

NILU : OR 78/94
REFERANSE : O-94010
DATO : DESEMBER 1994
ISBN : 82-425-0641-8

Utvikling av konsept for og bygging av klimakjøleanlegg med ammoniakk i næringsbygg

Harald Dovland

Utført på oppdrag fra
Statens forurensningstilsyn

Innhold

Side

Sammendrag	2
1. Innledning	3
2. Alternative kjøleanlegg	3
3. Valgt løsning - teknisk beskrivelse	4
4. Driftserfaringer	5
5. Konsentrasjoner av ammoniakk i NILUs bygning	6
5.1 Måleopplegg.....	6
5.2 Resultater	7
6. Konklusjon	9
Vedlegg A Prinsippkjema kjøling og varmegjenvinning	10

Sammendrag

Ved planlegging og bygging av nytt kontor- og laboratoriebygg for NILU ble miljø- og energispørsmål nøye gjennomgått og vurdert. Ett ledd i denne prosessen var valg av kjøleanlegg. NILU ønsket minst mulig utslipp av stoffer som kan bryte ned ozonlaget og/eller påvirke klimaet, samtidig som det måtte tas hensyn til økonomien. Det var samtidig viktig å unngå lekkasjer til inneluft, fordi dette ville kunne påvirke analysekvaliteten ved instituttets laboratorier.

Det ble valgt et ammoniakk-kjøleanlegg fra ABB Stal Kulde. Dette var ca. kr 635.000 (ekskl. mva) eller ca. 200% dyrere enn et ordinært anlegg med R-22.

Erfaringene viser etter ca. 6 måneders drift at det var noen problemer bl.a. med styringssystemet som førte til at anlegget stoppet. Etter noen måneders drift oppsto det betydelige lekkasjer av ammoniakk fra anlegget. Dette er i hovedsak utbedret, men ammoniakk-konsentrasjonene målt i blindprøver er såvidt høye at det skaper problemer for NILU å bestemme ammoniakk-innholdet i uteluftprøver fra bakgrunnsområder. For den øvrige virksomheten er det imidlertid ingen problemer pga. ammoniakk-lekkasjer.

Utvikling av konsept for og bygging av klimakjøleanlegg med ammoniakk i næringsbygg

1. Innledning

I forbindelse med planleggingen av nytt kontor- og laboratoriebygg for NILU ble det gjennomført et miljø- og energiprojekt hvor en forsøkte å dra nytte av tilgjengelig kunnskap for å finne energi- og miljøvennlige løsninger som er økonomisk forsvarlige. Utredningsarbeidet ble støttet av Norges forskningsråd. I samarbeid med SFT og Teknologisk institutt ble det utført et avfallsprosjekt for å redusere mengden av byggeavfall og å øke gjenvinningen (kildesortering). SFT støttet dessuten utviklingen av et konsept for og byggingen av et klimaanlegg med ammoniakk for å få fram eksempel på slike i et næringsbygg.

NILUs nybygg på Kjeller er på ca. 6500 m², hvorav en stor del er laboratorier. Det har to etasjer og en underetasje. Tekniske rom for bl.a. ventilasjonssystem er plassert på taket. Det er stilt strenge krav til ventilasjonen i bygget, spesielt i kjemi-laboratoriene.

2. Alternative kjøleanlegg

I forbindelse med valg av kjøleanlegg var det en omfattende vurdering og diskusjon om hvilke kuldemedier som skulle benyttes. Kuldemediet er en viktig del av miljøprofilen til prosjektet. NILU ønsket en type kuldemedium som gir ingen eller lavest mulig utslipp av ozonlagnedbrytende stoffer og/eller klimagasser til atmosfæren, og det var dessuten viktig å unngå forurensning i egne laboratorier fra bl.a. kjøleanlegget. Samtidig måtte det tas hensyn til den økonomiske siden.

