

# **Ammoniak i flyveaske**

## Vejledning til betonproducenter

**Udført for:**  
*E-mineral*

**Udført af:**  
*Jørn Bødker*

*Taastrup, den 27. september 2006*

Titel: Ammoniak i flyveaske. Vejledning til Betonproducenter

Forfatter: Jørn Bødker

Reproduktion af dele af vejledningen er tilladt, hvis kilde angives.

# 1. Indhold

1. Indhold.....	1
2. Baggrund og formål.....	2
3. Indeklima.....	3
3.1 Målinger.....	3
3.2 Praktisk betydning for indeklimaet.....	5
4. Arbejdsmiljø.....	6
4.1 Målinger.....	6
4.2 Praktisk betydning for arbejdsmiljøet.....	6
5. Kontrolmålinger .....	7
6. Konklusion .....	8

## 2. Baggrund og formål

På kraftværkerne er man de senere år begyndt at rense røgen for nitrøse gasser. I denne forbindelse tilsættes røgen små mængder ammoniak, som neutraliserer de nitrøse gasser. Afhængig af driftsforholdene på de enkelte kraftværker vil en mindre del af den tilsatte ammoniak ende i flyveasken.

Ammoniakinholdet i flyveaske er typisk under 100 mg/kg, men i enkelte situationer kan der optræde højere koncentrationer.

Når flyveasken blandes i våd beton, som er meget alkalisk, vil ammoniakken blive frigivet. Man vil derfor kunne opleve, at nyblandet beton med et indhold af flyveaske lugter af ammoniak.

Ammoniaklugten fra beton er et relativt nyt fænomen, og formålet med denne vejledning er at beskrive problemets omfang og evt. forholdsregler, man kan tage hos betonproducenter.



## 3. Indeklima

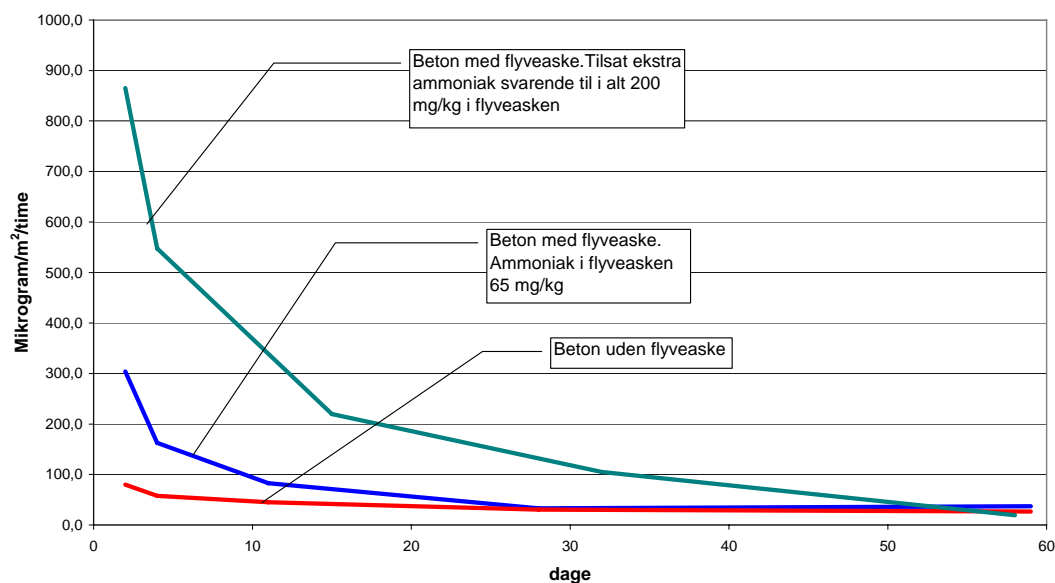
### 3.1 Målinger

Nystøbt beton med flyveaske kan lugte af ammoniak, og man kan selvfølgelig nære bekymring for, om denne lugtafgivelse vil fortsætte i lang tid og give anledning til indeklimaproblemer i en bygning, der er opført af denne type beton.

Ammoniakken fordampner imidlertid med tiden, og Teknologisk Institut har gennemført en lang række undersøgelser i klimakammer for at afklare afdampningsforløbet. Der er gennemført målinger af afdampningshastigheden fra almindelig beton helt uden flyveaske, og fra beton med flyveaske der indeholder ammoniak. Foruden test på traditionel beton er der gennemført test på letklinkerbeton.

