

Avkastningskrav ved investering i kabler til England og Tyskland

Michael Hoel, Arndt von Schemde, Henning Wahlquist

VISTA ANALYSE AS



Dokumentdetaljer

Vista Analyse AS	Rapportnummer 2014/03
Rapporttittel	Avkastningskrav ved investering i kabler til England og Tyskland.
ISBN	978-82-8126-144-0
Forfattere	Michael Hoel, Arndt von Schemde, Henning Wahlquist
Dato for ferdigstilling	30. januar 2014
Prosjektleder	Michael Hoel (VISTA), Arndt von Schemde (THEMA)
Oppdragsgiver	Olje- og energidepartementet
Tilgjengelighet	Etter hvert
Publisert	Etter hvert
Nøkkelord	Energi, kraft, kabler, avkastningskrav, kalkulsjonsrente

Forord

I forbindelse med behandlingen av "Søknad om konsesjon for tilrettelegging av kraftutveksling med Tyskland og Storbritannia" ønsket Olje- og energidepartementet en vurdering av spørsmålet om valg av avkastningskrav ved nye utvekslingskabler til utlandet. Vista Analyse og THEMA Consulting Group ble tildelt dette oppdraget, og vurderingen presenteres i denne rapporten.

15. januar 2014

Vista Analyse og THEMA Consulting Group

Innhold

Dokumentdetaljer	1
Forord	2
Innhold	3
1 Innledning.....	6
2 Prinsipielt om nytten av kabler	7
2.1 Aggregert perspektiv	7
2.2 Detaljert perspektiv.....	10
3 Usikkerhet.....	16
3.1 Faktorer som påvirker Norges inntektsutvikling	16
3.1.1 Produktivitetsvekst	16
3.1.2 Konjunkturer	18
3.1.3 Olje- og gasspriser	18
3.1.4 Avkastningen på Statens Pensjons utland	19
3.2 Kraftmarkedsfaktorer.....	19
3.2.1 De viktigste drivkreftene for kabelnyttene.....	21
3.3 Betydning for systematisk risiko	26
3.3.1 Historiske sammenhenger	26
3.3.2 Sammenhengen mellom de viktigste drivkreftene og systematisk risiko.....	28
3.3.3 Forskjell i systematisk risiko mellom kablene	31
4 Konklusjon.....	32
Referanser	34
Vedlegg 1: Modellantagelser	35
Vedlegg 2 - Nytte av kabelinvestering når norsk produksjon avhenger av pris.....	37

Tabeller

Tabell 1: Korrelasjonskoeffisienter (observasjoner fra 2006-2012).....	28
Tabell 2: Hovedantagelser i referansescenario	35
Tabell 3: Brenselsprisantagelser for Figur 3-6 og Figur 3-7	36
Tabell 4: Balanseantagelser for Figur 3-9 i TWh.....	36
Tabell 5: Produksjonsantagelser for Tyskland i Figur 3-10 i TWh	36

Figurer

Figur 2-1 Samfunnsøkonomiske nytte av ny overføringskapasitet ved eksport.....	7
Figur 2-2 Samfunnsøkonomiske nytte av ny overføringskapasitet ved import	9
Figur 2-3: Sammensetning av kraftproduksjon i Norden, Tyskland og Storbritannia i 2013	11
Figur 2-4: Prisstruktur Norge vs. Tyskland (basert på historiske priser; EUR/MWh)	12
Figur 2-5: Prisnivå i det nordiske kraftsystemet (illustrativt)	13
Figur 2-6: Priser med og uten kabel i Norge (illustrativt)	14
Figur 3-1: Årlig vekst i BNP per capita 1973-2012 (målt i 2005 \$).....	17
Figur 3-2: Årlig vekst i BNP per capita 2002-2012 (målt i 2005 \$).....	17
Figur 3-3: Avvik i årlig BNP-vekst fra trend, (målt i 2005 \$)	18
Figur 3-4: Flaskehalsinntekt for ulike prisdifferanse- og prisvariasjonsscenarioer.....	20
Figur 3-5: Betydning av balansen for kabelnyttens	20
Figur 3-6: Sammenheng mellom brenselspris og nytten.....	21
Figur 3-7: Virkning av karbonpriser på kabelnyttens.....	22
Figur 3-8: Betydning av karbonprisgulv	23
Figur 3-9: Kabelnyttens for forskjellige Norske og Nordiske balanser (oversette)	23
Figur 3-10: Kabelnyttens for alternative RES antagelser (oversette)	25
Figur 3-11: Historisk sammenheng mellom flaskehalsinntekten og gasspriser	26
Figur 3-12: Off-peak og peak spredning.....	27
Figur 3-13: Sammenheng vekst Norge og prisvolatilitet UK.....	27

Figur 3-14: Oppsummering av sammenhengen mellom de viktigste driverne for nytten av kabler og systematisk risiko	30
Figur 3-15: Oppsummering av sammenhenger og drivkrefter	31

1 Innledning

En investerings avkastningskrav er summen av den risikofrie renten og risikopremien knyttet til investeringen. I NOU 2012:16 anbefales det at risikopremien for et normalt offentlig tiltak settes til 1,5 prosent for de første 40 årene, og deretter til 1 prosent for de neste 35 årene. Videre anbefales det at den risikofrie renten settes til henholdsvis 2,5 og 2 prosent. Dette gir et avkastningskrav på 4 prosent de første 40 årene av investeringen, og deretter 3 prosent de neste 35 årene. Dersom den systematiske risikoen i investeringen er høyere enn for et normalt offentlig tiltak skal avkastningskravet settes tilsvarende høyere.

