CONCITO

Skifergas – en gevinst for klimaet?

1. februar 2013 RAPPORT

I denne rapport analyserer Danmarks grønne tænketank CONCITO, hvorvidt udvinding af skifergas i Danmark og resten af Europa vil være en gevinst for klimaet. Konklusionen er, at skifergas *kan* have et klimamæssigt potentiale, men kun under særlige forudsætninger, som sikrer, at det fortrænger brugen af kul. Det fordrer enten en betydeligt højere pris på CO2-kvoter og/eller kul eller en betydeligt lavere gaspris. Så længe ingen af disse forudsætninger er opfyldt, vil udvinding af skifergas i Europa blot øge den samlede mængde af fossile brændsler og dermed gøre ondt værre for klimaet. I den nuværende situation bliver spørgsmålet om, hvorvidt man skal udvinde skifergas i Danmark derfor en politisk beslutning, der alene handler om fiskale indtægter og forsyningssikkerhed og ikke om klimagevinster.

Forfattere:
Thomas Færgeman
Torben Chrintz
Salik Rosing

Rapporten er støttet af:
VELUX Fonden

Fiolstræde 17B · DK-1171 København K
Tel: +45 29 89 67 00 · info@concito.dk · www.concito.dk

Indhold

Sammenfatning 3
1. Indledning 5
2. Fossile brændsler og klima 7
3. Hvad er skifergas? 9
4. Udbredelse og reserver 11
5. Miljø og klimakonsekvenser ved udvinding, distribution og brug 16
5.1 Metanudslip og brændværdi 17
5.2 Miljøforhold ved skifergasboring 22
Sammenfatning om metanudslip og miljøforhold 26
6. Er skifergas en klimavenlig overgangsteknologi? 26
6.1 Den amerikanske case 27
6.2 Skifergas i europæisk sammenhæng 31
6.3 Fortrænger skifergas vedvarende energi? 33
7. Skifergas i en dansk sammenhæng 34
8. Diskussion 35
9. Konklusion 36
10. Referencer 37

Sammenfatning

I denne rapport analyserer Danmarks grønne tænketank CONCITO, hvorvidt udvinding af skifergas i Danmark og resten af Europa vil være en gevinst for klimaet.

Konklusionen er, at skifergas *kan* have et klimamæssigt potentiale, men kun under særlige forudsætninger, som sikrer, at det fortrænger brugen af kul. Det fordrer enten en betydeligt højere pris på CO2-kvoter og/eller kul eller en betydeligt lavere gaspris. Så længe ingen af disse forudsætninger er opfyldt, vil udvinding af skifergas i Europa blot øge den samlede mængde af fossile brændsler og dermed gøre ondt værre for klimaet.

I den nuværende situation bliver spørgsmålet om, hvorvidt man skal udvinde skifergas i Danmark derfor en politisk beslutning, der alene handler om fiskale indtægter og forsyningssikkerhed og ikke om klimagevinster.

Vælger man politisk alligevel at udvinde skifergassen er det afgørende at sikre sig, at udvindingen hverken er en trussel mod grundvandet eller medfører store metanudslip. Det vurderes at være muligt at regulere disse forhold i en dansk og europæisk lovgivningsmæssig ramme men det vil i sidste ende afhænge af den konkrete vurdering der udføres i forbindelse med en VVM.

Rapporten er blevet til som følge af behovet for en hurtig, omkostningseffektiv og meget omfattende reduktion af drivhusgasudledninger i Danmark og Europa i de kommende år, kombineret med det overraskende faktum, at USA uden bindende føderale eller internationale forpligtelser har reduceret sin CO2 udledning med næsten otte procent over de sidste blot fem år. En medvirkende forklaring herpå er substitution af kul med skifergas, og det har derfor været nærliggende at overveje, om en lignende udvikling kunne tænkes i Europa. I Danmark er debatten om skifergas derudover aktuel, fordi vi potentielt har relativt store skifergasressourcer, og fordi der pt. er undersøgelser i gang for at vurdere størrelsen af disse.

Skifergas er imidlertid ikke uproblematisk, da der er en række potentielle miljø- og klimaproblemer forbundet med udvindingen af skifergas, herunder særligt spørgsmål om udslip af kemikalier til grundvandet samt udslip af metan til atmosfæren. Herudover gælder, at det er et fossilt brændsel, hvis udnyttelse kun giver klimamæssig mening, hvis det fortrænger andre og værre fossile brændsler. Endelig kan det tænkes, at et yderligere udbud af fossile brændsler vil fortrænge vedvarende energikilder som vind og sol.

Rapporten behandler derfor følgende spørgsmål:

- Kan skifergassen udvindes miljømæssigt forsvarligt?
- Vil en eventuel udvinding af skifergas føre til en fortrængning af kul og olie og dermed være en umiddelbar fordel for klimaet?
- Hvorledes undgås det, at gas substituerer vind og sol?

Konklusionen er:

- I forhold til udledningen af metan skal lækageraten for gas, hvad enten det er konventionel naturgas eller skifergas, holdes på et meget lavt niveau for at gas skal være væsentlig bedre end kul (og olie). Det vurderes, at dette vil være teknisk muligt, og det skal foreskrives i lovgivningen eller i indvindingstilladelserne.
- I forhold til beskyttelse af grundvandet, herunder drikkevand, er det helt afgørende at man gennem VVM redegørelser godtgør, at boredesign mm. så godt som eliminerer denne risiko. Det vurderes dog, at den store afstand mellem grundvandsressourcerne og alunskiferlaget i en dansk sammenhæng vil sikre, at der ikke er risiko for kontaminering af grundvandet gennem selve jordlagene.
- I forhold til arealanvendelse vil skifergasudvinding indebære nye tekniske anlæg i det åbne land og skal derfor reguleres på lige fod med andre tekniske anlæg i det åbne land.
- Globalt og på EU niveau kan substituering af kul med gas som sådan give en signifikant CO_2 reduktion på kort sigt.
- Skal dette ske på EU-niveau forudsætter det imidlertid politisk beslutning om en høj CO_2-pris.
- Der er på kort til mellemlang sigt rigelige muligheder for at importere gas til EU.
- Skifergasudvinding i Europa vil i sig selv næppe føre til en nedgang i CO_2-udledningen, da eventuel europæisk skifergas langt overvejende vil substituere importeret naturgas.
- Udvinding af skifergas i både europæisk og dansk sammenhæng er derfor primært et spørgsmål om at tilfredsstille eventuelle ønsker om selvforsyning og fiskale indtægter og vil ikke umiddelbart føre til klimamæssige fordele.
- Udbygning af vedvarende energi er ikke i sig selv truet af skifergas, da vedvarende energi under alle omstændigheder skal støttes økonomisk og politisk.

1. Indledning

Skifergas er betegnelsen for naturgas, som findes i andre bjergarter (normalt skifer) end konventionel naturgas. Først i de seneste år har man fået øjnene op for denne type gas som en ressource, der både er økonomisk og teknisk mulig at indvinde. Traditionelle naturgasressourcer kræver bestemte geologiske forhold, som er relativt sjældne i verden, mens gasholdige skifre er langt mere udbredte. Disse har hidtil været svære eller umulige at udnytte, da man ikke har haft teknologien til at få gassen ud af skifrene, som naturligt er svært gennemtrængelige (impermeable).

Denne rapport er blevet til som følge af behovet for en hurtig, omkostningseffektiv og meget omfattende reduktion af drivhusgasudledninger i Danmark og Europa i de kommende år, kombineret med det overraskende faktum, at USA var topscorer i CO2-reduktion i perioden 2006-2011. USA har reduceret sin CO2-udledning med næsten otte procent, på trods af, at USA ikke på det føderale niveau har forpligtet sig bindende til markante reduktioner i drivhusgasudledning. Det Internationale Energiagentur IEA udsendte den 24. maj 2012 en pressemeddelelse, hvor de slog fast at:

US emissions have now fallen by 430 Mt (7.7%) since 2006, the largest reduction of all countries or regions. This development has arisen from lower oil use in the transport sector (linked to efficiency improvements, higher oil prices and the economic downturn which has cut vehicle miles travelled) and a substantial shift from coal to gas in the power sector. (Kilde: Ref. /1/)

Som det fremgår, skyldes USA's omfattende CO2-reduktion dels krav til bilernes brændstoføkonomi og dels den økonomiske krise i 2008. Hertil kommer imidlertid, at kul erstattes af gas, som der er blevet betydeligt mere af i USA i de senere år som følge af udnyttelsen af skifergas.

Det klimamæssigt interessante ved gas er, at det er det mindst CO2-belastende fossile brændsel ved afbrænding, som – forudsat at man kan holde metanudslippet ved udvindingen på et lavt niveau - udleder ca. det halve af kul og 20-30 % mindre end olie per energienhed.

Det er nærliggende at overveje, om en lignende udvikling kunne tænkes i Europa, hvor situationen i øjeblikket nærmest er det omvendte af USA: Gasværker lukker på stribe, fordi økonomien er for ringe sammenlignet med kul, og i de mange nye kraftværker, der skal bygges i Europa, er der risiko for, at man vælger at bygge kulfyrede kraftværker pga. usikkerheden om gassens fremtid og pris.

I Danmark er debatten om skifergas derudover aktuel, fordi vi potentielt har relativt store skifergasressourcer, og fordi der pt. er undersøgelser i gang for at vurdere størrelsen af disse. Globalt set kan ressourcerne være endog meget store, og store kulforbrugere som f.eks. Polen og Kina har potentielt store reserver af skifergas. Skifergassen er imidlertid ikke uproblematisk:

- For det første er der en række potentielle miljø- og klimaproblemer forbundet med udvindingen af skifergas, herunder særligt spørgsmål om udslip af kemikalier til grundvandet samt udslip af metan til atmosfæren.
- For det andet er det et fossilt brændsel, hvis udnyttelse kun giver klimamæssig mening, hvis det fortrænger andre og værre fossile brændsler.
- For det tredje kan det tænkes, at et yderligere udbud af fossile brændsler vil fortrænge vedvarende energikilder som vind og sol.

Rapporten behandler derfor følgende spørgsmål:

- Kan skifergassen udvindes miljømæssigt forsvarligt?
- Vil en eventuel udnyttelse af skifergas føre til en fortrængning af kul og olie og dermed være en umiddelbar fordel for klimaet?
- Vil gas substituere vedvarende energi?

I Danmark er en af flere strategier til at nå de energi- og klimapolitiske mål at erstatte kul med biomasse, hvis klimamæssige fordele dog også er til diskussion. Regeringen har således netop påbegyndt et udredningsarbejde om biomassens bæredygtighed, som forventes afsluttet i løbet af 2013.

Nærværende rapport forholder sig til det potentiale, der ligger i at gas kan fortrænge kul, således som det er sket i USA og ser herunder på skifergassens potentielle rolle heri. Dokumenteres det, at signifikant større andele af bestemte typer af biomasse er problematisk på tilsvarende vis som kul, vil gassens potentiale også være relevant i den sammenhæng.

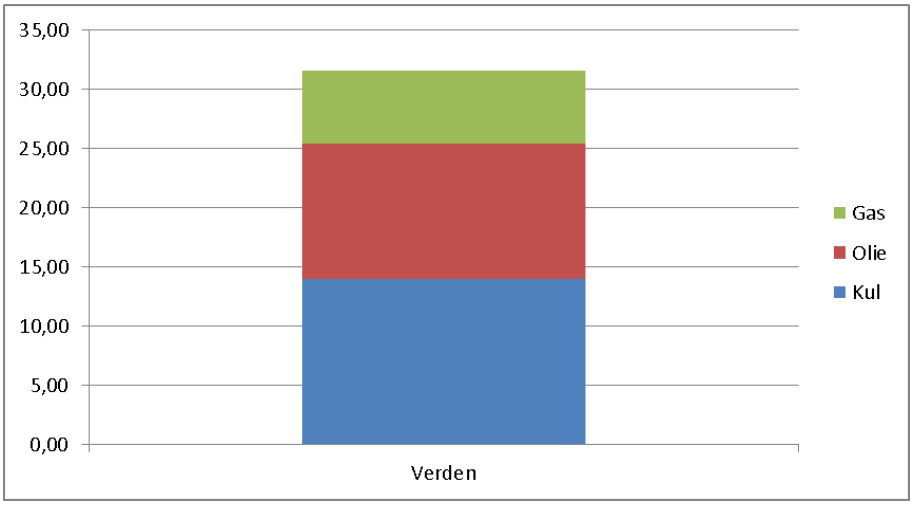
Rapporten er et litteraturstudium, hvor CONCITOs energisystemgruppe har bidraget med væsentlige synspunkter og faglige input undervejs. I kapitel 7 diskuteres litteraturstudiets resultater i relation til en eventuel dansk udnyttelse af skifergas og i kapitel 8 diskuteres i forhold til de ovenstående spørgsmål. Kapitel 9 er konklusion.

Rapporten er udtryk for sekretariatets faglige vurdering på grundlag af dialog med medlemmerne. Da medlemmerne i en så bred organisation som CONCITO ikke altid vil være fagligt eller politisk enige, kan de på ingen måde tages til indtægt for rapportens endelige konklusioner og anbefalinger.

2. Fossile brændsler og klima

Godt halvdelen af det menneskeskabte udslip af drivhusgasser skyldes afbrænding af fossile brændsler, mens resten især er udslip af drivhusgasser som følge af vores landbrugsproduktion og naturressourceforvaltning.

Det globale udslip af CO_2 fra fossile brændsler fremgår af figur 1.

