

Gasmotorer/gasturbiner Importeret naturgas, betydning for ydelser, forbrug og emission

Måleprojekt

Projektrapport
Maj 2011

RAPPORT

Gasmotorer/gasturbiner

Importeret naturgas, betydning for ydelser, forbrug og emission

Måleprojekt

Jan de Wit, Steen D. Andersen

Titel : Gasmotorer/gasturbiner. Importeret naturgas, betydning for ydelser, forbrug og emission

Rapport kategori : Projekt rapport

Forfatter : Jan de Wit, Steen D. Andersen

Dato for udgivelse : 10.06.11

Copyright : Dansk Gasteknisk Center a/s

Sagsnummer : 736-20; H:\736\20 Ydelse, forbrug osv\Samlet-Rapport\Rapport-samlet_final.docx

Sagsnavn : Ydelse, forbrug, virkningsgrad, emission for KV

ISBN : 978-87-7795-342-2

Indholdsfortegnelse	Side
1 Baggrund.....	2
2 Finansiering mv.	3
3 Udførelse.....	4
4 Udvælgelse af KV-anlæg.....	5
5 Naturgas til forbrugere i Danmark.....	6
6 Gassammensætning under målingerne.....	8
7 Resultater fra målinger.....	10
7.1 Enhed #1 (åbenkammergasmotor).....	12
7.2 Enhed #2 (forkammergasmotor).....	16
7.3 Enhed #3 (forkammergasmotor).....	20
7.4 Enhed #4 (gasturbine).....	24
8 Konklusion.....	28
8.1 Gasmotorene.....	28
8.2 Gasturbinen.....	28
9 Referencer.....	30
 Bilag	
Bilag 1	Eksempel på øjebliksbillede af naturgassystemet i Danmark uge 12 (gasimport)
Bilag 2	Eksempel på øjebliksbillede af naturgassystemet i Danmark uge 15 (gaseksport)
Bilag 3	Gennemsnitlige emissioner fra naturgasfyrede gasmotorer og -turbiner

1 Baggrund

Der blev i efteråret 2010 påbegyndt import af naturgas til det danske naturgassystem. Importen sker over den dansk/tyske grænse; samme forbindelse, har hidtil været anvendt til eksport af dansk naturgas.

Import og betingelserne herfor har officielt været annonceret siden 2007 af Sikkerhedsstyrelsen.

Indledningsvist blev der tidligt i efteråret 2010 foretaget prøveimport til et fysisk afgrænset område (det syd- og sønderjyske). Siden er import blevet en almindelig operativ mulighed, og der foretages ikke bevidst fysisk afgrænsning, om end det fortsat primært er det syd- og sønderjyske område, der i perioder modtager den importerede gas.

Gassen, der modtages, har færre tungere kulbrinter og også en større andel ubrændbare gasser og har derfor en lavere brændværdi pr. normalkubikmeter end den vanlige gas fra Nordsøen.

Kort efter importen påbegyndtes, meldte et mindre antal motorer i det aktuelle geografiske område om problemer i relation til drift samt om problemer med forbrug og ydelser for samme.

Nærværende rapport omhandler sammenlignende præcisionsmålinger (ydelse, forbrug, emission mv.) udført på 3 forskellige gasmotorer samt et gas-turbineanlæg på henholdsvis nordsøgas og importeret gas med lavere brændværdi end nordsøgassen.

2 Finansiering mv.

Projektarbejdet er finansieret af gasselskabernes Fagudvalg for Gasanvendelse og Installationer (FAU GI) og Svenskt Gastekniskt Center AB (SGC).

Der rettes en varm tak til de anlægsejere, der har stillet KV-enheder og mandskab til rådighed i forbindelse med målingerne. Et antal motorleverandører takkes ligeledes for assistance i forbindelse med målingerne.

3 Udførelse

Målingerne er udført af Dansk Gasteknisk Center a/s (DGC).

DGC har anvendt eget udstyr til måling af emission samt udtaget og analyseret den aktuelle gas fra måleserierne, herunder foretaget bestemmelse af brændværdi.

Til måling af gasforbrug og elproduktion er anvendt afregningsmålere for gas og el på installationsstedet. En række andre forhold er noteret i forbindelse med målingerne: Gastryk før gasrampe, udetemperatur samt driftsindstillinger (fx tændingsindstilling for gasmotorer, temperatur før første skovlrække på gasturbineanlægget), hvor dette har været muligt.

Måleserierne er alle gennemført ved fuld last over ca. 2 timer. Første måleserie gennemførtes uge 12, 2011 med importeret gas, siden fulgte så målinger på nordsøgas i uge 15, 2011.

Der er udtaget gasprøver til analyse hos DGC ved måleseriens start og slutning samt udtaget en reserveprøve midtvejs ved målingerne på de udvalgte KV-anlæg.

4 Udvalgelse af KV-anlæg

Udvælgelsen af anlægget er foretaget med sigte på:

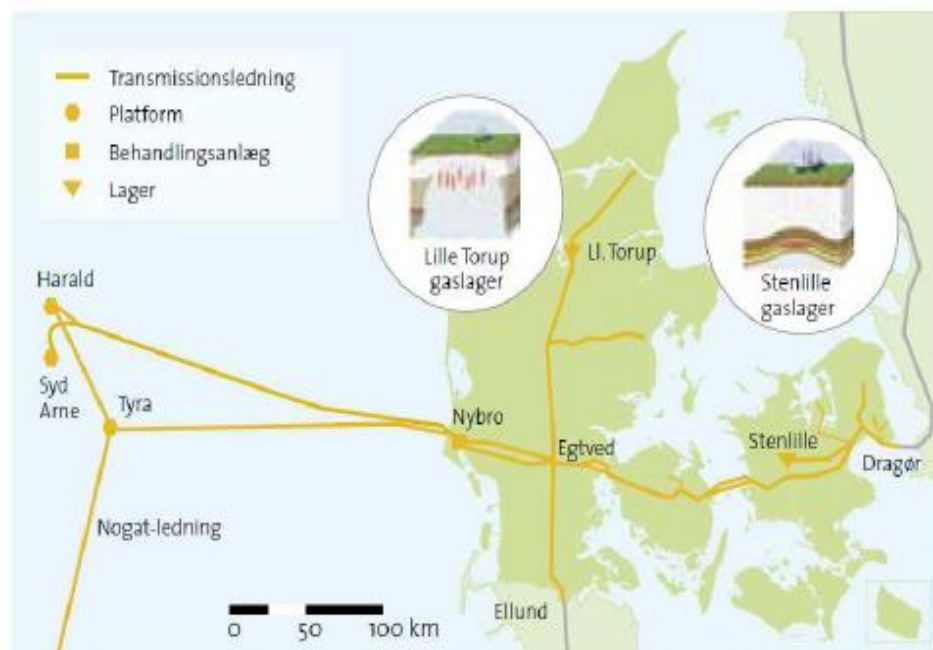
- Anlæg, der forsynes med ublandet importgas samt, til anden tid, ublandet nordsøgas
- For motorenes vedkommende gerne både åbenkammer- og forkammermotorer
- Gerne anlæg, der har en vis udbredelse blandt danske KV-anlæg
- Anlæg, hvor der har været rapporteret om mærkbare ændringer ved import af gas.

Der er udvalgt en åben- samt en forkammergasmotor med stor udbredelse blandt danske anlæg. Herudover er valgt en endnu forkammermotor, hvor der har været rapporteret om en række problemer i relation til drift på den importerede gas.

Der er et begrænset antal gasturbineanlæg i drift i området, hvorfra der er udvalgt et anlæg. Generelt er der ikke rapporteret om særlige problemer for gasturbinerne til kraftvarmeproduktion.

5 Naturgas til forbrugere i Danmark

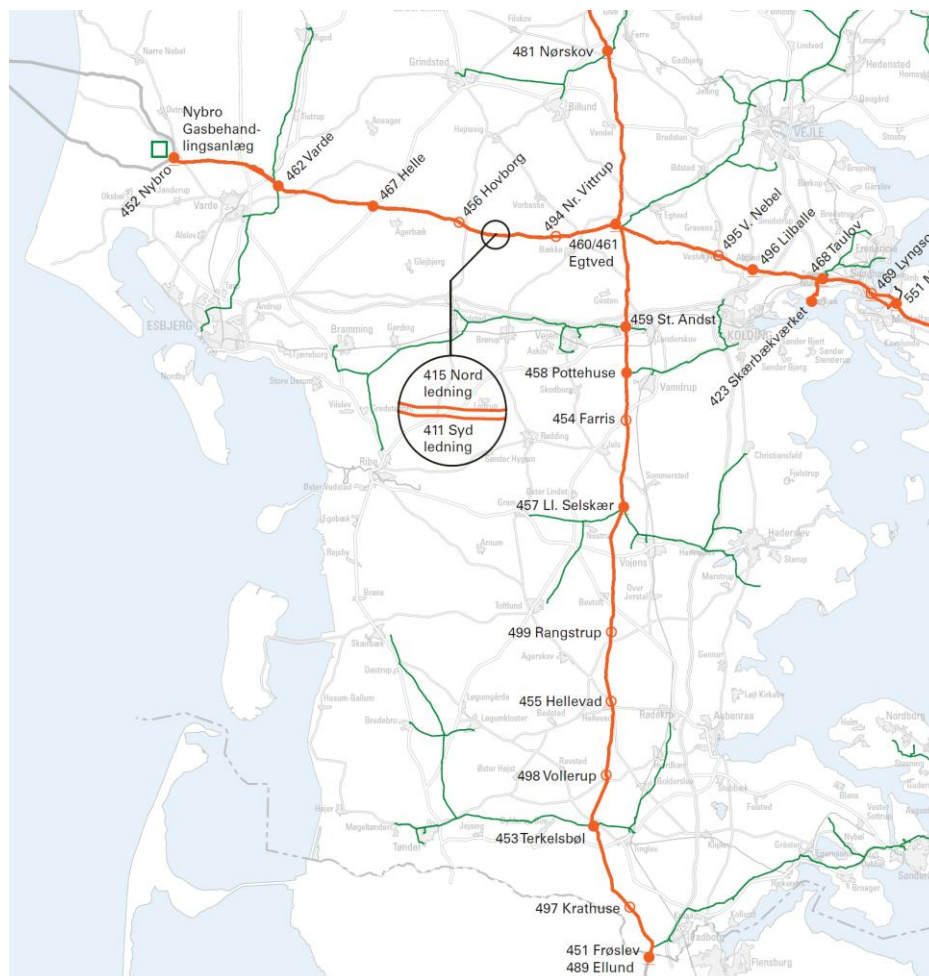
Det danske naturgassystem ses på Figur 1. Det ses her, at Egtved udgør et knudepunkt.