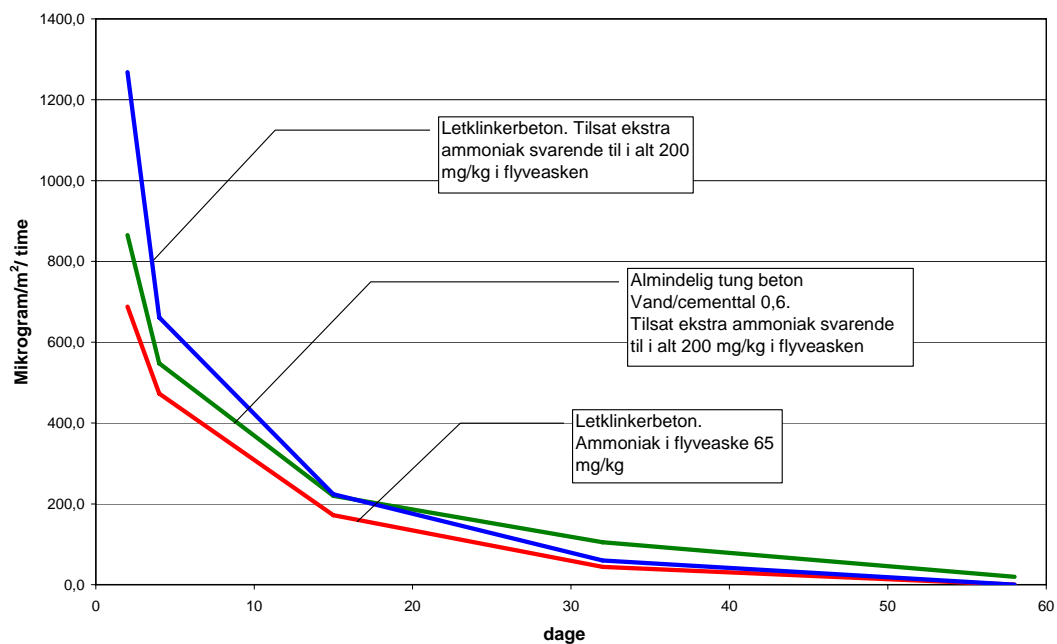
Det viser sig, at ammoniakfordampningen er relativt hurtig umiddelbart efter blanding og udstøbning, og at den aftager med tiden. Målingerne tyder på, at afdampningshastigheden følger Ficks lov, således at fordampningshastigheden er omvendt proportional med kvadratroden af tiden. Det er i øvrigt næsten den samme lovmæssighed, der beskriver karbonatisering og kloridindtrængning i beton.

I nedenstående figur 3.1 ser man afdampningshastigheden afbildet som funktion af tiden. Der er anvendt beton helt uden flyveaske, beton med flyveaske der indeholder 65 mg/kg ammoniak, og beton med en flyveaske, hvortil der er tilsat ekstra ammoniak, således at indholdet svarer til 200 mg/kg ammoniak.



Figur 3.1 Afdampningshastighed af ammoniak fra almindelig beton med stigende ammoniakindhold.

Der er på samme måde gennemført målinger på en typisk letklinkerbeton.



Figur 3.2 Afdampning af ammoniak fra letklinkerbeton sammenlignet med afdampningen fra almindelig beton.

Afdampningshastigheden er proportional med ammoniakindholdet i flyveasken, og letklinkerbeton afgiver umiddelbart efter udstøbning mere ammoniak end almindelig beton; men afgivelsen af ammoniak fra letklinkerbeton klinger hurtigt af.

Cement kan også indeholde små mængder ammoniak, og beton uden flyveaske kan derfor også afgive ammoniak.



## 3.2 Praktisk betydning for indeklimaet

Lugtgrænsen for ammoniak er ca.  $3 \text{ mg/m}^3$ , og grænseværdien i arbejdsmiljøet er  $14 \text{ mg/m}^3$ . Der findes ingen grænseværdi for indeklimaet, men ofte anvender man  $1/50$  eller  $1/100$  af grænseværdien for arbejdsmiljøet. En  $1/100$  af grænseværdien i arbejdsmiljøet er altså  $0,14 \text{ mg/m}^3$ .

**Til illustration:**

En ammoniakkoncentration på  $0,14 \text{ mg/m}^3$  svarer til, at man i et lille værelse på fx  $25 \text{ m}^3$  anvendte "3-dobbelt salmiakspiritus", og i den forbindelse lader ammoniakken i ca. en kvart dråbe fordampe.



Teoretiske beregninger af koncentrationen af ammoniak i et rum i et hus, der er bygget af beton, viser, at selvom der anvendes flyveaske med op til  $200 \text{ mg/k}$  ammoniak, vil ammoniakkoncentrationen i rumluften være under denne værdi allerede efter to måneder, regnet fra den dag betonen støbes. Det vil sige væsentlig tidligere, end en bygning normalt er indflytningsklar.