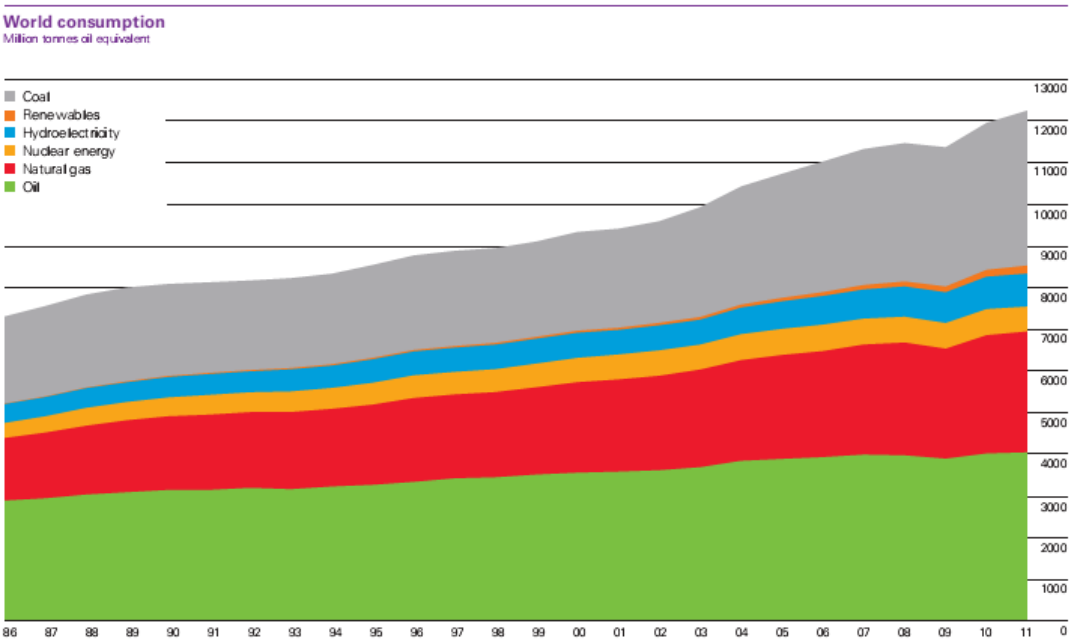


Figur 1. Global udledning af CO_2 fra kul, olie og gas. Enheder i mia. tons CO_2. Egen figur efter Ref/2/.

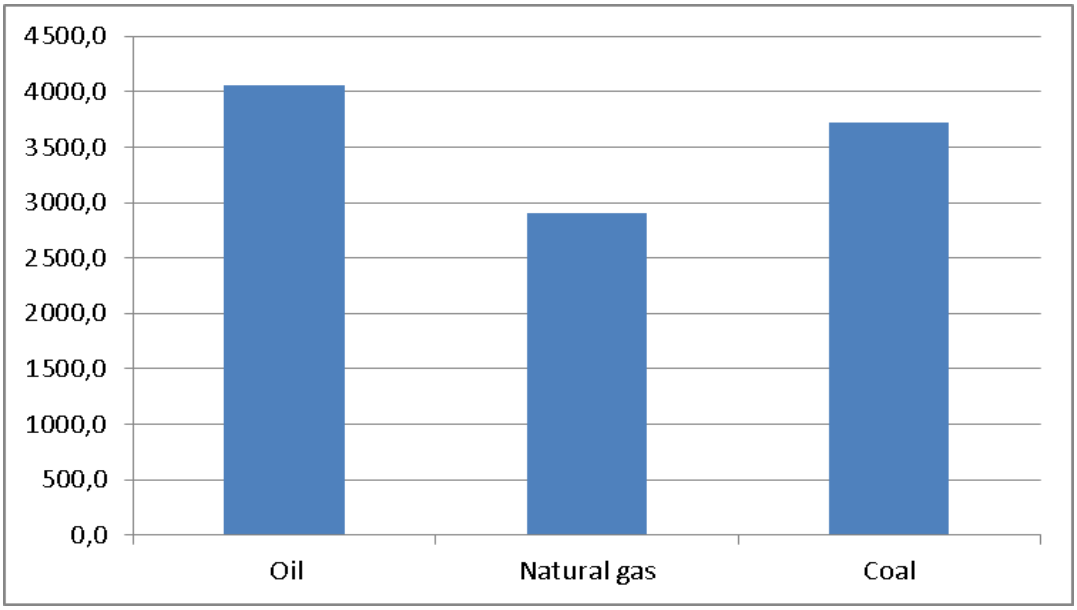
Som det fremgår, kan ca. 44 % af CO_2-udledningen fra fossile brændsler henføres til brugen af kul, 36 % til olie og 20 % til brugen af gas. På figur 2 er vist udviklingen i energiforbruget, og det fremgår, at VE er ganske lille i det samlede billede, mens der har været en markant vækst i brugen af fossile brændsler, ikke mindst af kul. På figur 3 ses fordelingen af energiforbruget på de fossile brændsler, og det fremgår, at gas udgør ca. 27 % af energiforbruget af de fossile brændsler, mens kul udgør ca. 35 %.

Energi baseret på kul udleder ca. dobbelt så meget CO_2 per energienhed som gas, og gas udleder ca. 25 % mindre end olie per energienhed. Gas er dermed den mindst CO_2 udledende af de fossile energikilder. Gas har samtidigt den fordel, at afbrændingen er forholdsvis ren i forhold til udledning af partikler, svovlforbindelser og andre uønskede stoffer.

Forestiller man sig, at gas globalt set fortrængte alt kul, ville man kunne producere den samme energimængde med et udslip, der ville være ca. 7 mia. tons mindre end i 2010, svarende til en reduktion i udledningen fra de fossile brændsler med godt 20 %. Forestiller man sig, at gassen også kunne fortrænge olieforbruget, ville den globale udledning falde yderligere ca. 3 mia. tons, altså en samlet reduktion på 10 mia. tons eller ca. 30 % af den samlede CO_2-udledning fra energiforbruget.



Figur 2. Udvikling og fordeling af verdens energiforbrug. Kilde: Ref/3/



Figur 3. Globalt energiforbrug for kul, olie og gas i 2011, tal i Mton olieækvivalenter. Efter Ref/2/

I Danmark vil en teoretisk substitution af kul med gas reducere Danmarks udledning med ca. 6,5 mio. tons CO_2 om året, svarende til at næsten alle danske

personbiler fjernes fra vejene, mens en teoretisk fortrængning af olien med gas vil give yderligere en reduktion på ca. 6,5 mio. tons CO2.

3. Hvad er skifergas?

Skifergas er almindelig naturgas, som blot findes i skifre i stedet for gennemtrængelige bjergarter som sand og opsprækket kalk. Skifrene er ofte moderbjergarter til den normale naturgas, vi allerede kender, som er trængt op i nogle andre geologiske lag. Gassen er dannet ud fra organisk stof i skifrene, og skifergassen er således den direkte kilde til gassen. Et skematisk billede er vist i figur 4.

Man har længe kendt til eksistensen af skifergas, men har ikke haft teknologien til at få gassen ud af skifrene, hverken teknisk eller økonomisk. Skifre er meget hårdt sammenpresset ler, som man kender det fra skifertage, og er meget lidt permeabelt, dvs. at det er svært gennemtrængeligt for gas og vand, med mindre det er opsprækket.

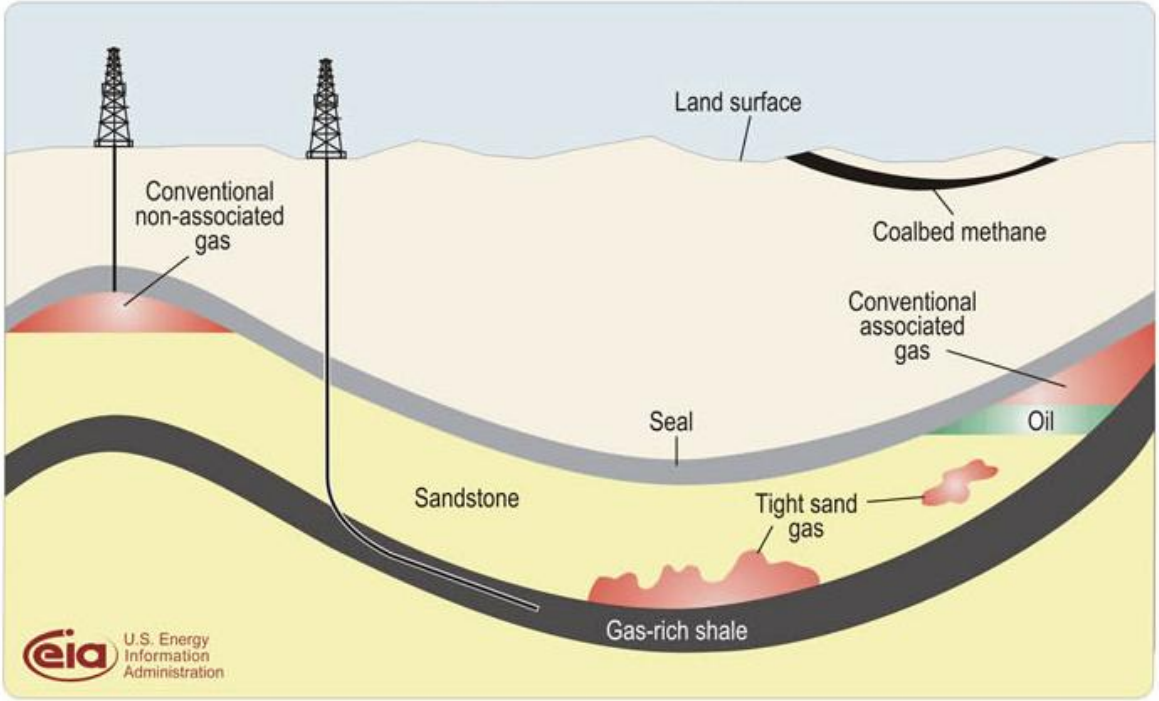
For at få gassen ud af skifrene skal man derfor skabe kunstige sprækker i skiferen, og det er denne proces, der kaldes frakturering. Her skaber man under højt tryk nye sprækker eller udvider eksisterende sprækker, som bliver fyldt op med sand, så sprækkerne ikke lukker sig igen. For at få sandet ud i sprækkerne og sikre mod korrosion tilsætter man vandet en række kemikalier, hvoraf nogle er uønskede i vandmiljøet, herunder i grundvandet.

Boringer til udvinding af skifergas bores oftest horisontalt langs skiferen som vist på figur 4, op til flere kilometer. Dette skyldes, at skiferen er så lavpermeabel, at det kræver lange strækninger med opsprækning for at få tilstrækkelig gas ud. Dog er mange af skifergasfelterne i USA, hvor skiferen ikke ligger så dybt, udført som mange vertikale boringer i stedet for færre horisontale.

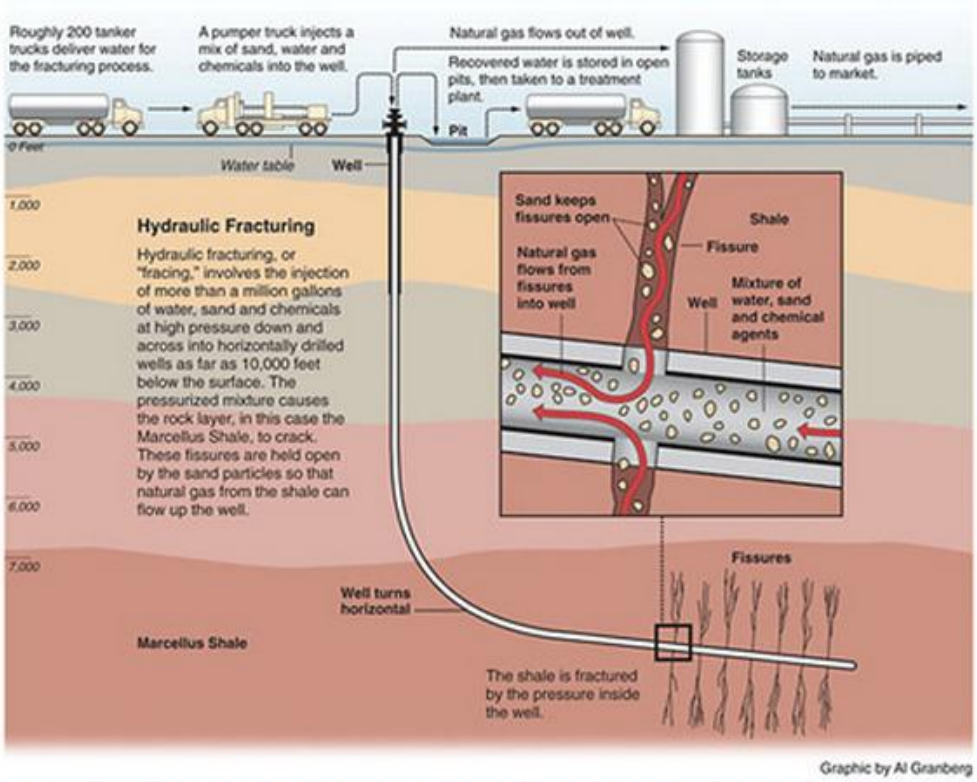
Et mere detaljeret billede af fraktureringen og dens forløb, som den i mange tilfælde er forløbet i USA, er vist på figur 5.

Som det fremgår anvendes store mængder vand og en række kemikalier til at øge permeabiliteten af skifrene, og de miljømæssige forhold i relation til dette gennemgås nærmere i kapitel 6.

Selve fraktureringsteknikken er ikke ukendt i Danmark, da den dels bruges i konventionelle felter, dels har været anvendt til at øge permeabiliteten i forurenet moræneler som led i afværgeforanstaltninger over for grundvandstruende forureninger, se f.eks. Ref /6/.



Figur 4. Illustration af forskellige gas og olie forekomster, med skifergassen liggende i moderbjergarten. Kilde: Ref /5,6/



Source: ProPublica, http://www.propublica.org/special/hydraulic-fracturing-national

Figur 5. Detaljer ved frakturering og indvinding af skifergas, se figur for kilde.