I dette oppdraget skal det gjøres en vurdering av hvorvidt den systematiske risikoen knyttet til å investere i utvekslingskabler for kraft til Tyskland og Storbritannia er høyere, lavere, eller lik den systematiske risikoen i et normalt offentlig tiltak, og eventuelt hvor stort avviket er. I tillegg skal korrelasjonen mellom summen av produsent- og konsumentoverskudd og flakehalsinntekter vurderes, og sammenhengen mellom kabelnytte og norsk kraftbalanse skal belyses.

Nytten av et normalt offentlig tiltak vil som regel være høyere jo høyere Norges nasjonalinntekt er. Nytten til et samferdselstiltak vil for eksempel bestå av redusert reisetid, økt sikkerhet, redusert lokal luftforurensning og reduserte CO2-utslipp. Disse nyttene vil være større jo flere som benytter seg av transporttilbudet, og normalt vil flere benytte tilbudet jo høyere nasjonalinntekten er. Dessuten vil hver brukers verdsetting av redusert reisetid og økt sikkerhet som regel være høyere jo høyere norsk inntekt per capita er. Vi finner derfor en positiv samvariasjon mellom nytten av investeringen og Norges nasjonalinntekt. Norges fremtidige nasjonalinntekt, og dermed også nytten av investeringen, er usikker. Usikkerhet av investeringens nytte som er positivt korrelert med nasjonalinntekten er det som kalles systematisk usikkerhet. I NOU-en referert over det denne systematiske usikkerheten som er grunnlaget for at "risikopremien for et normalt offentlig tiltak settes til 1,5 prosent for de første 40 årene, og deretter til 1 prosent for de neste 35 årene."

Som vi vil vise i denne rapporten, er nytten knyttet til økt overføringskapasitet for kraftutveksling mellom Norge og utlandet av en noe annen karakter enn nytten til et normalt offentlig tiltak. Rapporten drøfter hvorvidt denne forskjellen også innebærer at risikopremien for denne typen investeringer bør være ulik det som NOU-en referert til over anbefaler for normale offentlige investeringer.

Rapporten begynner med en prinsipiell beskrivelse av nytten av kabler. Deretter presenteres de viktigste usikre faktorene som påvirker Norges inntektsutvikling, før vi analyserer relevante usikre kraftmarkedsfaktorer og drøfter forholdet mellom disse faktorene og Norges inntektsutvikling. Vi legger til slutt frem vår anbefaling knyttet til hvilket avkastningskrav som bør legges til grunn for investering i kabler til England og Tyskland.

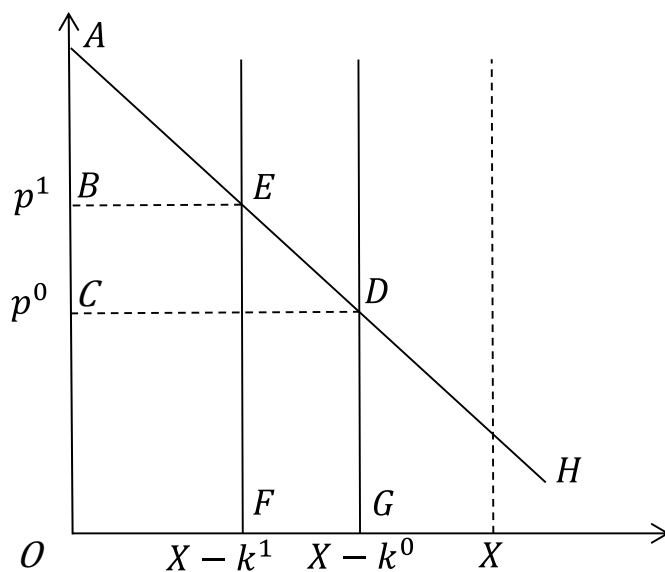
2 Prinsipielt om nytten av kabler

2.1 Aggregert perspektiv

En overføringskabel for elektrisk kraft mellom Norge og utlandet gir Norge en brutto samfunnsøkonomisk nytte dersom elektrisitetsprisen i utlandet i utgangspunktet er ulik den marginale verdsettingen av elektrisk kraft i Norge. I dette kapitlet ser vi nærmere på dette overordnede poenget med utgangspunkt i en enkel aggregert modell. I tillegg til å se hva som bestemmer nytten av økt overføringskapasitet gir vi en kort drøfting av hvordan denne nytten kan samvariere med Norges nasjonalinntekt (systematisk risiko). Denne samvariasjonen kommer vi tilbake til i mer detalj i kapittel 3.3.

