



Klimagassutslipp fra nordisk elkraft

Av Mekonnen Germiso

Basert på produksjonstall fra Nordel og utslippstall fra Vattenfall har vi beregnet klimagassutslippene fra strøm levert kundene i Norden til i gjennomsnitt 107 gram CO₂-ekvivalenter pr kWh de siste fem årene (2002-2006). Vi mener dette er egnet som mål på hva norsk strømforbruk forårsaker av klimagassutslipp.

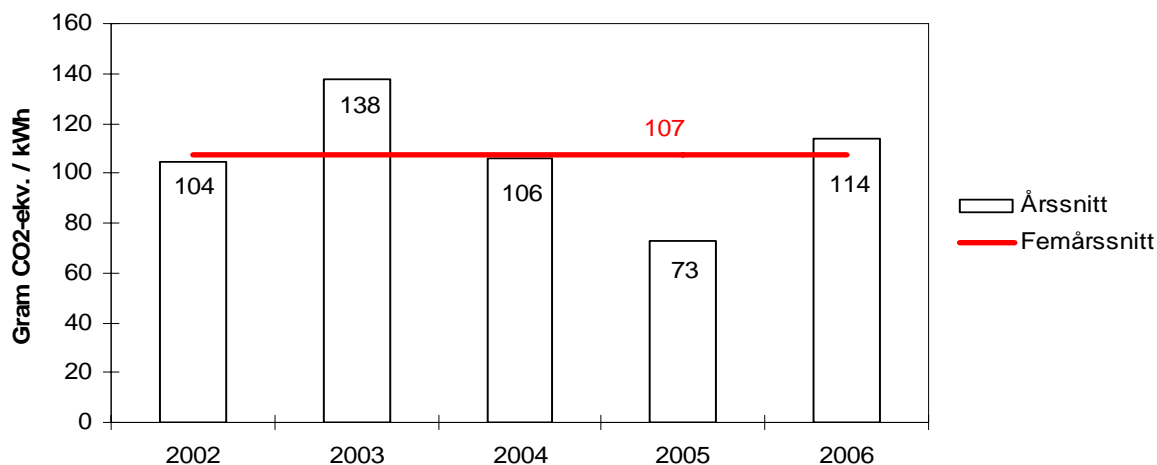
Elkraften i Norden omsettes på en felles børs, NordPool. Strømmen flyter fritt mellom de nordiske landene. Den produseres der det er billigst og brukes der man er villig til å betale mest for den. Man deler altså på kraftproduksjon og overføringskapasitet.

Vi mener derfor at nordisk kraftsnett så langt er den riktige måten å tilnærme seg spørsmålet om hvor stort klimagassutslipp vårt strømforbruk forårsaker. Som vi skriver mot slutten av dette notatet, medfører imidlertid den stadig tettere integreringen av Norge med det europeiske kraftmarkedet at vi relativt snart må vurdere om vi skal utvide avgrensingen av hva vi kan definere som "norske" strømkunders marked til å omfatte flere europeiske land – eventuelt hele Europa.

Statistikk for kraftmengder og hvilke energikilder de er produsert av hentet fra Nordel, mens tallene for klimagassutslipp er hentet fra Vattenfalls miljøproduktdeklarasjoner (se note 1). Det er livsløpsutslippet som er beregnet. Tallene inkluderer altså utvinning av drivstoffet, bygging, drift og avhending av kraftverk, avfallsbehandling og tap i kraftnettet. Drivstoff til transportmidler (lastebiler/skip) er inkludert, men bygging og vedlikehold av disse er ikke inkludert. Bygging/vedlikehold av strømnnett er heller ikke inkludert.

Figur 1 viser gjennomsnittlig klimagassutslipp fra nordisk elkraft, og inkluderer tap i overføringsnettet.

Fig 1: Utslipp pr kWh produsert i Norden og levert forbruker (gram CO₂-ekvivalenter)¹



¹ Beregnet etter følgende kilder: Nordel 2007, Vattenfall 2004a,b,c og Vattenfall 2005a,b. For detaljer, se tabell 1 og 2 (side 5) med fotnoter.