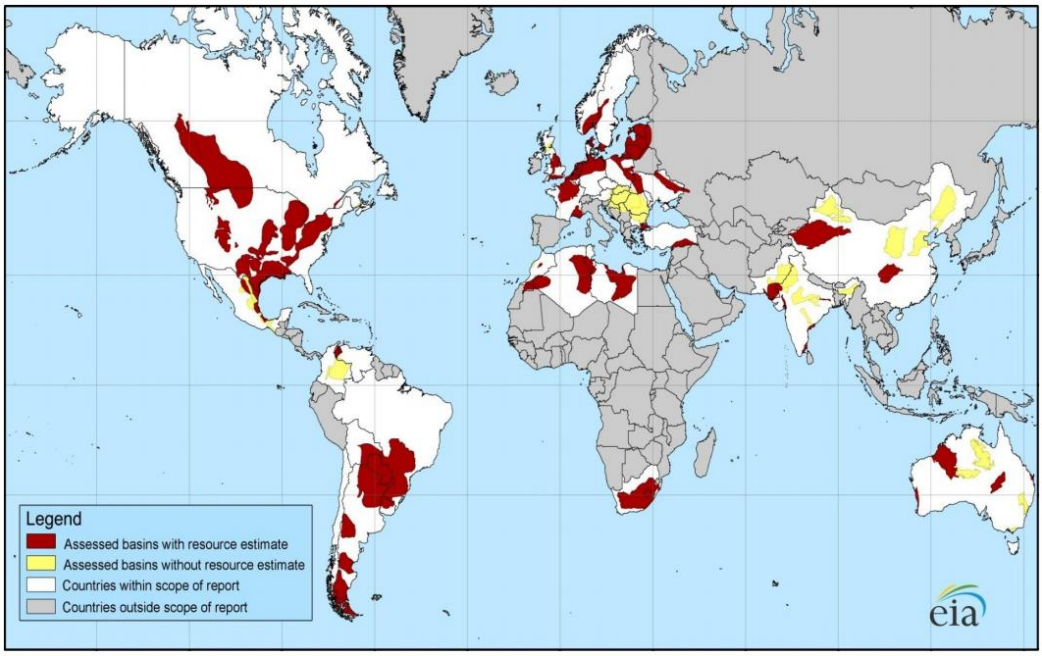
4. Udbredelse og reserver

Skiferbjergarter der kan indeholde gas er globalt vidt udbredte og fordelt på de fleste verdensdele.

På figur 6 er vist den geografiske udbredelse som beskrevet af det amerikanske energiinformationsagentur EIA. Det fremgår, at der arealmæssigt er ret store forekomster i såvel Nord- og Sydamerika som i Europa, Afrika, Australien og Asien, ikke mindst i Kina.

I figur 7 fremgår, hvor EIA skønner at de største forekomster er i Europa.

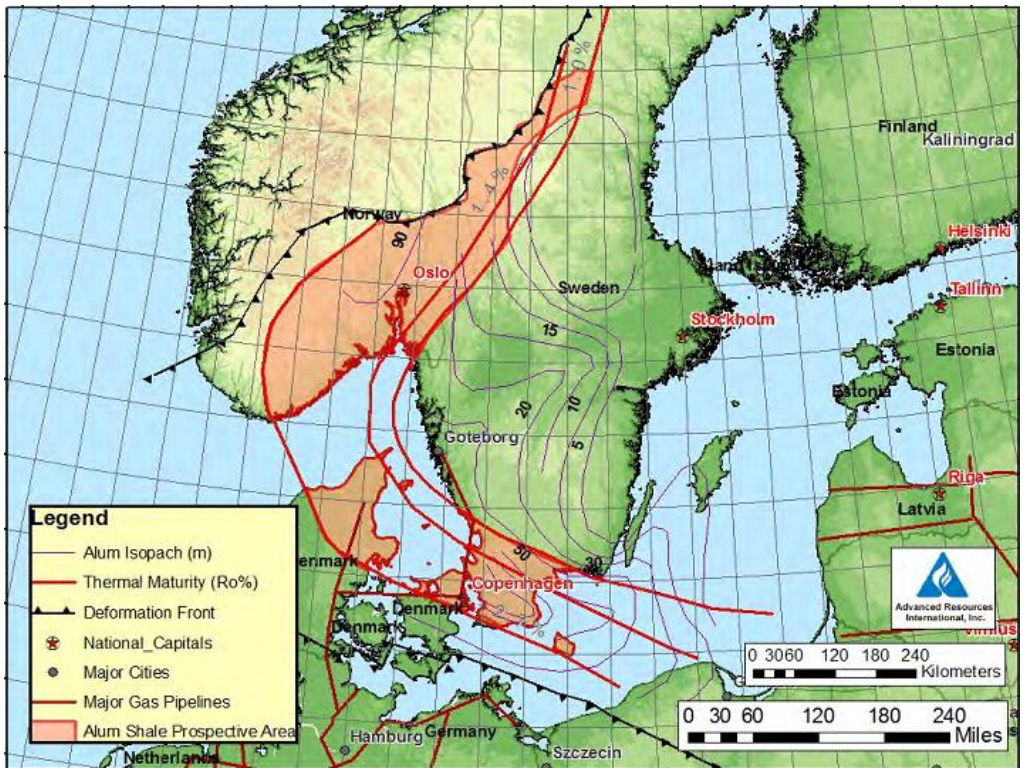
Som det ses, er udbredelsen i Danmark knyttet til de såkaldte alunskifre, der i Danmark især er udbredt i Nordjylland og Nordsjælland og som på Bornholm kan ses i blottede aflejringer langs med f.eks. Læsåen.



Figur 6. Geografisk udbredelse af skiferbjergarter der kan indeholde gas Kilde:Ref/5/.

Udbredelsen af alunskifrene i Skandinavien er vist på figur 8. I Nordjylland, Nordsjælland og Skåne findes skifrene i 1-4 km dybde med en nettotykkelse på 50-100 m.

Figur 7. Udbredelse af potentielle skifergasressourcer i Europa. Kilde: Ref/5/



Figur 8 Udbredelsen af alunskifre i Skandinavien med potentiale for indvinding af skifergas. Isopach kurverne angiver formationens tykkelse. Kilde: Ref/5/.

Alunskifrene er karakteriseret ved et meget højt organisk indhold (op til 28 %, med skønnet 10 % i gennemsnit), og en tilpas modenhed for dannelse af gas, og er derfor af sammensætning lovende ud fra et gaspotentiale. Imidlertid er alunskiferen i det skandinaviske område relativ tynd, og ikke nær så tyk som i Polen. Denne forskel gør, at den potentielle ressource i Polen er væsentlig større end i Skandinavien. Langs forkastninger som i Nordjylland og i Nordsjælland kan den tilsyneladende tykkelse dog være større, da formation her kan være deformeret og tiltet, hvilket kan øge den horisontale tykkelse.

Undersøgelser af potentialet for skifergas i alunskifrene er længst fremme i Skåne, hvor Shell siden 2008 har færdigboret 2-3 efterforskningsboringer, som de nu evaluerer. I Danmark har Total fået tilladelse til to prøveboringer: En i Nordjylland og en i Nordsjælland, som forventes gennemført i løbet af 1-2 år. Herudover er der en del forskningsmæssige forsøg i gang i alunskifrene på Bornholm i samarbejde med GEUS gennem projektet GASH (Gas Shale in Europe, Ref/7/), hvor der bl.a. udføres seismiske undersøgelser og prøveboringer. Der er således en række aktiviteter i gang af både kommerciel og forskningsmæssig karakter i såvel de danske som de skandinaviske alunskifre med henblik på nærmere af kunne afklare skifrenes potentiale for indvinding af gas.

De globale mængder af skifergas, der teknisk kan udvindes er skønnet af EIA. Disse fremgår af figur 9, og i detaljer for de enkelte lande og regioner i tabel 1. Det skal understreges, at disse ressourceopgørelser er meget usikre, selv i USA, hvor kendskabet til formationerne ellers er størst. Det er også vigtigt at pointere, at der kan være stor forskel på teknisk indvindelige ressourcer og økonomisk rentable ressourcer. Her er valgt at tage udgangspunkt i denne opgørelse, fordi den er global og lavet ud fra samme kriterier, men der findes andre regionale opgørelser med andre skøn.

Continent	Country	Technically Recoverable (Tcm)
North America (non U.S.)	Canada and Mexico	30.3
	U.S.	24.4
Total North America	Canada, Mexico, U.S.	54.7
South America	Colombia, Venezuela, Argentina, Bolivia, Brazil, Chile, Uruguay, Paraguay	34.7
Europe	France, Germany, Netherlands, Sweden, Norway, Denmark, U.K., Poland, Lithuania, Ukraine, Turkey	17.7
Africa	Morocco, Algeria, Tunisia, Libya, Mauritania, Western Sahara, South Africa	29.5
Asia	China, India, Pakistan	39.8
Australia		11.2
Total		187.4
Total excluding U.S.		163.2

Figur 9 Skønnet størrelse af de globale skifergasressourcer der kan udvindes. Tal i billioner m3. Kilde Ref/5/ .

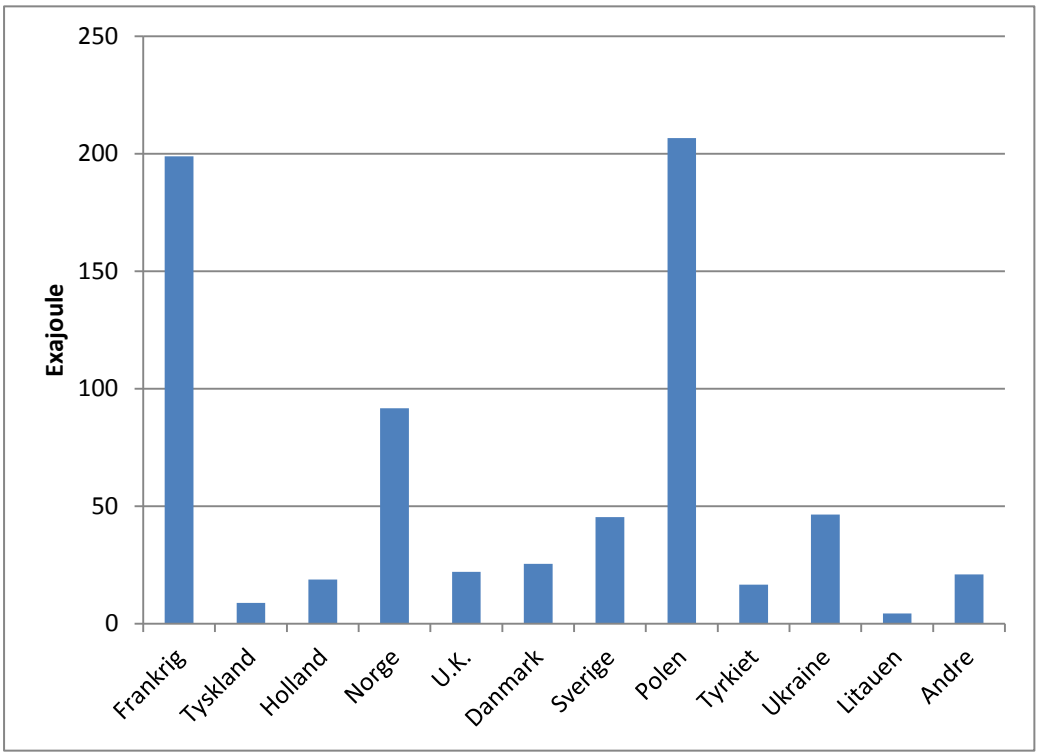
	2009		Dokumenteret konventionelle reserver milliarder m3	Teknisk udvindbare skiffergas ressourcer milliarder m3	Teknisk udvindbare skiffergas ressourcer exa joule
	Produktion milliarder m3	Forbrug milliarder m3			
Europa					
Frankrig	1	49	6	5099	199
Tyskland	14	93	176	227	9
Holland	79	49	1388	482	19
Norge	103	5	2040	2351	92
U.K.	59	88	255	567	22
Danmark	8	5	59	652	25
Sverige	-	1	0	1161	45
Polen	6	16	164	5297	207
Tyrkiet	1	35	6	425	17
Ukraine	20	44	1105	1190	46
Litauen	-	3		113	4
Andre	14	27	77	538	21
Nordamerika					
USA	584	646	7720	24419	952
Canada	159	85	1756	10992	429
Mexico	50	61	340	19292	752
Asien					
Kina	83	87	3031	36119	1409
Indien	41	53	1074	1785	70
Pakistan	39	39	841	1445	56
Australien	47	31	3116	11218	438
Afrika					
Sydafrika	2	5	-	13739	536
Libyen	16	6	1550	8215	320
Tunesien	4	5	65	510	20
Algeriet	82	29	4504	6544	255
Marokko	0	1	3	312	12
Vest Sahara	-	-	-	198	8
Mauritanien	-	-	28		
Sydamerika					
Venezuela	18	20	5068	312	12
Colombia	10	9	113	538	21
Argentina	41	43	380	21926	855
Brasilien	10	19	365	6402	250
Chile	1	3	99	1813	71
Uruguay	-	0	0	595	23
Paraguay	-	-	0	1756	68
Bolivia	13	3	751	1360	53
Total af ovenstående	**1504**	**1558**	**36091**	**187592**	7316
Verden total	**3017**	**3023**	**187224**		

Tabel 1. Gasressourcen i de enkelte lande. Egen tabel efter Ref/5/

Som det fremgår, udgør de samlede teknisk indvindelige skifergasreserver skønsmæssigt godt 7300 exajoule (EJ), eller 15 gange verdens samlede årlige energiforbrug. Sammen med de kendte reserver af konventionelle gasressourcer udgør gasressourcerne således 30 års energiforbrug i verden med det nuværende energiforbrug.

