og nederst et kjølig «rent» sjikt, se fig. 12 og pkt. 22. Hensikten med røykventilasjon er å ventilere ut røyken fra røyksjiktet og tilføre erstatningsluft utenfra til den rene sonen, slik at den røykfrie sonen over golvet blir tilstrekkelig høy til at rømning av lokalet og slokking av brannen kan skje uhindret. Røykventilasjonen skal videre kjøle lokalet og hindre overtenning. Jo høyere det rene sjiktet er, desto lavere blir temperaturen i røyksjiktet.

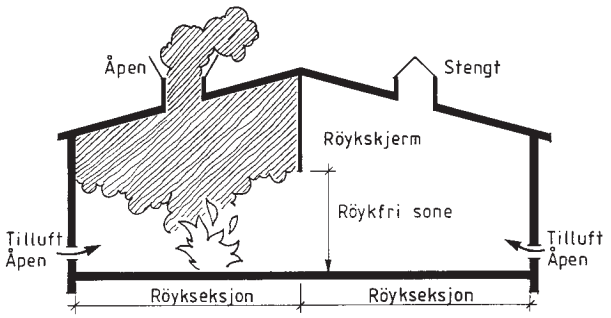

Fig. 12
Prinsippskisse for røykventilasjon
Prinsippene for røykventilasjon er de samme som for normal ventilasjon. Det varme røyksjiktet skaper sterke oppdriftskrefter og gode forutsetninger for naturlig ventilasjon. Det er dette som utnyttes ved termisk røykventilasjon.

13 Hovedelementer i termisk røykventilasjon

Hovedelementer i termisk røykventilasjon er:
- seksjonering av større lokaler i røyksoner ved hjelp av takkonstruksjoner/røykskjermer (pkt. 3)
- avtrekk av røykgass via røykventilatorer/røykluker/røyksjakt (pkt. 4)
- tilførsel av friskluft gjennom luker/åpninger (pkt. 5)
- et deteksjons-/aktiveringssystem for å aktivere luker (pkt. 6)

2 Hovedprinsipper for dimensjonering

21 Overordnede hensyn

Anlegget for røykventilasjon må dimensjoneres og utføres ut fra virksomheten i lokalet, mengden brennbare materialer som er i lokalet, brannbelastning, bygningens dimensjoner som arealer og høyder, brannvesenets innsatstid, aktuell rømningstid osv.

Det vil f.eks. være store forskjeller i mengden brennbare materialer i lokalene og dermed store forskjeller i branneffekt, brannflate og produserte røykmengder. I noen tilfeller vil brannbelastningen være relativt liten, slik at en brann ikke vil vokse utover forventet størrelse. Da dimensjoneres anlegget ut fra maksimal branneffekt/brannflate. Eksempler på lokaler/virksomheter med relativt lav brannbelastning, er glassgårder (som ikke benyttes til forretningsarealer), enkelte lager-/industriaktiviteter, kantiner, kinoer, trapperom o.l.

I andre tilfeller er brannbelastningen så stor at en brann kan fortsette å vokse til hele lokalet blir overtent. Røykventilasjonen kan i slike tilfeller bare kontrollere røyksjiktet i en begrenset tidsperiode. Ønskelig tidsperiode er bestemt av brannvesenets innsatstid og muligheter til å begrense en videre brannutvikling, samt av nødvendig rømningstid fra lokalet. Tidsutvikling og dimensjonerende branneffekt/brannflate må da stipuleres.

22 Fysikalske forhold – tosjiktsprinsipp

Nærmest en flammebrann er det alltid en flammesone som går over til det vi kan kalle en røykplum. Røykplumen består av forbrenningsprodukter og oppvarmet luft som rives med av flammene og turbulensen i røykplumen, samt uforbrente gasser og partikler. Mengden forbrenningsgasser er i stor grad avhengig av hva som brenner og betingelsene for selve forbrenningsprosessen. Anslagsvis utgjør forbrenningsgassene en liten del, mindre enn 5 – 10 % av den totale røykmengden, slik at selve røyksjiktet stort sett består av oppvarmet, medrevet luft.

Selve røykfyllingsprosessen går enkelt forklart ut på følgende: De røykplumene som en brann skaper, bringer varm røykfylt luft til den øvre delen av rommet. Det danner seg et horisontalt røyksjikt under taket. Sjiktet vokser i tykkelse når avtrekk og røykproduksjon er i ubalanse. Det vil med andre ord si at skillet mellom røyk og ren luft beveger seg nedover mot golvnivå. Ved flammebrann dannes et skarpt skille mellom det varme røyksjiktet og luftrommet under. Vi får et tosjikts strømningsbilde, se fig. 22.

Ved ulmebrann blir strømningsbildet mer uklart. Røykventilasjon må for slike situasjoner mer basere seg på fortynningsprinsippet, der bare mekanisk røykventilasjon kan fungere.

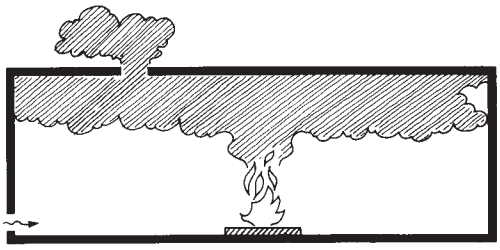

Fig. 22
Røyken som dannes under brann, samles i en øvre varm sone, over en underliggende røykfri kjølig sone. Det dannes et skarpt skille mellom det varme røyksjiktet og luftrommet under. Vi får et tosjikts strømningsbilde.

Tosjiktsprinsippet er det som mest anvendes i dimensjonering av røykventilasjon for flammebrann. Det er akseptabelt å anta at temperaturen i øvre og nedre sjikt hver for seg er homogen. Temperaturen i røyksjiktet stiger etter hvert som brannen utvikler seg.