Det ble vurdert 4 ulike alternativer:

- ◆ Ordinært kjøleanlegg med R-22
- ◆ Ordinært kjøleanlegg med 134 A
- ◆ Kompaktanlegg m/vekslere på kald og varm side og ammoniakk-fylling
- ◆ Kjøleanlegg med propan- eller CO₂-fylling

I vurderingen falt anlegg med kjølemedium basert på propan eller CO₂ forholdsvis raskt ut på grunn av henholdsvis brannfare og at det ikke finnes bred nok erfaringsbakgrunn med slike anlegg.

Det ble innhentet alternative priser på de andre anleggstyper/kjølemedier. Dette ga følgende resultat (alle priser er uten mva):

Kjøleanlegg med R-22:	kr 308 000,-
Kjøleanlegg med 134 A:	
Tilleggs kostnad i forhold til R-22	kr 242 000,-
Kjøleanlegg med ammoniakk (R-717)	
Tilleggs kostnad i forhold til R-22	kr 635 000,-

Tilleggs kostnadene for ammoniakk-anlegget fordeler seg med kr 580 000 til selve kjølemaskinen, kr 25 000 til ventilasjonsanlegg og kr 30 000 til styrings- og driftsanlegg.

Som en del av NILUs virksomhet inngår å bestemme ammoniakk-konsentrasjoner i prøver av uteluft fra forskjellige steder i Norge, inkludert bakgrunnsområder med meget lave konsentrasjoner. En forutsetning for å kunne utføre slike analyser er at atmosfæren i laboratoriet ikke har for høy ammoniakk-konsentrasjon siden dette vil føre til høye blindverdier og dermed bidra til å heve deteksjons- og rapporteringsgrensen. Ved vurderingene forut for valg av kjøleanlegg ble det understreket ovenfor leverandørene at anlegget ikke måtte føre til kontamineringsfare i laboratoriene.

3. Valgt løsning - teknisk beskrivelse

Til tross for økte kostnader, valgte NILU å satse på ammoniakk som kuldemedium. Det ble valgt et ammoniakk-kjøleanlegg fra ABB Stal Kulde. Prinsippskjema for anlegget og plasseringen av teknisk rom på taket av nybygget er vist i Vedlegg A. De forskjellige vannsystemene har følgende trykk: Kondensatorkurs: 3.1 bar, isvannskurs: 3.2 bar og kjøletakskurs: 4.3 bar.

Anlegget skal produsere kaldt vann til kjøling av ventilasjonsluft og kjøletak ("kjølebafler") i kontorer og laboratorier, samt til laboratoriestyr som krever vannkjøling. Det skilles derfor mellom sommerdrift og vinterdrift.

Om sommeren kjøres anlegget som et konvensjonelt kjøleanlegg som produserer kaldt vann til å kjøle ventilasjonsluften, kjøletakene og utstyret. Overskuddsvarmen føres til tørrkjølere på taket.

Kjøleanlegget er vanligvis ikke i drift om vinteren, men på grunn av laboratoriestyr som trenger kjøling, må NILUs anlegg ha helårsdrift. For å slippe drift på kjølemaskinene når utetemperaturen er lavere enn en satt temperatur, er anlegget konstruert slik at kjølebatteri i ventilasjonsaggregatene til laboratoriene, ved hjelp av den kalde uteluften, kjøler ned vann som deretter kjøler ned utstyret i laboratoriene. I tillegg gjenvinnes på denne måten varme, idet ventilasjonsluften blir varmet opp av kjølevannet.

For å unngå frostskafer brukes etylenglykol som kulde-/varmebærer fra kjølemaskinen innenfor teknisk rom og til tørrkjølerne, dvs. etylenglykol sirkulerer ikke i selve bygget.

