

Hovedkontor
 Forskningsveien 3b
 Postboks 123 Blindern
 0314 OSLO
 Telefon 22 96 55 55
 Telefaks 22 69 94 38

Avdelingskontor
 Høgskoleringen 7
 7491 TRONDHEIM
 Telefon 73 59 33 90
 Telefaks 73 59 33 80

E-mail firmapost@byggforsk.no
 Internett www.byggforsk.no
 Foretaksnr. NO 943 813 361 MVA

| |
|---|
| Oppdragsgiver Nobora AS |
| Oppdragsgivers adresse Hedmarksgt. 13 0658 Oslo |
| Oppdragsgivers referanse Frode Stenberg |

| | | | | | | |
|---|-------------------------|------------------------------------|---------------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| Prosjektnr./arkivnr. O 9889 ver.2 | Dato 20.09.01 | Rev.dato 18.10.01 | Antall sider 10 | Antall vedlegg 5 | Gradering Lukket | Forfatter(e) Trygve Hestad |
| Prosjektleder KAA | Sign. | Ansvarlig linjeleder JTB | Sign. | Kvalitetssikrer HAM | Sign. | |

Oppdragsrapport

Trykkfall og strømningsbilde for spalteventil for uteluft-tilførsel

Kort sammendrag

På oppdrag fra Nobora AS (tidligere Cleanfresh Norge AS) har NBI prøvet en spalteventil for uteluft-tilførsel, type Nobora med og uten filter samt en konkurrerende spalteventil. Hensikten med prøvingen var:

- 1) å bestemme kapasitet (dvs. luftmengde som funksjon av trykkfall)
- 2) å bestemme strømningsbilde, hastigheter og temperatur i oppholdssonen ved vinterforhold.

Prøvingen er utført etter retningslinjer i Nordtest-metodene NT VVS 091 (kapasitet) og NT VVS 092 (luftstrømning og trekk). Ventilene ble montert i en vinduskarm med spalte på 11 x 290 mm.

Målt luftmengde ved 10 Pa trykkfall med utvendig vann-nese med rist ble for Nobora-ventilen = 17,6 m³/h og 2,1 m³/h med filter. Konkurrent-ventilen hadde 18,4 m³/h. Uten vann-nese / rist ble luftmengden 30,4 m³/h for Nobora og 31,1 m³/h for konkurrentventilen.

Nobora-ventilen gir mindre trekk enn konkurrentventilen pga gunstigere retning på tilluft-strålen. Ved lave utetemperaturer, ned mot -20°C, må det tilføres noe varme under vinduet for å motvirke trekk, men det kreves mindre varme for Nobora-ventilen enn for konkurrent-ventilen.

Nobora gir jevnere romtemperatur (lavere temperaturgradient) enn konkurrenten.

| | | | |
|---------------------|--------|--|--------------------------|
| Byggverkets adresse | | | Byggeår |
| Virksomhetsområde | Metode | Emneord Ventilasjonsanlegg. Yttervegg. Ventil. Kapasitet. Strømning | Filnavn 9889r-rev.doc |

1. Innledning

På oppdrag fra Nobora AS (tidligere Cleanfresh Norge AS) har NBI prøvet en spalteventil for uteluft-tilførsel, type Nobora med og uten filter samt en konkurrerende spalteventil. Formålet var:

- 1) å bestemme kapasitet (dvs. luftmengde som funksjon av trykkfall)
- 2) å bestemme strømningsbilde, hastigheter og temperatur i oppholdssonen ved vinterforhold.

Prøvingen er utført etter retningslinjer i Nordtest-metodene NT VVS 091 (kapasitet) og NT VVS 092 (luftstrømning og trekk). Målingene er utført av ing. Ketil Aali og Harald Moger i perioden 01.08.01-14.09.01. Nye kapasitetsmålinger ble utført 05.10.01 og 16.10.01.

2. Testobjekter

Skisse av testobjektene er vist i [vedlegg 1](#). Ventilene ble montert i en simulert vinduskarm med utskåret spalte med høyde 11 mm og bredde 290 mm. Testventilene, utvendig vann-nese med rist og to simulerte vinduskarmer ble levert fra Nobora AS. Effektiv ventilbredde for Nobora er 400 mm og for konkurrentventilen 365 mm. Vann-nesen med rist av perforert plate er 420 mm lang og ble montert på utsiden av veggen. På utsiden ble det montert et plenumskammer med tverrsnitt 80 x 800 mm der statisk trykk ble målt.