23 Beregningsverktøy

Det er ikke mulig å beskrive tidsutviklingen av en brann uten å benytte dataprogrammer som kan utføre dynamiske beregninger. De enkleste programmene som benyttes, simulerer røykfylling med en to-sone modell, ellers benyttes kompliserte CFD-program (Computational Fluid Dynamics).

Utgått 2006-1

Lastet ned av -, - 08.05.2025 © SINTEF: Ettertrykk forbudt.

Arkiveksemplar Utg¬tt 2006-1

I dette bladet beskrives en enkel manuell beregningsmetode der en forutsetter at produsert røykmengde og røykavtrekk er i balanse for dimensjoneringssituasjonen, se pkt. 8. Formelverket tar utgangspunkt i [921] og [922]. Beregningsmetoden kan anvendes for vilkårlige brannscenarier. Den er mer nøyaktig enn tabellmetoden som er benyttet i HO-5/1989 (tabellene er satt opp ved hjelp av simuleringsprogrammer der både stasjonære forhold og forholdene ved kritiske tidspunkter er lagt til grunn). Den aller enkleste, men også minst nøyaktige beregningsmetoden er beskrevet i Melding H-1/88.

24 Grunnleggende faktorer

Komponentene og den tekniske utførelsen dimensjoneres og fastlegges med utgangspunkt i brannflate, branneffekt, høyde på røykfri sone samt høyde til røykluker, ev. høyde til utløp av røyksjakt.

Brannflate angir størrelsen på det horisontale arealet av en tenkt brann, og branneffekten er brannintensiteten eller effektavgivelsen fra det brennende materialet. Branneffekten stiger fra en liten verdi til en maksimal verdi når brannen er på det mest intense, for deretter å falle til null igjen når alt brennbart materiale er oppbrukt. Ved moderate branner benyttes den maksimale branneffekten. Ved store branner vil branneffekten vokse under hele den perioden røykventilasjonens funksjon skal opprettholdes. I beregningene benyttes da branneffekten ved kritisk tidspunkt.

Høyde på røykfri sone fastlegges med tanke på sikker rømning og effektiv slokkeinnsats. I tillegg kommer hensynet til å holde lavest mulig temperatur i røyksjiktet. Den røykfrie sonen bør være minst 2 m høyere enn teoretisk behov, f.eks. 2 m høyere enn en stående person. Dette er noe høyere enn i melding HO-5/89 hvor det antydes minst 3 m røykfri sone. Ved lave takhøyder kan denne regelen fravikes.

25 Fastlegging av brannflate og branneffekt

Brannflate (A_b) og branneffekt kan være vanskelig å fastlegge. Faktorer som har betydning, er lokalets brannbelastning, brannvesenets innsatstid og forventet rømningstid for lokalet, se Byggdetaljer 520.375 pkt. 21. Maksimal branneffekt fastsettes ved å beregne energien som kan frigjøres i en brann (med utgangspunkt i stipulert tidsforløp for brannen). Branneffekten beregnes da som 2 ganger brennenergien dividert med antatt branntid. For lokaler med vanlig inventar (møbler o.l.) kan branneffekten settes til 0,5 MW/m² brannflate.

Når brannscenariet ikke kan fastlegges på annen måte, kan brannflate og branneffekt stipuleres etter tabell 25.

Ved stor usikkerhet om brannbelastning og tid kan A_b = 40 m² og branneffekt 0,5 MW/m² benyttes. Ved brann i lager regnes brannflaten lokalisert til midlere stablingshøyde.

3 Røykseksjonering

31 Oppdeling og areal

Større lokaler må deles i mindre røykseksjoner. Hensikten med seksjoneringen er dels å hindre røyk og flammer i å spre seg og dels å sørge for at nødvendig mengde branngasser blir samlet opp slik at utløsningsmekanismen for taklukene blir aktivert. Oppdelingen kan skje ved hjelp av takkonstruksjonen (dragere, shedtak). Når dette ikke er tilstrekkelig eller ikke fins, benyttes røykskjermer som henger vertikalt ned fra taket. Hver seksjon må ventileres for seg. Se fig. 31.

Areal for en røykseksjon bør ikke være større enn et rektangel der lengste sidekant er 4 ganger takhøyden (høyden til senter røykluke eller innløp til røyksjakt). Største areal for røykseksjonering bør likevel ikke være større enn 1 350 m². Dette arealet avviker fra melding HO-5/89 (50 % mindre), men er det Byggforsk anbefaler. For garasjer bør røykseksjonene ikke være større enn 600 m².

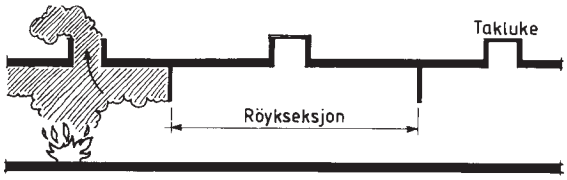

Fig. 31
Skjematisk framstilling av åpen fabrikkhall hvor takflaten er oppdelt i seksjoner ved hjelp av røykskjermer. Hver seksjon kan ha en eller flere røykluker. Seksjonering bedrer avtrekket og hindrer at branngassene sprer seg i bygningen.

32 Røykskjermer

321 *Materialer og utførelse.* Røykskjermene skal utføres av ikke brennbare materialer med god mekanisk styrke, f.eks. lette metallplater. Aluminiumsplater er dog ikke egnet, da disse kan smelte på et for tidlig tidspunkt. Røykskjermene må være tette mot taket. De kan være fastmontert eller nedfellbare med manuell eller automatisk betjening.