Vi antar i dette avsnittet at norsk produksjon av elektrisk kraft er eksogent gitt. (I appendiks 2 gir vi en formell fremstilling av det mer generelle tilfellet med stigende tilbudskurve, og viser at hovedpoengene ikke påvirkes av om tilbudet avhenger av kraftprisen eller ikke). Videre antar vi at overføringskapasiteten til en kabel alltid utnyttes fullt ut, enten til eksport eller import. Vi ser først på tilfellet hvor kablen brukes til eksport, deretter tilfellet hvor kablen brukes til import.

Figur 2-1 Samfunnsøkonomiske nytte av ny overføringskapasitet ved eksport



I Figur 2-1 er kvantum elektrisk kraft målt langs den horisontale akse, mens kraftprisen er målt langs den vertikale akse. Produksjonen i Norge er eksogent gitt lik X , og etterspørselen fra norske brukere er gitt ved kurven AH . I denne figuren antas det at Norge før utvidet overføring eksporterer k^0 , og at utvidet overføringskapasitet øker eksporten til k^1 . Før utvidelsen er brutto nytte av innenlandsk kraftbruk lik arealet $AOGD$, og brutto eksportinntekt lik $p^u k^0$, hvor p^u er kraftprisen i utlandet. Samlet norsk nytte av kraften er summen av disse to leddene; vi skriver dette som $AOGD + p^u k^0$. Etter utvidelsen av overføringskapasiteten fra k^0 til k^1 er tilsvarende totalnytte lik $AOFE + p^u k^0$. Nyttens som følge av investeringen er differensen mellom disse to. Differensen mellom arealene over (målt positivt) er lik arealet $EFGD$, som er lik $\tilde{p}(k^1 - k^0)$ hvor $\tilde{p}$

ligger mellom p^0 og p^1 (midt mellom hvis etterspørselskurven er lineær). Fra uttrykkene over følger det at den samfunnsøkonomiske nytten av kapasitetsøkningen er lik

$$(1) \quad V = (p^U - \tilde{p})(k^1 - k^0)$$

Tolkningen er rett frem: $k^1 - k^0$ er kapasitetsøkningen, hver enhet av denne er for Norge verd differansen mellom eksportprisen og norske brukeres verdsetting av kraften. Sistnevnte er et gjennomsnitt (uveiet hvis etterspørselskurven er lineær) av prisene før og etter reduksjonen av norsk bruk av elektrisk kraft.¹

Alternativt kan (1) skrives som

$$(2) \quad \begin{aligned} V = & (p^U - p^1)(k^1 - k^0) \\ & - (p^1 - p^0)k^0 \\ & + (p^1 - p^0)x \\ & - [(p^1 - p^0)(x - k^1) + (\tilde{p} - p^0)(k^1 - k^0)] \end{aligned}$$

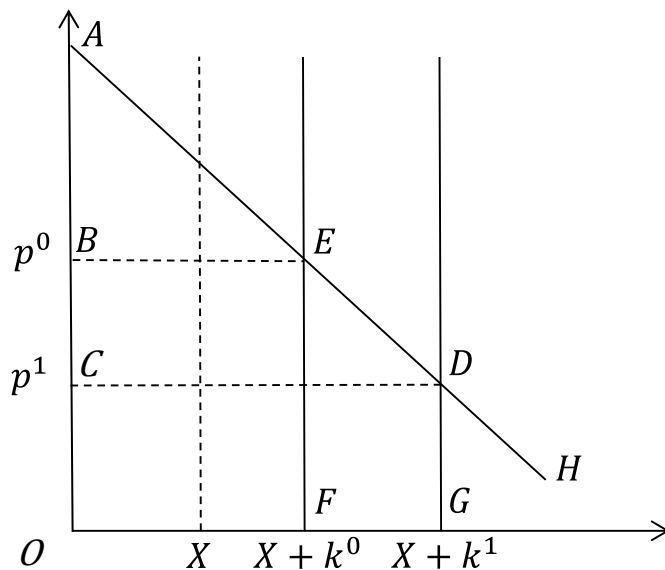
Første linje er flaskehalsinntekten til den nye kabelen ($k^1 - k^0$). Andre linje er den reduserte flaskehalsinntekten til eksisterende kabler (k^0). Tredje linje er økt produsentoverskudd til kraftprodusentene (som produserer x uansett). Fjerde linje er redusert konsumentoverskudd (lik BCDE i figuren).

Høyere norsk nasjonalinntekt Y vil innebære at etterspørselskurven ligger lengre til høyre. Dette vil gi høyere verdier på de tre prisene (p^0 , p^1 , $\tilde{p}$). Dersom økningen i Y er særnorsk vil p^U ikke bli påvirket. Det følger da umiddelbart fra (1) at V vil *avta* med økt Y . I dette tilfellet er altså nytten av investeringen *negativt* korrelert med Norges inntekt.