Figur 1 Det overordnede danske naturgas net (fra Energinet.dk)

Den importerede gas vil kunne komme til Egtved og der blive blandet med gas fra Nordsøen mv., førend den går videre derfra. Indtil Egtved (set fra den dansk/tyske grænse) vil importgassen da optræde ufortyndet. I de situationer, hvor importgassen ikke når Egtved, vil fronten mellem import- og dansk gas findes et sted på strækningen mellem grænsen og Egtved. Positionen vil afhænge af aktuelt forbrug samt importmængde. Når der er gas-eksport fra Danmark, vil hovedledningen mellem grænsen og Egtved efter en tid være fyldt med dansk naturgas.

Et mere detaljeret kort over gassystemet i det syd- og sønderjyske område ses på Figur 2.



Figur 2 Naturgassystemet i det sydlige Jylland. Måle- og regulatorstationer ses på kortet (fra Energinet.dk).

Bestemmelser for naturgas, der leveres til forbrugere og gasforbrugende installationer i Danmark, er fastlagt i følgende:

- Gasreglementet (GR-A, Bilag 1 A)
- Meddelelse om gaskvalitet ved import af gas fra Nordtyskland, Meddelelse fra Sikkerhedsstyrelsen, december 2007
- Kontrakten med gasleverandøren.

6 Gassammensætning under målingerne

Herunder er i Tabel 1 og Tabel 2 gengivet resultatet af gasanalyser for gasprøverne udtaget i forbindelse med målingerne. Gasanalyserne er foretaget på DGC's gaskromatograf, hvorpå der for en række gastyper kan foretages akkrediteret prøvning/analyse.

Tabel 1 Gasanalyser er foretaget af DGC. Prøver er udtaget på de aktuelle KV-anlæg i uge 12, 2011. Enhed #4 er en gasturbine (GT), øvrige er gasmotorer (GM).

Importgas		Enhed #1 (GM)	Enhed #2&3 (GM)	Enhed #4 (GT)	Usikkerhed
Metan	Mol. %	92,2	92,1	92,2	+/- 0,32
Etan	Mol. %	3,6	3,7	3,9	+/- 0,06
Propan	Mol. %	0,71	0,74	0,8	+/- 0,012
i-Butan	Mol. %	0,11	0,11	0,12	+/- 0,003
n-Butan	Mol. %	0,11	0,11	0,12	+/- 0,003
Neo-Pentan	Mol. %	0,002	0,002	0,002	+/- 0,0001
i-Pentan	Mol. %	0,03	0,03	0,03	+/- 0,001
n-Pentan	Mol. %	0,02	0,02	0,03	+/- 0,000
Hexan +	Mol. %	0,03	0,03	0,03	+/- 0,002
Nitrogen	Mol. %	2,4	2,3	1,8	+/- 0,03
Kuldioxid	Mol. %	0,84	0,92	1,0	+/- 0,015
Beregnete værdier					
Brændværdi, nedre ¹⁾	kWh/m^3_n	10,12	10,13	10,22	+/- 0,04
Wobbeindeks ¹⁾	kWh/m^3_n	14,44	14,45	14,56	+/- 0,07
Densitet ¹⁾	kg/m^3_n	0,78	0,78	0,78	+/- 0,002

1) Iht. ISO 6976

Tabel 2 Gasanalyser er foretaget af DGC. Prøver er udtaget på de aktuelle KV-anlæg i uge 15, 2011. Enhed #4 er en gasturbine (GT), øvrige er gasmotorer (GM).

Nordsøgas		Enhed #1 (GM)	Enhed #2&3 (GM)	Enhed #4 (GT)	Usikkerhed
Metan	Mol. %	89,6	89,7	89,3	+/- 0,32
Etan	Mol. %	5,9	5,8	5,9	+/- 0,06
Propan	Mol. %	2,3	2,2	2,4	+/- 0,012
i-Butan	Mol. %	0,37	0,37	0,37	+/- 0,003
n-Butan	Mol. %	0,56	0,55	0,58	+/- 0,003
Neo-Pentan	Mol. %	0,002	0,002	0,002	+/- 0,0001
i-Pentan	Mol. %	0,13	0,13	0,13	+/- 0,001
n-Pentan	Mol. %	0,09	0,08	0,09	+/- 0,000
Hexan +	Mol. %	0,06	0,05	0,05	+/- 0,002
Nitrogen	Mol. %	0,31	0,32	0,33	+/- 0,03
Kuldioxid	Mol. %	0,75	0,73	0,80	+/- 0,015
Beregnete værdier					
Brændværdi, nedre ¹⁾	kWh/m^3_n	10,98	10,97	11,00	+/- 0,04
Wobbeindeks ¹⁾	kWh/m^3_n	15,3	15,2	15,3	+/- 0,07
Densitet ¹⁾	kg/m^3_n	0,820	0,818	0,822	+/- 0,002

1) Iht. ISO 6976

7 Resultater fra målinger

I det følgende præsenteres resultaterne fra de udførte måleserier.

Det er som nævnt tilstræbt at få målingerne udført for hver KV-enhed:

- Med to så forskellige naturgasser som muligt (høj og lav brændværdi)
- Med så ens udetemperatur som muligt og dermed nogenlunde ens varmemeforbrug og vandtemperaturer i det tilsluttede fjernvarmesystem
- Med det samme måleudstyr ved begge måleserier på de enkelte anlæg for dermed at minimere måleusikkerheden.

Det er valgt at måle på anlæggene, som de nu drives og indstiller sig ved drift på de aktuelle gastyper.

Måleseriernes formål har været at få belyst, om der synes at være markante forskelle i ydelse, forbrug og emission ved fuldlastdrift. Det har ikke været projektets formål at afdække evt. driftsproblemer i relation til skift imellem gastyperne eller andet.

Der foreligger mange muligheder for præsentation af måleresultaterne. Her er slutteligt valgt grafisk at præsentere den målte afvigelse på ydelses- og forbrugsdata mellem drift på henholdsvis nordsøgas med høj brændværdi og importgas med lavere brændværdi med nordsøgas som referencen.

DGC anvender emissionsmålings- og gasanalyseudstyr af høj kvalitet, der kalibreres før måling og kontrolleres efterfølgende. Herudover anvendes anlæggenes/enhedernes gas- og elafregningsmålere, der alle har kendt måleusikkerhed/klasse. Måleusikkerhederne for en enkeltmåling er derfor for de fleste målinger velbestemt. Her er som nævnt fokuseret på afvigelsen mellem drift på de to gastyper; dette vil betyde, at måleusikkerheden for en række af målingerne formentlig er mindre end det angivne, idet der jo er anvendt de samme målere ved de to måleserier og eventuel systematisk måleusikkerhed dermed udlignes. Det har dog ikke været muligt eksakt at talsætte denne usikkerhed, hvorfor den vanlige enkeltmålings usikkerhed er anvendt på diagrammerne.

Generelt gælder for de angivne data at:

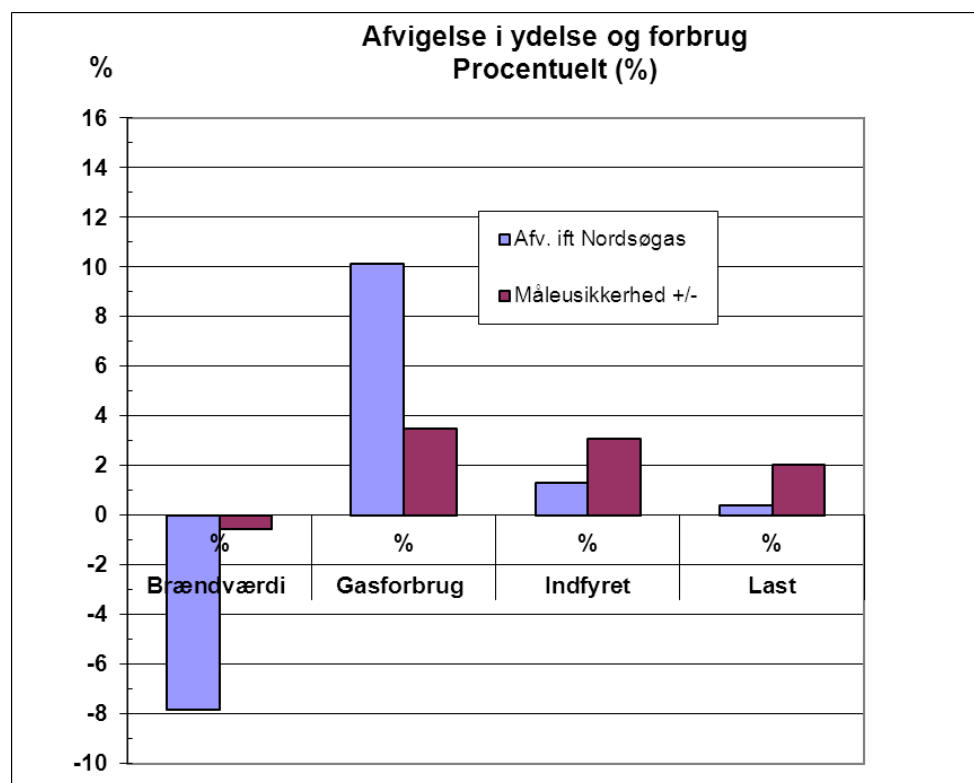
- Indfyret effekt og virkningsgrader er i forhold til brændslets nedre brændværdi
- Visse data (f.eks. tændingsindstilling, ladelufttemperatur og eksempelvis intern gasturbine reference temperatur) er normalt aflæst på KV enhedens SRO anlæg
- Emissionskomponenterne CO, NO_x og UHC er alle omregnet til fast O₂ reference (5 %) for at undgå fortyndingseffekt og gøre værdierne direkte sammenlignelige for de to måleserier
- NO_x = NO+NO₂, NO er her vægtmæssigt regnet som NO₂
- UHC= uforbrændte kulbrinter er udregnet som kulstofækvivalent, C.