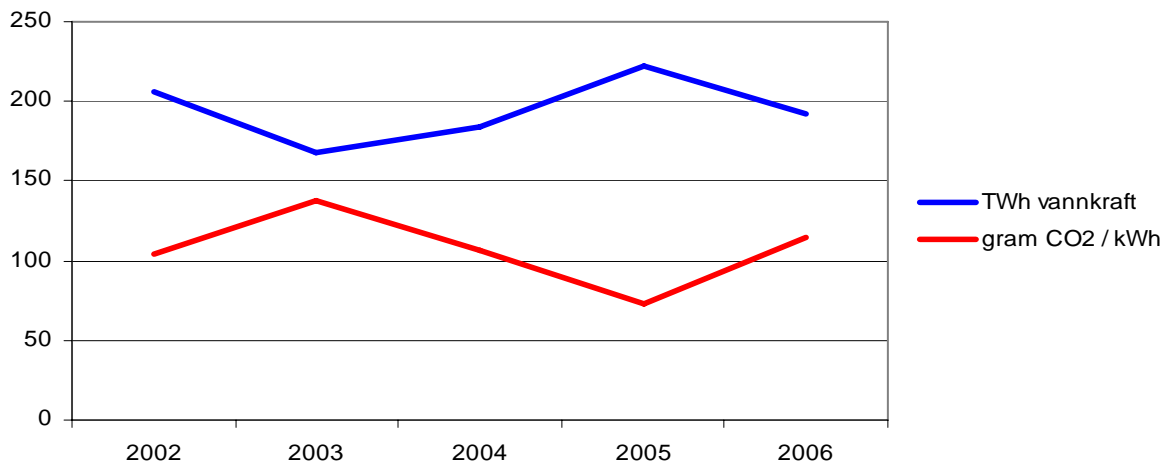


Utslppsintensiteten varierer fra år til år

Hovedårsaken til variasjonen i de nordiske utslippstallene fra år til år er variasjonen i nedbørsmengdene – som bestemmer tilgangen på vannkraft – og strømforbruket, som på kort sikt styres av vintertemperaturen i stor grad. Temperaturen har betydelig innvirkning på husholdningenes strømforbruk i Norge, hvor man fortsatt i stor grad bruker strøm direkte til oppvarming. Det samme gjelder, men i langt mindre omfang, i Sverige.

Vannkraft utgjorde i snitt 51 % av strømproduksjonen i det nordiske kraftmarkedet i perioden 2002-2006. I figur 2 viser tørråret 2003 godt igjen med et høyt gjennomsnittsutslipp, mens det nedbørsrike året 2005 gav stor vannkraftproduksjon, lite bruk av fossil kraft, og dermed mindre utslipp.

Figur 2: Produksjon av vannkraft (TWh), og snittutslipp fra all strøm (g CO₂-ekv/kWh)



Kilde: Nordel 2007

På grunn av variasjonene er det lite hensiktsmessig å til en hver tid å bruke siste års utslipp som grunnlag, og vi bruker derfor et snitt av de siste fem årene som det finnes tilgjengelig statistikk for (se figur 1).

Norden: Et felles strømmarked

Strømmen flyter altså fritt mellom de nordiske landene. Strømmen produseres der det er billigst, og brukes der man er villig til å betale mest for den. I tillegg har man en del spesielle lokale forhold, som gir permanent kraftflyt i bestemte retninger. For eksempel er det i Nord-Norge overskudd på strøm, men dårlig med kabler til Sør-Norge. Derfor eksporteres overskuddet til Sverige. Tilsvarende er det flere kraftlinjer mellom Sør-Norge og Sør-Sverige, hvor kraft kan hentes inn igjen.

Det som ligger bak utvekslingen er at vannkraftverk som lett kan regulere strømproduksjonen opp og ned, blir skrudd av og på etter behov og vanntilgang. Varmekraft er vanskeligere å regulere og går derfor mer jevnt, spesielt om vinteren når man i større grad kan nyttiggjøre overskuddsvarmen som fjernvarme. Vannkraftverkene går derfor mest på dagtid (når strømforbruket er høyest), og på sommerstid (når det produseres lite kombinert kraft/fjernvarme og det er mye vann i magasinene). Vanntilførselen til turbinene stenges mer av på natta og delvis på vinteren når det er lite tilsig av vann i kraftmagasinene, og man har mer varmekraft tilgjengelig.