Dersom økningen i Y har sitt motstykke i økt inntekt i utlandet, er det grunn til å tro at også p^U vil øke. Vi gir en nærmere drøfting av dette i kapittel 3.

¹ Som en forenkling har vi sett bort fra eventuelt avvik mellom verdsetting og produsentpris pga forskjell i produsentpris og pris til sluttbruker. En slik forskjell kan skyldes el-avgift, pliktige el-sertifikater og eventuelt en pris på overføring som avviker fra marginalkostnadene ved overføring.

Figur 2-2 Samfunnsøkonomiske nytte av ny overføringskapasitet ved import



Figur 2-2 illustrer tilfellet med Norge som importør av kraft. I denne figuren antas det at Norge før utvidet overføring importerer k^0 , og at utvidet overføringskapasitet øker importen til k^1 . Før utvidelsen er brutto nytte av innenlandsk kraftbruk lik arealet AOFÉ, og brutto importkostnad lik $p^U k^0$. Samlet nytte av kraften er differansen mellom disse to leddene; vi skriver dette som AOFÉ- $p^U k^0$. Etter utvidelsen av overføringskapasiteten fra k^0 til k^1 er tilsvarende totalnytte lik AOGD- $p^U k^1$. Nyttén knyttet til investeringen er differensen mellom disse to totalnyttene. Differensen mellom arealene over er lik arealet EFGD, som er lik $\tilde{p}(k^1 - k^0)$ hvor $\tilde{p}(k^1 - k^0)$ hvor $\tilde{p}$ ligger mellom p^0 og p^1 (midt mellom hvis etterspørselskurven er lineær). Fra uttrykkene over følger det at den samfunnsøkonomiske nytten av kapasitetsøkningen er lik

$$(3) \quad V = (\tilde{p} - p^U)(k^1 - k^0)$$

med tilsvarende tolking som for (1).

Alternativt kan (3) skrives som

$$\begin{aligned}
(4) \quad & V = (p^1 - p^U)(k^1 - k^0) \\
& - (p^0 - p^1)k^0 \\
& - (p^0 - p^1)x \\
& + \left[(p^0 - p^1)(x + k^0) + (\tilde{p} - p^1)(k^1 - k^0) \right]
\end{aligned}$$

Første linje er flaskehalsinntekten til den nye kabelen (k^1-k^0). Andre linje er den reduserte flaskehalsinntekten til eksisterende kabler (k^0). Tredje linje er redusert produsentoverskudd til kraftprodusentene (som produserer x uansett). Fjerde linje er økt konsumentoverskudd (lik BCDE i figuren).

Som før vil økt Y gi høyere verdier på de tre prisene $(p^0, p^1, \tilde{p})$. Dersom økningen i Y er særnorsk vil p^U ikke bli påvirket. Det følger da umiddelbart fra (3) at V vil øke med økt Y . I dette tilfellet er altså nytten av investeringen positivt korrelert med Norges inntekt.

Dersom økningen i Y samtidig gir en økning i p^U vil dette svekke den positive korrelasjonen mellom Y og V. Vi kommer tilbake til dette i kapitel 3.

Både ved eksport og import skyldes korrelasjonen mellom V og Y en tilsvarende korrelasjon mellom flaskehalsinntektene (de to første linjene i (2) og (4)) og Y. Dette følger av de to siste linjene i hhv. (2) og (4), som summert gir ~~er summen av~~ endret konsument- og produsentoverskudd:

$$(5) \quad \begin{aligned} [\Delta KO + \Delta PO]_{eksport} &= (p^1 - \tilde{p})k^1 + (\tilde{p} - p^0)k^0 \\ [\Delta KO + \Delta PO]_{import} &= (\tilde{p} - p^1)k^1 + (p^0 - \tilde{p})k^0 \end{aligned}$$

Fra figurene vet vi at prisdifferansen i disse ligningene er positive, slik at $\Delta KO + \Delta PO$ er positiv. Selv om prisnivåene er positivt korrelert med Y, er det ingen grunn til å tro at prisdifferansene (dvs. prisvirkningene av kabelinvesteringen) er direkte korrelert med Y. I avsnitt 3.2.1 viser vi imidlertid at prisdifferansene kan være positivt korrelert med brenselpriser, som igjen kan være positivt korrelert med Norges nasjonalinntekt.