7.1 Enhed #1 (åbenkammergasmotor)

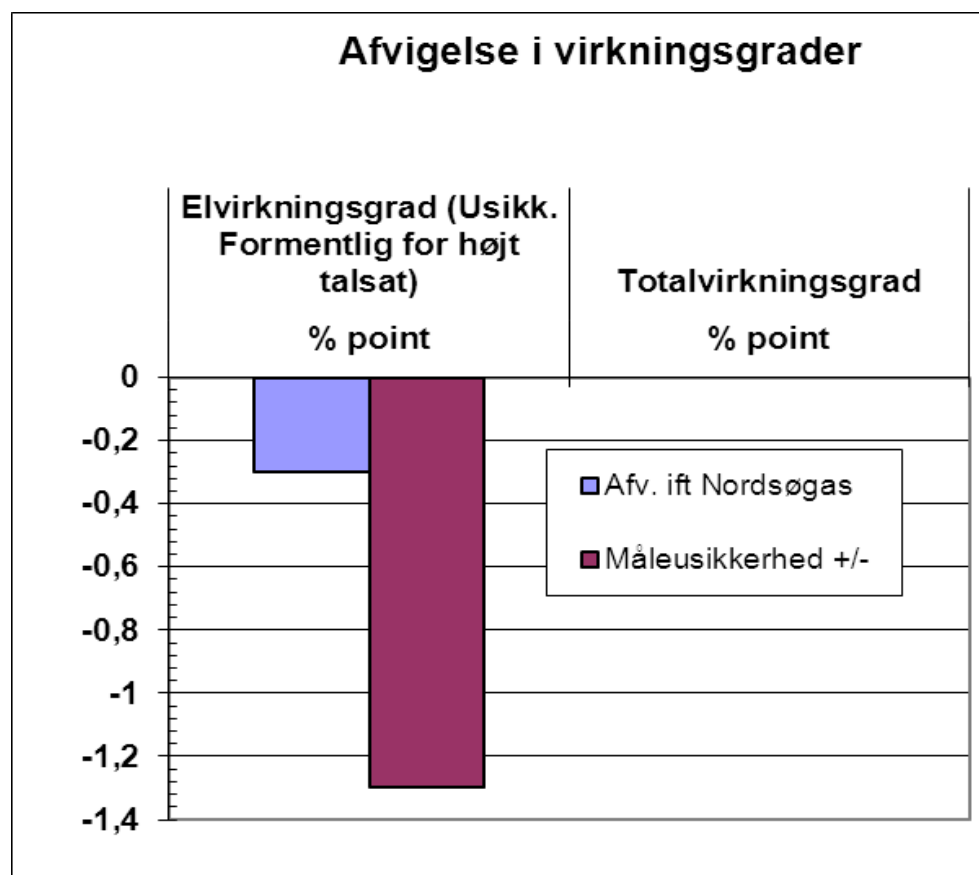
I det følgende vises i en række diagrammer de målte forskelle mellem måleserieerne og tilhørende måleusikkerhed, hvor sidstnævnte lader sig talsætte.

Diagrammerne viser afvigelse ved måleserie med importeret naturgas i forhold til måleserie udført med drift på nordsøgas.

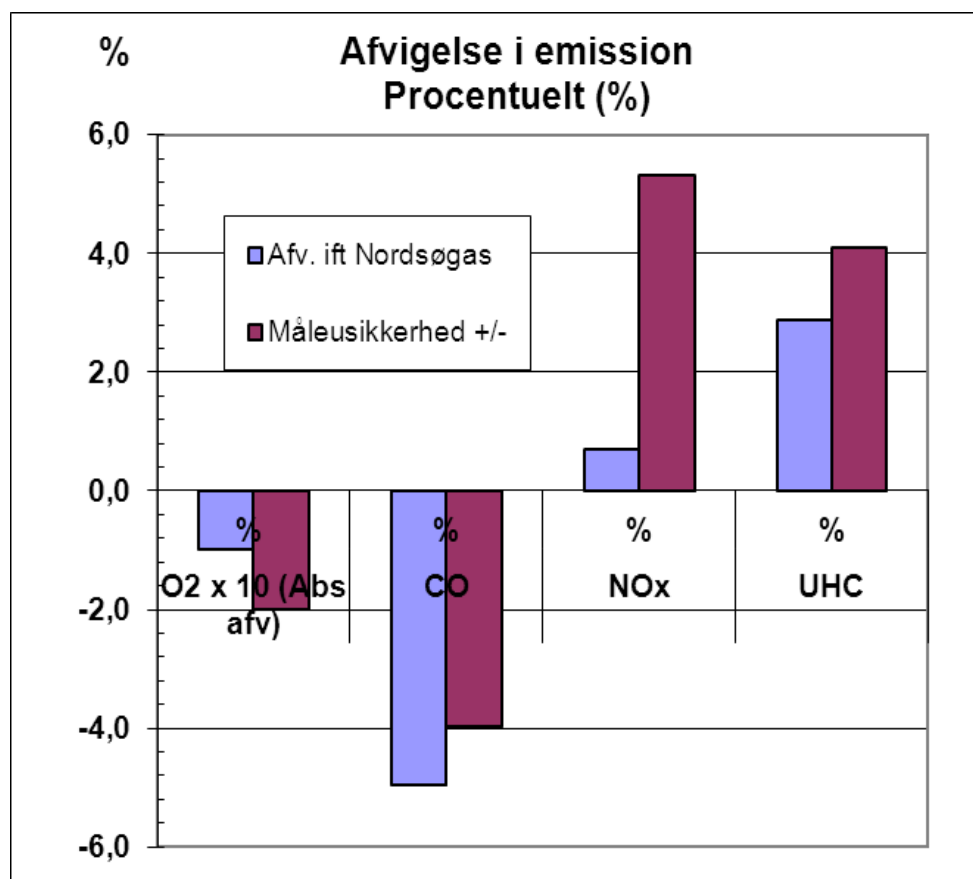
Under figurerne er knyttet kommentarer til den aktuelle præsentation.



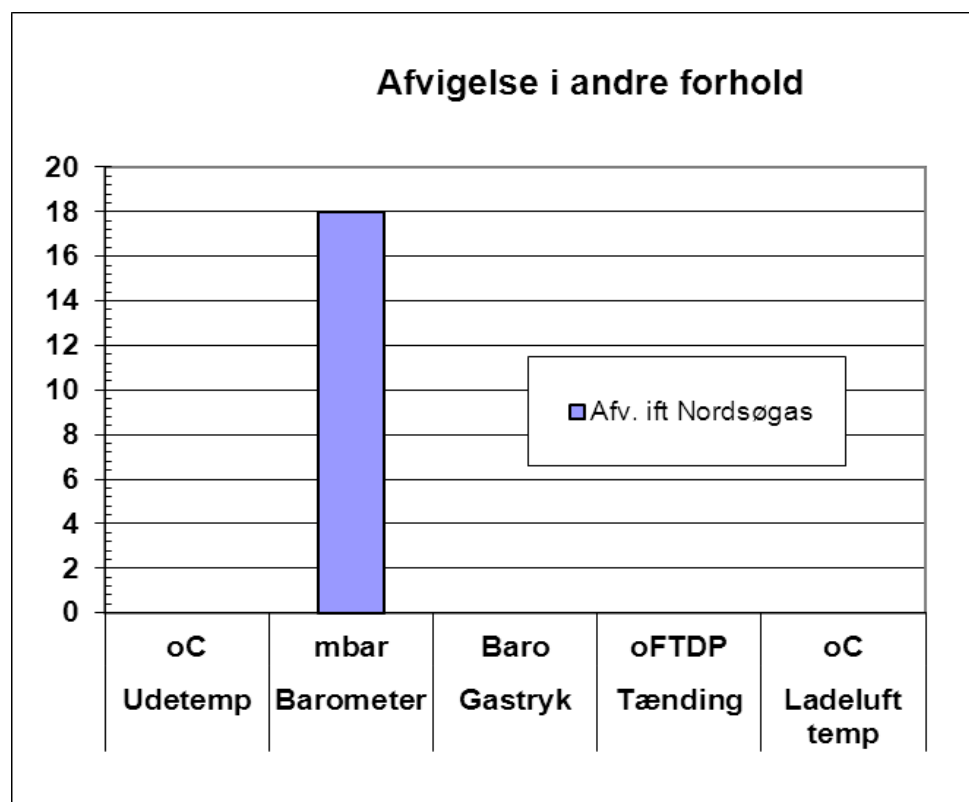
Figur 3 *Brændværdi er ca. 8 % lavere og gasforbrug i m³n/h ca. 10 % højere ved måleserien på importgas. Der måles ca. 1,3 % højere indfyret effekt og også lidt højere motorydelse ved samme måleserie; dog er begge disse forskelle mindre end måleusikkerheden.*



Figur 4 Elvirkningsgraden er marginalt lavere i måleserien på importgas (ca. $-0,3$ procentpoint); resultatet er dog ikke signifikant, idet måleusikkerheden er væsentligt større. Der måles ingen forskel i totalvirkningsgrad; derfor ses intet på figuren.