Den potentielle danske skifergasressource på 650 milliarder m3 svarer til ca. 30 års bruttoenergiforbrug i Danmark, og er ifølge de amerikanske skøn væsentlig højere end de konventionelle reserver i Nordsøen. I dag udgør naturgas omtrent 20 % af bruttoenergiforbruget i Danmark, og de forventede reserver kan derfor dække det nuværende gasforbrug væsentligt længere end 30 år.

Det fremgår også, at Frankrig og Polen efterfulgt af Norge har langt de største potentielle skifergas ressourcer i Europa.

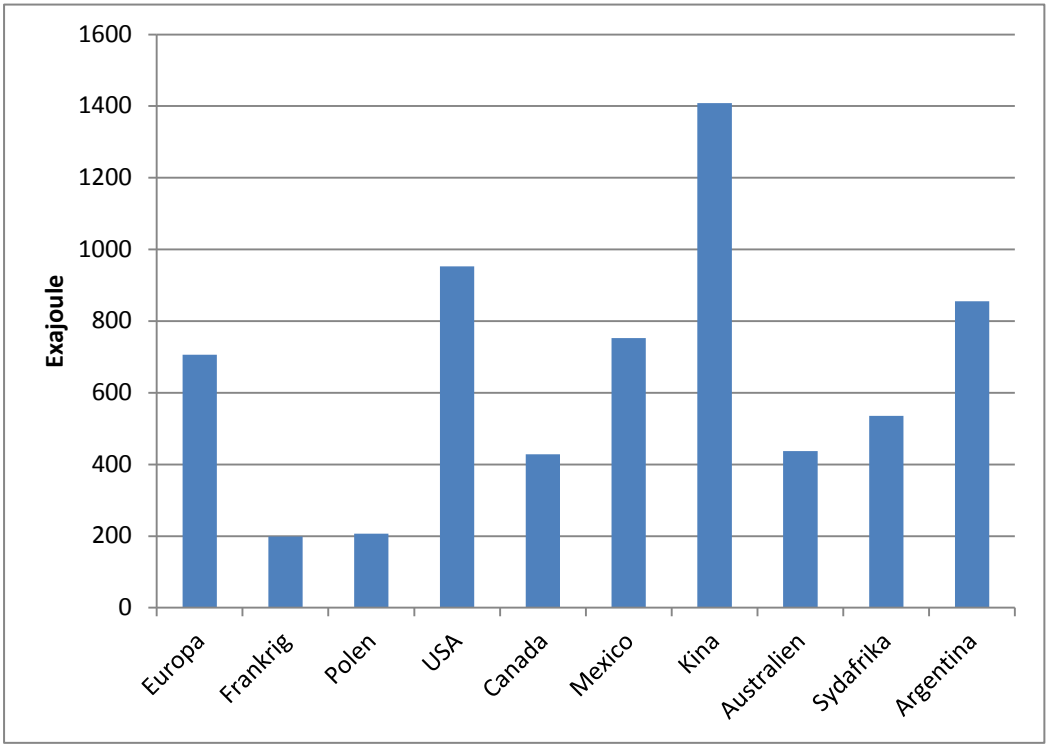


Figur 10 Skønnet fordeling skifergasreserver i Europa. Egen figur efter Ref/5/

Ressourcerne i Polen og Frankrig skønnes af EIA at være nogenlunde lige store med et energipotentiale svarende til 200 EJ, efterfulgt af Norge, Sverige, Ukraine og Danmark.

På verdensplan har Kina over 20 % af den potentielle verdensressource (jf. figur 11), og dette giver Kina en teoretisk mulighed for at reducere sin CO2-udledning væsentligt ved at fortrænge kul i energisektoren med gas, således som det er sket i USA (se afsnit 6).

Kina har netop igangsat en storstilet efterforskning af deres skifergasressourcer.



Figur 11. Fordeling af potentielle skifergasreserver i verden. Egen figur efter Ref/5/

5. Miljø og klimakonsekvenser ved udvinding, distribution og brug

Miljø og klimakonsekvenserne ved udvinding af skifergas er et af de emner, der diskuteres mest i relation til skifergas. Diskussionen kan opdeles i følgende emner:

- Metanudslippets og brændværdiens betydning for klimafordelen ved at anvende gas/skifergas i energiforsyningen.
- Lokale miljøkonsekvenser ved udvinding via spildevand og grundvandsforurening

5.1 Metanudslip og brændværdi

Metan er en stærk drivhusgas, og metanudslip fra udvindingen af fossile brændstoffer udgør 2-3 % af den samlede udledning af drivhusgasser målt som CO2-ækvivalenter.

Generelt betragter IPCC udledningen af metan fra udvinding af hhv. kul, olie og gas som nogenlunde lige stor per energienhed. Dog er der en særlig udfordring knyttet til kul fra såvel åbne miner som miner i undergrunden, nemlig at de efter deres lukning fremover stadig vil lække en vis mængde metan, således at metanudledningen kan fortsætte selv efter at produktionen er ophørt.

Der foregår en videnskabelig diskussion om den faktiske udledning af metan ved indvinding af gas, særlig i forbindelse med udvindingen af skifergas. Dette bunder dels i de erfaringer man har fra de første boringer i USA, og dels i uenigheder omkring størrelsen af den lækage der er fra faste installationer og fra de nye installationer.

I de første boringer man lavede i USA lod man det såkaldte ”flow back” afdampe i åbne bassiner, som dels kunne give store metanudslip og dels kunne medføre forurening af såvel overfladevand som grundvand. Flow back dannes når boringen er færdigkonstrueret og frakturerings trykket tages af, hvorved der sker et meget stort returflow af det injicerede vand og kemikalier, opblandet med store mængder metan.

Dette flow erstattes efterhånden af ren gas, hvorefter produktionen af gas kan igangsættes. Teknisk kan dette flow back dog ledes til lukkede tanke, og den udskilte metan indgår dermed i den almindelige gaslevering.

Et sådant element bør derfor naturligvis være et lovkrav, hvilket føderalt også er tilfældet i USA fra 2015.

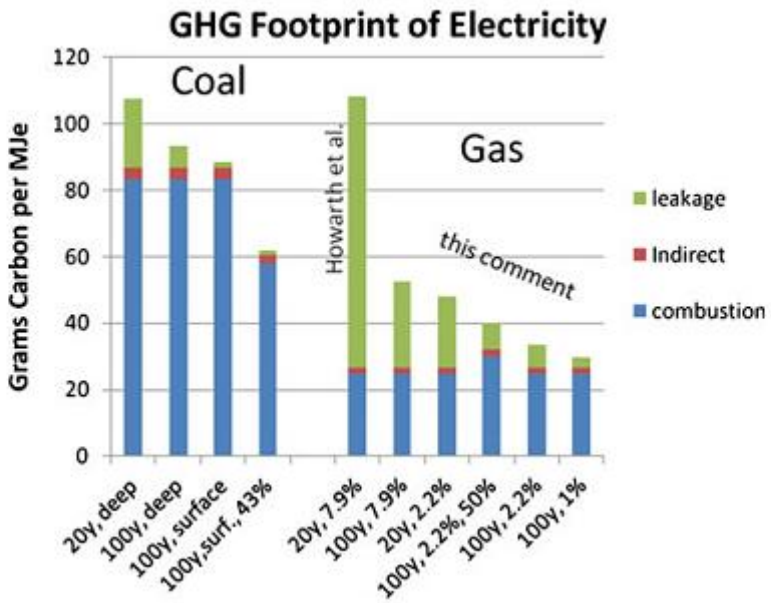
En af de største kritikere af skifergas mht. metanudslip er Robert Howarth fra Cornell University i New York (Ref/8/), som generelt anslår ret høje lækagerater (bl.a. som følge af flow back). Dette synspunkt er dog ikke understøttet af andre undersøgelser, og Howarths beregninger møder især hård kritik fra Cattles (Ref/10, med replik i Ref/9/), som er en af Howarths egen kolleger fra Cornell University.

De forskellige publicerede lækagerater fra henholdsvis konventionelt gas og skifergas fremgår af tabel 2.

Tabel 2. Publicerede lækagerater fra gasindvinding i gC/Mj. Fra Ref/9/

	Conventional gas	Shale gas
Hayhoe et al. (2002)	0.57	*
Jamarillo et al. (2007)	0.15	*
Howarth et al. (2011)	0.26–0.96	0.55–1.2
EPA (2011a)	0.38	0.60+
Jiang et al. (2011)	*	0.30
Fulton et al.(2011)	0.38++	*
Hultman et al. (2011)	0.35	0.57
Skone et al. (2011)	0.27	0.37
Burnham et al. (2011)	0.39	0.29
Cathles et al. (2012)	0.14–0.36	0.14–0.36

Som det fremgår, er Howarth et al.'s beregninger væsentligt højere end de andre undersøgelser. Cattles (2012) går så langt som at betegne Howarths beregninger som "seriously flawed" med henvisning til, at hun finder hans påstande helt udokumenterede. Howarth opererer med en lækage af metan på 7,9 %, mens andre undersøgelser, og ifølge Cattles også US Environmental Protection Agency, opererer med en lækage på 2,2 %. Cattles argumenter bl.a. med, at Howarth i sine beregninger ikke tager hensyn til de tekniske tiltag man bruger for at reducere metanudslippet, selvom flere rapporter ifølge Cattles viser, at disse tiltag har været særdeles effektive. Howarth har i Ref/9/ en replik til dette, og debatten fortsætter. Massachusetts Institute of Technology (MIT) har også evalueret Howarths resultater (Ref/27/) og finder ligeledes at beregningerne væsentlig overvurderer metanudslippets størrelse.



Figur 12. Udledning af CO2e fra kul til elforsyning og gas under forskellige forudsætninger. Fra Ref/10/

På figur 12 er grafisk vist uenigheden, hvor udledningen af CO2e fra brug af henholdsvis kul og gas er vist under forskellige forudsætninger som tidshorisont, lækagerate og virkningsgrad. Som det fremgår, forudsætter Howarths konklusion om at gas er værre end kul (ref/11/) nogle meget høje lækagerater og til dels også en ret kort tidshorisont, mens det fremgår, at gas er væsentlig bedre end kul, når man bruger Cattles og andres lækagerater, specielt hvis man medtager den bedst tilgængelige teknologi i såvel udvinding som afbrænding.

Når tidshorisonten - altså om man skal betragte udledning som en opvarmning over 20 år eller 100 år - er interessant, er det fordi metan er en meget kraftig drivhusgas, som omdannes til CO_2 i løbet af forholdsvis kort tid i atmosfæren. Dermed kommer metan, hvis man ser på den i et 20-årigt perspektiv, til at være en 72 gange så kraftig drivhusgas som CO_2, mens den i et 100 års perspektiv er 20 gange så kraftig. Udslippet af metan kommer altså til at betyde væsentligt mere, hvis man ser isoleret på de næste 20 år end hvis man ser 100 år frem i tiden[1].

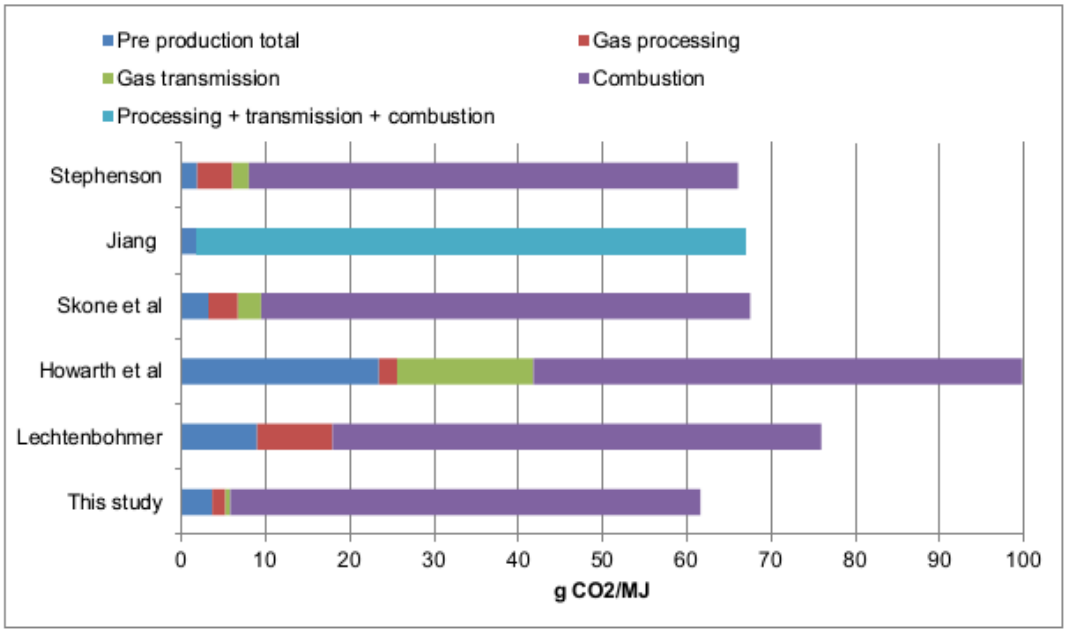
På baggrund af de mange artikler om dette emne, synes den mest rimelige konklusion at være, at lækageraten for gas, hvad enten det er konventionelt naturgas eller skifergas, skal holdes på et meget lavt niveau for at gas skal være væsentlig bedre end kul (og olie), men også at dette er teknisk muligt, hvis det foreskrives i lovgivningen eller i indvindingstilladelserne. I visse delstater i USA gælder sådanne krav allerede, og de vil være gældende i hele USA fra 2015.