3. Kapasitet

Test av kapasitet ble utført med de respektive testobjekter montert på vinduskarmen som igjen ble montert mot plenumskammeret. Luftmengden til kammeret ble målt med kalibrert luftmengdemåler, type Veab, C-007 tilkoblet hjelpevifte. Statisk trykk i plenumskammeret (= trykkfallet over testobjektet) ble målt med elektronisk manometer, type dpm, NBI-M5481. Trykkfallet i tabell 1 er sum av trykkfall gjennom ventil (i åpen stilling) og trykkfallet gjennom spalten i vinduskarmen, med og uten vann-nese på utsiden.

Tabell 1. Måleresultater, kapasitet

| Trykkfall Δp | Luftmengde, q | | | | | | | | | |
|-------------------------|---------------|------|----------------|-------|---------------|------|----------------|-------|-------------------|------|
| | Konkurrent | | | | Nobora | | | | Nobora med filter | |
| | Med vann-nese | | Uten vann-nese | | Med vann-nese | | Uten vann-nese | | Med vann-nese | |
| Pa | m3/h | l/s | m3/h | l/s | m3/h | l/s | m3/h | l/s | m3/h | l/s |
| 3 | 10,1 | 2,81 | 16,8 | 4,67 | 9,6 | 2,67 | 16,0 | 4,44 | 0,9 | 0,25 |
| 5 | 13,0 | 3,61 | 22,1 | 6,14 | 12,5 | 3,47 | 21,0 | 5,83 | 1,3 | 0,36 |
| 10 | 18,4 | 5,11 | 31,1 | 8,64 | 17,6 | 4,89 | 30,4 | 8,44 | 2,1 | 0,58 |
| 20 | 26,1 | 7,25 | 43,7 | 12,14 | 25,1 | 6,97 | 42,6 | 11,83 | 3,4 | 0,94 |

Diagram over trykkfall som funksjon av luftmengde er vist i [vedlegg 2a-2b](#).

4. Strømningsbilde og trekkforhold

4.1 Testoppsett / metode

Testobjektene ble etter tur montert i overkant av en kjølt vindusflate (av aluminium) i et testrom med dimensjoner: l=4,2 m b=3,6 m h=2,36 m. Vindusflaten er 1,0 x 1,0 m med nedre kant 0,9 m over gulv. Vinduskarmen stikker 18 mm inn fra vindusflaten. Avtrekksåpning var plassert ved tak på motsatt vegg av tilluftsventilen.

På utsiden av veggen ble kjølt tilluft tilført gjennom plenumskammeret som ble godt isolert. Riktig luftmengde ble innstilt ved å stille inn 10 Pa overtrykk i kammeret i forhold til testrommet.

Tilluftstemperaturen ble målt med termoelement i plenumskammeret ved siden av trykkuttaket.

Måling av temperaturer og lufthastigheter i oppholdssonen ble utført med en flyttbar målerigg. Det ble plassert sensorer i 4 høyder over gulv (Cu/Ko-termoelementer og hastighetsfølere type TSI-8470, (omnidirectional), tilknyttet dataloggersystem type HP 3054A. Måleriggen kan styres automatisk til programmerbare måleposisjoner.

Plan av oppstillingen og måleposisjoner er vist i fig.1.