Historisk har kraftutvekslingen mellom Norge og utlandet vært eksport i noen av årets timer, og import i de resterende timene. Dette vil neppe endre seg i overskuelig fremtid, selv om det i løpet av neste tiår trolig blir en forskyvning i flere eksporttimer og færre importtimer. Når en kabel blir brukt til både eksport og import i løpet av et år, vil nytten bestå av summen av eksportnytt gitt ved (1) multiplisert med antall eksporttimer og importnytt gitt ved (3) multiplisert med antall importtimer. Prisene i disse uttrykkene må da tolkes som gjennomsnittspriser for de aktuelle timene. Vi diskuterer dette nærmere i avsnitt 2.2 og kapitel 3.²

2.2 Detaljert perspektiv

Mellomlandsforbindelser er store infrastrukturinvesteringer som kobler sammen ulike lands kraftmarkeder. Forbindelsenes nytteeffekter for samfunnet deles gjerne inn i flaskehalsinntekter og produsent- og konsumentoverskudd:

- *Flaskehalsinntekter:* Flaskehalsinntekter oppstår når kraft overføres mellom områder med forskjellig kraftpris og utgjør nettinvesteringens arbitrasjeverdi. Mellomlandsforbindelser påvirker prisene i markedene som kobles sammen, hvilket påvirker flaskehalsinntektene fra eksisterende overføringsforbindelser. Siden flaskehalsinntekter drives av prisforskjeller mellom markedene som kobles sammen påvirkes størrelsen på inntektene av en rekke faktorer. Disse faktorene inkluderer den generelle prisforskjellen mellom markedene, prisvolatiliteten i markedene og korrelasjonen av prisene i de ulike markedene. Videre påvirkes kraftprisene i de respektive markedene, hvilket igjen påvirker flaskehalsinntektene fra eksisterende kabler.

² Selv om produksjonen samlet for året er gitt, vil produksjonen for eksporttimene og importtimene tilpasses slik at de norske prisene blir utjevnet over året. Dette er ikke eksplisitt innarbeidet i analysen over, men er tatt hensyn til i den mer detaljerte analysen i avsnitt 2.2. Her vises det også hva dette innebærer for endringen i konsument- og produsentoverskudd.

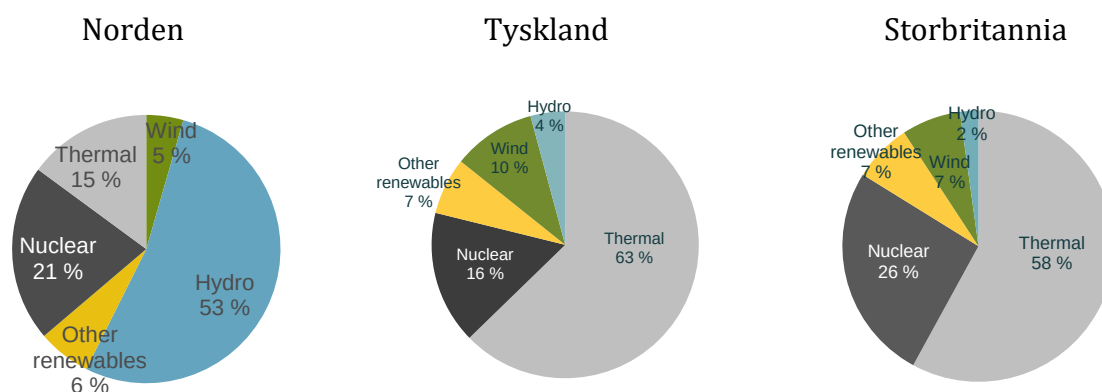
- *Produsent- og konsumentoverskudd:* Gjennom kraftprisen påvirker mellomlandsforbindelser kraftprodusenters inntekter og kraftforbrukernes kostnader. Effekten av mellomlandsforbindelser på disse gruppene reflekteres gjerne som endring i produsent- og konsumentoverskudd.

Kabler bidrar videre til ytterligere nytteeffekter knyttet til klima og andre markeder (for eksempel balansemarkedet). I denne analysen fokuserer vi på de kvantifiserbare effektene tilhørende flaskehalsinntektene og virkningen på produsent- og konsumentoverskuddet.

Ved vurderinger av nytteeffekten av kabler er det avgjørende å forstå både det nordiske kraftsystemet og kraftsystemet i handelslandet, samt forskjellen mellom de to kraftsystemene.