Figur 5 Ganske små forskelle i NO_x- og UHC-emission mellem måleseri-erne; måleusikkerhed er dog større end de målte forskelle for NO_x og UHC. Der måles mindre CO på importgas (ca. -5 %); denne forskel overstiger lige netop måleusikkerheden. Ved drift på importgas er O₂ % lidt lavere end ved drift på nordsøgas. Dette er formentlig i virkeligheden hovedårsag til de målte forskelle.



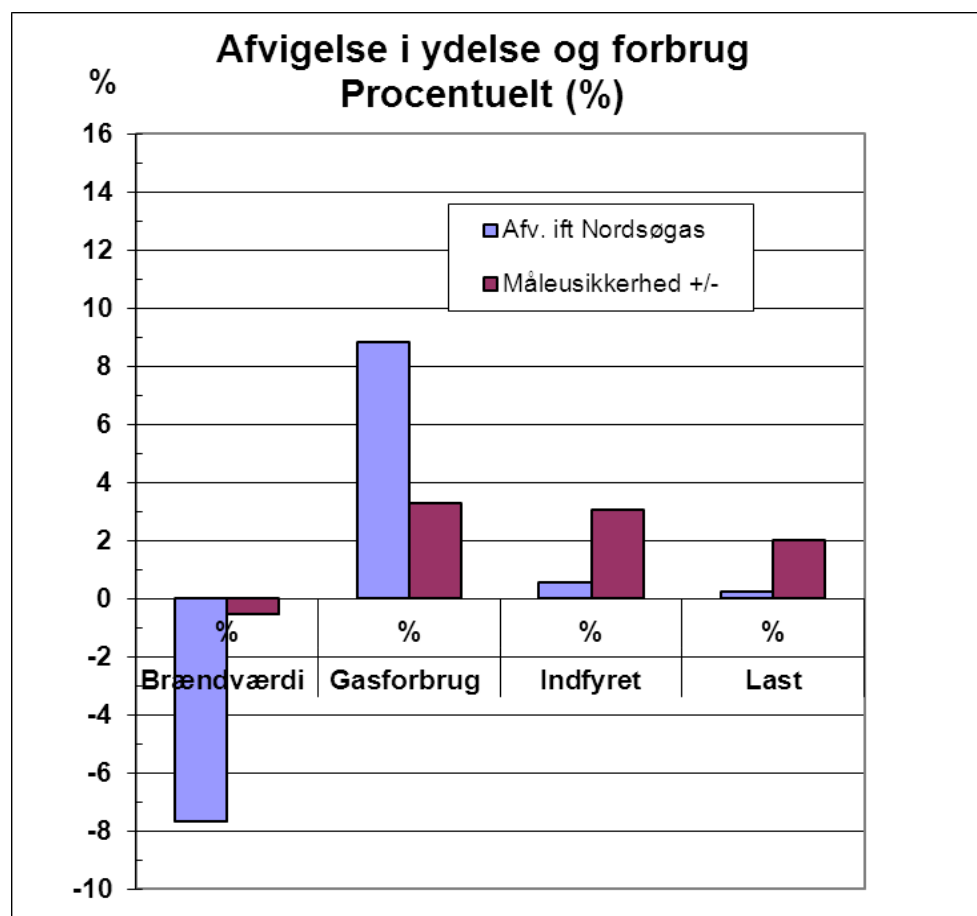
Figur 6 Udetemperatur, gastryk og ladelufttemperatur har været ens under måleserierne på hhv. import- og nordsøgas. Barometertryk er højere ved måling på importgas; et forhold, der kan påvirke cylinderfyldning/luftoverskud.

7.2 Enhed #2 (forkammergasmotor)

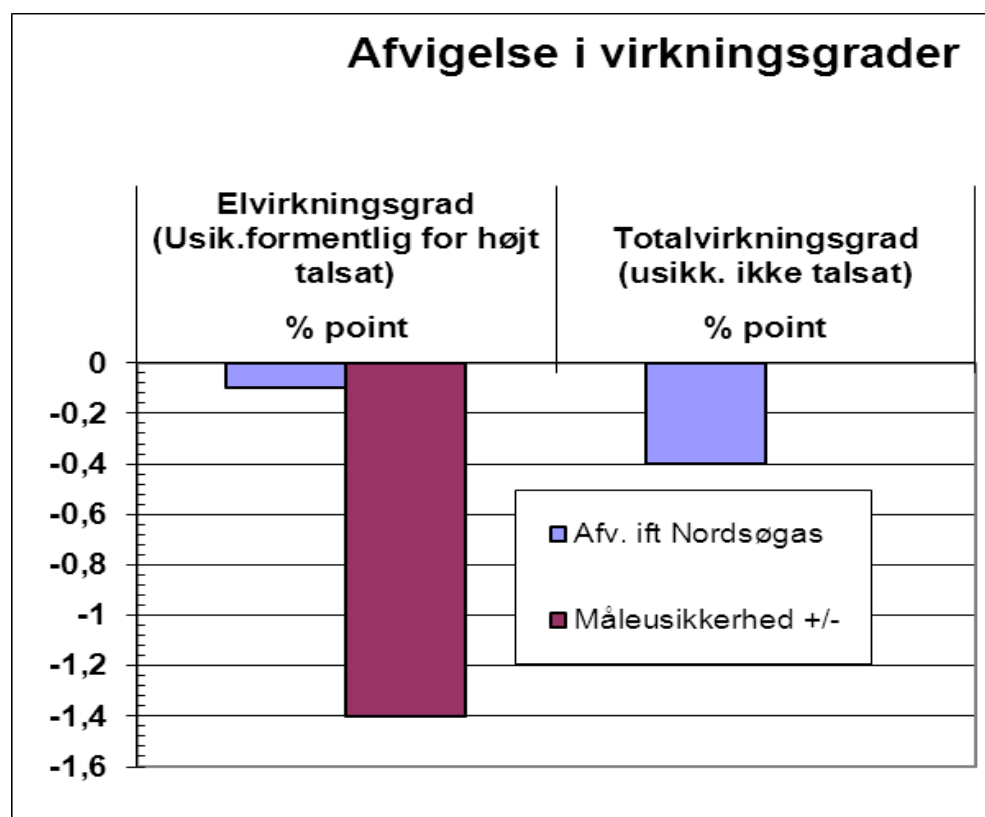
I det følgende vises i en række diagrammer de målte forskelle mellem måleserieerne og tilhørende målesikkerhed, hvor sidstnævnte lader sig talsætte.

Diagrammerne viser afvigelse ved måleserie med importeret naturgas i forhold til måleserie udført med drift på nordsøgas.

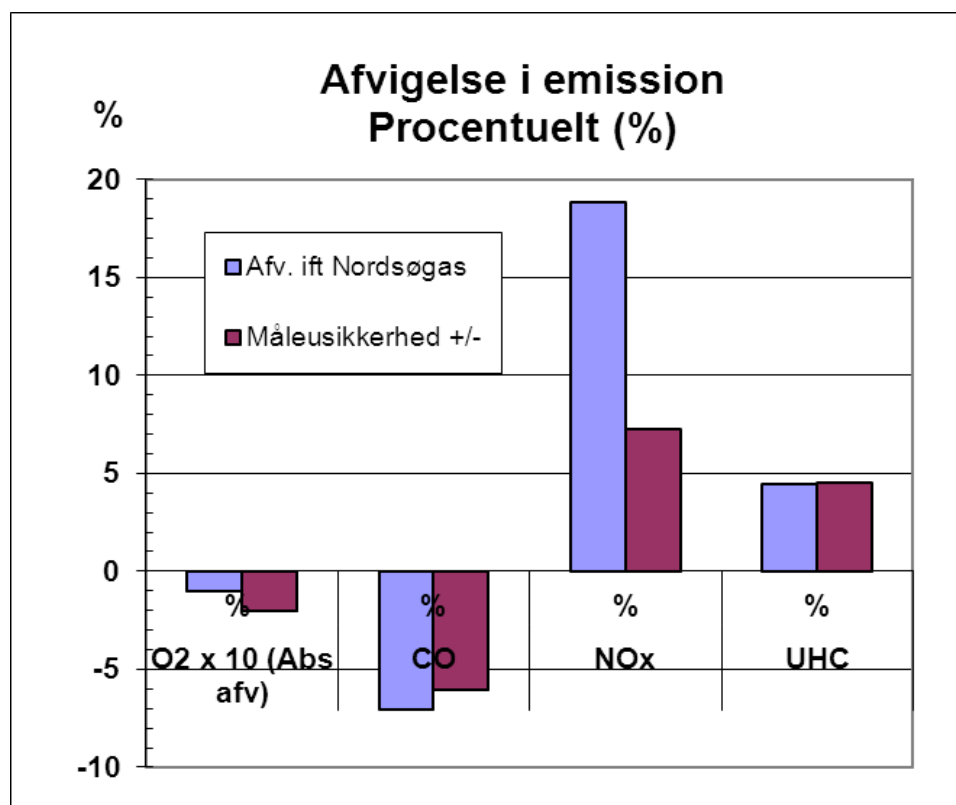
Under figurerne er knyttet kommentarer til den aktuelle præsentation.