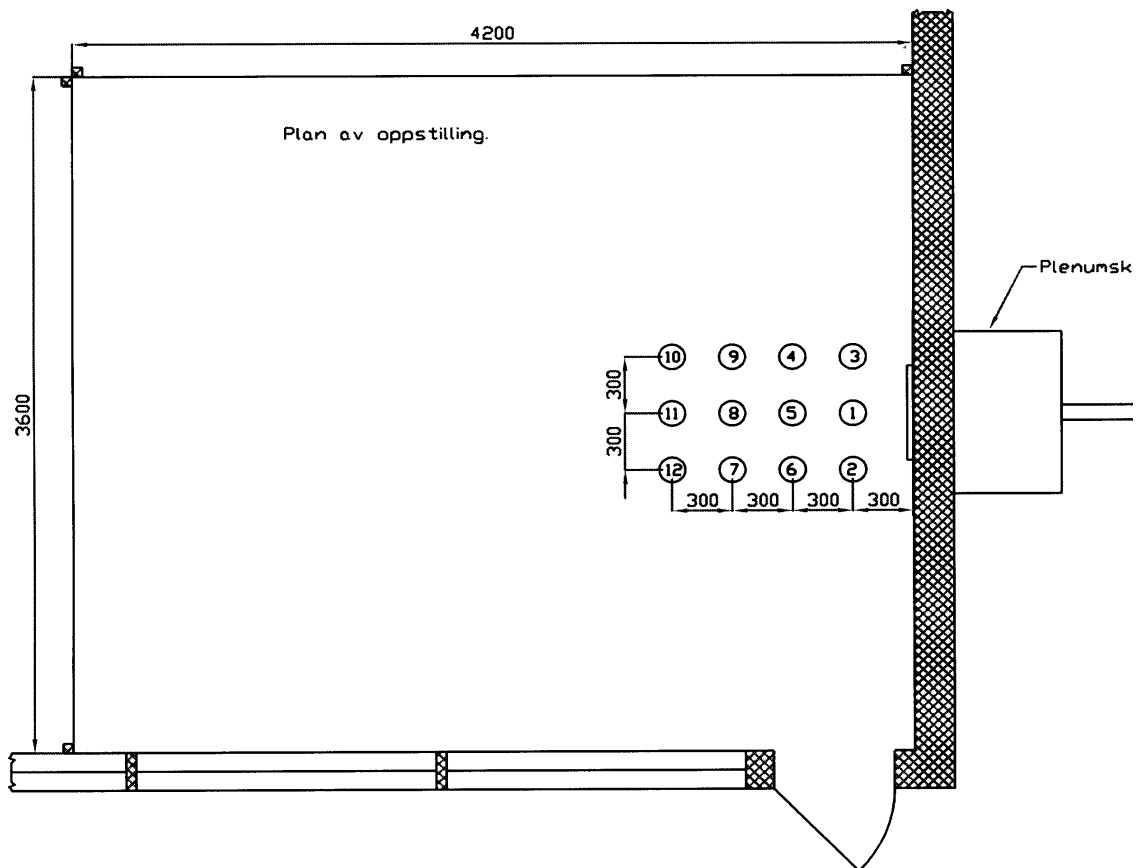


Fig.1. Plantegning av oppstillingen.

Tabell 2. Oversikt over utførte tester

| Ventiltype | Temp.diff. rom-tilluft = 20°C Temp.diff. rom-vindu = 5°C | Temp.diff. rom-tilluft = 40°C Temp.diff. rom-vindu = 10°C |
|-------------------|---|--|
| Konkurrent | Test 3 | Test 4 |
| Nobora | Test 1 | Test 5 |
| Nobora med filter | Test 2 | Test 6 |

Alle tester ble kjørt med 10 Pa trykkfall mellom plenumskammer og testrom. Luftmengdene bestemmes ved å avlese tabell 1 ved 10 Pa, med vann-nese. Det var ikke mulig å holde tilluftstemperaturen på eksakt 0°C og -20°C, men trekkforholdene bestemmes av temperaturredifferansene rom-tilluft og rom-vindu, og riktig temperaturredifferanser er opprettholdt (innenfor $\pm 1^\circ\text{C}$) i alle forsøk, bortsett fra i test 4 og 6 der Δt rom-tilluft ble noe mindre enn 40°C, uten at vi tror det har noen betydning for resultatet. Vindustemperaturen er middeltemperaturen på innvendig vindusoverflate.

I test 1 – 3 ble det målt i høydene 0,1 – 0,4 – 0,7 – 1,0 m over gulv (i hht ISO-standard). Dette ga ingen punkter med trekk i hht trekk-kriteriet i NT VVS 092, men ved røykforsøkene ble det observert høyere hastigheter nær gulv. Derfor ble det bestemt å måle nærmere gulv ved de siste forsøkene (test 4 – 6). Nederste målehøyde ble valgt = 3 cm over gulv, som er samme målehøyde som brukes i standarder for måling av fortrennings-ventilasjon (diffe-don). Måleposisjonen 0,3 m fra vinduet er i tillegg til NT VVS 092, som beskriver at nærmeste målepunkt skal være 0,6 m fra vinduet.

Komplette måleresultater, som er gjennomsnittsverdier over 3 min måleperiode i hvert målepunkt, er vist i vedlegg 3 og 4. Her er også trekk-kriteriet beregnet for hvert målepunkt.

Trekk-kriteriet er i hht NT VVS 092: $\theta = (t_{\text{rom}} - t_{\text{luft}}) + 7,66 \cdot (v - 0,15)$

t_{rom} = lufttemp midt i rom i 1,1 m høyde

t_{luft} = lufttemp. i målepunktet

v = lufthastighet i målepunktet (m/s)

Nordtest-metoden definerer punktet trekkfritt dersom θ er mindre enn +1,0.

4.2 Resultater

Komplette måleresultater er i vedlegg 3 – 4.

Strømningsbildet ble bestemt med røyk tilsatt i tilluftskanalen for alle forsøk. Foto 1 – 3 viser strømningsbildene for testene med 40°C undertemperatur på tilluften. For hver test er det vist to foto, tatt med noen sekunders mellomrom. Testene med 20°C undertemperatur ga omtrent samme strømningsbilde og foto av disse testene er derfor ikke tatt med i rapporten.

For testene med 40°C undertemperatur er strømningsbildene også skissert, se fig. 3 – 5. På de samme figurene er måleverdiene for de høyeste hastighetene i hver avstand fra vindusvegg skrevet inn.