Tabell 25
Bestemmelse av brannflate A_b (m²) og branneffekt (MW/(m² brannflate))

Brannbelastning* MJ pr. m² omslutningsflate	Eksempel på lokale	Brannvesenets innsatstid			Branneffekt MW/(m² brannflate)
		5 min.	10 min.	15 min.	
< 50	Kirke, kantine, idrettshall	5 m²	8 m²	15 m²	0,5
50 – 200	Mekanisk verksted, teater	5 m²	15 m²	25 m²	0,5
200 – 400	Restaurant, klesbutikk, lager	8 m²	25 m²	60 m²	1,0
> 400	Trevarefabrikk, møbellager	10 m²	40 m²	90 m²	1,5

* Med brannbelastning menes den energien som kan frigjøres ved forbrenning av alt det brennbare materialet i lokalet.

Utgått 2006-1

Lastet ned av -, - 08.05.2025 © SINTEF: Ettertrykk forbudt.

Arkiveksemplar Utg¬tt 2006-1

322 *Plassering*. Røykskjermene bør strekke seg vertikalt så langt ned fra takflatene som praktisk mulig uten at bruken av lokalet hindres. For å ivareta stabiliteten og unngå røyknedfall må skjermene ha en høyde fra taket og ned som tilsvarer tykkelsen på det forventede (beregnede røyksjikt). Høyden av skjermen fra taket og ned bør imidlertid ikke være mindre enn 2 m. Dimensjoneringen må for øvrig foretas under hensyn til ønsket ventilasjonseffekt, takhøyde samt art og mengde av brennbare stoffer i lokalet (antatt brannbelastning).
Røykskjermer kan også utvirke at bare sprinklerhoder innen de brannpåkjente seksjonene blir utløst. Unødvendige vannskader kan dermed unngås. Sprinklerhodene må ikke plasseres slik at de blir hindret i å fungere av røykskjermene.

4 Avtrekk – røykluker og -sjakter

41 Generelt

411 *Røykluker* plasseres i taket/røyksjiktet og sørger for avtrekk av røykgass.

412 *Røyksjakt* benyttes for bygninger med flere enn én etasje der det ikke lar seg gjøre å etablere naturlig røykventilasjon på annen måte, se fig. 412. Røyksjakt er en vertikal gjennomgående sjakt i bygningen med innløp dekket med luker som åpner seg automatisk under brann. Kanaler for å lede brannrøyk til røykavtrekksvifter kan også utføres som røyksjakt.

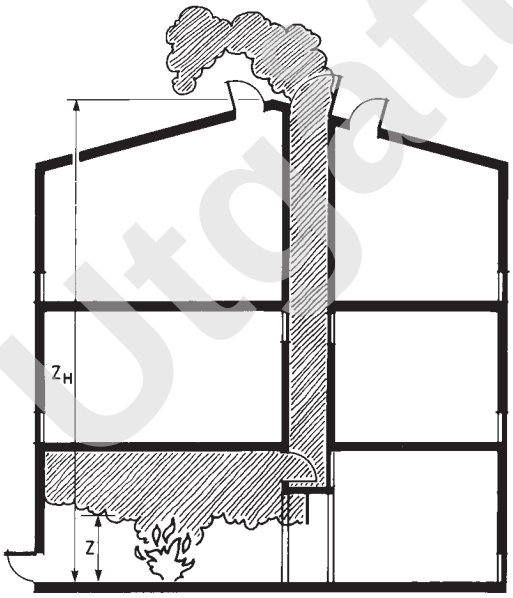

Fig. 412
Røyksjakt er en vertikal gjennomgående sjakt i bygningen for å ventilere ut brannrøyk.

Rømningsveier kan ikke utnyttes til røyksjakt. Trapperom er derfor ikke aktuelle til røykventilasjon. Trapperom bør holdes røykfrie ved hjelp av trykksetting (se Byggdetaljer 520.380) eller med annen røykventilasjon basert på overtrykk.

42 Åpningsareal i røykluker

Åpningsarealet, A_v, kan bestemmes i henhold til Melding HO-5/89, men tabellene i meldingen synes å undervurdere lukearealene ved både lave takhøyder og lave høyder på røykfri sone. Røyklukearealet bestemmes sikrere ved beregningsreglene i pkt. 8. Det beregnede lukeareal gjelder for hver enkelt røykseksjon.

421 *Røyklukas virkningsgrad*. Man skiller mellom røyklukas virkelige åpning (A_v), som er lik utsparingens lysåpning, og røyklukas effektive åpning, som er det aerodynamiske frie tverrsnittet (A_{eff}), se fig. 421. Forholdet mellom A_{eff} og A_v kalles røyklukas virkningsgrad, C_v.

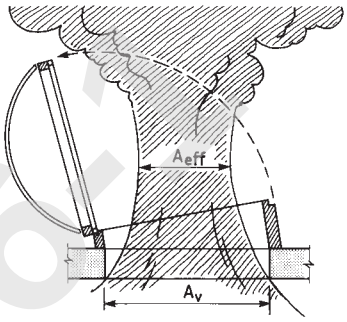

Fig. 421
Forholdet mellom A_{eff} og A_v kalles røyklukas virkningsgrad, C_v.

Virkningsgraden bør fastsettes gjennom prøving ved godkjent prøveanstalt etter vedtatt metode og dokumenteres ved forsøksrapport. Røyklukenes virkningsgrad varierer etter form og størrelse. Alle lukestørrelser av samme fabrikat må derfor prøves hver for seg.
Andre ventilasjons- og avtrekksanordninger i tak kan bare regnes med i det effektive åpningsarealet hvis de fungerer som røykventilasjon under brann, og virkemåten deres kan godkjennes.