Væskekjøleaggregatet består av 3 stk. Stal stempelkompressorer. Aggregatet har følgende tekniske data:

Fabrikat:	ABB Stal
<i>Kompressor</i>	
Kompressortype:	A8
Kapasitet:	600 kW
Kraftforbruk:	3 x 49,9 kW
Motoreffekt:	3 x 55 kW
Lydnivå:	88 dB(A) på 1 m
Mål (LxBxH):	ca. 6,0 x 1,6 x 2,7 m
Kuldemediefylling:	ca. 60 kg
<i>Kald side</i>	
Kuldebærer ut/inn	+8/+13°C (30% etylenglykol)
Væskemengde:	111 m ³ /h
Trykkfall:	45,8 kPa
<i>Varm side</i>	
Varmebærer ut/inn:	+44/+36°C (30% etylenglykol)
Væskemengde:	87 m ³ /h
Trykkfall:	37 kPa

Anlegget er konstruert slik at det kan gjennvinnnes varme svarende til en effekt på 750 kW (ved -20°C og 50% virkningsgrad).

4. Driftserfaringer

Kjølemaskinen ble tilkopleet anlegget og igangkjørt i mai/juni 1994 samtidig med NILUs innflytting.

I den første tiden var det perioder hvor anlegget gikk med redusert kapasitet (maks. to kompressorer) fordi tørrkjølerne ikke hadde kapasitet nok og på grunn av for lavt oljetrykk i en av kompressorene. Det var likevel mulig å oppnå romtemperaturer ned mot ønsket nivå, selv om dette skjedde under periodene med meget høye utetemperaturer sommeren 1994.

Noen ganger har kjøleanlegget stoppet. I flere av tilfellene har årsaken vært feil med styringssystemet, men vi kan ikke med sikkerhet si at dette har vært årsaken til alle stoppene. Dessuten har det vært problemer med oljelekkasje og for lavt oljetrykk i en av kompressorene.

Efter noen måneders drift oppstod det betydelige lekkasjer av ammoniakk fra kjøleanlegget. Ammoniakk-konsentrasjonene i teknisk rom var så høye at det var svært ubehagelig å gå inn i rommet. Det var også mulig å lukte ammoniakk flere steder inne i bygget. Den største lekkasjen oppsto i en sikkerhetsventil. Dette ble utbedret. Det er imidlertid fortsatt et visst utslipp av ammoniakk i teknisk rom, selv om en som oftest ikke kan lukte ammoniakk.

5. Konsentrasjoner av ammoniakk i NILUs bygning

Konsentrasjoner av ammoniakk i inneluften er målt både som et ledd i NILUs oppfølging av inneluftkvaliteten i instituttets nye bygning og fordi vi har strenge krav til laboratoriemiljøet av hensyn bl.a. til analysekvaliteten.

5.1 Måleopplegg

For å etablere et referansepunkt, ble det 5. mai 1994 målt NH_3 -konsentrasjoner på 8 steder i NILUs gamle bygning med aktiv prøvetaking (8 timers prøver, kl 08-16).

20. mai ble det målt på 5 steder i NILUs nybygg med samme metode (8 timers prøver, kl 09-17). Disse målingene ble dermed utført før NILU tok bygningen i bruk.

For å undersøke forholdene etter at NILU flyttet inn i bygningen, ble det målt på nytt, med samme metode, på 8 steder 13. til 14. juli (17 timers prøver, kl. 16-09).

På det uorganiske laboratoriet, hvor NH_3 -analysene utføres, ble det tatt 7 prøver (6 døgnprøver og 1 tredøgnsprøve) i tidsrommet 7. - 16. mars i NILUs gamle bygning. I perioden 7. - 21. september ble det tatt 6 prøver (4 todøgnsprøver og 2 tredøgnsprøver) i laboratoriet i NILUs nye bygning.

Fra midten av august er det kontinuerlig blitt tatt prøver av lufta i det tekniske rommet hvor kjølemaskinen er plassert. Til disse prøvene er det benyttet passiv prøvetaking og prøvetakingstiden har variert fra ukespører til døgnprøver. Denne måleserien pågår fortsatt.

I tillegg analyserer NILU en rekke blindprøver som et ledd i det generelle kvalitetssikringssystemet. Blindprøvene er impregnerte filtre som har vært sendt til våre målestasjoner (ikke eksponert) og deretter oppbevart i laboratoriet sammen med de eksponerte filterne. Resultatene fra disse blindprøvene vil også gi informasjon om eventuell kontaminering av innelufta.