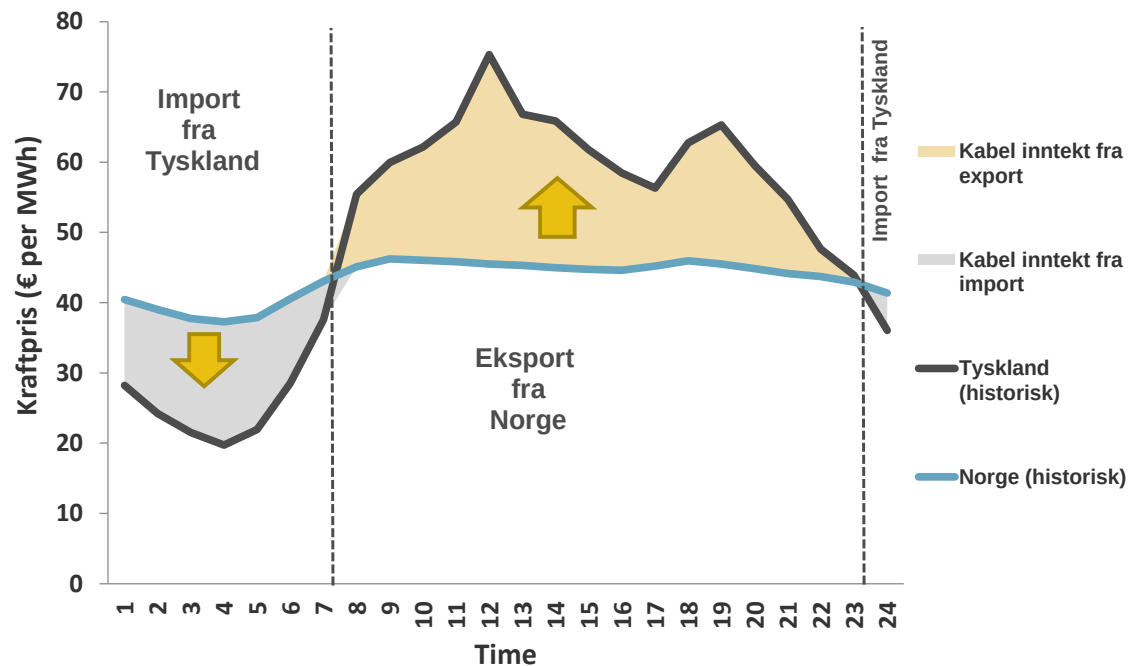
Som illustrert ved Figur 2-3 er det nordiske kraftsystemet dominert av vannkraftproduksjon. Mesteparten av den fleksible vannkraften (vannkraft med magasinkapasitet) er lokalisert i Norge. Tyskland og Storbritannia får mesteparten av sin kraftproduksjon fra termiske kraftverk og kjernekraftverk.

Figur 2-3: Sammensetning av kraftproduksjon i Norden, Tyskland og Storbritannia i 2013



Den store andelen fleksibel vannkraft i det nordiske kraftsystemet bidrar til at vårt kraftsystem er preget av å ha en relativt flat prisstruktur. Sammenhengen mellom den tyske og norske prisstrukturen illustreres i Figur 2-4. Vannkraften i Norden jevner ut de kortsiktige prisforskjellene, hvilket reflekteres i den blå relativt flate kurven i figuren. Både Tyskland og Storbritannia mangler denne fleksibiliteten, hvilket bidrar til større prisforskjeller fra time-til-time der kraftprisen bestemmes av ulike typer termiske kraftverk med tilhørende ulike marginalkostnader fra time-til-time.

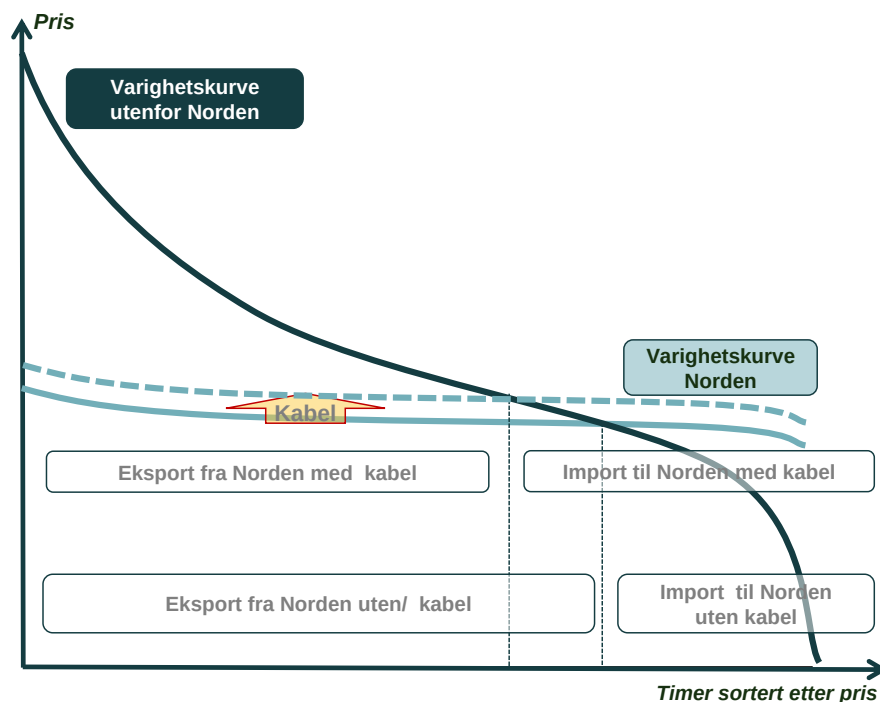
Figur 2-4: Prisstruktur Norge vs. Tyskland (basert på historiske priser; EUR/MWh)



Prisnivået ("Vannverdien") i det nordiske kraftmarkedet varierer med nivået på den nordiske kraftbalansen. Nivået på den nordiske kraftbalansen påvirkes i stor grad av forhold på produksjonssiden. Årsproduksjonen i det nordiske kraftsystemet bestemmes i all hovedsak av eksogene faktorer. Produksjon av vannkraft følger av tilsiget, kjernekraftproduksjonen er gitt av kraftverkenes tilgjengelighet, vindkraftproduksjonen bestemmes av hvor mye det blåser, mens en stor andel av den øvrige produksjon avgjøres av varmerestriksjoner i kraftvarmeverkene.