43 Åpningsareal i røyksjakt

Framgangsmåten for dimensjoneringen er den samme som for lukeareal, se pkt. 8, Når høyde over brannsted, Z_H på fig. 81, eller røyksjiktstykkelsen skal bestemmes, må man ta med hele høyden av sjakten, se fig. 412. Sjaktens totale trykkfallskoeffisient må beregnes separat. I en stor sjakt vil innløpstapet gjennom lukearrangementet til sjakten og utstrømningstapet fra sjakten dominere. Den totale trykkfallskoeffisienten blir derfor større enn for en vanlig røykluke. Trykkfallet beregnes ellers på samme måte som trykkfall i vanlige ventilasjonskanaler.

44 Plassering

Under brann blir det overtrykk i de øvre delene av et lokale og undertrykk i de nedre. Jo høyere oppe røyklukene plasseres, dess bedre virker de. Kombinert med kontrollert tilførsel av frisk luft, se pkt. 5, vil røyk/branngasser strømme opp og ut i stedet for å spre seg under tak og ned i lokalet, se fig. 44.
Røyklukene må plasseres slik at utstrømmende varme og stikkflammer ikke sprer brannen til høyere og nærliggende bygningsdeler. Faren for at taktekning og isolasjon kan antennes bør også vurderes. Plasseringen må gjøres minst mulig avhengig av vindstyrke eller vindretning.

Utgått 2006-1

Lastet ned av -, - 08.05.2025 © SINTEF: Ettertrykk forbudt.

Arkiveksemplar Utg¬tt 2006-1

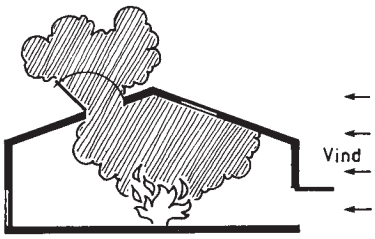

Fig. 44
Røykluker plasseres så høyt som mulig i tak eller takoppbygg.

Eventuelt kan røyklukene plasseres i øvre del av yttervegger, like under takflaten, men da bare som tvillingmontasje med alternative luker på motsatt fasade. Vindretningen avgjør hvilken luke som skal åpnes. Veggluker bør normalt åpnes manuelt (av slokkemannskapet), og kan ikke benyttes der det kreves automatisk åpning av luker, med mindre man benytter automatisk styring basert på vindretningsføler.
Innløpsåpning til røyksjakt plasseres, på samme måte som røyklukene, så høyt som mulig, se fig. 412.

45 Fordeling

Den største avstanden mellom røykluker (røykventilatorer) skal normalt være 30 m og den største avstanden fra brannventilator til ytterkant av brannseksjon skal være 15 m. Videre skal A_v for hver luke plassert i takflaten vanligvis være maksimum 6 m² og største sidekant ved rektangulære luker høyst 2,5 m. Det er i regelen mer hensiktsmessig med mange luker med små åpninger enn få luker med store åpninger. Ved overbygde gater/gårder vil det være naturlig å tillate større luker. Likevel bør det være minst 4 åpninger for hver 1 000 m² takflate.

46 Utførelse og funksjon

461 *Røykluker* skal åpne sikkert uansett værforhold og sperres i åpen stilling ved brann. Røyklukene må heller ikke kunne deformeres av varme slik at effektiviteten minsker.
Lukene bør være konstruert for høyest mulig virkningsgrad uavhengig av vindretning.
På flate tak nyttes gjerne overlyskupler av plast. Ved siden av å tjene som daglige ventilasjons- og lysåpninger har disse også vist seg effektive for røykventilasjon, se fig. 461 a. Kuplene framstilles i alt vesentlig av akrylplast, polykarbonat/polyester eller glassfiberarmert polyester. Se også Byggdetaljer 525.775.
Luker som vesentlig skal brukes i branntilfeller, kan være tette, f.eks. fabrikkframstilte luker av metall, se fig. 461 b.

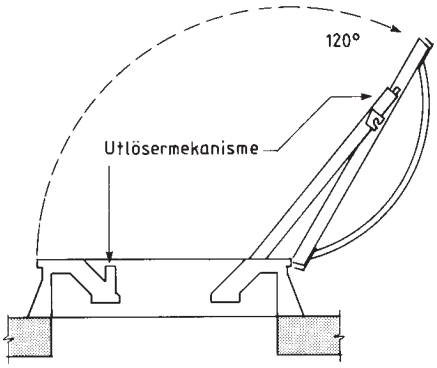

Fig. 461 a
Snitt gjennom moderne røykluke for automatisk/manuell åpning

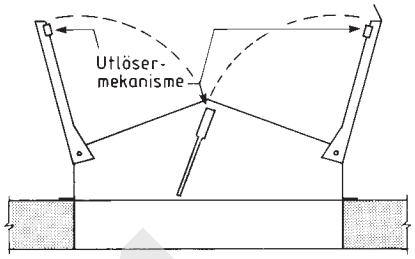

Fig. 461 b
Fabrikkframstilt røykluke av varmforsinket stål. Prinsippskisse, vertikalsnitt
Luka kan ev. brukes til daglig ventilasjon.

Skal vertikalstilte luker i vegg fungere tilfredsstillende, bør de hengsles i underkant og åpne utover når åpningsmekanismen utløses, se fig. 461 c. Slike luker bør imidlertid ikke benyttes dersom avtrekk kan løses på annen måte.

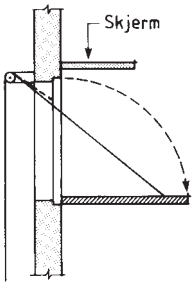

Fig. 461 c
Vertikalstilt luke må være hengslet i underkant (skjerm skal hindre antennelse av vegg).