Tabell 3 viser temperaturgradientene over høyden. Taktemperaturen er målt 30 mm under tak og gulvtemperaturen er målt 30 mm over gulv, begge plassert midt i rommet.

Tabell 3. Temperaturgradient over høyden

| Test nr | Ventil type | Temperaturforskjell | | |
|---------|-----------------|---------------------|----------|---------------|
| | | rom-tilluft | tak-gulv | °C pr m høyde |
| 3 | Konkurrent | 19,9 | 1,38 | 0,60 |
| 1 | Nobora | 20,0 | 0,78 | 0,34 |
| 2 | Nobora m filter | 20,0 | 0,39 | 0,17 |
| 4 | Konkurrent | 36,3 | 3,44 | 1,50 |
| 5 | Nobora | 39,4 | 2,70 | 1,18 |
| 6 | Nobora m filter | 38,5 | 2,29 | 0,99 |

5. Kommentarer

Kapasitet:

For ventilasjon med mekanisk avtrekk er det vanlig å regne med et trykkfall over tilluftsventilene på ca. 10 Pa. NBI anbefaler at luftmengden til soverom bør være ca 7 l/s (ca 25 m³/h) per person. Det viser seg ofte at i praksis kommer halvparten av lufttilførselen gjennom utettheter i bygningen. Dvs det bør være en ventil som gir minst 12,5 m³/h per soveroms plass.

Sammenlignet med disse anbefalingene gir både konkurrent-ventilen og Nobora nok luft, også med vann-nese, både ved 5 og 10 Pa trykkfall. Uten vann-nese / rist øker luftmengden for begge ventiltyper med ca 70%. En lengre spalt i vinduskarmen ville gitt enda mere luft.

Med filter gir Nobora-ventilen under 20% av anbefalt verdi. Flere ventiler pr rom kan gi ønsket luftmengde.

Trekkforhold:

Ved –20°C utetemperatur er de høyeste hastighetene for ”konkurrent” maks 0,44 m/s ved gulv, se fig. 3 – 5, som gir trekkeffekt $\theta = 5,2$. For Nobora er hastighetene ved gulv vesentlig lavere, maks 0,17 m/s som gir $\theta = 0,8$ dvs godt under trekkgrensen. For Nobora er det imidlertid større hastigheter høyere opp i rommet, maks 0,33 m/s i 1 m høyde. θ er her 2,1 dvs trekk. Men trekkeffekten er her likevel bare 40 % av ”konkurrenten”. Nobora-ventilen krever vesentlig mindre varme under vinduet enn ”konkurrenten” for å motvirke trekken. For Nobora med filter overskrides trekk-kriteriet så vidt ved gulv i test 6 ($\theta = 1,3$). Tilluftsmengden er her så liten at strålen får dårlig kraft og dermed faller ned langs vinduet.

Ved 0°C utetemperatur er det ikke trekk i noen punkter for noen av ventilene, men røyktest viste her at det var høyere hastigheter nærmere gulv. Ekstrapolering av måleresultatene fra –20°C ute tyder på at Nobora vil klare trekkriteriet uten varme under vinduet ved 0°C ute, mens konkurrenten sannsynligvis trenger noe varme under vinduet.

Årsaken til at Nobora-ventilen gir mindre trekk er en gunstigere retning på tilførselsluften. Ved at luftstrømmen dirigeres opp mot taket forhindres den i å forsterke "kaldraset" fra vinduet og det skjer større innblanding av romluft i strålen før denne når oppholdssonen, noe som reduserer hastigheten.

Nobora gir jevnere romtemperatur (lavere temperaturgradient) enn konkurrenten.

Foto av røykforsøk og strømningsbilder med målte lufthastigheter er vist på de følgende sider.

