



Boo Ljungdahl

NOx reduksjon uten bruk av katalysator (SNCR) – småskala tilpassing

BioEld Norden AB
Kärne Ryttagården 412
691 91 Karlskoga

Hjemmeside www.bioeld.se
E-post boo.ljungdahl@bioeld.se
Tel. +46 768 403436

NOx-dannelse under forbrenning

Brensel NOx

(avledet fra nitrogen i brenslet)

- Dominerende i forbrenning av trebrensel
- Korrelert med nitrogeninnholdet i brenslet

Reduksjon ved lav O₂, lang oppholdstid og lav temperatur

Termisk NOx

(avledet fra nitrogen i forbrenningsluften)

- Av betydning ved høyere temperaturer (> ca 1250°C)

Reduksjon ved kort oppholdstid og lav temperatur

Prompt NOx

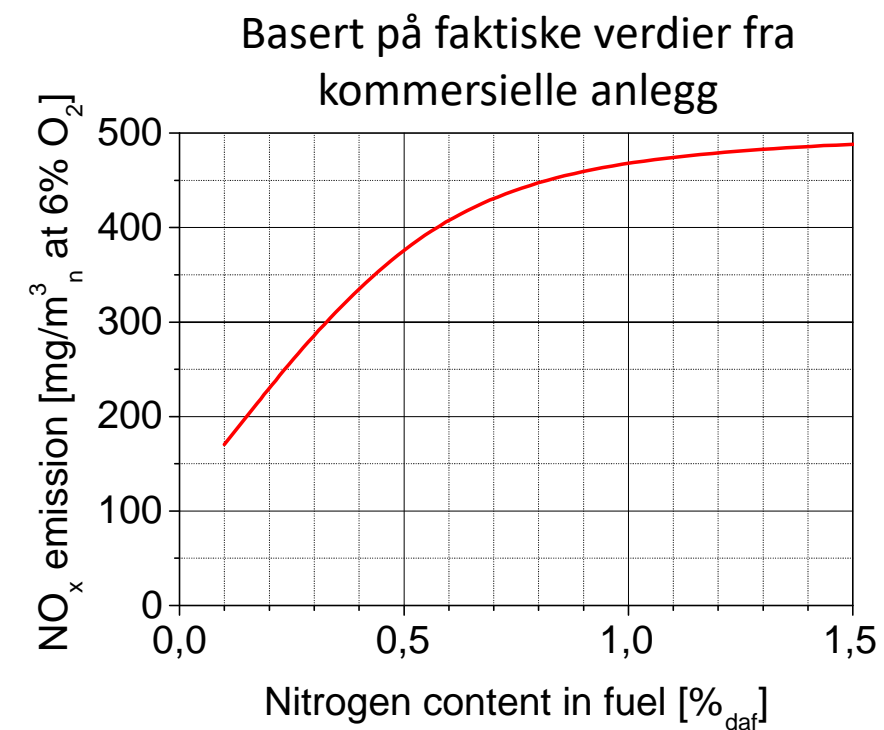
(avledet fra nitrogen i forbrenningsluften som reagerer med hydrokarboner i forbrenningen)