5.2 Resultater

Resultatene av målingene i mai i NILUs gamle og nye bygning er vist i tabell 1, og resultatene av målingene i NILUs nye bygning i mai og juli 1994 er vist i tabell 2.

Tabell 1: NH_3 -konsentrasjoner målt i mai 1994 i NILUs gamle og nye bygning
Enhet: $\mu g/m^3$

Målested, gammel bygning	Kons.	Målested, ny bygning	Kons.
Dioksinlab	2,7		
Kontor (DAT)	62,9	Kontor (DAT)	14,8
Bibliotek	8,7	Bibliotek	18,8
Kontor (LOH)	18,5	Kontor (LOH)	13,8
I-lab	5,1		
Trykkeri	13,6	Trykkeri	15,2
Pakkerom	2,7		
Kantine	16,2		
		Kontor (JEH)	17,0

Resultatene indikerer at det generelle konsentrasjonsnivået for ammoniakk i de to bygningene var omtrent likt i mai 1994.

Tabell 2: NH_3 -konsentrasjoner målt i juli 1994 i NILUs nye bygning
Enhet: $\mu g/m^3$

Målested	Kons.
Kantine	2,1
Bibliotek	1,3
I-lab (datarom)	1,2
Dioksinlab	0,8
Pakkerom	0,7
GC-rom 2	0,7
Uorganisk lab	1,3
I-lab (elektronikklab)	0,9

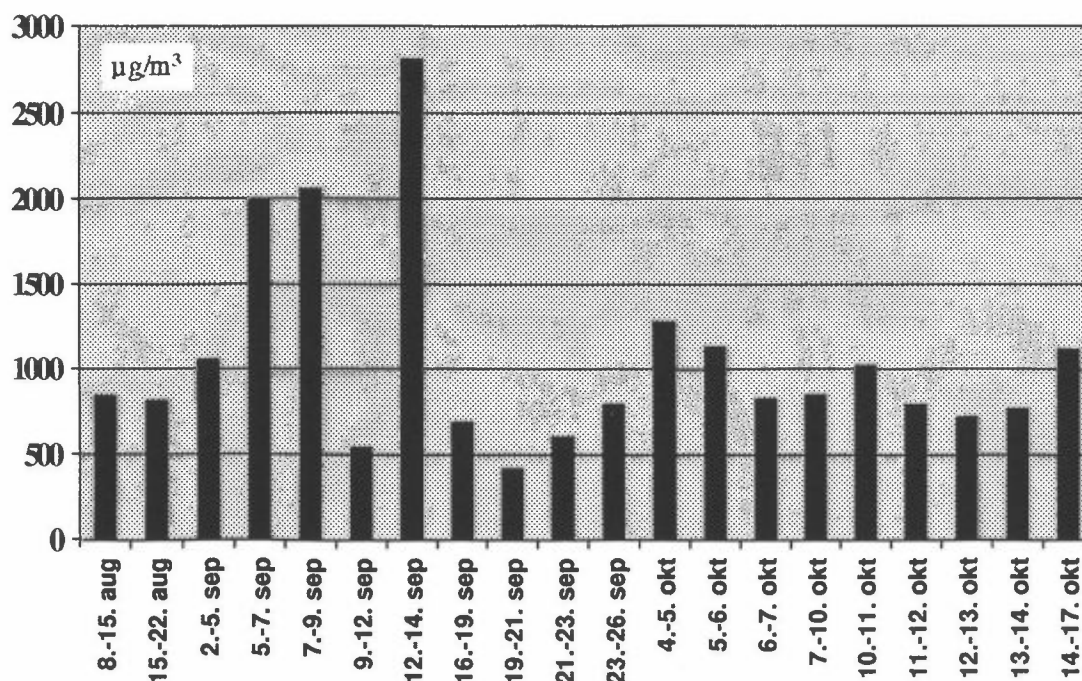
En sammenlikning av resultatene i tabell 1 og 2 viser at det generelle konsentrasjonsnivået for ammoniakk i den nye bygningen avtok i perioden fra mai til juli.