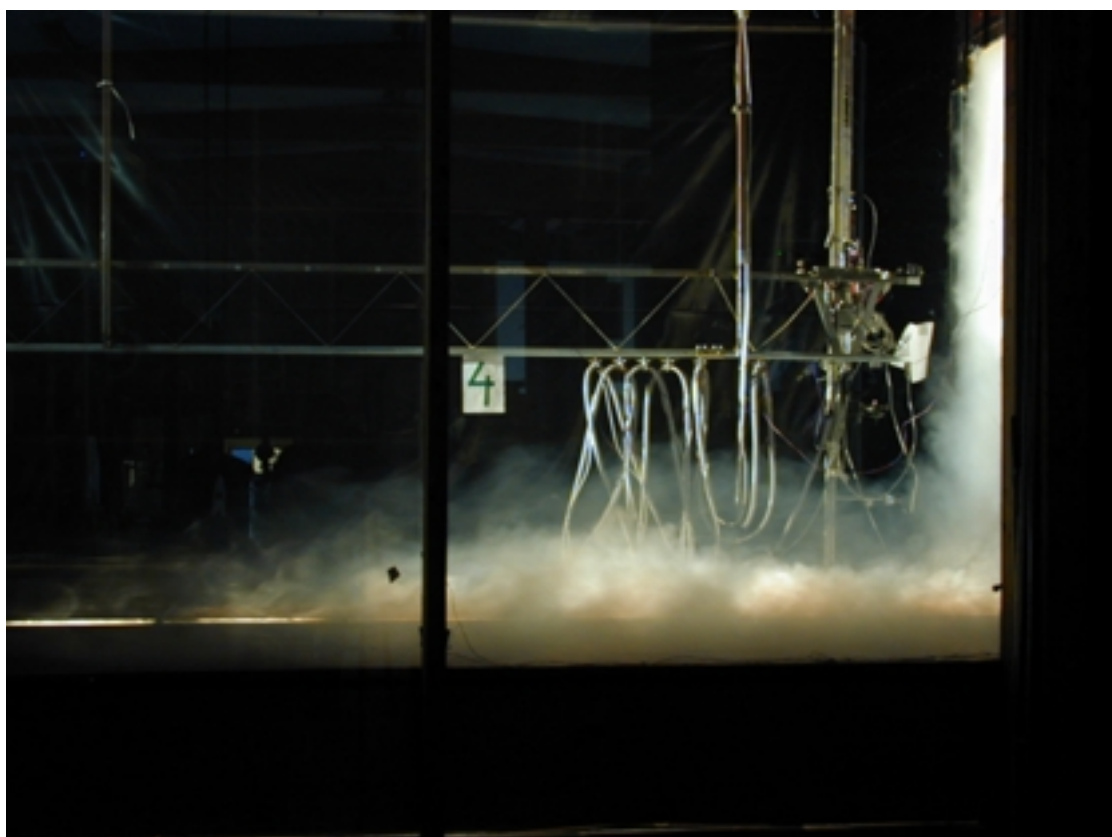
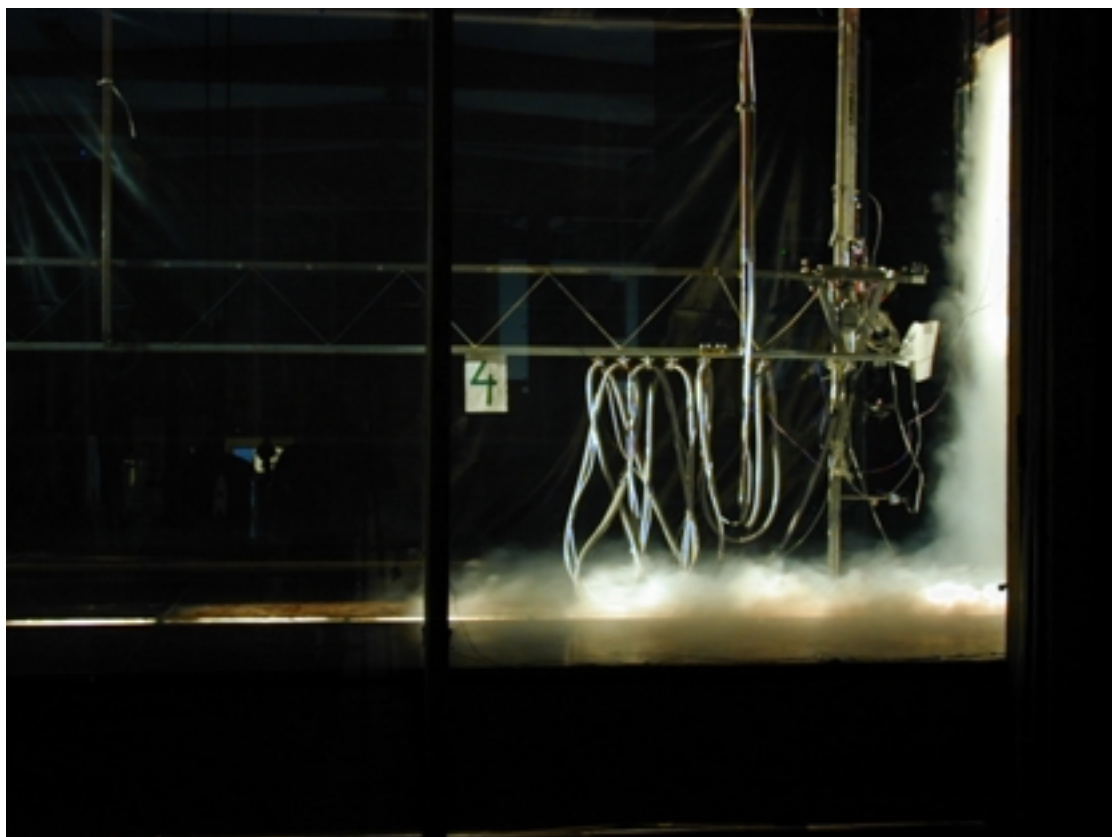