- Normalt av mindre betydning

Forventet NO_x-dannelse

Avhengig av nitrogen (N) innholdet i brenslet

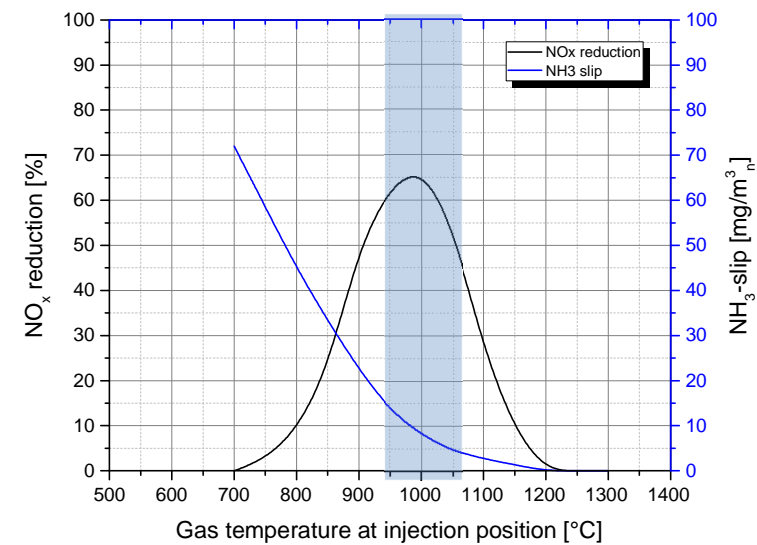
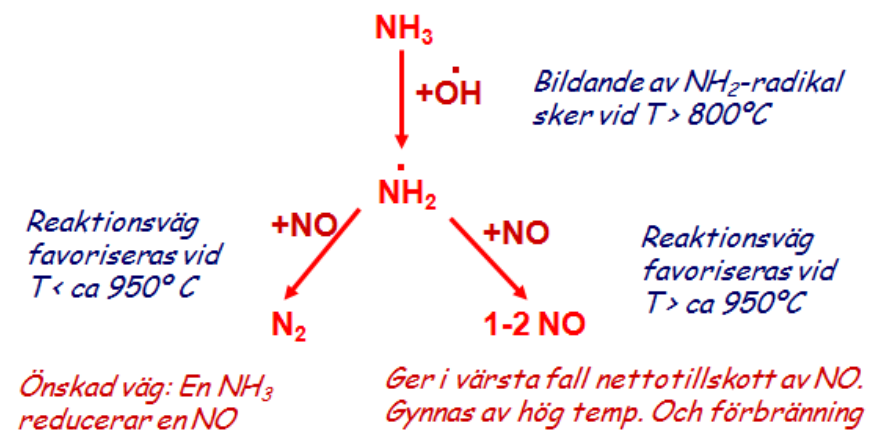
Brensel	Median [% TS,askefri]	Spensvidde [% TS,askefri]
Trä-Pellet Stamved	0,1	
GROT	0,4	
Bark (barrträ)	0,3	(0,2-0,5)
Salix	0,5	(0,1-1,0)
Returträ	1,0	(0,8-1,2)
Halm	0,6	(0,4-0,7)
Rörflen (gress)	1,2	(0,9-1,2)
Board	3	(2-4)



$$\begin{aligned} &1 \text{ mg/m}^3_n \text{ vid } 11 \% \text{ O}_2 \\ &= \\ &1,5 \text{ mg/ m}^3_n \text{ vid } 6\% \text{ O}_2 \end{aligned}$$

SNCR

NH₃ må leveres på riktig sted geometrisk og er avhengig av temperaturen i brennkammeret for effektivt å kunne redusere NO_x uten ammoniakkutslipp.



Nødvendig oppholdstid for reaksjon ca. 0,3- 0,5 sekunder

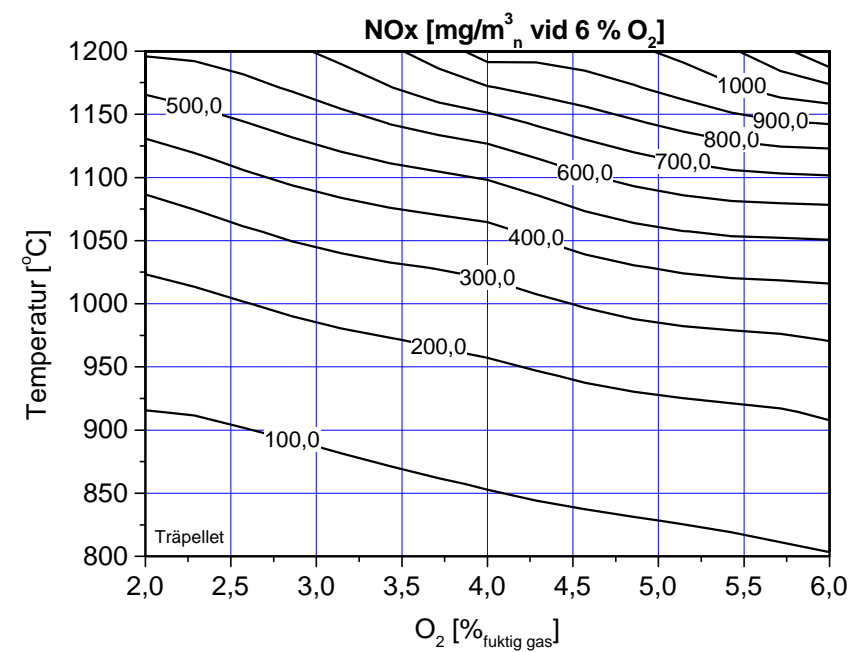
Urea (AdBlue) danner både NH₃ og HNCO.