## 4. Arbejdsmiljø

### 4.1 Målinger

Ammoniakafgivelsen er størst umiddelbart under og lige efter udstøbning af beton. Det er derfor i arbejdsmiljømæssig sammenhæng, at man i praksis vil kunne opnå de højeste koncentrationer i luften.

Det har ikke været muligt at finde en virksomhed, hvor man under realistiske forhold kunne måle ammoniak i rumluften. Der er derfor gennemført en serie klimakammermålinger for at finde den koncentration, som der maksimalt kan opstå over nyudstøbt beton.

Målinger i laboratoriet viser, at under ekstreme forhold i et kammer med store mængder nyudstøbt mørtel og fuldstændig uden luftskifte vil koncentrationen af ammoniak i kammeret kunne vokse til ca.  $75 \text{ mg/m}^3$ . Dette er en ligevægtssituation, hvor koncentrationen i luften, uanset hvor meget beton der anvendes i et lufttæt kammer, ikke kan vokse yderligere. I forsøget er anvendt en mørtel med flyveaske, der indeholder  $200 \text{ mg/kg}$  ammoniak.

### 4.2 Praktisk betydning for arbejdsmiljøet

Grænseværdien for ammoniak i indåndingsluften er  $14 \text{ mg/m}^3$ . Dette er en gennemsnitsværdi over arbejdsdagen, som dog ikke må overskrides med mere end 100 %.

Målesituation i fuldstændig lukket klimakammer er urealistisk i arbejdsmiljøssammenhæng. Man må forvente at selv ved arbejde med beton, som indeholder flyveaske med  $200 \text{ mg/kg}$  ammoniak, vil der ikke i velventilerede produktionslokaler kunne opstå ammoniakkoncentrationer på over grænseværdien på  $14 \text{ mg/m}^3$ .

Ved støbninger udendørs vil ammoniakkoncentrationerne i luften være langt under grænseværdierne.

## 5. Kontrolmålinger

Ammoniak lugter kraftigt og detekteres let med lugtesansen i koncentrationer, der er langt under grænseværdien i arbejdsmiljøet. Det kan imidlertid være nødvendigt at gennemføre målinger af koncentrationen i luften for at sikre, at det er sundhedsmæssigt forsvarligt at arbejde i lokalerne.

Den simpleste metode til at bestemme ammoniakkoncentrationen i arbejdslokalerne er prøverørsmetoden, hvor man anvender prøverør fx leveret fra firmaet Dräger.

Man kan anvende Drägerrør mærket "Ammoniak 2/a". Rørets glastipper brækkes af, og ved hjælp af Drägers håndpumpe suges 5 pumpeslag gennem røret. Hvis der er ammoniak til stede, vil røret skifte farve fra gul til blå, og ammoniakkoncentrationen i luften kan aflæses på røret.

Metoden er hurtig og enkel at udføre. Ulemperne ved metoden er, at der er en usikkerhed på aflæsningen på ca. 10 -15 %, og at der er tale om en øjebliksmåling, som ikke umiddelbart viser gennemsnitskoncentrationen over en arbejdsdag.

Ønskes der en mere præcis måling, kan der udtages prøver for efterfølgende analyse på laboratorium. Denne metode kræver trænet personale til prøveudtagning, og analyseresultaterne foreligger først flere dage efter prøvetagning. Metoden er til gengæld meget nøjagtig, og detektionsgrænsen er lav - mindre end  $0,01 \text{ mg/m}^3$ . Denne meget lave detektionsgrænse betyder, at metoden også kan anvendes til at kontrollere ammoniakkoncentrationen i indeklimaet.



Håndpumpe med prøverør for ammoniak

## 6. Konklusion

Frisk og hærdnet beton med flyveaske, som indeholder ammoniak, vil afgive ammoniak til luften. Ammoniakafgivelsen aftager relativt hurtigt med tiden, og på baggrund af laboratorieforsøg og teoretiske beregninger, kan man konkludere, at så længe man ikke overskrider 200 mg/kg ammoniak i flyveasken vil:

- der i velventilerede arbejdslokaler ikke kunne opstå sundhedsskadelige koncentrationer af ammoniak under udstøbning af beton.
- ammoniakken efter få måneder være fordampet i en sådan grad, at der ikke på grund af ammoniakafdampning vil opstå indeklimaproblemer i en bygning.

Ammoniakdampe er relativt lette at lugte og også relativt enkle at måle i luften. Ved hjælp af fx "Drägerrør" kan man få en indikation af koncentrationsniveauet i luften, medens prøvetagning og efterfølgende kemisk analyse med stor præcision vil kunne afgøre ammoniakkoncentrationen i luften såvel i arbejdsmiljøet som i indeklimaet.