Foto 1. Røykforsøk, test 4, "konkurrent"

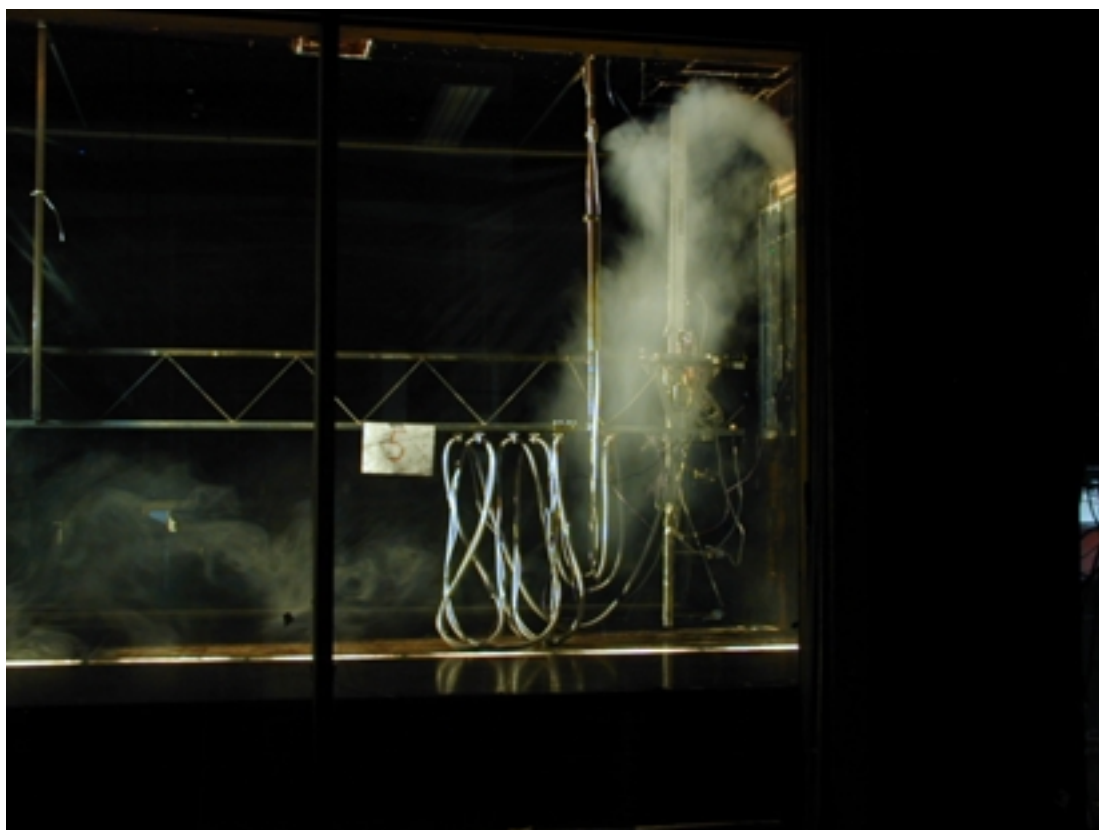
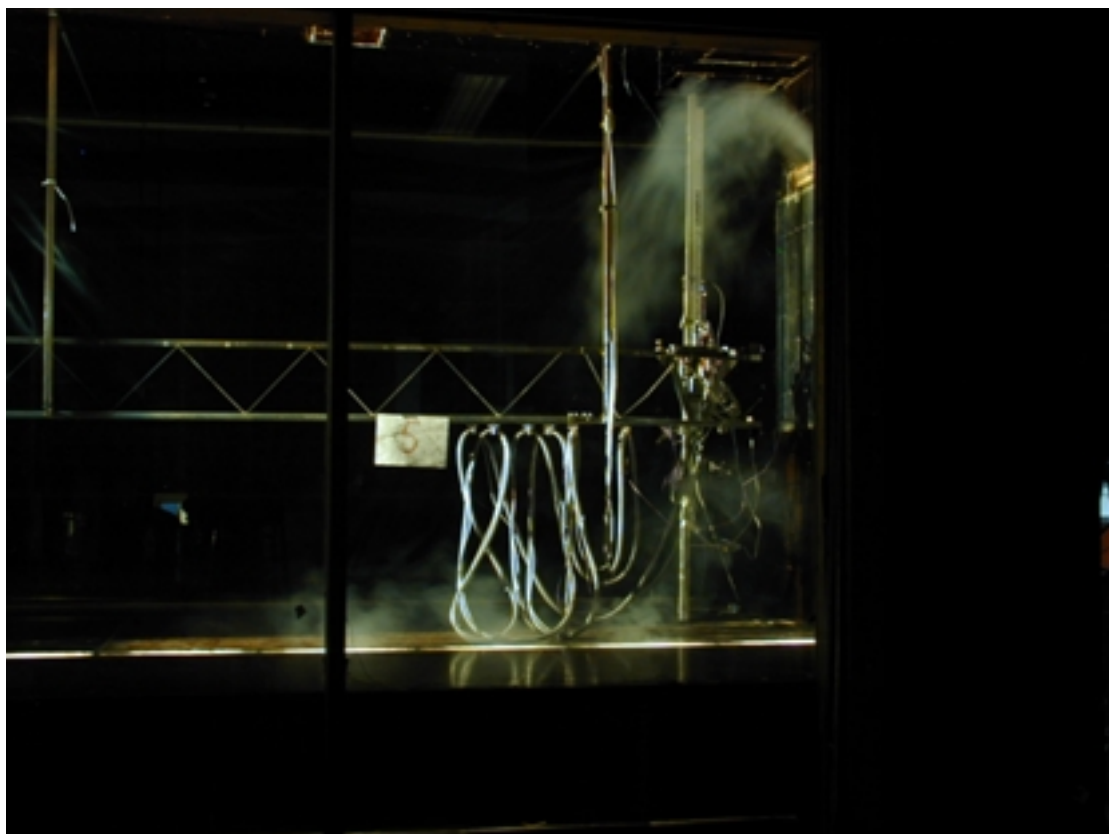