HNCO gir en annen reaksjonsvei over N₂O for å redusere NO

- Temperaturvindu for urea er litt høyere enn for ammoniakkvann

- Urea er mindre effektiv enn ammoniakk

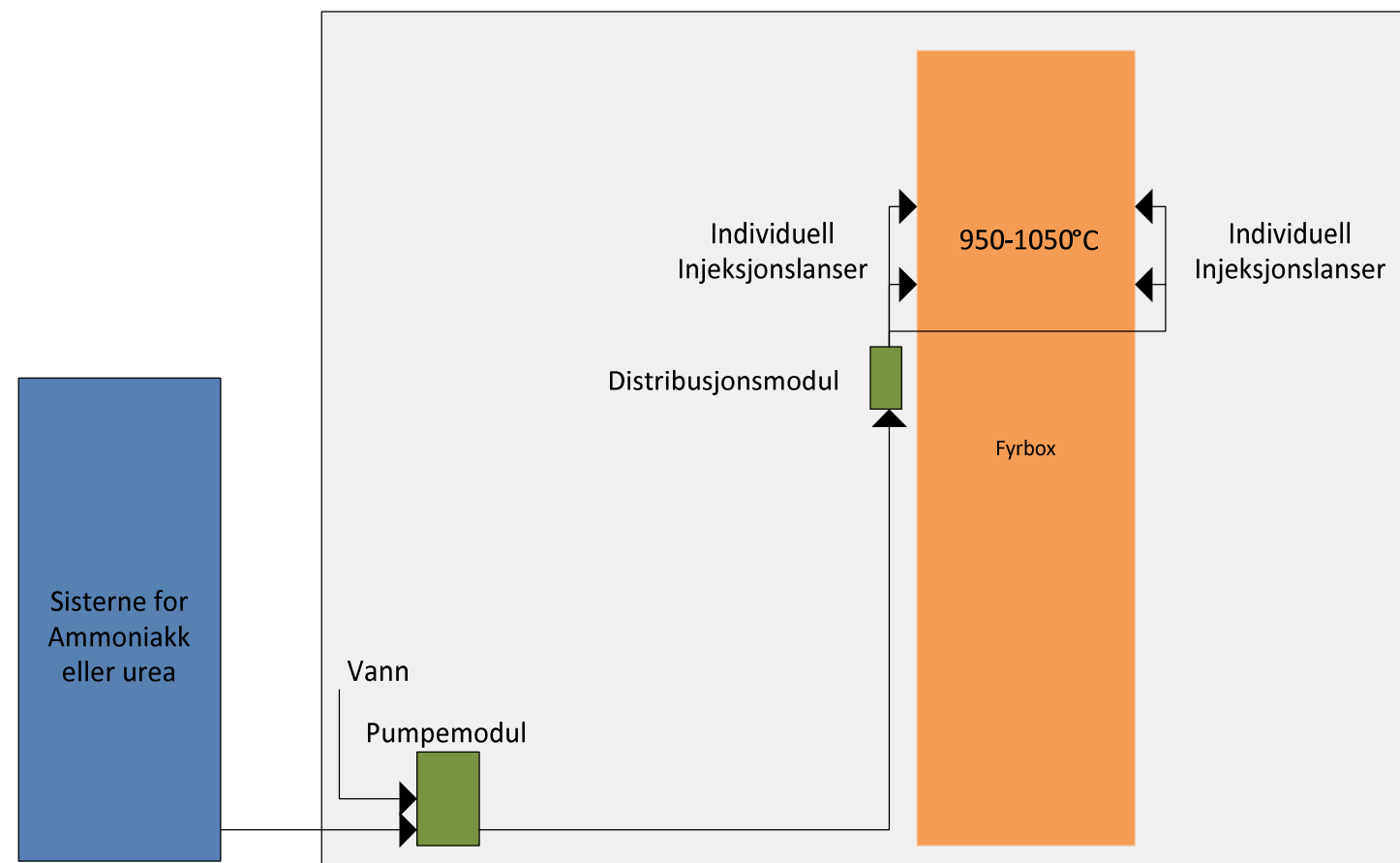
Likevekt



Likevekt setter en nedre grense for NOx-utslipp.

Med SNCR øker reaksjonshastigheten mot likevekt, men reaksjonen stopper raskt når den avkjøles i kjelens konveksjonsfelt.