Luker som inngår som del av vegg- eller takflate, må utføres slik at de tilfredsstiller øvrige krav til disse bygningsdelene. Større luker bør være brannisolert og skal slå opp/ut. Treverk i luker og rammeverk bør være beslått med metall eller malt med brannbeskyttende maling der dette trengs som vern mot spredning til yttertaket og/eller nedstyrting av tunge luker. Luker i skråtak bør være hengslet i underkant for maksimal effekt, se fig. 44. Luker kombinert med vertikale overlys bør hengsles i underkant, se fig. 461 d. Ved vind i pilens retning i fig. 461 d motvirker vinden ventilasjonseffekten. Av denne grunn bør slike luker ikke beregnes å ha større virkningsgrad enn 0,3 – 0,5.

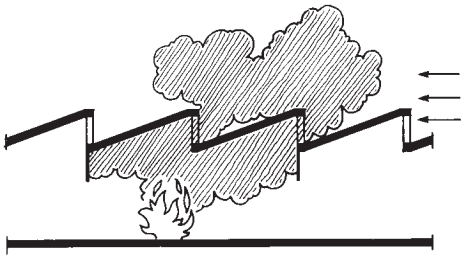

Fig. 461 d
Luker i takoppbygg bør hengsles i underkant. Ved vind i pilens retning motvirker vinden ventilasjonseffekten.

Utgått 2006-1

Lastet ned av -, - 08.05.2025 © SINTEF: Ettertrykk forbudt.

Arkiveksemplar Utg¬tt 2006-1

462 *Røyksjakter* utføres som egne brannceller. Sjaktene skal ha slette vegger uten utspring for å gjøre strømningsmotstanden minst mulig.

5 Tilluft

51 Generelt

Tilluftsluker plasseres i golvnivå/friskluftsonen og sørger for tilførsel av friskluft.

52 Tilluftsareal

Luftinntakets samlede areal (A_{tl}) bør ikke være mindre enn taklukenes samlede areal i største dimensjonerende røykseksjon. Dersom det er vanskelig å tilfredsstille dette og tilluftsarealet må reduseres, må taklukenes areal økes. Tilluftsarealet bør i alle tilfeller ikke bli mindre enn 50 % av røyklukearealet. Tilluftsåpningenes motstand kan ellers bli så stor i forhold til avtrekket at overtrykket i røyksjiktet reduseres slik at forholdene blir ustabile. Endring i tilluftsarealet krever ny beregning av røyklukeareal.

53 Plassering

Friskluftilførselen bør skje lavest mulig i forhold til røyklukene og alltid i sonen under beregnet røyksjikt, se fig. 22. Som et unntakstilfelle kan tilluft tas fra takluka i fjerntliggende røykseksjoner.

54 Fordeling

Vindforholdene under brann kan motvirke den naturlige ventilasjonseffekten. Der forholdene tilsier det, bør det derfor sørges for friskluftilførsel fra to motstående sider slik at friskluft kan tas inn fra vindsiden, se fig. 44 (krever manuell styring av friskluftinntak).

55 Utførelse og funksjon

Luftinntaket kan være luker, vinduer eller dører/porter. Minst halvparten av friskluftåpningene skal åpnes automatisk, mens resten kan åpnes manuelt av slokkemannskapet. Skyveporter som skal tilføre friskluft, må ha overkant åpning minst 1 m under beregnet røyksjikt. Luftinntakene bør være godt merket.

6 Aktiveringssystem – utløsing

Det er viktig at røyklukene har en åpningsmekanisme med rask og sikker utløsing og at denne er lett tilgjengelig og enkel å betjene. Alt tilbehør, f.eks. tilførselsledninger, kabler, signalledninger, hengsler o.l., må bestå av ikke brennbare materialer som ikke korroderer eller ødelegges på annen måte. Det er vesentlig å legge til rette for enkelt ettersyn og vedlikehold slik at systemet til enhver tid funksjonerer riktig og slik at ingen ting hindrer rask åpning av lukene i branntilfeller.

Røykventilasjon bør normalt utføres med gruppevis åpning. Fortrinnsvis skal det anvendes røykdetektorer for utløsing av anlegget.

I tillegg til å ha automatisk åpningssystem bør røyklukene alltid kunne åpnes manuelt fra golvplanet. Manuell åpningsinnretning skal merkes tydelig og plasseres i samråd med den lokale bygningsmyndighet (brannvesen).

Vanlige åpningssystemer:

- elektrisk styrte anlegg (magnetlåser – åpningssylindre – eksplosiver)
- termiske (smelteledd, fjærforspente åpningssylindre)
- pneumatiske (trykkluft, sylindre som åpner med gasstrykk)

Som regel vil det være sikrest å kombinere to eller flere av disse systemene.

Manuelle åpningssystemer basert på wiretrekk bør ikke benyttes. Wiretrekk for stenging av luker kan benyttes.

61 Elektrisk utløsing

Elektrisk magnetlås regnes for å være et godt system, også fordi det kan kobles til et røykdetektorsystem. En magnet holder luka i lukket stilling så lenge strømmen står på. Det er vanlig å koble elektriske låssystemer til egen strømkilde, f.eks. 24 V akkumulatorbatterier med kontinuerlig virkende ladeaggregat. Dermed unngår man at lukene åpner seg ved vanlig strømavbrudd.

Den elektriske strømmen kan brytes manuelt ved trykkbrytere. Bryterne bør helst plasseres ved alle innganger slik at de er lett tilgjengelige også for brannvesenets folk. Lukene kan lukkes ved manuelt betjent wiretrekk e.l.

Lukene kan opereres med gassdrevne sylindre, f.eks. CO_2-gass eller trykkluft, som åpnes med elektrisk impuls, manuelt eller automatisk fra en betjeningssentral. Sylindrene kan også være fjærforspente.