Varmekraft produseres av en rekke ulike brennbare kilder, både fossile (kull/gass/olje) og fornybare (flis/halm), og fra bedrifter som har et varmeoverskudd eller biprodukter (eks treforedlingsindustrien) som kan brukes til elproduksjon. Avfall benyttes også. Hvorvidt torv kan ses på som en fornybar energikilde har vært omdiskutert. Den fornyes, men fornyelsen går svært sakte. Det meste av varmekraften produseres som kombinert kraft og fjernvarmeproduksjon (combined heat and power – CHP). I tillegg har man varmekraftverk som kun produserer elektrisitet, såkalte kondenskraftverk. Disse gir mer strøm, men mindre total energiproduksjon pr kubikkmeter/tonn drivstoff. Kondenskraften er dyrest, og startes dermed kun opp når



strømprisen er høy nok. Den betegnes derfor som "marginalkraft". Det man her sikter til, er ikke at den er ekstra forurensende, men at den er økonomisk marginal. Når gassprisen er ekstra høy i forhold til kull er det således gass som utgjør marginalkraften, mens det til vanlig er kull.

Ett typisk eksempel på utveksling mellom vannkraft og varmekraft er kablene mellom Norge og Danmark, hvor vannkraft typisk går til Danmark på dagtid og om sommeren, mens varmekraft går til Norge om natten og på vinterstid. I enkelte vannkraftverk utnyttes dette ekstra, ved at de er bygget slik at man om natta kan bruke billig overskudd av varmekraft til å pumpe vann tilbake, opp i kraftmagasinet. Vannet slippes ned igjen på dagen når strømprisen er høyere, slik at vannkraftverket fungerer som et kjempestort oppladbart batteri.

Med vindkraft stiller det seg litt annerledes. Den produseres hele året, så lenge det blåser. Vinden gir typisk mest strøm høst/vinter/vår, mens produksjonen er mindre om sommeren. På vindfulle dager kan man spare på vannet i vannkraftmagasinene, for så å sette vannkraftverkene i gang igjen på vindstille dager.

En spesiell situasjon oppstår dersom det i ett eller flere år på rad er lite nedbør i den norske og svenske fjellheimen. I slike tørrår og i kalde perioder på vinteren er det ikke vanlig kraft/varmeproduksjon igjen nok til å balansere vannkraftproduksjonen, og man starter opp såkalte kondenskraftverk. I disse tar man ut så mye strøm som mulig, uten å la det være igjen varme nok til fjernvarmeanlegg. Dette gir flere kWh strøm, men dårligere samlet energiutnyttelse av varmekilden fordi mer av energien går til spille istedenfor å brukes til oppvarming.

I tillegg finnes det en del reservekraftverk, som kan settes inn i en krisesituasjon. Dette er typisk kraftverk som er relativt billige å bygge, men dyre å drive pr kWh. Det passer for kraftverk som bare skal brukes av og til - eksempelvis gassturbiner eller oljekondenskraftverk. Disse kan settes i gang om det plutselig blir mangel på strøm i en del av landet – for eksempel om en høyspentkabel eller transformator faller ut. Sårbarheten øker i tørrår – så da er det større sjanse for at disse tas i bruk.

Riktig å begrense analysen til Norden, når vi også er knyttet til resten av Europa?

Norden er også koblet til andre deler av Europas kraftnett, men integreringen er foreløpig noe mindre omfattende her enn mellom de nordiske landene. Finland har de siste årene importert en del kraft fra Russland gjennom rene importkabler. Sverige har kraftutveksling med Tyskland og Polen, og Danmark har med Tyskland. Norge importerer litt kraft fra et russisk vannkraftverk nær grensen til Norge. Disse koblingene ut av Norden kompliserer bildet av det nordiske kraftmarkedet. Siden Norden er det mest integrerte kraftmarkedet, og siden det holder regnestykkene overkommelige, har vi i dette notatet valgt kun å se på Norden.