Prinsipiell systemløsning



Sisternen for lagring

Urea

Kan lagres i en enklere "åpen" tank.
Bør være innendørs pga fare for frysing



Glassfibertank 8 m³
(Notodden)

BioEld Norden AB

Ammoniakkvann

Må oppbevares i en dobbelkappet tank.
EX-klassifisert på innsiden
Ingen fare for frysing



Tank i rustfritt stål 30m³
(Vetlanda)

Pumpemodul



Fullt utstyrt (NH₃/Urea)



Enkel modell (Urea)

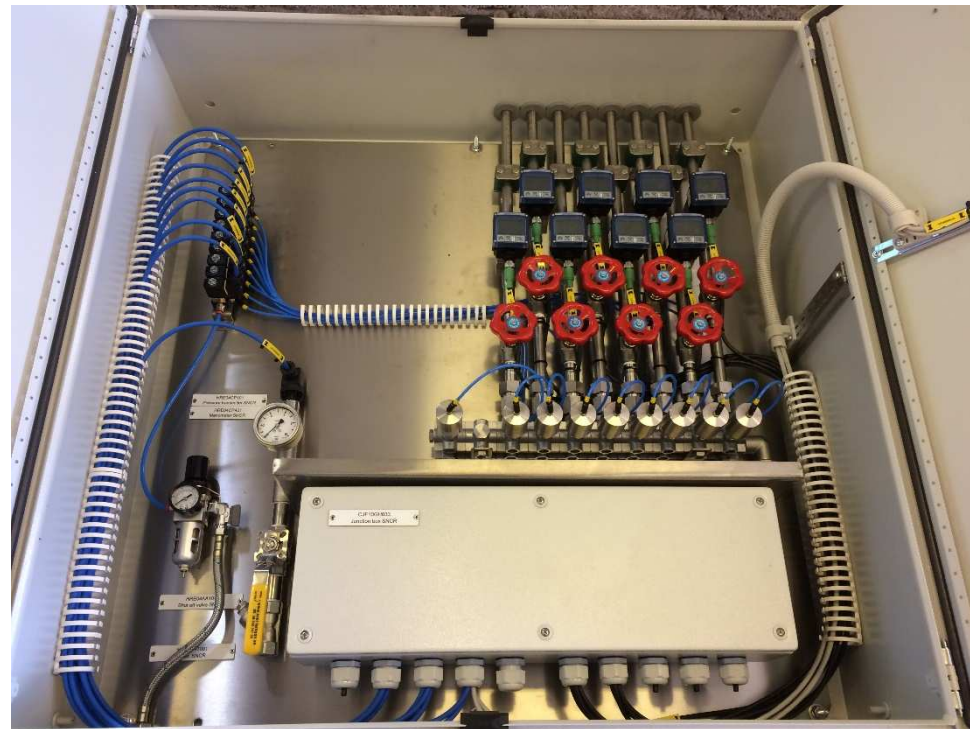
Plassert nær sisternen

Medfølgende NH₃ / Urea kontrolleres mot settpunkt NO_x (eller NH₃-slipp)

Vann tilsettes for konstant total strømming pr SNCR-lanse

Spyling av systemet ved stopp

Distribusjonsmodul



Fullt utstyrt
(NH₃/Urea)