Tabell 3 viser resultatene av målingene i det uorganiske laboratoriet i henholdsvis den gamle og nye bygningen.

Tabell 3: NH_3 -konsentrasjoner målt i mars 1994 i vaskerommet i det uorganiske laboratoriet i NILUs gamle bygning og i september 1994 i det uorganiske laboratoriet i NILUs nye bygning.
Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Prøvetakingsperiode, gammel bygning	Kons.	Prøvetakingsperiode, ny bygning	Kons.
7. - 8. mars	0,25	7. - 9. september	3,8
8. - 9. mars	0,44	9. - 12. september	5,7
9. - 10. mars	0,15	12. - 14. september	5,3
10. - 11. mars	0,13	14. - 16. september	7,5
11. - 14. mars	0,29	16. - 19. september	4,5
14. - 15. mars	0,20	19. - 21. september	4,9
15. - 16. mars	0,26		

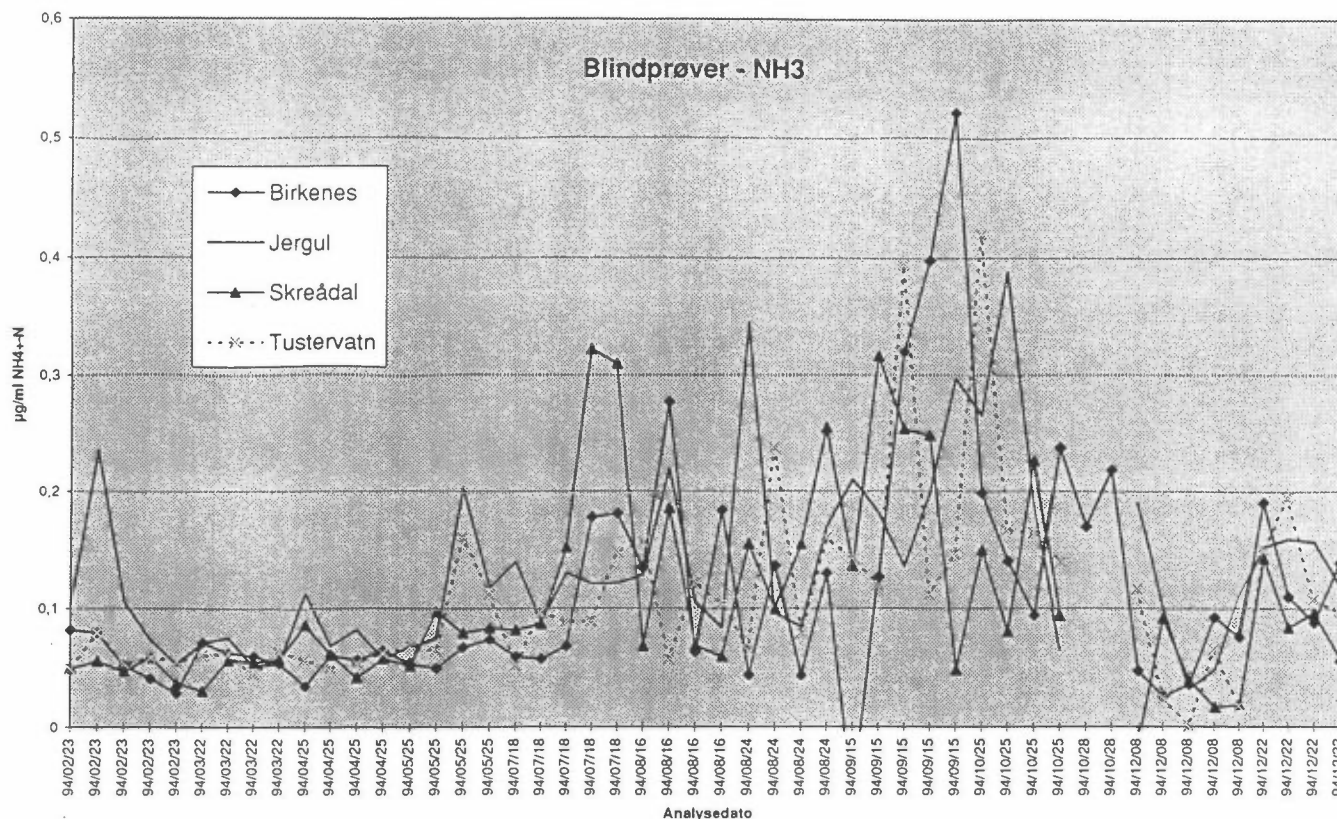
Tabell 3 viser tydelig at NH_3 -konsentrasjonen i det uorganiske laboratoriet i den nye bygningen i september var betydelig høyere enn i den gamle bygningen i mars. Til sammenlikning kan nevnes at NH_3 -konsentrasjonen i uteluft vanligvis ligger godt under $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figur 1: Resultater av målinger av NH_3 -konsentrasjonen i det tekniske rommet i NILUs nye bygning som inneholder kjølemaskinen.