Spørsmålet er imidlertid hvor lenge vi kan fortsette å gjøre dette. Våren 2008 settes NordNed, verdens lengste undersjøiske kraftkabel, i drift mellom Norge og Nederland. Den har en kapasitet på 700 MW effekt – i følge Statnett nok til å forsyne gjennomsnittsforbruket til halve Oslo eller Amsterdam (Statnett 2008). En enda kraftigere direkteforbindelse vurderes bygget mellom Norge og Tyskland. Ved neste korsvei må vi således vurdere om Nederland – og eventuelt Tyskland eller hele Europa – bør tas inn i beregningen av utslippstallene for det felles kraftmarkedet Norge er en del av.

Hvordan beregne karbonsporet (carbon footprint) bak én kWh strøm?

Hvor stort klimagassutslipp skapes i prosessen med å produsere og transportere en kilowatt-time (kWh) strøm til en gjennomsnittlig norsk husstand? Sett i livløpsperspektiv er ingen strømproduksjon helt uten klimagassutslipp.

Fordelen med fornybar kraftproduksjon er at selve energikilden er uten utslipp – og dermed gir fornybar strømproduksjon i de aller fleste tilfeller svært lite klimagassutslipp. Men anlegg for å fange opp og omdanne vann, vind og sol til strøm er ikke uten utslipp. Det gjelder både bygging, vedlikehold og til slutt fjerning. Disse utslippene må tas med i regnskapet.

Med fossil energi er det annerledes. Det er også her slik at kraftverk og annen infrastruktur som veier, rørledninger og kraftkabler må bygges. I tillegg har man utslipp fra utvinning av selve energikilden, enten det er kull, olje eller gass. Den aller største klimagasskilden er imidlertid brenningen av de fossile brenselet for å skape varme til strømproduksjonen.



Kjernekraft står klimamessig i en mellomstilling mellom fornybar og fossil kraftproduksjon. Man har utslipp fra kraftverk og infrastruktur, fra utvinning og foredling av energikilden (uran), men ikke utslipp fra selve energiproduksjonen.

Å beregne klimagassutslippene fra ulike kraftkilder er langt på vei en teknisk øvelse, og slik sett gjennomførbart uten de helt store diskusjonene. Vanskeligere blir det å bli enige om hva man skal regne som gjennomsnittstall for den strømmen som hver enkelt husstand forbruker. Strømmen omsettes fritt på kraftbørsen i Norden og Europa. I tillegg har enkeltleverandører ofte mer eller mindre faste, bilaterale (en-til-en) avtaler med strømprodusenter som de kjøper fra.

Det er i dag teknisk overkommelig for den enkelte strømprodusent å fortelle hvor stort utslippet som ligger bak elkraften de leverer. Det gjør igjen strømleverandørene i stand til å fortelle sine kunder hvor stort gjennomsnittet er for deres kraftportefølje eller pr strømprodukt de leverer sine kunder.

Problemet er at strømleverandørene ikke er pålagt å gi slike opplysninger til sine kunder dette i dag. De trenger kun henvise til en gjennomsnittsberegning for norsk forbruk og bruttoimport av strøm, laget av Norges Vassdrags- og Energiverk (NVE 2007). De trenger ikke fortelle konkret hva de selv kjøper inn. Litt satt på spissen: Strømleverandøren kan kjøpe all sin kraft i form av gass- eller kullkraft på spotmarkedet på kraftbørsen NordPool, men som varedeklarasjon henvise til NVEs gjennomsnittstall som viser at strømmen i Norge er (eksempelvis) 93 % vannkraft.

Hva skal så en miljøbevisst strømforbruker regne ut fra? Man kan fort liste opp mange ulike måter å beregne dette på (norsk, nordisk, europeisk eller globalt snitt eller marginalproduksjon). I prosessen må en ulike valg og forenklinger foretas. Det er umulig å komme fram til det ene, ultimate svaret, med to streker under, som alle er 100 % enig i. Målet er derfor å komme fram til et svar som mange nok er enige om at er rimelig.

Vi mener at den riktigste metoden for tiden er å ta utgangspunkt i det nordiske kraftmarkedet – som er godt integrert både fysisk gjennom kabler og økonomisk gjennom felles kraftbørs. Det fins her i tillegg lett tilgjengelig og brukbar statistikk både for mengder og klimagassutslipp pr kWh for ulik strømproduksjon.

V definerer altså "det nordiske kraftmarkedet" som Norge, Sverige, Finland og Danmark. Selv om Island er et nordisk land, utelater vi det fra beregningene fordi det islandske strømmettet ikke er koblet til de andre landene.