Elektrisk styrte røykventilasjonsanlegg bør være forsynt med nødstrømsanlegg (batteribackup med 12 eller 24 V kontinuerlig oppladede akkumulatorbatterier) i tillegg til nettilkoblingen. Nødstrømsanleggene er vanligvis hvilestrømskontrollerbare.

Vanlig i moderne røykventilasjonsanlegg for industri og lager er at den manuelle åpningen skjer fra egne betjeningssentraler (ved elektrisk styrt anlegg), ved håndventiler (pneumatiske systemer) og ved utløsertablåer (sentraler) for gass-system, f.eks. med CO_2 eller også eksplosiver (bare ved ren røykventilasjon, luka slår helt over). Patronutløsing for engangsbruk har den ulempen at systemet ikke kan testes på vanlig måte.

62 Termisk utløsing

Termisk utløsing vil si at låsemekanismen utløses ved smelteledd og kan brukes hvis røyklukene bare skal åpnes i branntilfeller.

Utgått 2006-1

Lastet ned av -, - 08.05.2025 © SINTEF: Ettertrykk forbudt.

Arkiveksemplar Utg¬tt 2006-1

Smelteledd bør imidlertid aldri brukes som eneste utløsingsmulighet, fordi utvikling av røyk og giftige branngasser kan finne sted selv om temperaturen ikke er høy nok til å påvirke smelteleddet. Smelteledd kombinert med elektrisk, pneumatisk eller manuelt betjent system er en bedre løsning.

63 Pneumatisk utløsing

Pneumatisk utløsing vil si at trykkluft brukes til å åpne røykluker. Ved slike systemer bør trykket stå på når lukene er lukket. Ved utløsing snur en ventil trykket i ledningssystemet, og lukene åpner seg. CO_2 kan brukes i stedet for trykkluft.

Trykkluftåpnere betjenes med manøverventil som plasseres ved inngangene. Flere åpnere kan betjenes med samme ventil. Åpnerne tilsluttes manøverventil og trykkluftsaggregat, f.eks. med tynne, bøyelige rør (aluminium eller kobber) som kan trekkes langs karmer, tak, golvlister e.l.

64 Kombinert daglig ventilasjon og røykventilasjon

Trykkluftsystemer er mye brukt. Andre systemer er snekkedrev drevet av 24 V motor, eller 220 V lineærmotorer. Slike systemer bør kunne styres både manuelt (daglig ventilasjon) og automatisk ved brannalarm. Det er en fordel å kombinere slike anlegg med åpningssylinder for CO_2.

65 Automatiske røykventilasjons- og sprinkleranlegg

I lokaler som er sprinklerbeskyttet, bør sprinkleranlegg og røykventilasjonsanlegg forrigles (kobles sammen) slik at sprinklerfunksjonen iverksettes før luker åpnes. Sprinkling erstatter ikke røykventilasjon. I et lokale som er sprinklet, kan det utvikle seg mye røyk. En generell regel er derfor at røykventilasjon installeres også om lokalene er sprinklet, når lokalene er av en slik art at røykventilasjon ville vært påkrevd uten sprinkling. Ved store takhøyder bør man vurdere nytteverdien av sprinkleranlegg i forhold til røykventilasjon.

7 Kontroll og vedlikehold

Før anlegget overleveres, må leverandøren av røykventilasjonsanlegget kontrollere at anlegget med alle komponenter funksjonerer som forutsatt. Leverandøren skal gi skriftlig bekreftelse på kontrollen og anvisning for vedlikehold av anlegget.

Røyklukenes funksjon skal kontrolleres regelmessig. Minst hver 6. måned bør 1/6 av røyklukene prøves. De øvrige bør besiktiges samtidig. Kontrollen kan foretas av bedriften, eventuelt i samarbeid med de lokale brannmyndigheter og forsikringsselskapet. Internkontroll bør foretas så ofte som hver tredje måned.

8 Beregninger

Det som beregnes, er betingelsene for å holde røyksjiktet i konstant høyde (bestemt på forhånd) for en gitt branneffekt og en gitt brannflate (se pkt. 25). For små og moderate branner blir da brannscenariet forventet maksimal brannbelastning og maksimal brannflate uten tanke på tidspunktet, mens det for store branner blir å stipulere brannscenariet ved et gitt kritisk tidspunkt.

81 Situasjonsskisse og symboler

Situasjonsskisse med parametersymboler er vist i fig. 81.

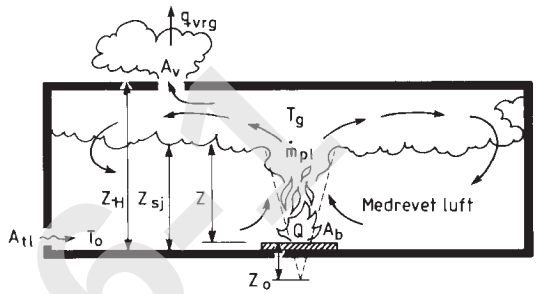

Fig. 81
Situasjonsskisse av brann i et lokale med parametersymboler benyttet i beregningsmodellen

Liste over parametre som inngår i beregningene:

A_b = Brannflate (m^2)
N = 1 for brann midt i rommet
2 for brann ved vegg
3 for brann i hjørne
Z = Høyde over brannflate til røyksjikt (m)
Z_o = Høyde til virtuell punktkilde. Dersom Z_o er negativ, ligger den virtuelle punktkilden lavere enn brannkilden (m).
Z_1 = Kritisk høyde (m)
Z_H = Høyde over golv til luke/sjakttopp (m)
Z_{sj} = Høyde av røykfri sone (m)
Q = Brannflatens totale branneffekt (kW)
C_f = Konvektivfaktor, som angir branneffekt som ikke er stråling, kan settes til 0,6.
C_s = Sjiktfaktoren, som tar hensyn til at noe varme tapes til omgivelsene, kan settes til 0,85.
T_g = Røyksjiktets temperatur (K)
T_o = Omgivelsestemperaturen (K)
ΔT_{pl} = Gjennomsnittlig temperaturstigning i røykplumen (K)
c_p = Spesifikk varmekapasitet som settes til 1 kJ/(kgK)
$\dot{m}_{pl}$ = Massetrøm i røykplum (kg/s)
q_{vrg} = Nødvendig avtrukket røykvolumstrøm (m^3/s)
ρ_o = Omgivelsesluftens tetthet (kg/m^3) = 1,2 ved 20 °C
A_v = Røyklukeareal (m^2 lysåpning)
A_{tl} = Tilluftsareal (m^2 lysåpning)
C_v = Røyklukas virkningsgrad (se pkt. 421). For en god luke er C_v-faktoren 0,6, men fabrikanten må oppgi denne.
ξ_v = Trykkfallskoeffisient for røykluke = $1/C_v^2$
ξ_{tl} = Trykkfallskoeffisient for tilluftsarrangement. Koeffisienten settes i utgangspunktet til 2,4. Ved kompliserte geometrier må det gjøres mer nøyaktige beregninger.
A_v/A_{tl} = Forholdet mellom røyklukareal og tilluftsareal

82 Beregning av massestrøm i røykplum

Beregning av massestrøm i røykplum (se pkt. 22) er avhengig av forholdet mellom høyde over brannflate (Z) og kritisk høyde (Z_1). Z bestemmes på forhånd (se pkt. 24) og Z_1 beregnes:

Hjelpestørrelser: D = Brannens diameter = $\left(\frac{4}{\pi}\cdot N\cdot A_b\right)^{1/2}$

$$Z_o = -1{,}02\cdot D + 0{,}083\cdot (N\cdot Q)^{2/5} \qquad (1)$$

$$Z_1 = Z_0 + 0{,}166\cdot (N\cdot C_f\cdot Q)^{2/5} \qquad (2)$$

Utgått 2006-1

Lastet ned av -, - 08.05.2025 © SINTEF: Ettertrykk forbudt.

Arkiveksemplar Utg¬tt 2006-1

Når $Z/Z_1 \geq 1$ uttrykkes massestrøm i røykplum ($\dot{m}_{pl}$) av formelen:

$$\dot{m}_{pl} = \frac{1}{N} \cdot 0{,}071 \cdot (N \cdot C_f \cdot Q)^{1/3} (Z - Z_0)^{5/3} \cdot \left(1 + 0{,}026 \cdot (N \cdot C_f \cdot Q)^{2/3} (Z - Z_0)^{-5/3}\right) \quad (3)$$

Når $Z/Z_1 < 1$ gjelder følgende formel for massestrøm i røykplum:

$$\dot{m}_{pl} = \frac{1}{N} \cdot \frac{0{,}0054 \cdot N \cdot C_f \cdot Q \cdot Z}{0{,}166 \cdot N \cdot C_f \cdot Q^{2/5} + Z_0} \quad (4)$$

83 Beregning av nødvendig avtrekkskapasitet

Beregning av nødvendig avtrekkskapasitet for å holde røyksjiktet i konstant høyde ved en gitt konstant branneffekt:

$$q_{vrg} = \frac{C_s \cdot Q}{\rho_0 \cdot T_0} + \frac{\dot{m}_{pl}}{\rho_0} \quad (5)$$

84 Beregning av røykgasstemperatur

Først beregnes gjennomsnittlig temperaturstigning i røykplum:

$$\Delta T_{pl} = \frac{C_s \cdot Q}{c_p \cdot \dot{m}_{pl}} \quad (6)$$

Røyksjiktets temperatur (røykgasstemperaturen) settes lik røykplumens temperatur:

$$T_g = T_0 + \Delta T_{pl} \quad (7)$$

85 Beregning av lukearealer

Drivkraften er oppdriftskraften i røyksjiktet og den skal dekke strømningsmotstanden i røykluker og tilluftsåpninger. Formel for beregning av røyklukeåpning:

$$A_v = q_{vrg} \frac{\left(\xi_v \cdot \left(1 + \frac{\xi_{tl}}{\xi_v} \cdot \frac{T_0}{T_g} \cdot \left(\frac{A_v}{A_{tl}}\right)^2\right)\right)^{1/2}}{\left(2 \cdot 9{,}81 \cdot (Z_H - Z_{sj}) \cdot \frac{\Delta T_{pl}}{T_0}\right)^{1/2}} \quad (8)$$

Beregningsformelen forutsetter at forholdet mellom røyklukeareal og tilluftsareal, A_v/A_{tl}, velges. I utgangspunktet settes forholdet til 1 (se pkt. 52). Dersom byggetekniske forhold gjør at tilluftsarealet må reduseres, må nytt røyklukeareal beregnes. Det presiseres at røyklukearealet er det geometriske åpningsarealet.

86 Eksempel

Et industrilokale har en grunnflate på 1 200 m². Største takhøyde er 10 m.

Største tillatte røykseksjon er over 1 200 m², og lokalet trenger derfor ikke å bli seksjonert. Røyklukene plasseres i høyde med største takhøyde. Brannflaten forutsettes å være i golvnivå og forutsettes videre å oppstå midt på golvet. Faktoren N blir da lik 1 (for brann ved vegg ville faktoren eksempelvis ha blitt 2). Høyde over brannflate blir i dette tilfellet lik høyde av røykfri sone og velges til 4 m. Tykkelse på beregnet røyksjikt blir da 6,0 m.