Omvendt er tiltag til at begrænse metanudslippet fra kulminer relativt sjældne, og i de fleste kulminer reguleres metanudslippet slet ikke ved særlige krav, udover visse kulminer i Sydamerika og i et vist omfang i Australien. Derudover er

[1] Denne problemstilling er relevant, men måske ikke så meget i forhold til valget mellem forskellige fossile brændstoffer. Vælges generelt en 20-årig horisont til at betragte drivhusgasudledning og -reduktionstiltag, vil dette eksempelvis medføre, at fokus i langt højere grad skal rettes mod landbrugssektoren i forhold til energisektoren, da landbrugets relative andel af drivhusgasserne vil stige væsentligt i et 20-årigt billede på grund af landbrugets høje andel af det globale metanudslip. Samtidig vil udledningen fra energi produceret på biomasse også stige væsentligt, ikke mindst på biomasse lavet fra træ, da ikke ret meget af det afbrændte kulstof når at blive lagret på kun 20 år. En renovering af bygningsmassen vil også kunne få en nettoudledning i et 20-årigt perspektiv, og det samme vil gælde udskiftning af bilparken og strøm lavet på solceller. En 20-årig horisont skal derfor være konsekvent, og vil give nogle helt andre prioriteringer i den fremtidige indsats, som egentlig ikke har så meget med gas kontra kul at gøre. Endelig har tidshorisonten ikke den store betydning, hvis Cattles betragtninger om lækageraten er korrekte, idet udslippet af metan fra kulproduktionen så vil være i samme størrelsesorden.

olie- og gasboringer relativt lette at forsegle, hvorfor lækagerisikoen teknisk kan elimineres ved ophør at produktionen, i modsætning til kulminer.

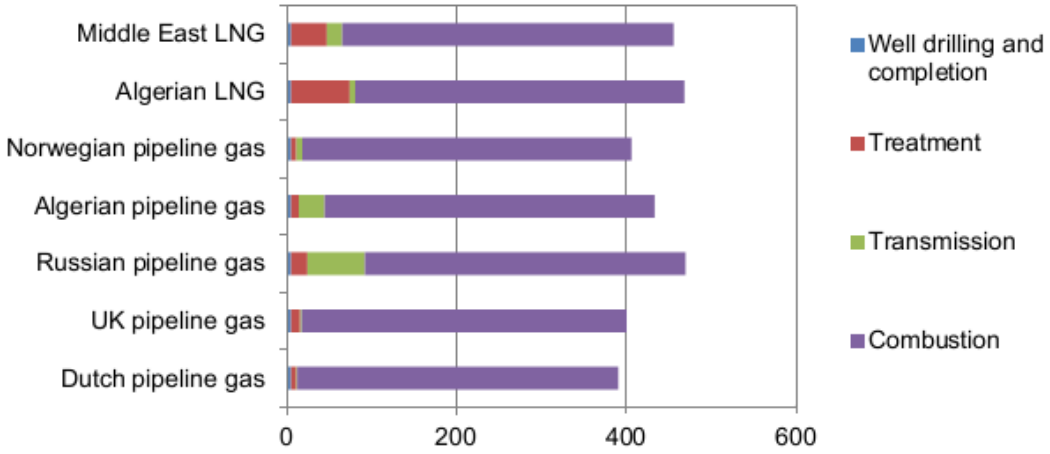
EU har netop fået lavet en LCA analyse på forskellige fossile brændstoffer, herunder skifergas under europæiske forhold med europæiske standarder, og denne bakker under europæiske forhold i det store hele op omkring Cattles beregninger. (Ref/12/)



Figur 13. Sammenligning af totaludledning fra skifergas inkl. forbrænding fra forskellige kilder. "This study" er forventningen under europæiske forhold. Kilde Ref/12/

I figur 13 er vist den forventede samlede udledning fra forskellige studier inkl. forbrænding, og her konkluderes at nettoudledningen fra europæisk udnyttelse af skifergas vil ligge i den lave ende (pga. lovkrav), med en udledning på godt 60 g CO2e/MJ.

Cattles beregninger er sammenlignelige med dette (dog noget mindre), men er ikke med i det europæiske studie, da de er helt nye. Fælles for dem er dog, at de medtager anvendelsen af tilgængelige tekniske virkemidler i et rimeligt omfang.



Figur 14 Udledning fra konventionelt naturgas fra forskellige kilder målt som gCO2e/KWh inkl. effekten fra virkningsgraden på kraftværket. Bemærk at udledningen fra selve afbrændingen er ens for alle opgørelser. Ref/12/

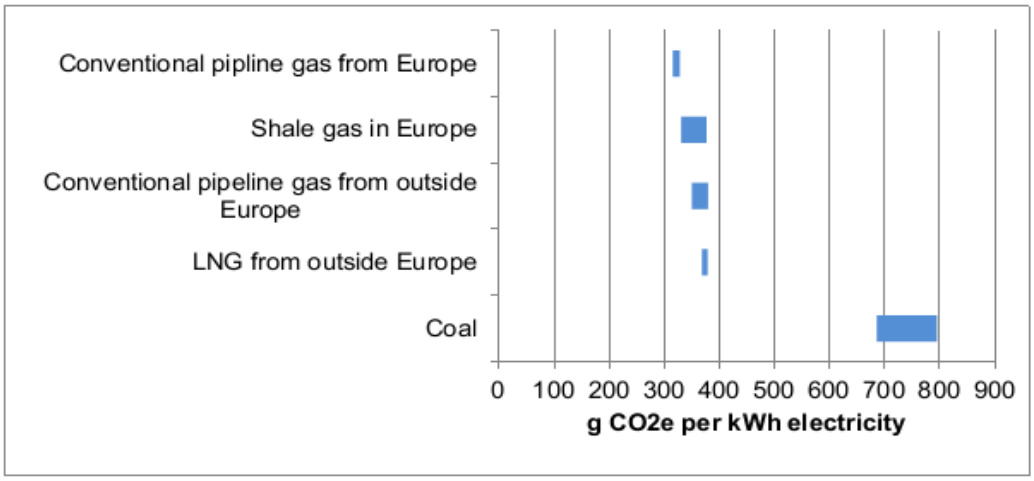
I samme studie vurderes udledningen ved brug af konventionel gas i Europa fra forskellige kilder, og resultaterne heraf fremgår af figur 14. Det ses, at udledningen varierer en del med bl.a. længden og kvaliteten af rørføringen og at russisk gas anvendt i Europa udleder en del mere end gas der er indvundet lokalt i Europa.

Udledningen fra kul fra forskellige kilder er også beregnet og fremgår af tabel 3.

Tabel 3. Gennemsnitlig udledning fra kul fra forskellige kilder målt som CO2e/Kwh. Kilde: Ref/12/

	Russia	*South Africa*	*South America*
Mining + upgrading	107	37	8
Transport	0.3	1	1
Power station	721	731	706
Total	828	768	714

Heraf fremgår, at udledningen fra kul generelt er dobbelt så høj som fra gas, men også, at der kan være forskelle fra kilde til kilde. Det sydamerikanske kul udleder mindre end det russiske, bl.a. fordi man i visse sydamerikanske kulminer indfanger metan til energibrug eller til flaring.



Figur 15. Udledning af drivhusgasser fra forskellige kilder. Ved beregningen anvendes anvendelse af rimelige teknologier fra alle brændstofferne, herunder høje virkningsgrader på kraftvarmeværker. Kilde: Ref/12/.

Sammenligningen af udledningen fra de forskellige energityper er vist på figur 15, inklusiv anvendelse af de bedste rimelige teknologier for hvert brændstof.

Som det fremgår, vil udledningen fra konventionelt gas fra Europa være lavest, herefter følger europæisk skifergas efterfulgt af konventionelt gas uden for Europa og LNG (liquified natural gas) uden for Europa. Kul ligger 2-2,5 gange højere end gas i udledning i dette scenarie.

5.2 Miljøforhold ved skifergasboring

Ud over diskussionerne omkring skifergas' potentiale til at fortrænge kul er der også en væsentlig diskussion omkring miljøforholdene ved etablering af skifergasboringer i forhold til risici for forurening af det omgivende miljø, herunder arealanvendelsen og grundvandet.

Arealanvendelse

Skifergasboringer har generelt en ret lav ydelse i forhold til konventionelle gasboringer, og der kræves derfor mange skifergasboringer for at indvinde den samme mængde gas som en konventionel gasboring.

I Ref/13/ anslås, at der skal ca. 50 skifergasboringer til at kompensere for én konventionel gasboring, om end man kan have op til 8-12 horisontale boringer per vertikale installation efter skifergas. Samtidigt skal skifergasboringer ofte refraktureres efter 10-15 år da ydelsen løbende falder, og refraktureringen vil også kræve arealrestriktioner. Ved udnyttelse af skifergasreserver er det derfor afgørende at arbejde aktivt med minimering af behovet for arealrestriktioner og -beslaglæggelse ved f.eks. udvikling af mere mobilt udstyr, og at arbejde in-

tensivt med slutinstallationernes arkitektur og teknik. De nyeste skifergasboringer kan have 8-12 boringer per borested, og det anslås at en fuld udnyttelse af skifergasressourcen i et givet område vil kræve ca. 1 boreinstallation per 2,5 km2 ved 8 boringer per brønd.

Kemikalieforurening og andre miljørisici

Udslip af metangas til vand og luft er behandlet ovenfor, men der bruges en række kemikalier i udførelse af boringen og til selve fraktureringen som kan udgøre en risiko for det omgivende miljø.

Her vurderes i Ref/13/ at der er en høj risiko ved dårligt boredesign og dårlige konstruktioner, men at risikoen er lav ved ordentligt udførte tekniske installationer. Samme rapport vurderer også, at hvis afstanden mellem produktionsstedet i skiferen og grundvandmagasinerne er 600 m eller mere, er risikoen for forurening ved fraktureringen lille, selvom lokale forhold naturligvis er afgørende for risikovurderingen.

Der er derudover en række andre risikoparametre, i form af støj, trafik, lugt, materialeforbrug etc., som der også skal tages hensyn til, på samme måde som man kender det fra almindelige boringer efter grundvand, køleanlæg, geotermisk energi og andre tekniske installationer.

Skifergasudvinding vil kræve en VVM-vurdering og dermed som udgangspunkt være fornuftigt reguleret. Indeholdt i en eventuel tilladelse til producere skifergas bør naturligvis også være krav til de anvendte kemikalier.

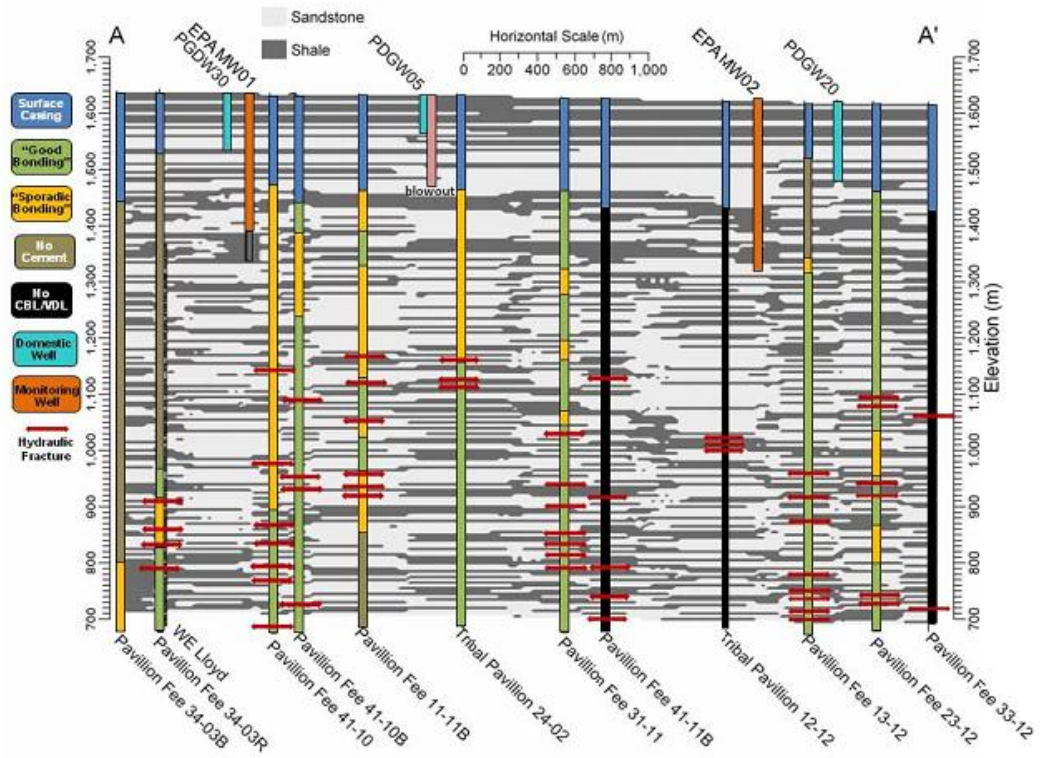
I materialeforbruget inkluderes også vandforbruget, som for skifergasboringer anslås til at være på 15-20.000 m3/boring, hvoraf en del dog kan genbruges til andre boringer. I sig selv er vandforbruget til fraktureringen per energienhed dog ikke forskelligt fra andre energiproduktioner ifølge IEA: det er således sammenligneligt med konventionel kul og olie, det er højere end for konventionel gas, og det er lavere end for en række biobaserede brændsler (Ref/24/).

I Danmark kan konsekvenserne af vandforbruget minimeres ved at injektionen foregår i vinterperioden hvor grundvandsspejlet og afstrømningen er høj.

Det internationale energiagentur har udgivet en rapport om hvordan risici i forbindelse med udnyttelse af skifergas minimeres (Ref/14/). De anslår, at deres tiltag vil øge de økonomiske omkostninger i forhold til en lav standard med ca. 7 %, en omkostning de dog ikke finder væsentlig for rentabiliteten af skifergassen.