Kilder

Nordel 2007: *Annual statistics*. Årene 2002 – 2006. www.nordel.org Tall for Island er utelatt fra beregningene

NVE 2007: *Nasjonal varedeklarasjon av elektrisitet*
www.nve.no/modules/module_109/publisher_view_product.asp?iEntityId=10393

Vattenfall 2004a: *Vattenfall AB Generation Nordic Countries Certified Environmental Product Declaration of Electricity from Ringhals NPP* www.environdec.com/reg/026/Chapters/Dokument/EPD-Ringhals.pdf

Vattenfall 2004b: *Summary of Vattenfall AB's Certified Environmental Product Declaration of Electricity from the Nuclear Power Plant at Forsmark* www.environdec.com/reg/e_epd21.pdf

Vattenfall 2004c: *Certifierad Miljövarudeklaration för avfallshantering/förbränning - fjärrvärme - ånga från Vattenfall Värme AB Uppsala, Block 5* www.environdec.com/reg/s_epd60.pdf

Vattenfall 2005a: *Life cycle assessment. Vattenfall's electricity in Sweden*
www.vattenfall.se/www/vf_se/vf_se/Gemeinsame_Inhalte/DOCUMENT/196015vatt/815691omxv/819778mili/P0282331.pdf

Vattenfall 2005b: *Vattenfall AB Nordic Generation's Certified Environmental Product Declaration EPD of Electricity from Vattenfall's Nordic Hydropower* www.environdec.com/reg/088/Chapters/dokument/EPD-Hydropower-05.pdf

Statnett 2008: *Kronprins Haakon åpner NorNed-kabelen*
<http://statnett.no/default.aspx?ChannellID=1032&DocumentID=12380>



Vedlegg: Bakgrunnstall

Tabell 1: Nordisk kraftproduksjon fordelt på energikilde, TWh. Kilde: Nordel 2007 ²

	2002	2003	2004	2005	2006
Kjernekraft	87	87	97	92	87
Annen varmekraft					
- Kull kondens	8	14	0*	3	15
- Olje kondens	6	7	5	3	3
Kombinert kraft og varme					
- Kull	24	30	35	20	28
- Torv	6	7	7	4	6
- Naturgass	20	21	21	18	19
- Annen gass**	5	3	0	1	1
- Bioenergi	15	18	19	20	20
- Avfall	0	0	3	4	4
Gassturbin reservekraft	0	0	0	0	0
Vannkraft	206	168	184	222	192
Vindkraft	6	6	8	8	8
Sum	383	362	379	395	384

Tabell 2: Livsløpsutslipp fra elkraft levert forbruker (gram CO₂-ekvivalenter pr kWh)

Kjernekraft	3,4
Kull kondens	700,0
Olje kondens	900,0
CHP kull	600,0
CHP torv	650,0
CHP gass	420,0
CHP bio	15,8
CHP avfall ³	86,3
Gassturbin reservekraft	1 300,0
Vannkraft	4,2
Vindkraft	14,0

Kilder: Vattenfall 2004a,b,c og Vattenfall 2005a,b

² * For 2004 er Nordels tall for kull kondens inkludert i tallet for kombinert kraft og varme (CHP).

** Gjelder raffinerigass og gass fra industriprosesser ("flue gas").

Tallene i tabell 1 er beregnet ut fra tabell S11 (Elproduksjon / Electricity generation) og S12 (Total electricity generation by energy source) i Nordels statistikk for årene 2002 – 2005. I Nordels statistikk for 2006 har tabell S11 og S12 fått nye nummer; henholdsvis S5 og S6.

Vi har lagt følgende forutsetninger til grunn når vi kombinerte energikildetallene fra tabellen S12/S6 med elproduksjonstallene fra tabellen S11/S5:

- All olje er forutsatt å være kondenskraft, mens resterende kondenskraft er forutsatt å være kull.
- All gass utenom gassturbiner er CHP.
- All torv, bioenergi og avfall er forutsatt å være CHP, mens resterende CHP er kull.

³ Definert lik klimagassutslipp fra produksjon av damp. Resten av utslippet allokert til fjernvarme. Fossil andel i avfallet er i Vattenfalls miljødeklarasjon oppgitt å være 20 %.