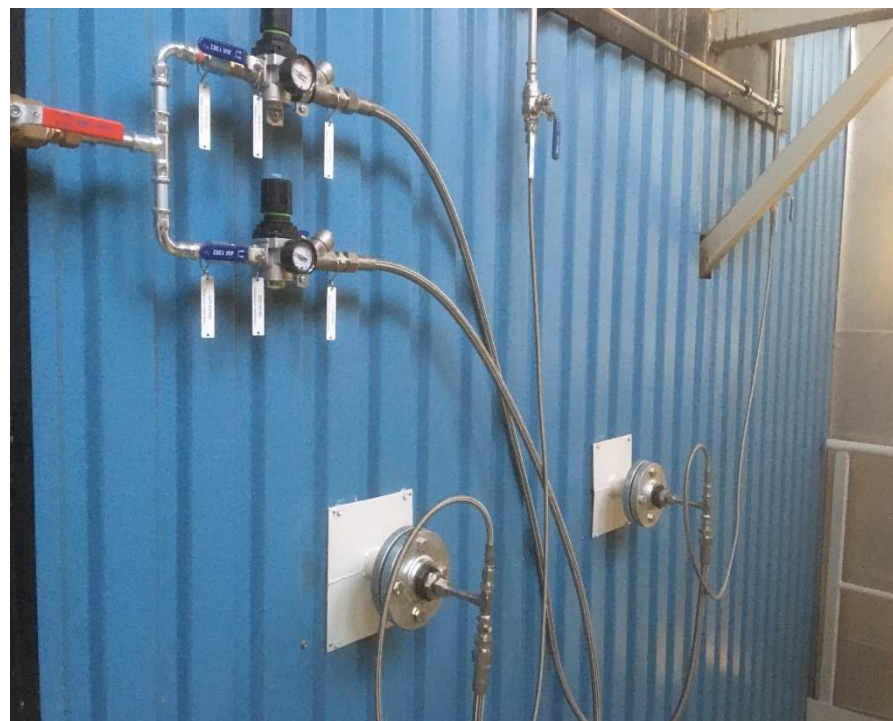
Enkel modell (Urea)

Plassert ved siden av brennkammeret
Medfølgende NH₃ / Urea distribuert til valgte lanser
Mulighet for å justere vannstrømmen til individuell lanse

SNCR Injeksjonslanser

Trykkluft basert forstøvning:

- For kontroll av dråpestørrelse
- For kjøleranse som ikke er i bruk

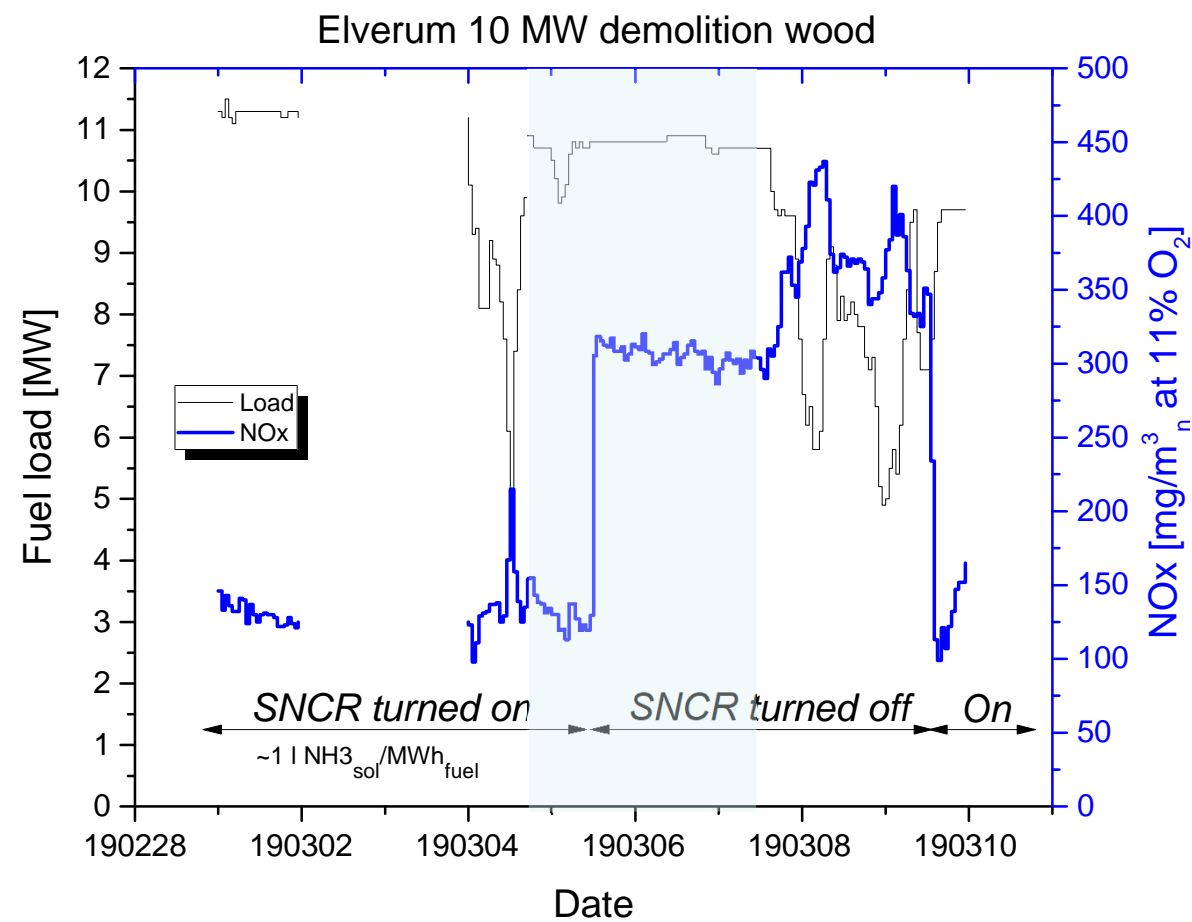


Dyser er plassert for å dekke
tverrsnittsområdet godt

Unngå at dråper havner på kalde
overflater (risk for korrosjon)

Elverum 11,5 MW RT-flis

SNCR med 25% ammoniakkvann



Ved høy belastning:

Effekt: ca 10,7 MW_{brensel}

NO_x uten SNCR = ca 310

NO_x med SNCR = ca 130

Mengde NH₃: ca 1,25 l/MWh

NH₃/NO_x = ca 1,2

NO_x reduksjon = ca 58%

Utnyttelse = ca 48 %

Tromsø (Breivika) 4 MW (Returvirke/flis)

33% ureaoppløsning (AdBlue)

Dosering av urea reguleres mot å holde NOx på 190mg/m³_n (11% O₂).



Ved igangkjøring:

NOx uten SNCR

ca 300 mg/m³_n (ved 11% O₂)

NOx med SNCR

ca 140 mg/m³_n (ved 11% O₂)