Det forutsettes 15 min innsatstid for brannvesenet. Fra tabell 25 setter vi brannflaten til 25 m². Branneffekten blir da 12 500 kW (12,5 MW). Det ønskes innsatt røykluker med en C_V-verdi på 0,5.

861 *Røyklukeareal i henhold til melding HO-5/1989.* Av melding HO-5/1989 bestemmes røyklukearealet fra vedlegg 1 til 8 m². Med korreksjon for C_V-verdi blir åpningsarealet for røyklukene **9,6 m²** (8 · 0,6 / 0,5).

Av vedlegg 3 finner man røyksjikttemperaturen til **395 °C**.

862 Beregning i henhold til pkt. 81 – 85

$$D = \text{Brannens diameter} = \left(\frac{4}{\pi} \cdot A_{br}\right)^{1/2} = \left(\frac{4}{\pi} \cdot 25\right)^{1/2} = \mathbf{5{,}6\ m}$$

Av formel (1) beregnes høyde til virtuell punktkilde:

$$Z_o = -1{,}02 \cdot D + 0{,}083 \cdot (N \cdot Q)^{2/5} = -1{,}02 \cdot 5{,}6 + 0{,}083 \cdot (1 \cdot 12\,500)^{2/5}$$
$$= \mathbf{-2{,}1\ m}$$

Av formel (2) beregnes kritisk høyde:

$$Z_1 = Z_0 + 0{,}166 \cdot (N \cdot C_f \cdot Q)^{2/5} = -2{,}1 + 0{,}166 \cdot (1 \cdot 0{,}6 \cdot 12\,500)^{2/5}$$
$$= \mathbf{3{,}7\ m}$$

$Z/Z_1 > 1$, og massestrøm i røykplum finner man av formel (3):

$$\dot{m}_{pl} = \frac{1}{N} 0{,}071 \cdot (N \cdot C_f \cdot Q)^{1/3} (Z - Z_0)^{5/3} \left(1 + 0{,}026 \cdot (N \cdot C_f \cdot Q)^{2/3} (Z - Z_0)^{-5/3}\right)$$

$$\dot{m}_{pl} = \frac{1}{1} 0{,}071 \cdot (1 \cdot 0{,}6 \cdot 12\,500)^{1/3} \cdot (4 + 2{,}1)^{5/3}$$
$$\cdot \left(1 + 0{,}026 \cdot (1 \cdot 0{,}6 \cdot 12\,500)^{2/3} \cdot (4 + 2{,}1)^{-5/3}\right) = \mathbf{42{,}5\ kg/s}$$

Tettheten på omgivende luft settes til 1,2 kg/m³

Nødvendig avtrekkskapasitet beregnes av formel (5):

$$q_{vrg} = \frac{C_s \cdot Q}{\rho_0 \cdot T_0} + \frac{\dot{m}_{pl}}{\rho_0} = q_{vrg} = \frac{0{,}85 \cdot 12\,500}{1{,}2 \cdot 293} + \frac{42{,}5}{1{,}2} = \mathbf{65{,}6\ m^3/s}$$

Omgivelsestemperaturen settes til 293 K.

c_p = 1 kJ/(kgK)

Av formel (6) beregnes temperaturstigning i røyksjikt:

$$\Delta T_{pl} = \frac{C_s \cdot Q}{c_p \cdot \dot{m}_{pl}} = \frac{12\,500 \cdot 0{,}85}{1 \cdot 42{,}5} = \mathbf{250\ K}$$

Av formel (7) beregnes røyksjiktets temperatur:

$$T_g = T_0 + \Delta T_{pl} = 293 + 250 = \mathbf{543\ K} = \mathbf{270\ °C}$$

Røyklukens C_V-verdi settes til 0,5, som gir

$\xi_v = 1/0{,}5^2 = 4$

ξ_{tl} settes til 2,5.

Røyklukeareal og tilluftsareal settes like.

Av formel (8) beregnes til slutt nødvendig røyklukeareal til:

$$A_v = q_{vrg} \frac{\left(\xi_v \cdot \left(1 + \frac{\xi_{tl}}{\xi_v} \cdot \frac{T_0}{T_g} \cdot \left(\frac{A_v}{A_{tl}}\right)^2\right)\right)^{1/2}}{\left(2 \cdot 9{,}81 \cdot (Z_H - Z_{sj}) \cdot \frac{\Delta T_{pl}}{T_0}\right)^{1/2}}$$

$$= 65{,}6 \frac{\left(4 \cdot \left(1 + \frac{2{,}5}{4} \cdot \frac{293}{543}\right) \cdot 1^2\right)^{1/2}}{\left(2 \cdot 9{,}81 \cdot (10 - 4) \cdot \frac{250}{293}\right)^{1/2}} = \mathbf{15{,}1\ m^2}$$

Beregningene gir et lukeareal som er over 50 % større enn lukearealet etter BEs veiledning. Vi velger lukearealet som er beregnet, altså 15,1 m².

Det velges 5 luker på 3 m² hver. Lukene plasseres jevnt fordelt i takets høyeste punkter.

9 Referanser

91 Utarbeidelse

Dette bladet er utarbeidet av Eimund Skåret. Det erstatter delvis Byggdetaljer 535.211 utgitt våren 1979. Saksbehandler har vært Ida Christine Blytt. Redaksjonen ble avsluttet i november 1995.

92 Litteratur

921 Meland, Øystein, Jensen, Geir og Skåret, Eimund. Røykkontroll – Personsikkerhet ved brann i bygninger. Oslo, 1989.

922 Heskestad, Gunnar. Engineering Relations For Fire Plumes. Fire Safety Journal nr. 7, 1984.

Utgått 2006-1

Lastet ned av -, - 08.05.2025 © SINTEF: Ettertrykk forbudt.