Egenskapene ved det nordiske kraftsystemet innebærer at det nordiske markedet må ha en pris som bidrar til at handelen med utlandet tilsvarende over-/underskuddet på kraftbalansen. Effekten av kabler på den nordiske kraftprisen er illustrert ved Figur 2-6 under. Figuren viser en varighetskurve for prisene i Norden og på kontinentet.

Figur 2-5: Prisnivå i det nordiske kraftsystemet (illustrativt)



Følgende sammenheng gjelder:

$$\text{Kraftbalanse} = (\text{Antal timer eksport} - \text{Antal timer import}) * \text{Overføringskapasitet}$$

Den nordiske kraftprisen avgjøres følgelig av denne ligningen. Kraftprisen er den prisen som bidrar til at et underskudd eller overskudd i det nordiske kraftsystemet blir dekket av henholdsvis import eller eksport fra omkringliggende kraftsystemer.

Figuren over illustrer tilfellet med positiv kraftbalanse, dvs netto eksport over året (flere eksporttimer enn importtimer). For gitt kraftbalanse følger det av ligningen over at økt overføringskapasitet må gi færre eksporttimer og flere importtimer. Dette gir igjen et skift oppover i varighetskurven for Norden, illustrert ved den stiplede linjen i figuren over.

Økt pris vil gi lavere bruk av kraft i Norden, slik at kraftbalansen (nettoeksporten) går opp. Dette bidrar til å dempe utslagene i figuren over, men vi får likevel en høyere pris, færre eksporttimer og flere importtimer.

Ligningen og figuren over kan også brukes til å illustrere virkningen av økt etterspørsel etter elektrisk kraft i Norden. En slik økning vil redusere kraftbalansen (eksportoverskuddet). For gitt overføringskapasitet må derfor antall eksporttimer gå ned og antall importtimer gå opp. Vi får et skift opp i varighetskurven for Norden, illustrert ved den stiplede linjen i figuren over. Dersom den stiplede varighetskurven er noenlunde parallell med den heltrukne, vil dette gi lavere flaskehalsinntekter når vi har nettoeksport i utgangspunktet. Dette svarer til hva som ble vist i avsnitt 2.1 om virkningen av økt norsk etterspørsel.

Ut fra resonnementet over kan vi videre trekke følgende konklusjoner:

- I en situasjon hvor det nordiske systemet er i ubalanse vil en kabel påvirke den nordiske kraftprisen. Siden en kabel vil øke Nordens overføringskapasitet mot

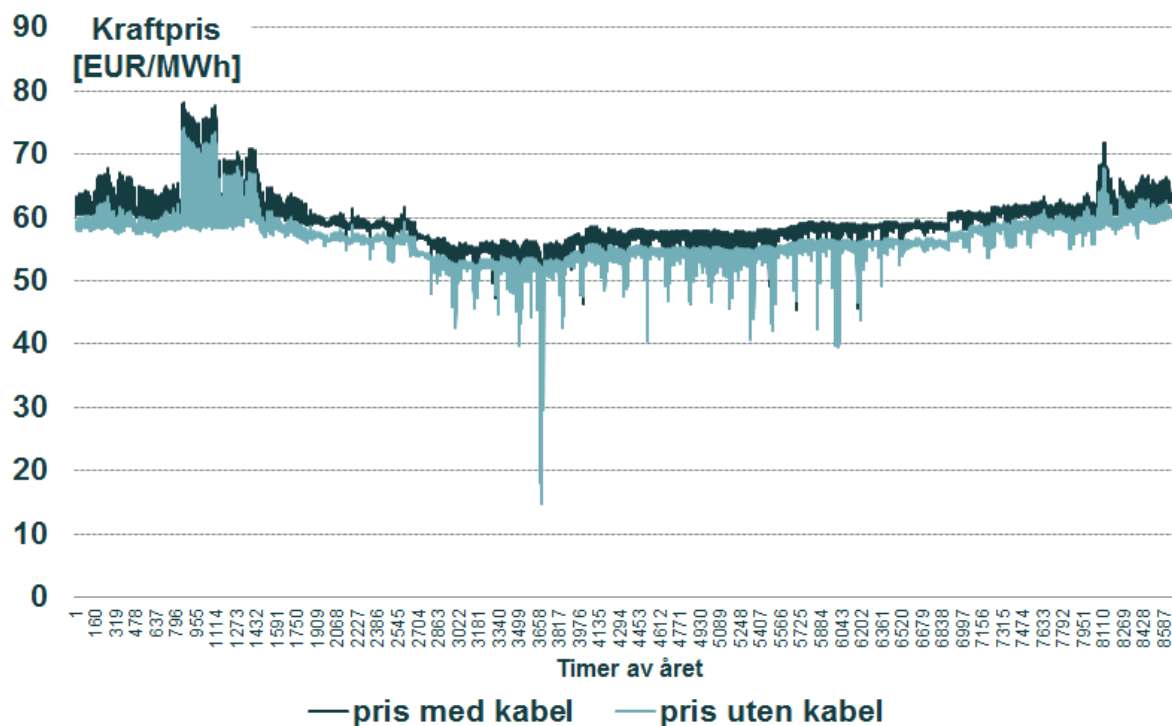
omkringliggende kraftsystemer må antall nettoeksporttimer (antall eksporttimer minus antall importtimer) tilpasse seg.