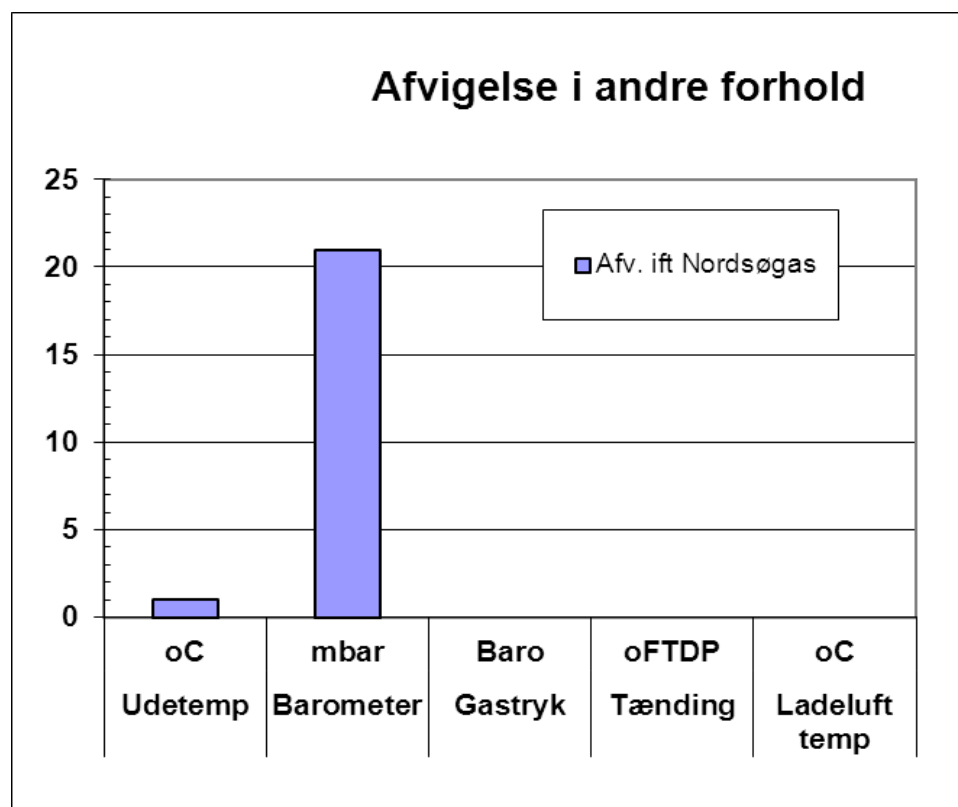
Figur 7 Ved måleserien med drift på importgas ses en markant lavere brændværdi (ca. -7,7 %) og et højere gasforbrug i $m^3/n/h$ (ca. +8,8 %). Den indfyrede effekt og ydelsen for motoren er marginalt højere på importgas; dog er målesikkerheden her større end de målte forskelle.



Figur 8 *El- og totalvirkningsgrad er for denne motor marginalt lavere ved drift på importgas; dog er de målte forskelle væsentligt lavere end måleusikkerheden.*



Figur 9 Der måles forhøjet NO_x samt UHC ved måleserien på importgas. For UHC gælder, at den målte forskel er på niveau med måleusikkerheden. CO-emissionen er lavere i måleserien på importgas; dog er den målte forskel også her på niveau med måleusikkerheden herfor. O₂ % ved måleserien på importgas er en anelse lavere; dette kan i væsentligt omfang være årsag til de sete emissionsforskelle.



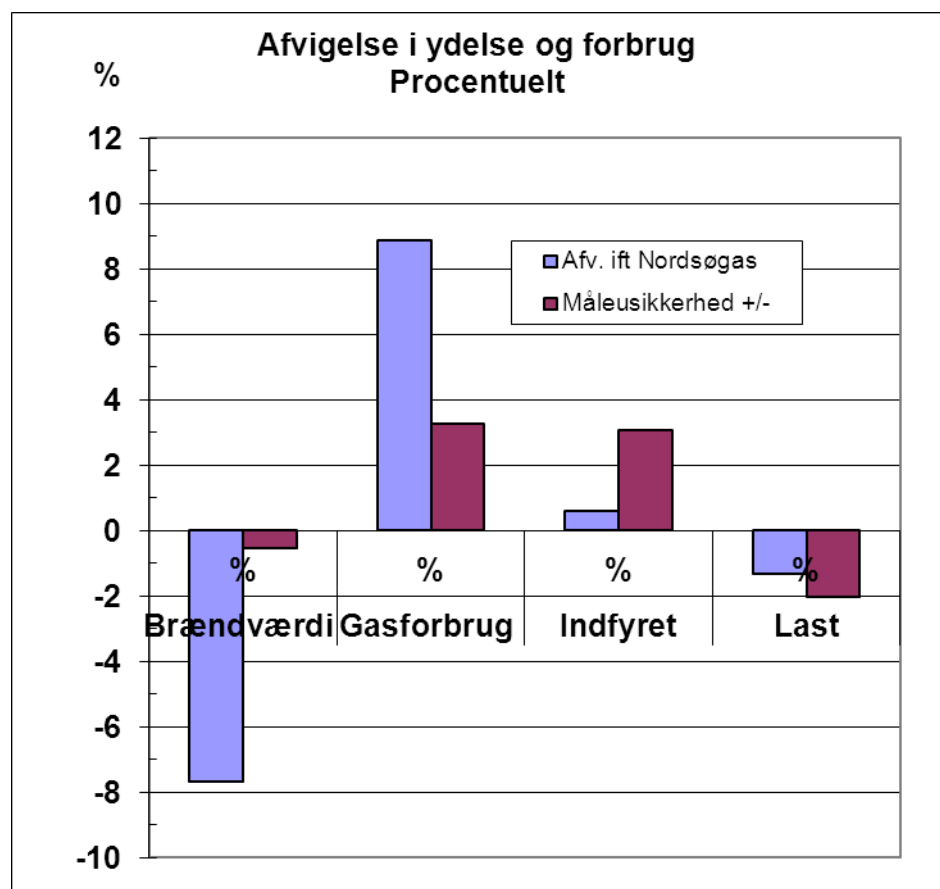
Figur 10 Gastryk, tændingsindstilling og ladelufttemperatur var de samme under de to måleserier. Ved måleserie med importgas var udetemperatur og barometerstand højere end ved måling på nordseogas.

7.3 Enhed #3 (forkammergasmotor)

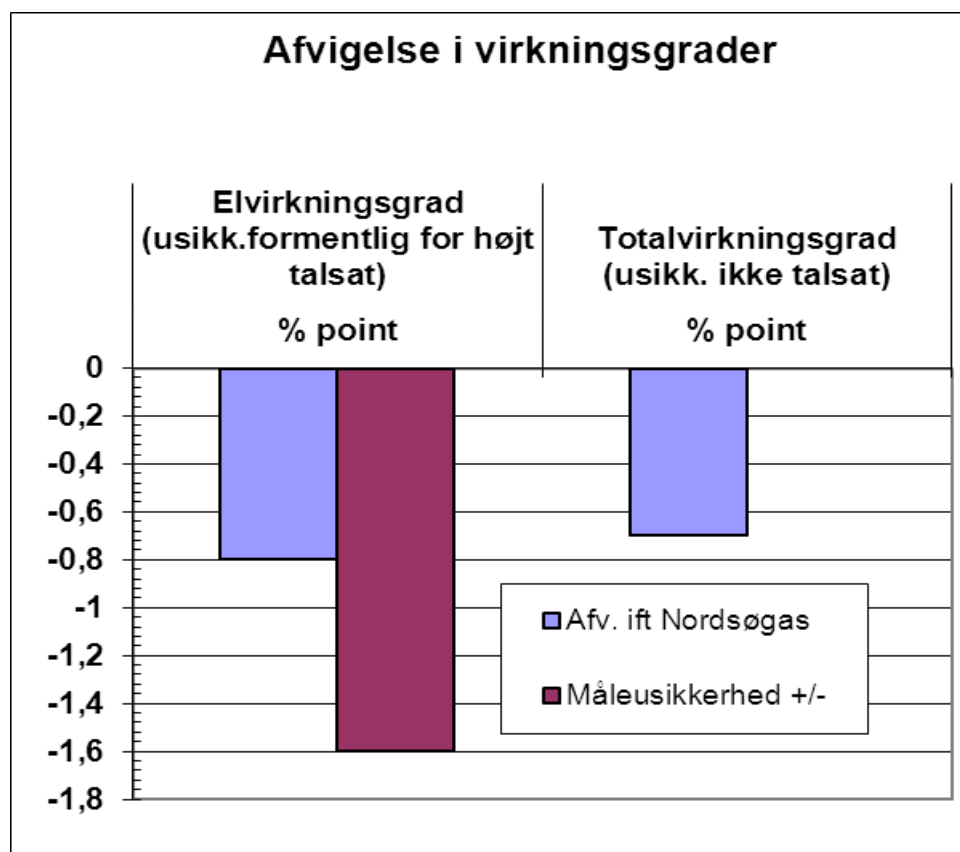
I det følgende vises i en række diagrammer de målte forskelle mellem måleserieerne og tilhørende måleusikkerhed, hvor sidstnævnte lader sig talsætte.