Forbruk av urea

ca 1,3 l/MWh

NH₃/NOx

ca 1,3

NOx reduksjon

ca 53 %

Utnyttelse

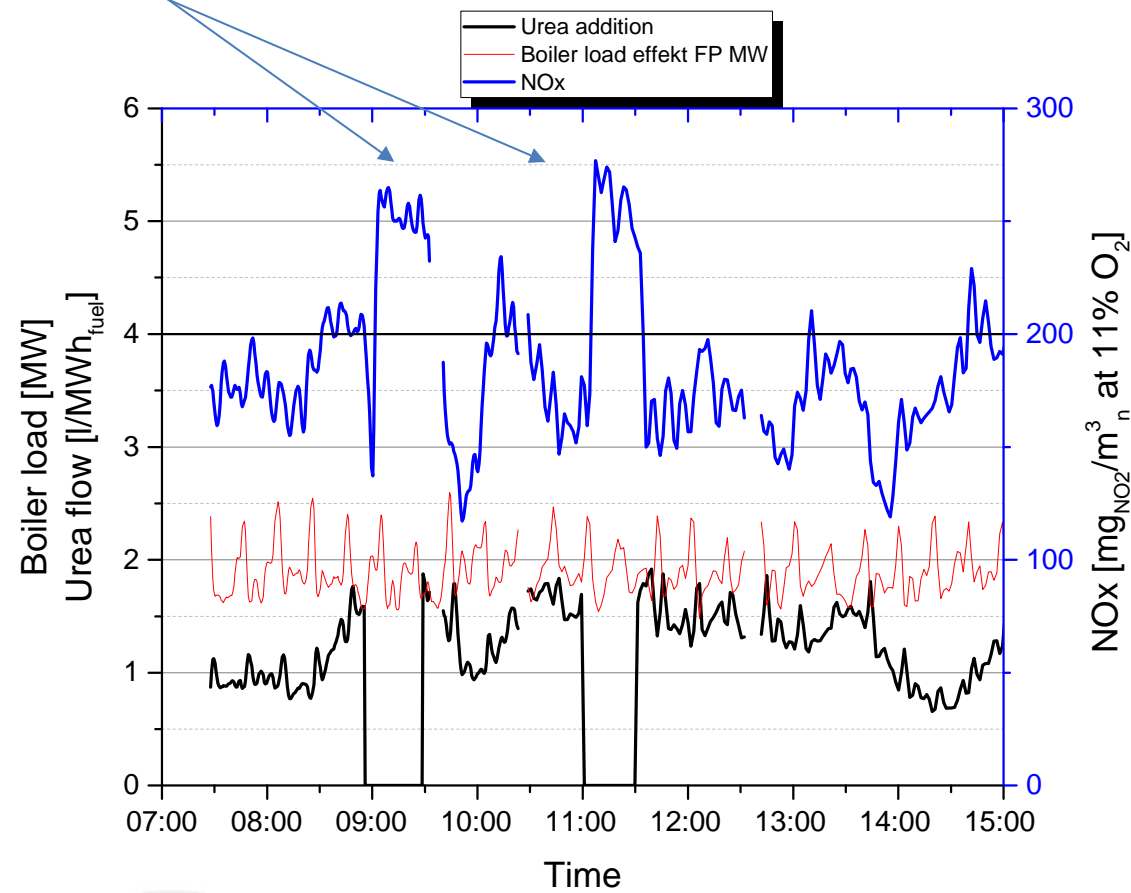
ca 42%

Notodden 4 MW (FP1) Returvirke

33% ureaoppløsning (AdBlue)

Dosering av AdBlue reguleres mot å holde NO_x til 175 mg/m^3_n (11% O_2)

Referansetest



Hvit trevirke



NO_x uten SNCR = ca 250-275

NO_x med SNCR = ca 175

Mengde NH_3 : ca 1,5 l/MWh

NH_3/NO_x = ca 1,7

NO_x reduksjon = ca 33 %

Utnyttelse = ca 19 %

Sjablong investeringsanalyse

Bare for å estimere tilnærmet break even Urea/NH₃

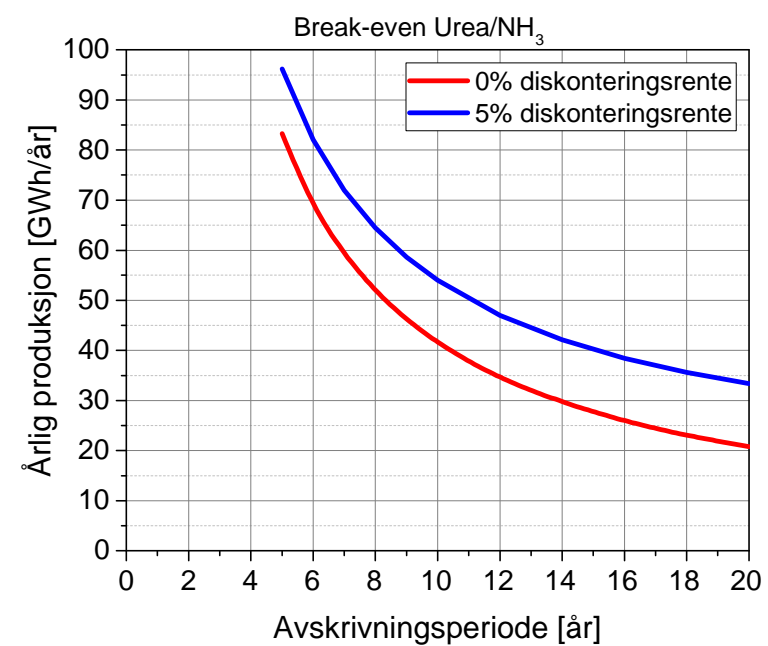
	Ammoniakk	Urea
Konsentrasjon [% _{vikt}]	24,5	33
Tetthet [kg/m ³]	920	1126
N [kg/m ³]	185,6	192,7
N [kg/kg _{tot}]	0,20	0,17
Koste [NOK/m ³]	2 375	3 000
N-källa [NOK/kg]	11 771	17 529

For bruk i liten skala av SNCR i Norge anbefales vanligvis urea (AdBlue) - systemer:

- + Lavere investeringskostnader
- + Ufarlig håndtering
- Høyere driftskostnader (lavere effektivitet / høyere pris for urea)



		Urea	NH ₃
Investering (total) [NOK]		1 000 000	2 000 000
Driftskostnad [NOK/MWh _{prod}]		5,0	2,6



Sammendrag

- SNCR-teknologi gir tilstrekkelig NO_x-reduksjon for å oppfylle grenseverdiene for de fleste brensel
- Ammoniakkvann er mer effektivt enn urea (AdBlue)
- For å oppfylle grenseverdien på 200 mg / m³_n (ved 11% O₂), må det tilsettes ca. 1-1,5 liter/MWh når det forbrennes returtrevirke.
- SNCR-systemer med urea har lavere investeringskostnader, men høyere driftskostnader. Passer best for mindre anlegg
- SNCR-systemer med ammoniakkvann anbefales for litt større anlegg, som også kan rettferdiggjøre en stor lagertank.