USA

Det diskuteres pt. intensivt i USA, om skifergasproduktionen i konkrete områder giver anledning til forurening af vandmiljøet, herunder grundvandet. Det mest kendte tilfælde er området omkring Pavillion i Wyoming. Dette område er specielt fordi grundvandressourcerne ligger umiddelbart over og i de samme bjergarter, som indeholder gas. Samtidigt indvindes gassen i op til 370 m dybde, medens grundvandsressourcerne udnyttes ned til godt 240 m, og således er der kun godt 100 m vertikalt mellem gasproduktionsboringerne og grundvandsindvindingsboringerne mod normalt flere kilometer. Endeligt ligger skiferlagene indlejret som vekslende lag i den sandsten, hvorfra vandindvindingen også foregår, se figur 16. (Ref/15,16,17, 18)



Figur 16. Geologisk profil med skifergasboringer og vandforsyningsboringer i Pavillion. Fra Ref/16/

I 2009 klagede nogle borgere over lugt og missmag af deres vand, og den amerikanske miljøstyrelse EPA igangsatte derfor en række analyser af grundvandet, dels i korte vandforsyningsboringer og dels i dybere moniteringsboringer i et område med 169 vertikale gasboringer. Problemerne kunne begrænses til 11 drikkevandsboringer, hvor man fandt spor af bl.a. metan og hydrocarboner og en række stoffer relateret til landbrugsdrift.

Der blev fundet metan i 10 boringer, der dog alle blev påvist at relatere sig til det naturlige metanindhold i grundvandsmagasinet, medens stoffet 2-BEP (2-butoxyethanolfosfat) blev fundet som spor (<5 ppb) i 9 boringer. Dette er usædvanligt, idet dette stof normalt kun findes i 1 ud af 200 boringer generelt i USA. Oliekomponenter var udbredte i små koncentrationer (hvilket dog ikke er usædvanligt i generelle screeninger af enkeltvandforsyninger).

I to dybe moniteringsboringer (op til 300 m dybe) sås kraftigt forhøjede pH-værdier, BTEX (aromatiske olieprodukter), syntetiske oliestoffer (bl.a. 2-BEP) samt høje metankoncentrationer, og de dybe moniteringsboringer indikerer derfor, at der sker en negativ påvirkning af grundvandet ved skifergasproduktionen, uden at det dog er endelig påvist at der er denne sammenhæng, idet det hævdes, at skiferen i sig selv kan afgive de nævnte stoffer. Forureningerne med 2-BEP i de overfladenære boringer forklares som mulig forurening fra åbne flow-back bassiner, idet disse ikke har været udført som lukkede beholdere.

Casen fra Pavillion bruges hyppigt som referencetilfælde for forureningsrisikoen ved skifergasproduktion, dels fra modstandere der mener den underbygger risikoen, og dels fra tilhængere, der mener at det geologiske set-up er så ekstremt sårbart, at når der kun er mindre konsekvenser og disse kan henføres til en ureguleret indvinding, så er risikoen under mere typiske geologiske forhold og under en regulering, der sikrer en minimumsstandard, forsvindende lille.

Uanset hvad der er rigtig og forkert i debatten omkring Pavillion, må det tages som givet, at tilladelse til skifergasproduktion i et geologisk miljø som det der er til stede i Pavillion ikke vil blive givet under europæiske forhold, da risikoen for forurening og udslip af metan ville være alt for stor. Omvendt kan Pavillion casen give nogle indikationer for, hvilke stoffer og hvilke koncentrationer af disse, man skal have særlig opmærksomhed på i vilkårene for en evt. udvindingstilladelse.

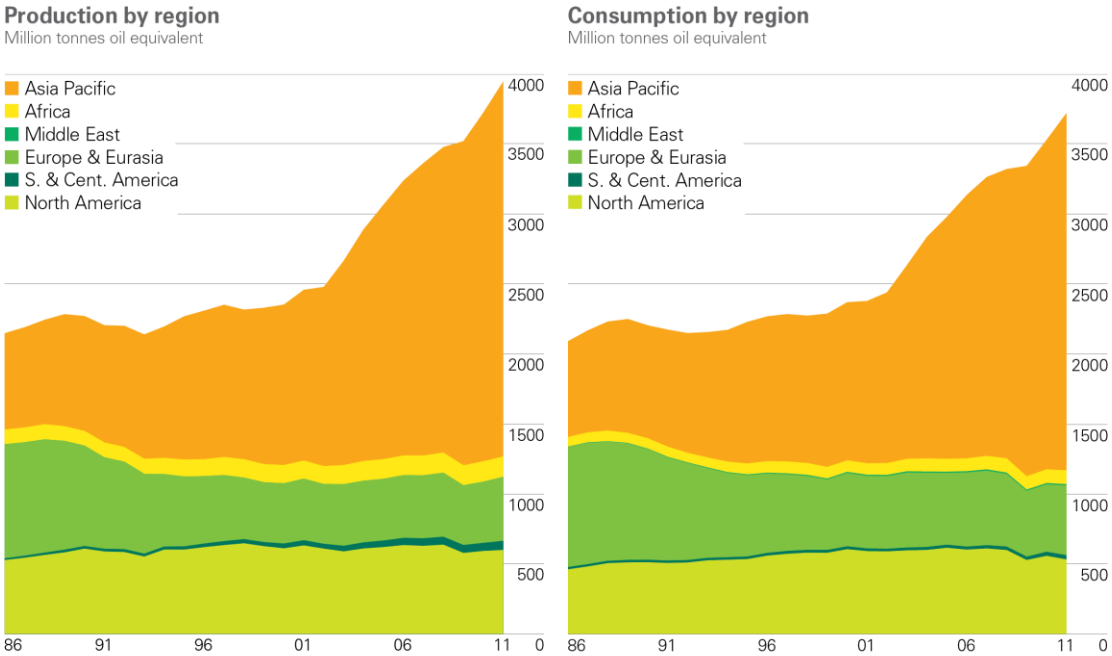
I Ref/19/ dokumenteres høje koncentrationer af metan nær gasboringer i Pennsylvania og New York, men forfatterne mener ikke (Ref/17/) at forureningen nødvendigvis kommer fra fraktureringen, men fra boringerne selv ved uhensigtsmæssig forsegling mellem de enkelte geologiske lag, bl.a. fordi der ikke er tegn på forurening med de stoffer man bruger til selve fraktureringen. De opfordrer på den baggrund til højere standarder ved udførelse af boringer der går gennem gasholdige geologiske formationer, selvom flere andre aktører dog sætter spørgsmålstegn ved deres konklusioner, bl.a. fordi der ikke har været udtaget prøver inden boringerne blev udført, så baggrundsniveauet ikke er kendt.

Sammenfatning om metanudslip og miljøforhold

- I forhold til udledningen af metan skal lækageraten for gas, hvad enten det er konventionelt naturgas eller skifergas, holdes på et meget lavt niveau for at gas skal være væsentlig bedre end kul (og olie). Det vurderes, at dette vil være teknisk muligt, og det skal foreskrives i lovgivningen eller i indvindingstilladelserne.
- I forhold til beskyttelse af grundvandet, herunder drikkevand, er det helt afgørende at man gennem VVM redegørelser godtgør, at boredesign mm. så godt som eliminerer denne risiko. Det vurderes dog, at den store afstand mellem grundvandsressourcerne og alunskigferlaget i en dansk sammenhæng vil sikre, at der ikke er risiko for kontaminering af grundvandet gennem selve jordlagene.
- I forhold til arealanvendelse vil skifergasudvinding indebære nye tekniske anlæg i det åbne land og skal derfor reguleres på lige fod med andre tekniske anlæg i det åbne land.

6. Er skifergas en klimavenlig overgangsteknologi?

Der er ingen tvivl om, at skal menneskeheden imødegå klimaforandringer, skal brugen af fossile brændsler begrænses til et absolut minimum, og det samme skal den ikke-energirelaterede udledning af drivhusgasser, som er ansvarlig for knap halvdelen af udledningen.



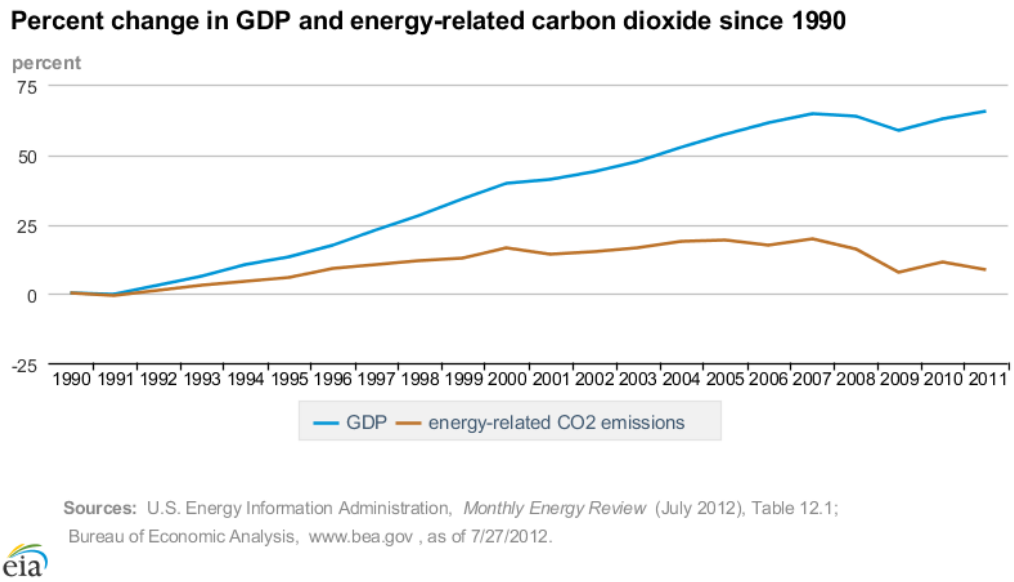
Coal was again the fastest-growing fossil fuel. Global production grew by 6.1%. The Asia Pacific region accounted for 85% of global production growth, led by an 8.8% increase in China, the world's largest supplier. Global coal consumption increased by 5.4%, with the Asia Pacific region accounting for all of the net growth. Elsewhere, large declines in North American consumption were offset by growth in all other regions.

Figur 17 Kulproduktion og forbrug i verdens regioner. Fra Ref/2,3/

Som beskrevet tidligere, vil brug af gas på bekostning af kul kunne reducere verdens CO2-udledning fra energi med 20 %, og ved storstillet substitution af olie med 30 %. Da verden ud fra en klimabetragtning har brug for en reduktion af CO2-udledningen hurtigst muligt, kan gassen være interessant, hvis den på kort sigt kan levere en stor reduktion eller opbremsning i udledningen til en pris som kan accepteres politisk.

Som det ses af figur 17 stiger verdens produktion og forbrug af kul stadigt, så denne udvikling kommer ikke af sig selv. I USA har skifergassen dog medført at udbuddet af gas er steget og prisen på gas derfor faldet, hvorved gassen har skubbet især kul ud af markedet med ret store reduktioner af CO_2-udledningen i energisektoren til følge – større end dem EU har kunnet levere. USA er derfor værd at studere nærmere:

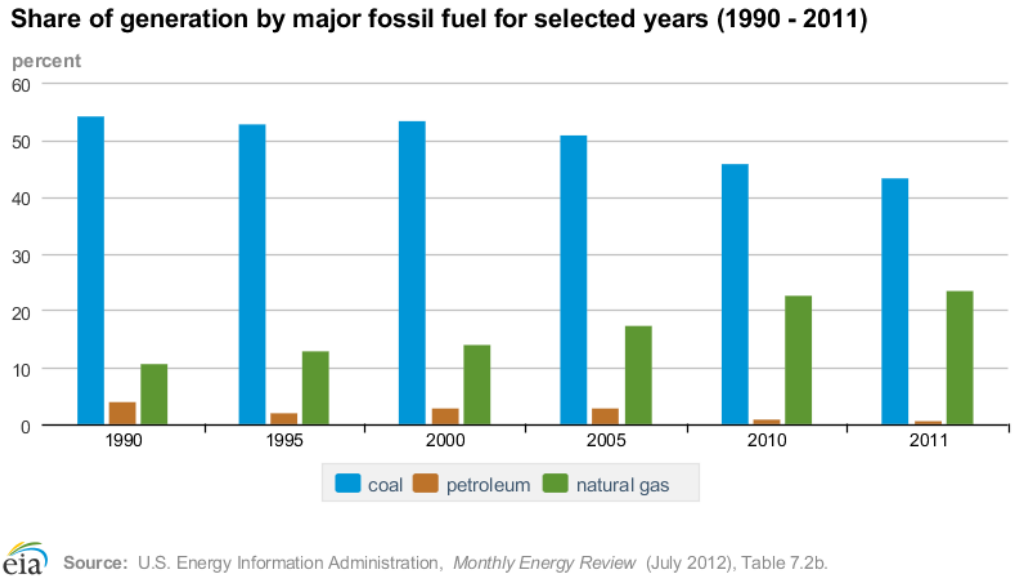
6.1 Den amerikanske case



Figur 18. Udledning af energirelateret CO2 fra det amerikanske energiforbrug. Kilde: Se figur, Ref/20/.

På fig. 18 er vist udledningen af CO2 i USA i forhold til 1990, og det fremgår at en del af faldet i forhold til 2000 og 2005 kan tilskrives den økonomiske krise, som rigtigt slår igennem i 2008 og 2009, men det skift i energikilder der er sket i kraftværkssektoren betragtes som den vigtigste parameter.

Udviklingen i andelen af gas i forhold til de andre fossile brændsler i den amerikanske kraftværksektor fremgår af figur 19.



Figur 19. Relativ andel af fossile brændsler i den amerikanske kraftværkssektor. Kilde: se figur, Ref/20/.