Diagrammerne viser afvigelse ved måleserie med importeret naturgas i forhold til måleserie udført med drift på nordsøgas.

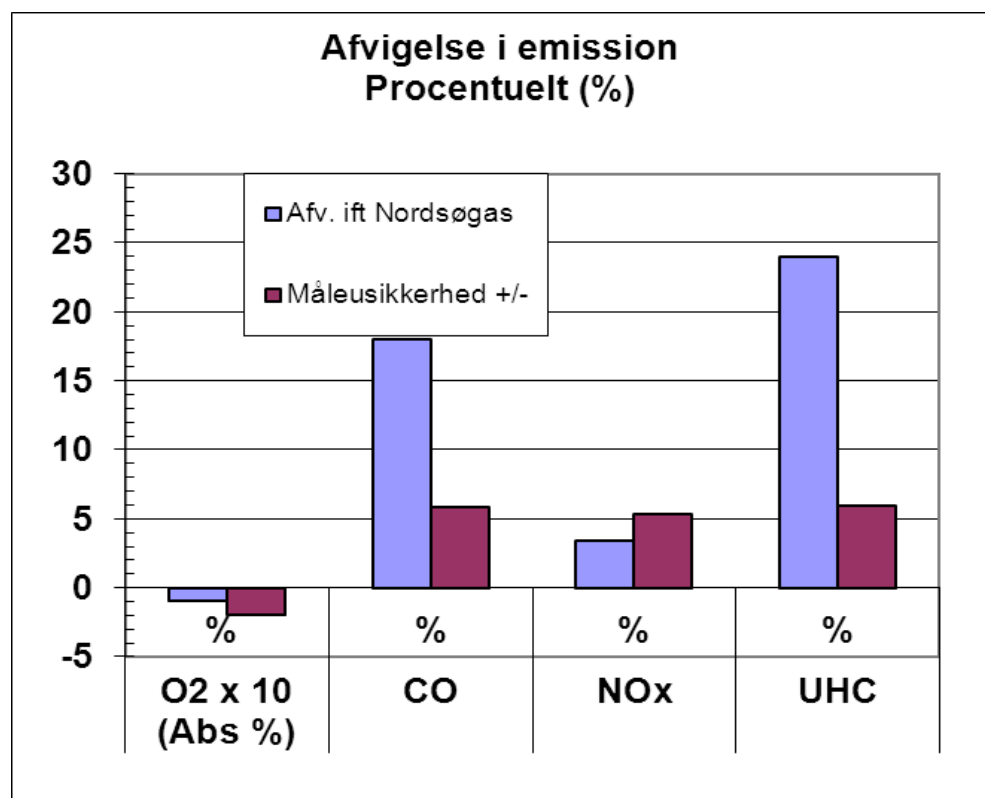
Under figurerne er knyttet kommentarer til den aktuelle præsentation.



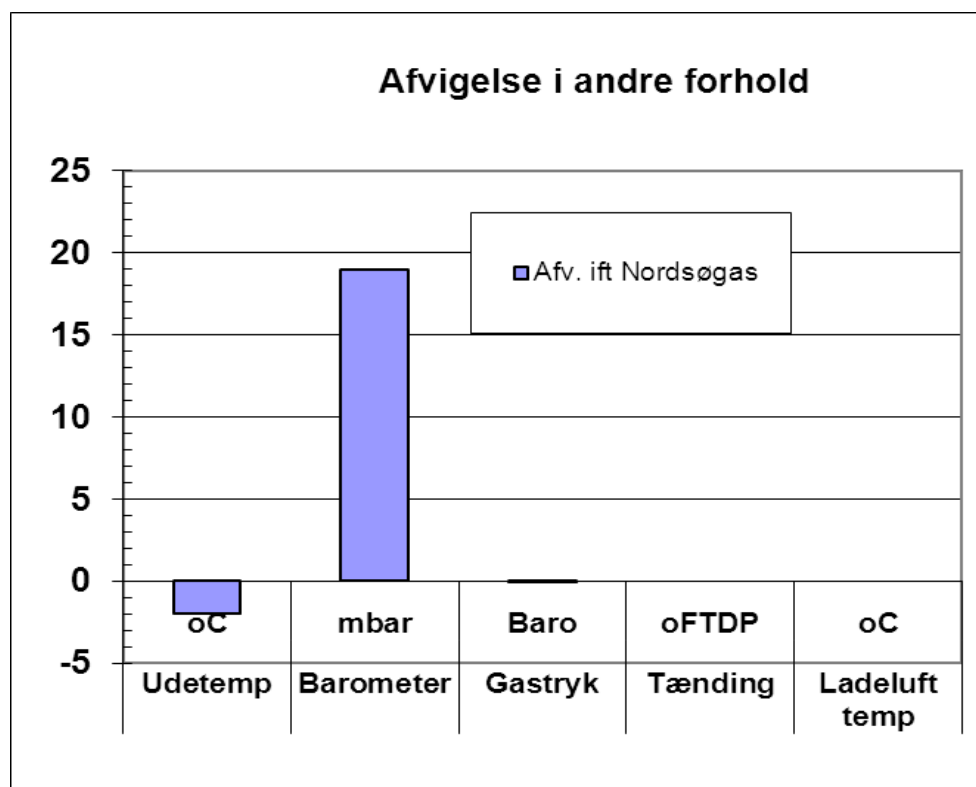
Figur 11 Der målttes markant lavere brændværdi for måleserien med importgas (ca. -7,7 %) og et højere brændselsforbrug i $m^3 n/h$ (ca. +8,9 %). Der måles marginalt højere indfyret effekt (ca. +0,6 %) og lidt lavere ydelse/last (ca. -1,3 %) ved drift på importgas; begge sidstnævnte forskelle er dog mindre end måleusikkerheden.



Figur 12 Elvirkningsgraden måles ca. 0,8 procentpoint lavere ved drift på importgas; også totalvirkningsgraden falder med omtrent det samme. Begge forskelle er dog mindre end måleusikkerheden.



Figur 13 Der måles noget højere CO- og UHC-emission ved måleserien på importgas; de målte forskelle er større end måleusikkerheden for samme. Også NO_x-emissionen er højere; dog er den målte forskel her ikke større end måleusikkerheden. O₂ % er lidt lavere ved måleserien på importgas; dette forhold er næppe forklaringen på de målte forskelle. Forskellen kan skyldes dårligere forbrænding i motoren.



Figur 14 Gastryk er stort set det samme, tænding og ladelufttemperatur den samme under de to måleserier. Udetemperaturen er lavere og lufttrykket højere ved måleserien på importgas. Dette burde give større tæthed af forbrændingsluften og forventeligt måske en lidt højere O_2 % ved måleserien på importgas. Der målte derimod lidt lavere O_2 %. Dette forhold sammenholdt med forskellene i emission tyder på, at motoren med den nuværende indstilling ikke står lige så optimalt på importgas som ved drift på nordsøgas.

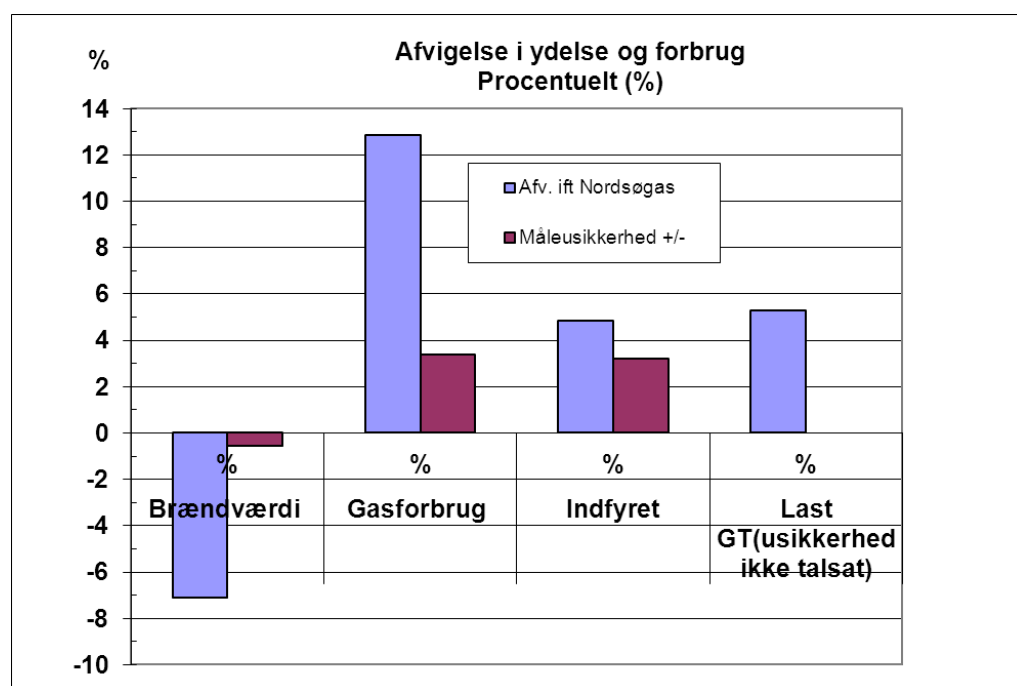
7.4 Enhed #4 (gasturbine)

Gasturbiners ydelse og virkningsgrad er meget påvirkelige af omgivelserforhold som ind sugningstemperatur og barometerstand. Heraf afledte interne forhold (såsom temperatur ved indløb til første skovlrække) kan være bestemmende i forhold til aktuel ydelse.