Figur 1 viser at konsentrasjonsnivået i det tekniske rommet var omtrent $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ høsten 1994. Siden prøvetakingstiden var ett døgn og lenger, kan det ikke utelukkes at øyeblikksverdier var minst 5-10 ganger høyere enn de viste verdier og dermed har nådd konsentrasjoner som ligger over lukteterskelen for ammoniakk. Lukteterskelen for ammoniakk er omtrent $3600 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figur 2 viser blindverdiresultater for fire utvalgte stasjoner.



Figur 2: Resultater av analyser med hensyn til NH_3 i blindprøver fra fire utvalgte stasjoner.

Blindverdiene var fram til midten av mai 1994, under rimelig god kontroll, mens det er betydelig større variasjon i prøvene som ble analysert etter at NILU flyttet inn i nytt laboratorium.

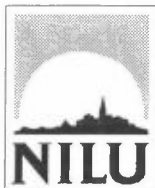
6. Konklusjon

Ut fra NILUs ønske om et miljøvennlig kuldemedium var det riktig å satse på et kjøleanlegg med ammoniakk som kuldemedium. Driftsproblemene i den første tiden var neppe større enn det en måtte vente. Ammoniakk-lekkasjer har imidlertid skapt problemer. Målingene viser at konsentrasjonsnivåene utenom teknisk rom ligger langt under lukt-grensen og vil ikke gi innemiljø-problemer for normal bruk. For NILU, som bestemmer ammoniakk-innholdet i prøver tatt i rene bakgrunnsområder, er det imidlertid viktig at laboratoriemiljøet er rent og ikke kontaminerer prøver. Vi er derfor ikke tilfreds med de ammoniakk-konsentrasjoner som registreres i blindprøvene. NILU har behov for et anlegg som er fullstendig tett, og det er foreløpig uklart om dette vil kunne oppnås.

Vedlegg A

Prinsippskjema kjøling og varmegjenvinning

Takplan VVS-anlegg



Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2007 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAKS RAPPORT	RAPPORT NR. OR 78/94	ISBN-82-425-0641-8	
DATO 12.1.95	ANSV. SIGN. <i>Harald</i>	ANT. SIDER 12	PRIS NOK 15
TITTEL Utvikling av konsept for og bygging av klimakjøleanlegg med ammoniakk i næringsbygg		PROSJEKTLEDER Harald Dovland	
		NILU PROSJEKT NR. O-94010	
FORFATTER(E) Harald Dovland		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAKSGIVERS REF. Kontrakt 94007	
OPPDRAKSGIVER Statens forurensningstilsyn			
STIKKORD Ammonium		Kjøleanlegg	
REFERAT Et klimaanlegg med ammoniakk er prosjektert, bygget og igangkjørt i NILUs nye kontor- og laboratoriebygg på Kjeller. Driftserfaringer fra de første 6 måneder er beskrevet, sammen med målinger av ammoniakk i inneluften på NILU.			
TITLE			
ABSTRACT			

* Kategorier: A Åpen - kan bestilles fra NILU
 B Begrenset distribusjon
 C Kan ikke utleveres