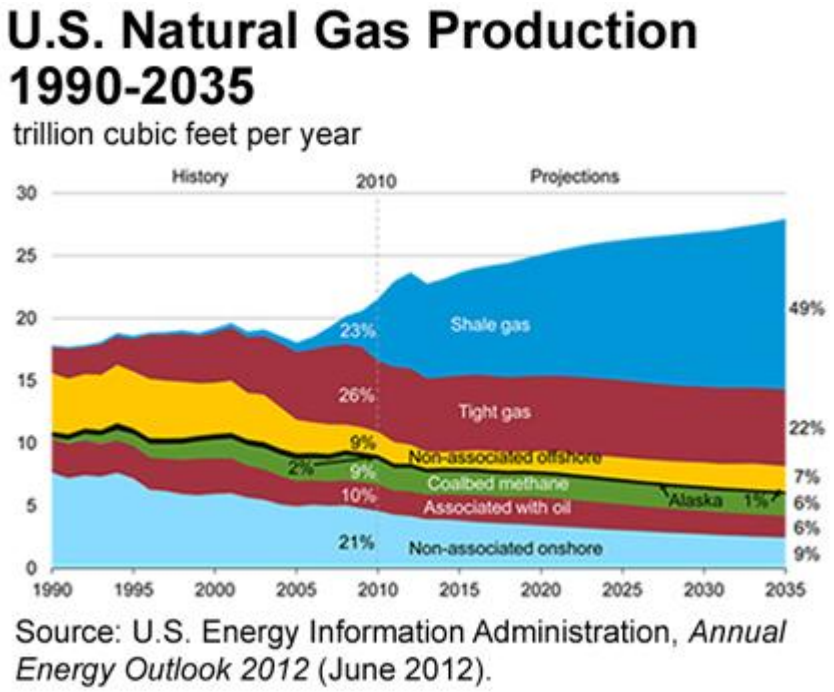
Heraf fremgår det, at andelen af kul og olie er faldende, mens andelen af gas er stigende, og dette skift medfører ret tydelige fald i den samlede udledning af CO_2.

Årsagerne til dette skift er flere, herunder stigende miljøkrav til kulkraftværkerne der lettest har kunnet opfyldes ved skift til gas, men også at udbuddet af gas fra den indenlandske produktion er øget væsentligt som følge af skifergasindvinding, hvorved priserne på gas er faldet relativt til kul.

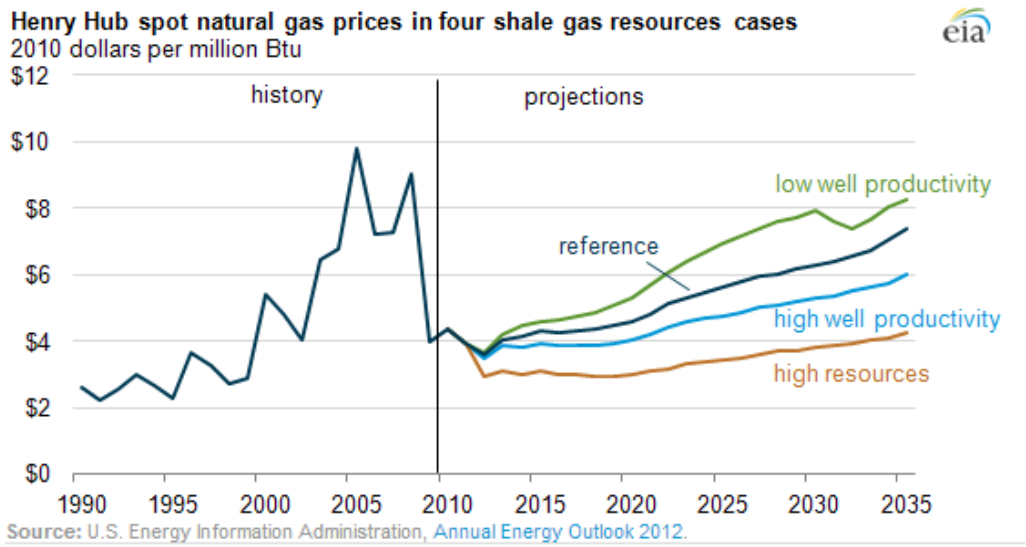
Den stigende interne produktion af gas fremgår af figur 20, hvor produktionen også er projiceret frem mod 2035.

Som det fremgår, er produktionen af skifergas steget væsentligt siden 2005, og skifergas forventes at udgøre ca. halvdelen af USA's gasproduktion i 2035.

Det øgede udbud har medført et stort fald i prisen for gas, som det illustreres på figur 21. Det fremgår, at gasprisen siden 2005 er faldet fra 10$/MBtu til under 4$/MBtu (har været nede i nærheden af 2$). Dette prisfald har gjort gassen konkurrencedygtig med kul.



Figur 20 Indenlandsk produktion af gas i USA fra forskellige kilder historisk og frem mod 2035. Fra Ref/20/.

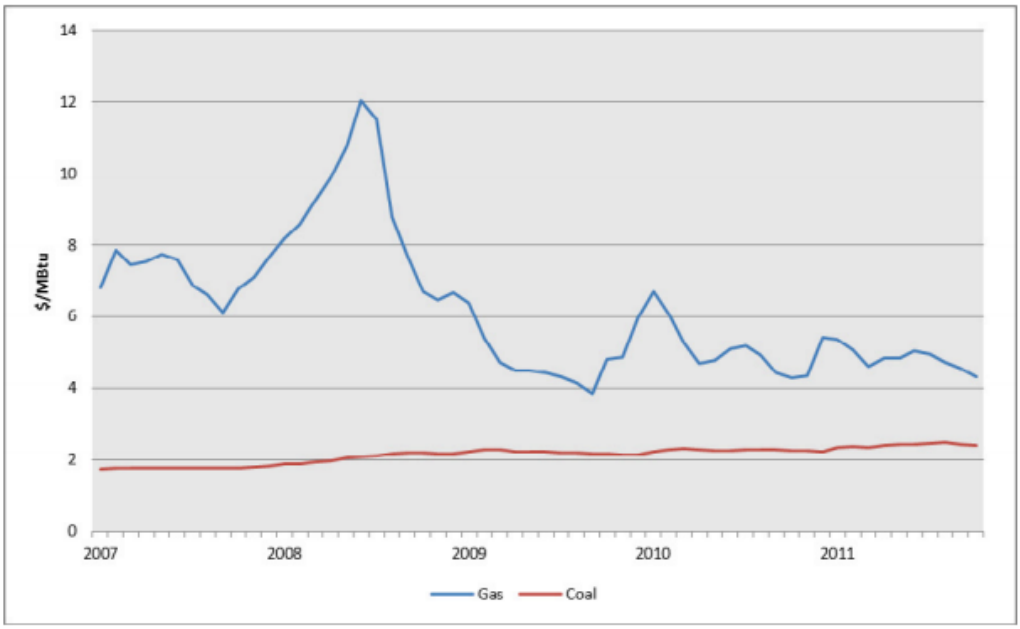


Figur 21 Prisudviklingen for gas i USA historisk og projekteret frem mod 2035. Fra Ref/20/.

Udviklingen i elprisen fra henholdsvis gas og kul i USA fremgår af figur 22. Her ses, at elprisen fra gas nærmer sig kul, men også at kul stadig ligger lavere end gas. Imidlertid er de kapitalmidler, der bindes i gaskraftværker væsentlig lavere end i kulkraftværker, og efterhånden som kulkraftværkerne er udtjente eller skal renoveres, erstattes de derfor i stor stil af gaskraftværker.

I USA er det nettoprisen for gas, der har været den styrende faktor for reduktionen af kulforbruget og dermed CO2-udledningen. Med nettoprisen menes her inklusiv de miljøtiltag der er nødvendige på kulkraftværkerne for at reducere luftforureningen i øvrigt. Disse krav er væsentlig mere omfattende på kulkraftværker end på de kraftværker der bruger gas som brændstof, fordi udledningen fra gaskraftværker er relativ ren, og fordi el-virkningsgraden på gaskraftværker potentielt er væsentlig højere end den er på kulkraftværker.

Ud fra disse kriterier kan prisen på 1 MJ gas altså godt være lidt højere end prisen på 1 MJ kul, hvor gassen alligevel vil være konkurrencedygtig, men næppe voldsomt forskellig fra den der er vist på figur 22. Spørgsmålet er så om den samme udvikling kan forventes i Europa?



Figur 22. Prisudviklingen i USA for el lavet på henholdsvis gas og kul. Den højere pris på gas skyldes delvis at kulkraftværkerne er ældre, og dermed fuldt afskrevne. Nyetablerede kulkraftværker kan dermed have en højere pris pr. MBtu end gaskraftværker. Fra ref/20/.

6.2 Skifergas i europæisk sammenhæng

Ifølge det internationale energiagentur IEA er situationen i Europa, at gas spiller en mindre og mindre rolle i energiforsyningen, fordi kul er relativt billigere end gas:

"Europe is exempt from a surge in unconventional gas sources that led the agency to declare the start of a new era for the fuel because on the old continent demand for gas in power plants has been largely replaced by cheap coal.

"In Europe no golden age of gas will come. Europe is an exception to the revolution," Anne-Sophie Corbeau, senior gas analyst at the IEA, said at a conference in London. She said gas was losing the battle in Europe's power plants against cheap coal coming from the U.S., where the discovery of shale gas has left huge oversupply in unwanted coal.

"We may be talking of a golden age of coal in Europe and this is (in) contrast with what is happening in the U.S.," Corbeau said, echoing comments from the IEA's head made in Vienna on Thursday." (Ref/21/).

I Europa er prisen på gas høj af en række grunde:

- der er et begrænset antal udbydere
- gasprisen er til en vis grad bundet til olieprisen
- de europæiske konventionelle gasfelters produktion er faldende

Derudover gælder, at kul er relativt billigt.

Mest afgørende er formentlig, at den lave pris på CO_2-kvoter i Europa ikke understøtter en omstilling til gas, endsige vedvarende energi.

I sit World Energy Outlook 2012 lanceret i november 2012 (Ref /24/) forventer IEA derfor, at Europas efterspørgsel efter gas i 2020 kun vil være oppe på niveau med forbruget i 2010 på grund af de ovenstående faktorer samt på grund af udbygningen med vedvarende energi. Efter 2020 forudser IEA et stigende forbrug af gas, men kun baseret på en forventning om, at CO_2 prisen stiger af klimapolitiske grunde.

I EU's Energy Roadmap 2050 spiller brugen af naturgas en vigtig rolle i at nedbringe udledningen af drivhusgasser frem mod 2035, og EU's Joint Research Center (JRC) (Ref/22/) har analyseret skifergassens rolle i dette lys, idet skifergassen er en spiller, der er blevet aktuel efter at Roadmap 2050 blev udgivet. JRC skriver med reference til EU's Roadmap 2050 bl.a.:

"*Fossil fuels, such as oil, natural gas and coal are by far the largest sources of energy in the EU and are widely projected to dominate the European energy mix through to at least 2030. The European Commission's Energy Roadmap 2050 identifies gas as a critical fuel for the transformation of the energy system. The substitution of coal and oil with gas in the short to medium term could help to reduce emissions with existing technologies until at least 2030-2035.*"

På denne baggrund konkluderer JRC, at gassen bør betragtes som en nødvendig og grøn overgangsteknologi, og at en høj afgift på CO2 og reduktionskrav for udledning af drivhusgasser vil fremme gassens andel i energisystemet.

Dette udsagn forudsætter, som det også er konkluderet andre steder i denne rapport, at metanudslippet fra håndteringen af gassen – herunder skifergas - kan holdes på et lavt niveau, og ikke væsentlig overskrider den metanudledning, der er fra andre energikilder, herunder fra udvinding af kul.

På europæisk plan vurderer JRC ikke, at udvinding af skifergas i Europa vil have den store indflydelse på energimikset til elproduktionen, med mindre CO2 prisen øges eller gaspriserne holdes meget lave. Det skyldes, at Europa vil importere den gas man mangler i forbindelse med en faldende produktion af konventionel gas, og her er det for så vidt ligegyldigt hvor gassen indvindes. I EU importeres i dag ca. 65 % af gassen, og ca. 35 % af denne kommer fra Rusland.

Dette understøtter IEA i sit nye Outlook, som vurderer, at verdens samlede efterspørgsel efter gas frem mod 2035 uden problemer kan tilfredsstilles af øget produktion i bl.a. Irak og Østafrika, hvorfor spørgsmålet om skifergasproduktion i Europa mere bliver et spørgsmål om selvforsyning og forsyningssikkerhed og økonomi.

Hertil kommer en mulig import fra USA, idet JRC anfører, at USA's energipolitik inden skifergassens eksplosive udvikling var forberedt til at importere store mængder af LNG til energiforsyningen, og derfor er der investeret i infrastruktur mm. for at kunne modtage og håndtere LNG. Den store gasproduktion betyder, at USA kan bruge disse faciliteter til at eksportere LNG. IEA forventer dog, at den amerikanske eksport primært vil gå til de asiatiske markeder.

Som det fremgår, er prissætningen og forbruget af gas og fortrængning af andre energikilder komplicerede størrelser, der afhænger af produktionspriser, teknologiudvikling, politiske initiativer, distributionsnet, LNG-kapacitet mv. Helt overordnet konkluderer JRC:

- At skifergas har et potentiale til at have en væsentlig påvirkning af det globale gasforbrug og gaspriser i et scenarie hvor udvindingsomkostningerne af skifergas er tilstrækkelig lav, og at den vil kunne fortrænge kul, specielt i et marked med høje krav til CO2-reduktioner.

- At gas (og dermed skifergas) i deres modeller er en egnet overgangsteknologi til et lavemmisionssamfund (bridge fuel), og at der dermed ikke er et misforhold mellem øget udvinding af gas og lavere udslip af CO2. Dette forudsætter at metanudslippet holdes på et lavt niveau, og at gas de facto fortrænger kul.

- At skifergassen på globalt plan tenderer til at blive brugt hvor den bliver produceret, uanset at gaspriserne vil blive mere ensartede på verdensplan pga. bl.a. stigende LNG faciliteter og øvrig gas infrastruktur.