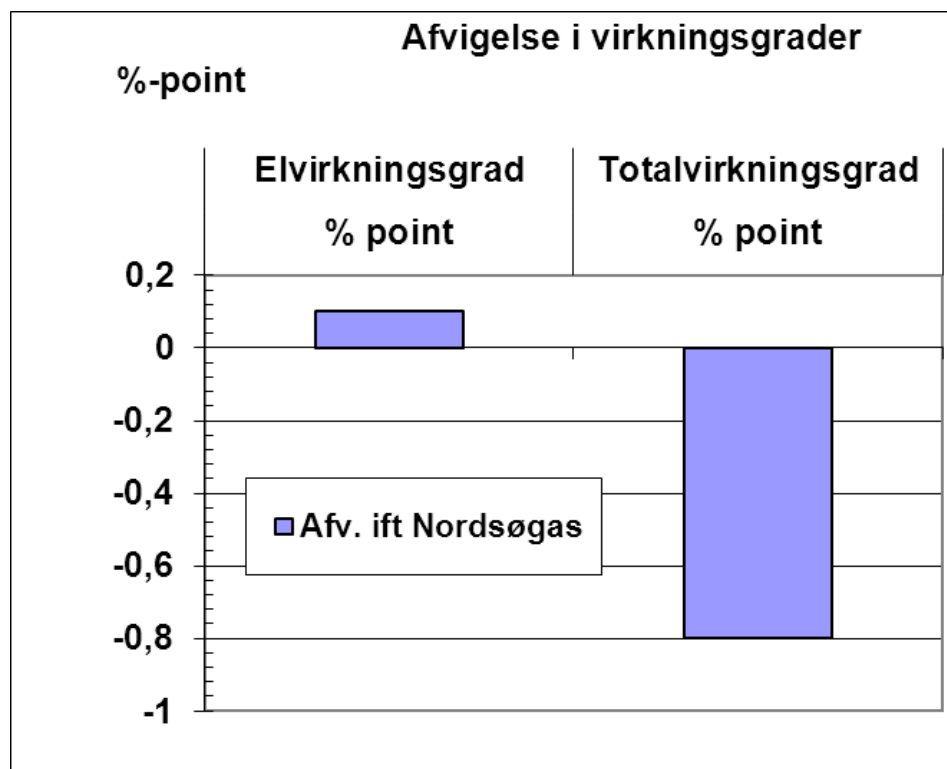
I det følgende vises i en række diagrammer de målte forskelle mellem måleserieerne og tilhørende måleusikkerhed, hvor sidstnævnte lader sig talsætte.

Diagrammerne viser afvigelse ved måleserie med importeret naturgas i forhold til måleserie udført med drift på nordsøgas.

Under figurerne er knyttet kommentarer til den aktuelle præsentation.

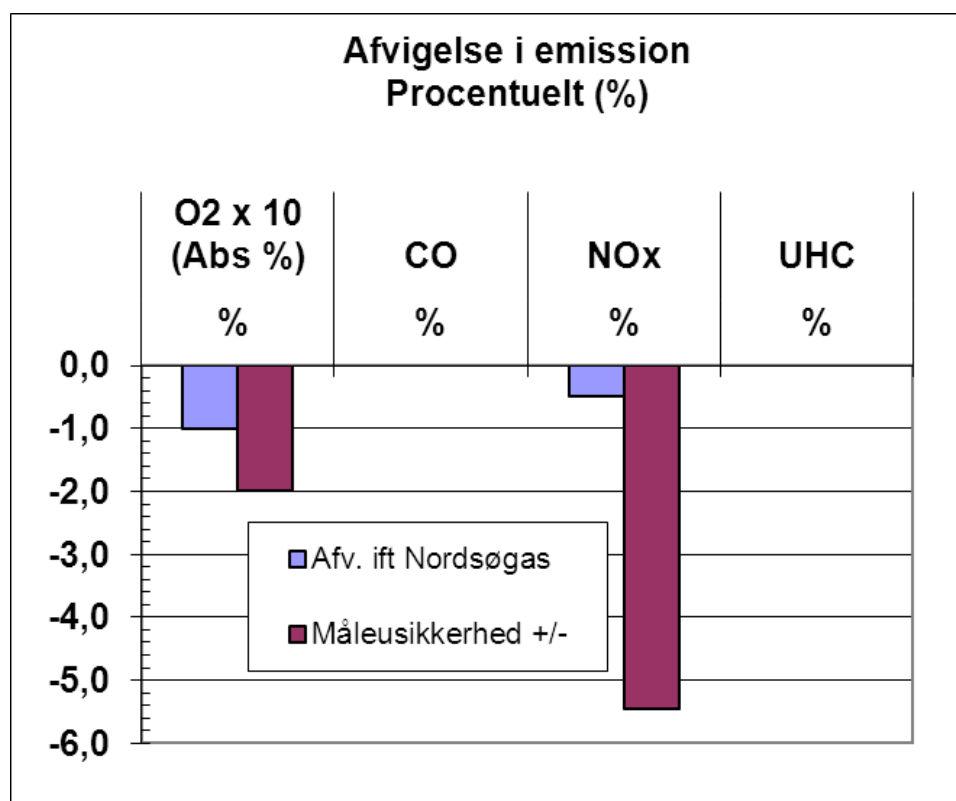


Figur 15 Der ses markant lavere brændværdi (ca. -7 %) for brændselsgasen ved måleserien på importgas (måleserie 1). Gasforbruget ved samme måleserie er ca. 13 % højere, og ydelsen/lasten er ca. 7 % højere end ved den senere måleserie. Den indfyrede effekt er ca. 5 % højere ved de forhold, der gjorde sig gældende på måleserien med importgas. Den øgede last ved første måleserie skyldtes gunstige forhold (udetemperatur, barometer tryk osv.).

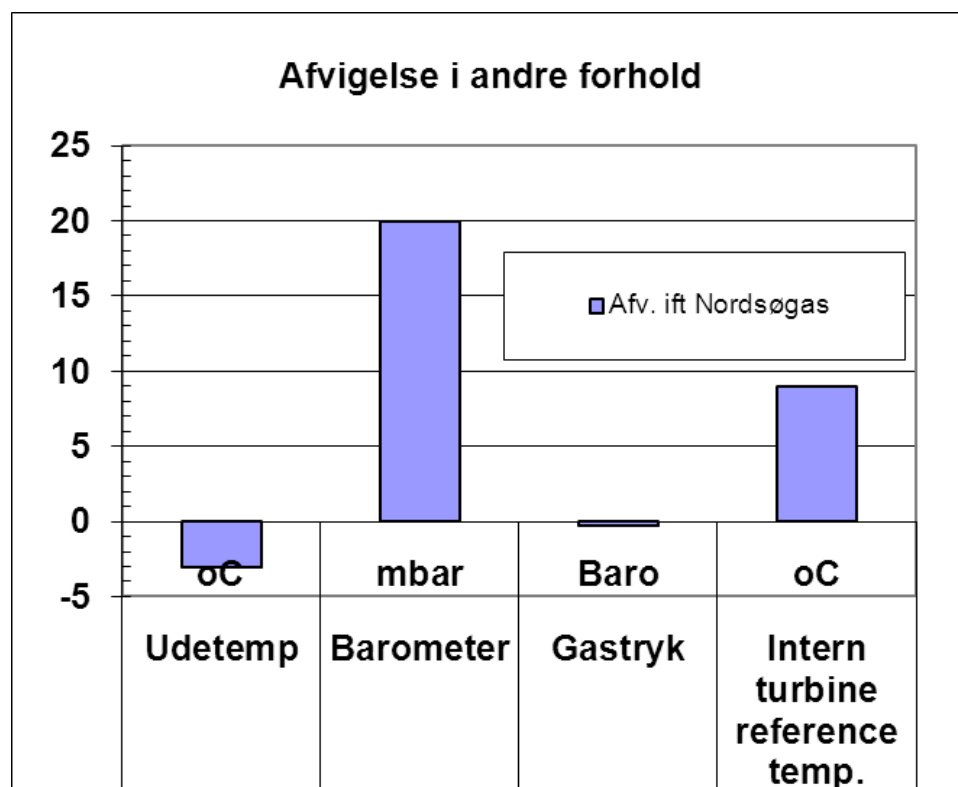


Figur 16 Der målttes ved de forhold, der gjorde sig gældende under måleserien med importgas, marginalt højere elvirkningsgrad og ca. 0,8 procentpoint lavere totalvirkningsgrad. Selvom måleusikkerhed ikke er gengivet på grafen, er denne forventeligt i størrelsesorden som under målingerne på gasmotorerne, dvs. over 1 procentpoint, hvorfor de målte forskelle ikke kan betegnes som signifikante.

Den målte forbedrede elvirkningsgrad er sandsynlig, idet der både var højere lufttryk og lavere udetemperatur under måleserien med importgas, se Figur 18. Gasturbinens styring/overvågning synes også her at have accepteret en lidt højere intern referencetemperatur (se Figur 18)



Figur 17 Der målttes ingen signifikant forskel i emission under de to måleserier; emissionerne er generelt meget lave, og mange af værdierne var under måleudstyrets detektionsgrænse.



Figur 18 Ved måleserien med importeret gas målttes lavere udetemperatur, højere barometertryk og lidt højere indløbstemperatur til ekspansionsdelen i gasturbinen. Alle de nævnte forhold giver mulighed for forbedret ydelse og akselvirkningsgrad. Gasforsyningsstrykket var marginalt lavere, men tilsyneladende højt nok til fuldlastdrift på den aktuelle enhed.