Foto 2. Røykforsøk, test 5, Nobora (uten filter)



Foto 3. Røykforsøk, test 6, Nobora med filter

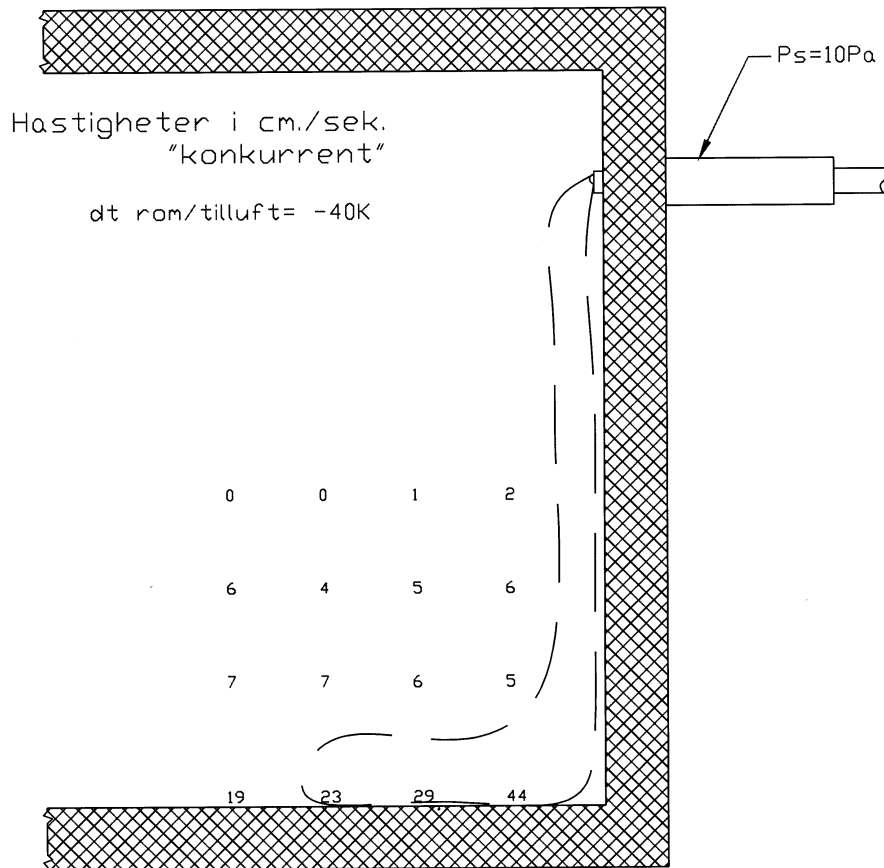


Fig. 3. Strømningsbilde og maksimale hastigheter, test 4, "konkurrent"