- At udnyttelse af skifergas i Europa ikke vil gøre Europa uafhængig af import af naturgas, idet produktionen af konventionelt naturgas samtidig falder markant.

- At gasprisen i Europa (og dermed også brugen af kul) vil afhænge af prisen for LNG og de teknologiske udviklinger der er i at effektivisere denne.

Sammenfattende er derfor svært at konkludere andet, end at europæisk skifergasproduktion i hvert fald på kort og mellemlang sigt blot vil substituere importeret naturgas, herunder LNG, og ikke substituere kul, hvorved det klimamæssige potentiale ikke er tilstede.

6.3 Fortrænger skifergas vedvarende energi?

Hvis der ikke er nogen væsentlig pris på CO2, så er rentabiliteten i vedvarende energi som vind og sol vanskelig at dokumentere ud fra en ren prisbetragtning, da de fossile brændsler er for rigelige og for billige til at VE i sig selv er en god forretning.

Investeringer i VE kan derfor kun opretholdes gennem politiske beslutninger herom, hvor man enten internaliserer klimaomkostningen i prisen på fossile brændsler i form af en CO2-pris, eller subsidierer udbygningen med vedvarende energi.

Skifergas vil således ikke i sig selv fortrænge vedvarende energi mere end andre former for fossile brændsler, da VE alene fremmes gennem politisk vilje hertil.

7. Skifergas i en dansk sammenhæng

Der er intet teknisk i vejen for, at Danmark allerede i dag kunne anvende væsentlig mere naturgas i kraftværkerne end vi gør, men det er ikke økonomisk attraktivt for energiselskaberne at bruge naturgas på kraftværkerne af en række grunde.

Den høje gaspris kombineret med afgiftsfritagelse til biomasse samt den lave CO_2 pris i forhold til kullet gør disse to alternativer mere rentable.
Hertil kommer, at elprisen på det nordiske elmarked i høj grad styres af udbuddet af vedvarende energi i form af vand- og vindenergi samt af a-kraft, hvilket presser økonomien i de danske centrale og decentrale kraftvarmeværker ganske kraftigt.

Danmark har i mange år produceret mere naturgas end landets forbrug. "Overskuddet" er eksporteret, bl.a. til Sverige. Fortsættelse af denne eksport vil kunne indebære, at produktionen på et tidspunkt falder til under det danske forbrug, med mindre nye fund eller bedre udnyttelse af eksisterende felter øger den disponible gasmængde. Det kan således ikke afvises at der på et senere tidspunkt vil kunne blive tale om en vis nettoimport af naturgas, men de rigelige forekomster i landene omkring os gør, at der næppe, på f.eks. 20 års sigt, vil opstå forsyningssikkerhedsproblemer.

De eksisterende danske naturgasreserver i Nordsøen er af Energistyrelsen opgjort til ca. 15 gange årsproduktionen i 2011. Med den reduktion i naturgasforbruget, der er lagt op til i energiforliget fra marts 2012 må dette anses for at være tilstrækkeligt til at dække det samlede danske naturgasforbrug frem mod den tilsigtede afvikling af fossile brændsler. En eventuel dansk skifergasproduktion kan således ikke hævdes at have væsentlige forsyningssikkerhedsmæssige aspekter, men vil selvfølgelig bidrage til "selvforsyningsgraden", en indikator der i højere grad er af økonomisk end af klimamæssigt eller energipolitisk betydning.

Tilbage står derfor, at gas – uanset oprindelse – er uattraktivt rent økonomisk for energisektoren, medmindre prisen på kul bliver betydeligt højere hvilket mest realistisk kan ske gennem en kraftig forøgelse af CO_2-kvoteprisen i det europæiske ETS.

En eventuel dansk skifergasproduktion vil derfor skulle være ganske billig at producere målt i forhold til konventionel gas, og selv i det tilfælde vil den med al sandsynlighed kun substituere importeret naturgas og ikke kul.

Det er dermed meget svært at argumentere for, at en dansk skifergasproduktion i sig selv skulle have klimamæssige fordele.

8. Diskussion

I USA har billig skifergasproduktion ført til en væsentlig reduktion af kulforbruget og en begyndende afvikling af kulkraftværkerne.

Globalt er substitution af kul med gas formentlig den hurtigste politisk realiserbare vej til substantielt at begrænse CO2-udledningen indenfor en overskuelig årrække.

Den reelle klimamæssige fordel forudsætter, at der stilles krav om tekniske foranstaltninger, der kan holde metanudslippet fra indvinding og distribution på et niveau, som svarer til konventionel gas.

Derudover gælder, at der kun er en klimamæssig effekt, hvis gas substituerer kul. I en europæisk kontekst fordrer det som minimum en eller flere af de følgende forudsætninger opfyldt:

1. Kulprisen stiger
2. Gasprisen falder
3. CO2 prisen stiger

Ad 1. Der er ikke meget der tyder på væsentlig stigende kulpriser, da ressourcen er så rigelig på globalt plan.

Ad 2. En massiv europæisk udnyttelse af skifergas vil øge udbuddet af gas, som i teorien burde føre til en faldende gaspris. Imidlertid synes det fremtidige udbud af importmuligheder for Europa at være ganske rigelige, hvorfor en faldende gaspris ligeså godt kan opstå som konsekvens af et øget udbud fra Irak og Østafrika (og muligvis fra USA i form af flydende naturgas, LNG). Derudover fordrer dette scenarie selvsagt, at skifergas i Europa kan udvindes til priser, der er på niveau eller lavere end prisen for import af gas og udvinding af konventionel gas. Dette sidstnævnte forholder nærværende rapport sig ikke til da der ikke er de nødvendige europæiske erfaringer hermed. En isoleret dansk skifergasproduktion vil næppe influere den europæiske gaspris på grund af det ringe volumen.

Ad 3. En højere CO2-pris (i EU i form af højere ETS-priser) vil formentlig være den mest effektive måde til at sikre en konvertering fra kul til gas på kort sigt og til udbygning af VE. Denne beslutning kræver imidlertid at EU landene beslutter sig for ambitiøse reduktionsmål i 2020 og videre frem mod 2030.

Hvis ingen af disse forudsætninger er opfyldt, risikerer udvinding af skifergas i Europa blot at øge den samlede mængde af fossile brændsler og dermed gøre ondt værre i forhold til at løse klimaudfordringen.

Derudover gælder selvsagt i forhold til skifergas, at det gennem miljøgodkendelser mm. skal sikres, at der ikke sker kontaminering af grundvandsressourcer. Dette vurderes i rapporten at være teknisk muligt.

I sidste ende bliver spørgsmålet om hvorvidt man skal udvinde skifergas i Danmark en rent politisk beslutning, der primært handler om fiskale indtægter og forsyningssikkerhed – ikke om klimapolitik.

9. Konklusion

Konklusionen er, at skifergas *kan* have et klimamæssigt potentiale, men kun under særlige forudsætninger, som sikrer, at det fortrænger brugen af kul. Det fordrer enten en betydeligt højere pris på CO2-kvoter og/eller kul eller en betydeligt lavere gaspris. Så længe ingen af disse forudsætninger er opfyldt, vil udvinding af skifergas i Europa blot øge den samlede mængde af fossile brændsler og dermed gøre ondt værre for klimaet.

I den nuværende situation bliver spørgsmålet om, hvorvidt man skal udvinde skifergas i Danmark derfor en politisk beslutning, der alene handler om fiskale indtægter og forsyningssikkerhed og ikke om klimagevinster.

Vælger man politisk alligevel at udvinde skifergassen er det afgørende at sikre sig, at udvindingen hverken er en trussel mod grundvandet eller medfører store metanudslip. Det vurderes at være muligt at regulere disse forhold i en dansk og europæisk lovgivningsmæssig ramme men det vil i sidste ende afhænge af den konkrete vurdering der udføres i forbindelse med en VVM.

Mere detaljeret konkluderes det:

- I forhold til udledningen af metan skal lækageraten for gas, hvad enten det er konventionel naturgas eller skifergas, holdes på et meget lavt niveau for at gas skal være væsentlig bedre end kul (og olie). Det vurderes, at dette vil være teknisk muligt, og det skal foreskrives i lovgivningen eller i indvindingstilladelserne.
- I forhold til beskyttelse af grundvandet, herunder drikkevand, er det helt afgørende at man gennem VVM redegørelser godtgør, at boredesign mm. så godt som eliminerer denne risiko. Det vurderes dog, at den store afstand mellem grundvandsressourcerne og alunskiferlaget i en dansk sammenhæng vil sikre, at der ikke er risiko for kontaminering af grundvandet gennem selve jordlagene.
- I forhold til arealanvendelse vil skifergasudvinding indebære nye tekniske anlæg i det åbne land og skal derfor reguleres på lige fod med andre tekniske anlæg i det åbne land.

- Globalt og på EU niveau kan substituering af kul med gas som sådan give en signifikant CO_2 reduktion på kort sigt.
- Skal dette ske på EU-niveau forudsætter det imidlertid politisk beslutning om en høj CO_2-pris.
- Der er på kort til mellemlang sigt rigelige muligheder for at importere gas til EU.
- Skifergasudvinding i Europa vil i sig selv næppe føre til en nedgang i CO_2-udledningen, da eventuel europæisk skifergas langt overvejende vil substituere importeret naturgas.
- Udvinding af skifergas i både europæisk og dansk sammenhæng er derfor primært et spørgsmål om at tilfredsstille eventuelle ønsker om selvforsyning og fiskale indtægter og vil ikke umiddelbart føre til klimamæssige fordele.
- Udbygning af vedvarende energi er ikke i sig selv truet af skifergas, da vedvarende energi under alle omstændigheder skal støttes økonomisk og politisk.

10. Referencer

/1/ IEA:
http://www.iea.org/newsroomandevents/news/2012/may/name,27216,en.html

/2/ BP Statistical Review of World Energy June 2012.

/3/BPStatistics,
http://www.bp.com/sectionbodycopy.do?categoryId=7500&contentId=7068481

/4/ Shale Gas and the Outlook for U.S. Natural Gas Markets and Global Gas Resources. Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) Richard Newell, June 21, 2011 | Paris, France

/5/ World Shale Gas Resources: An Initial Assessment of 14 Regions Outside the United States, April 2011

/6/ Miljøprojekt nr. 699, 2002: Teknologiudviklingsprogrammet for jord- og grundvandsforurening, Hydraulisk frakturering udført ved vandret boreteknik - Design og anlæg

/7/ Gas Shales in Europe, GASH, An industry project coordinated by Brian Horsfield & Hans-Martin Schulz, GeoForschungsZentrum Potsdam, Germany

/8/ Howarth R, Santoro T, and Ingraffea A (2011) Methane and the greenhouse gas footprint of natural gas from shale formations. Climatic Change. doi:10.1007/s10584-011-0061-5.

/9/ Howarth R, Santoro T, and Ingraffea A (2012) Venting and leaking of methane from shale gasdevelopment: response to Cathles et al. Climatic Change DOI 10.1007/s10584-012-0401-0

/10/ Cathles LM, Brown L, Taam M, Hunter A (2012): A commentary on " The greenhouse-gas footprint of natural gas in shale formations " by R.W. Howarth, R. Santoro, and Anthony Ingraffea

/11/ http://ing.dk/artikel/118311-skifergas-er-stoerre-klimasynder-end-kul

/12/ European Commission DG CLIMA; Climate impact of potential shale gas production in the EU, AEA/R/ED57412, 30/07/2012

/13/ Report for European Commission, DG Environment: Support to the identification of potential risks for the environment and human health arising from hydrocarbons operations involving hydraulic fracturing in Europe.
AEA/R/ED57281, August 2012

/14/ INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, Golden Rules for a
Golden Age of Gas, World Energy Outlook, Special Report on Unconventional Gas, 2012.

/15/ EPA: EPA Pavillion Groundwater Investigation
2010-2011 Sampling Summary of Results and Next Steps Summary of Results and Next.

/16/ EPA: Superfund Technical Assessment and Response Team 3, Expanded Site Investigation – Analytical Results Report
PAVILLION AREA GROUNDWATER INVESTIGATION
Pavillion, Fremont County, Wyoming, 2010.

/17/ Jeff Tollefson: Is fracking behind contamination in Wyoming groundwater?, Nature News, Oktober 2012.

/18/ EPA: Ground-Water Quality Investigation - Pavillion, Wyoming
U.S. Environmental Protection Agency, Methods, Graphics, and Data Tables
November 8, 2011

/19/ Osborne, S. G., Vengosh, A., Warner, N . R. & J ackson, R. B. Proc. Natl Acad. Sci. USA advance online publication
http://dx .doi.org/10.1073/pnas.1100682108 (2011))

/20/ EIA: Annual Energy Outlook 2012. With Projections to 2035. Juni 2012

/21/ http://www.iii.co.uk/news-opinion/reuters/news/56431)

/22/ EUROPEAN COMMISSION'S JOINT RESEARCH CENTRE: UNCONVENTIONAL GAS: POTENTIAL ENERGY MARKET IMPACTS IN THE EUROPEAN UNION. 2012.

/23/ DIRECTORATE GENERAL FOR INTERNAL POLICIES
POLICY DEPARTMENT A: ECONOMIC AND SCIENTIFIC POLICY, Impacts of shale gas and shale oil extraction on the environment and on human health, June 2011

/24/ IEA: World Energy Outlook 2012. November 2012

/25/ IPCC, *Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing*, in CLIMATE CHANGE 2007: THE PHYSICAL SCIENCE BASIS, CONTRIBUTION OF WORKING GROUP I TO THE FOURTH ASSESSMENT REPORT OF THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 129, 163-64, and 185 (2007)

/26/ http://en.wikipedia.org/wiki/Black_carbon

/27/ http://web.mit.edu/newsoffice/2012/fugitive-methane-from-shale-less-than-thought.html