8 Konklusion

8.1 Gasmotorerne

For de to af gasmotorerne målt kun meget små og ikke-signifikante ændringer af indfyret effekt, last og virkningsgrad ved måleperioderne på henholdsvis importeret naturgas samt nordsøgas.

For alle motorer målt i varierende størrelsesorden forøget UHC- og NO_x-emission ved drift på importgas; i flere situationer dog under måleudstyrets måleusikkerhed. For alle motorer gjaldt imidlertid, at der også kunne konstateres forskelle i barometertryk samt et lille fald i ilt-% (under måleusikkerheden), forhold der for NO_x' vedkommende kan forklare det set.

For den sidste motor (større forkammermotor) ses et mere markant fald i elvirkningsgrad (-0,8 procentpoint) ved drift på importgas. Dette sammenholdt med, at der her også måles øget CO- (+18 %) og UHC- (+24 %) emission, tyder på, at motoren med sin nuværende indstilling/forbrændingsstyring kan have dårlige forbrændingsforhold ved drift på importgas.

8.2 Gasturbinen

På gasturbinen målt højere akselydelse men også en tilsvarende øget indfyret effekt ved måleperioden med importgas. Elvirkningsgraden var for samme måleperiode 0,1 procentpoint højere for gasturbinen end i måleperioden med nordsøgas. Denne lille forskel er ikke signifikant, måleusikkerheden er større end den målte størrelse.

De set forskelle i indfyret effekt samt ydelse for gasturbinen er med overvejende sandsynlighed et resultat af mere gunstige omgivelsesbetingelser for gasturbinedriften i måleperioden med drift på importgas. I denne periode var der såvel en lavere udetemperatur som et højere barometertryk.

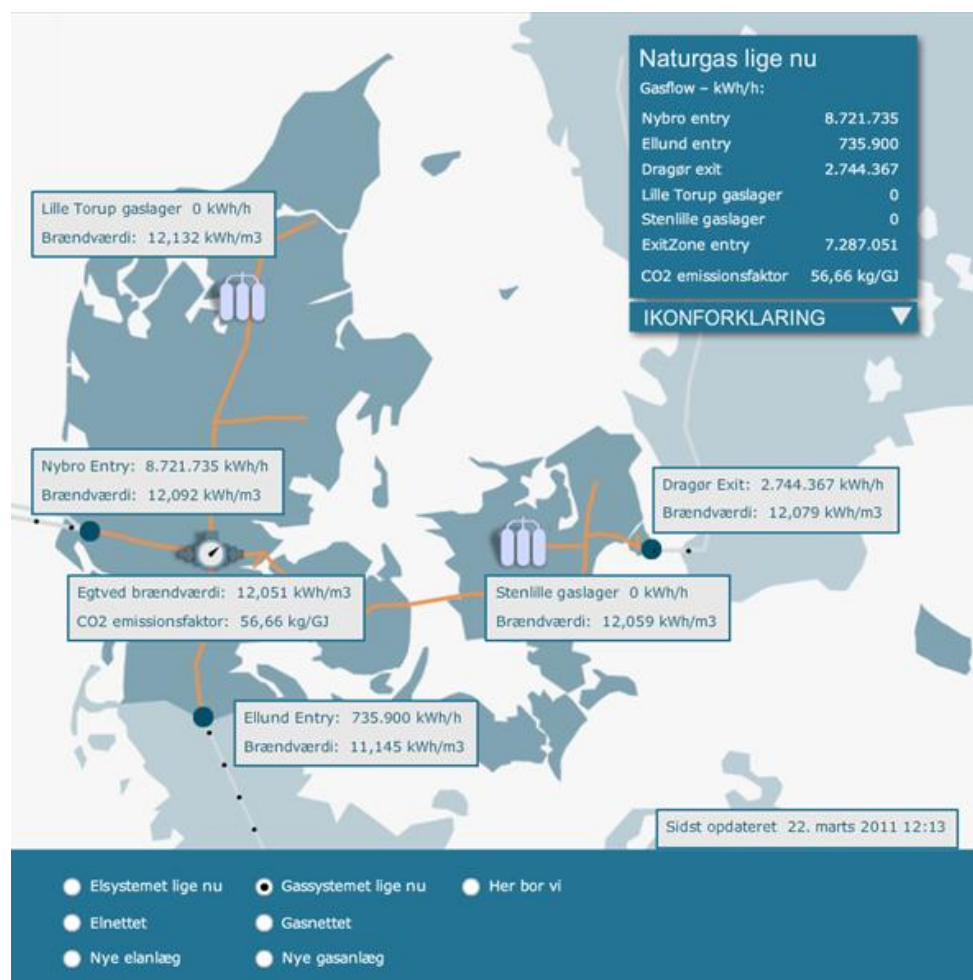
For kraftvarmeanlægget som helhed målt en lavere totalvirkningsgrad i perioden med drift på importgas. Det lader sig dog ikke umiddelbart afgøre, hvad usikkerheden for den leverede varme er; der indgår her mange værksinterne beregninger, herunder beregning ud fra damptabeller mv.

For emissionskomponenterne i udstødsgassen kan der ikke måles signifikante forskelle mellem de to måleperioder; emissionen af CO og UHC er generelt meget lav og for disse komponenter tæt ved eller under måleudstyrets detektionsgrænse.

9 Referencer

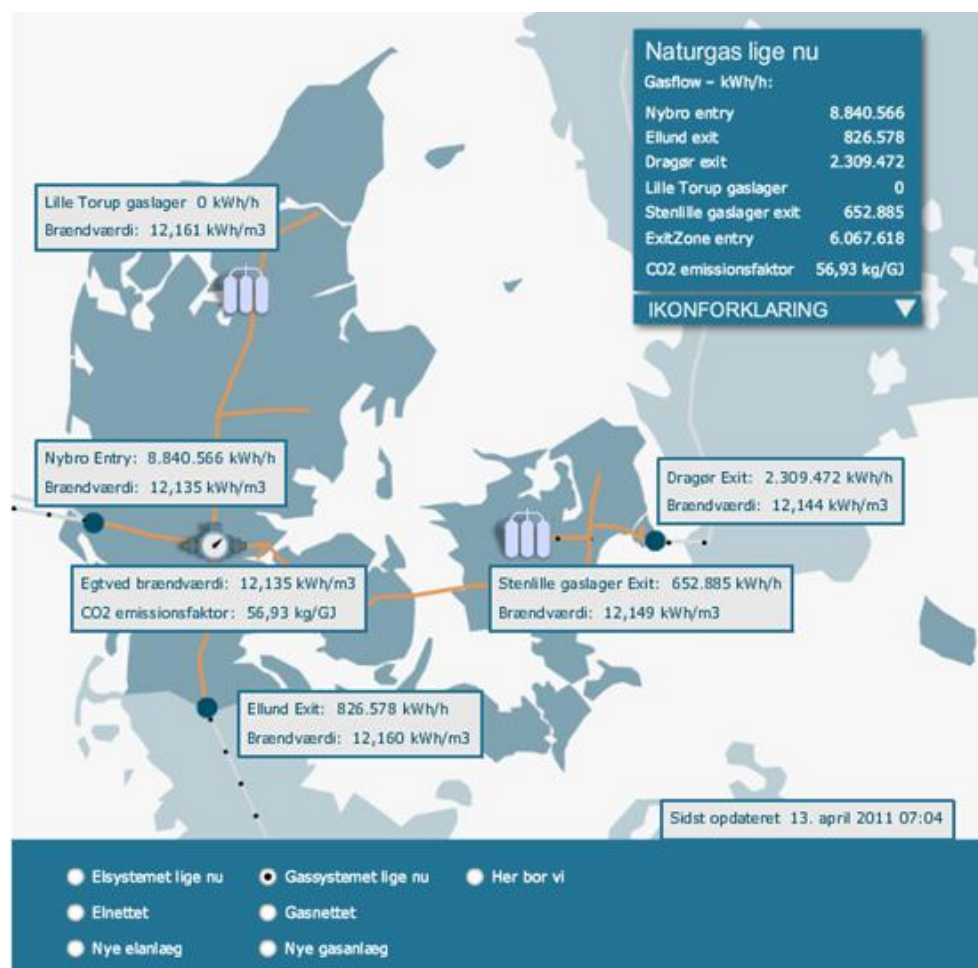
1. Jan de Wit, DGC; Ole Christensen, DTU; Various parameters influencing efficiency of and emission from high-efficient gas engines; 1995 International Gas Research Conference.
2. Jan de Wit og Lars Jørgensen, DGC; Tekniske forhold for turbine- og motoranlæg; Informationsmøde om nye forsyningsveje, 20.12.2010, Energinet.dk m.fl.

Bilag 1

Eksempel på øjebliksbillede af naturgassystemet i Danmark uge 12 (gasimport)

(kilde: www.energinet.dk)

Bilag 2

Eksempel på øjebliksbillede af naturgassystemet i Danmark uge 15 (gaseksport)

(kilde: www.energinet.dk)

Bilag 3**Gennemsnitlige emissioner fra naturgasfyrede gasmotorer og -turbiner**

De angivne data er fra det seneste emissionskortlægningsprojekt udført for Energinet.dk (2007-2010).

Emission	Enhed	Gasmotorer naturgas	Gasturbiner (< 25 MW_e), naturgas
O₂	% vol (tør)	8- 15	15- 17
CO	mg/Nm ^{3 -1)}	185	15
NO_x	mg/Nm ^{3 -1)}	429	151
UHC	mg/Nm ^{3 -1)}	1381	7,9

¹⁾ Omregnet til 5 % O₂ reference

²⁾ NO + NO₂, NO vægtmæssigt regnet som NO₂