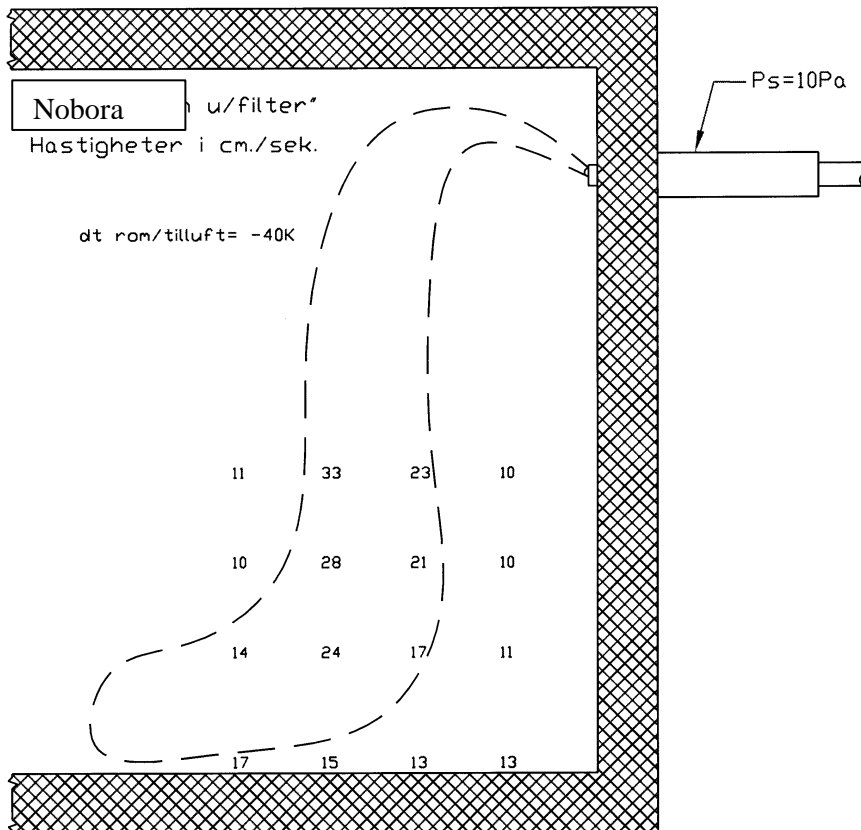


Fig. 4. Strømningsbilde og maksimale hastigheter, test 5, "Nobora"

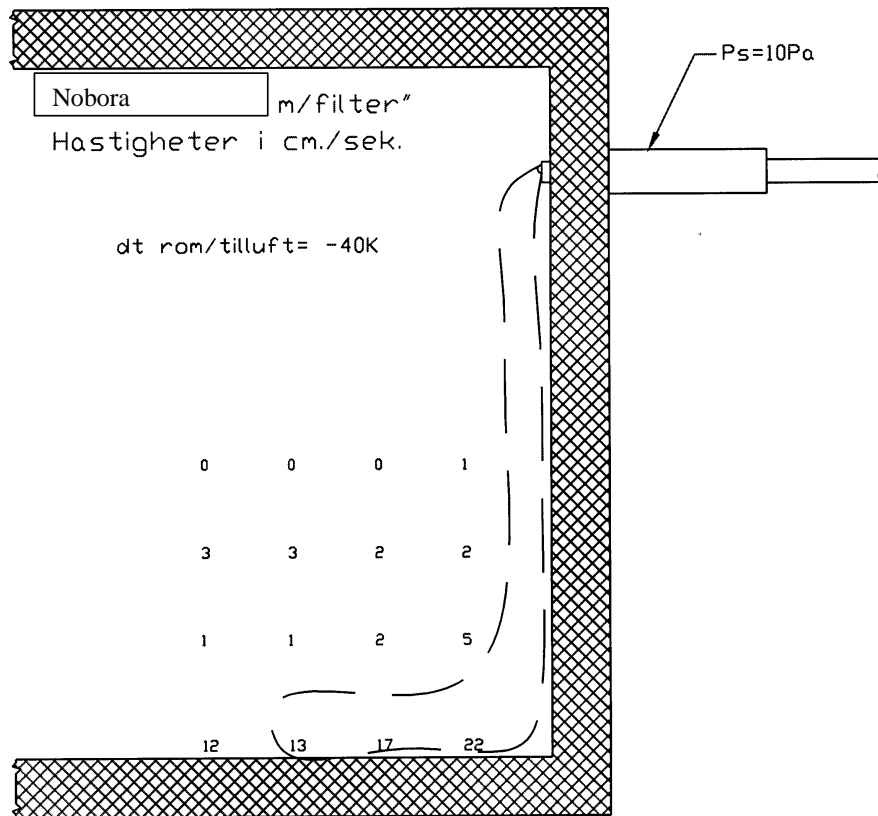


Fig. 5. Strømningsbilde og maksimale hastigheter, test 6, Nobora med filter"

Oslo, 18.10.01
for Norges byggforskningsinstitut

Trygve Hestad
Sivilingeniør