- I en situasjon hvor det nordiske kraftsystemet er mer i balanse vil det hverken være nettoeksport eller nettoimport, slik at en kabel vil ha mindre effekt på det nordiske kraftsystemet og den underliggende kraftprisen. Likevel kan kabelen ha en priseffekt i enkelte timer (for eksempel føre til høyere peak priser), hvilket kan ha en fordelings effekt. Nettoeffekten av timespriseffekt er imidlertid forholdsvis liten sammenlignet med den generelle priseffekten over året. Timespriseffekten blir hensyntatt i våre modellberegninger, hvilket vi kommer tilbake til i avsnitt 3.3.2.

Denne sammenhengen mellom effekten av kabelen på kraftprisen og den underliggende nordiske kraftbalansen har videre en effekt på lønnsomheten til andre kabler og endring i produsent- og konsumentoverskudd.

I perioder hvor det nordiske systemet er preget av kraftoverskudd, og tilhørende lave kraftpriser, vil mellomlandsforbindelser gjerne føre til økte priser. Kabler bidrar til at produsentene mottar en litt høyere pris på sin kraftproduksjon, mens forbrukerne må betale litt mer. I slike "overskuddssituasjoner" vil produsentene som følge av volumeffekten (produksjonen er større enn forbruket) tjene mer enn forbrukerne taper. I perioder med kraftunderskudd, og tilhørende høye kraftpriser, vil mellomlandsforbindelsene gjerne føre til reduserte kraftpriser. I slike "underskuddssituasjoner" vil priseffekten av kabler føre til en større gevinst for forbrukerne enn produsentene taper, også som følge av volumeffekten (forbruket er større enn produksjonen). Dette gjelder for forbrukere og produsenter samlet sett i Norden, som vi skal se under kan bildet være annerledes for norske konsumenter og produsenter.

Figur 2-6: Priser med og uten kabel i Norge (illustrativt)



Som Figur 2-6 illustrerer er priseffekten av kabler relativt jevnt fordelt over alle årets timer i et normalår. Lik priseffekt over året innebærer at endringen i produsent- og konsumentoverskuddet grovt sett kan forklares ved hjelp av følgende uttrykk (Δp er økningen i kraftpris, dvs. $\Delta p < 0$ ved en prisreduksjon):

$$\Delta KO = \Delta \text{Konsumentoverskudd} = -\Delta p * \text{Konsum}$$

$$\Delta PO = \Delta \text{Produsentoverskudd} = \Delta p * \text{Produksjon}$$

Dette innebærer at nettoen av endringer i produsent- og konsumentoverskudd er gitt ved:

$$\Delta KO + \Delta PO = \Delta p * (\text{Produksjon} - \text{Konsum})$$

Ligningen innebærer at effekten på konsument- og produsentoverskudd kan være betydelig i perioder det nordiske systemet ikke er i balanse. I denne sammenheng er det viktig å legge merke til at priseffekten (Δp) avgjøres av den *nordiske balansen*, mens ($\text{Produksjon} - \text{Konsum}$) referer til den *norske balansen*. Dersom Norge og Norden har samme fortegn på eksportoverskuddet, vil $\Delta KO + \Delta PO$ alltid være positivt, siden Δp er positiv ved nordisk eksportoverskudd og negativ ved nordisk importoverskudd. Dette svarer til analysen i avsnitt 2.2, hvor vi viste at $\Delta KO + \Delta PO > 0$ så sant vi får en prisendring som følge av kabelinvesteringen.³

Virkeligheten er selvfølgelig mer kompleks enn det enkle eksemplet over gir uttrykk for. Den nordiske prisstrukturen er ikke helt flat, det nordiske kraftsystemet har ikke kun én handelspartner å forholde seg til, og priseffekten av kabler er ikke fullstendig jevnt fordelt over året. Til tross for disse svakhetene fanger denne analysen opp de viktigste faktorene knyttet til effekten av kabler, hvilket også bekreftes av både historiske observasjoner og modellberegninger.

³ Formelt ser vi at (5) er lik ligningen over hvis vi verdsetter konsumendringer ved p^0 i stedet for ved $\tilde{p}$. Da forsvinner det andre leddet i hver av linjene i (5); multiplisering med hhv. eksporttimer og importtimer og summering gir $\Delta KO + \Delta PO = (p^1 - p^0) \cdot k^1 \cdot (\text{eksporttimer} - \text{importtimer})$.

3 Usikkerhet

3.1 Faktorer som påvirker Norges inntektsutvikling

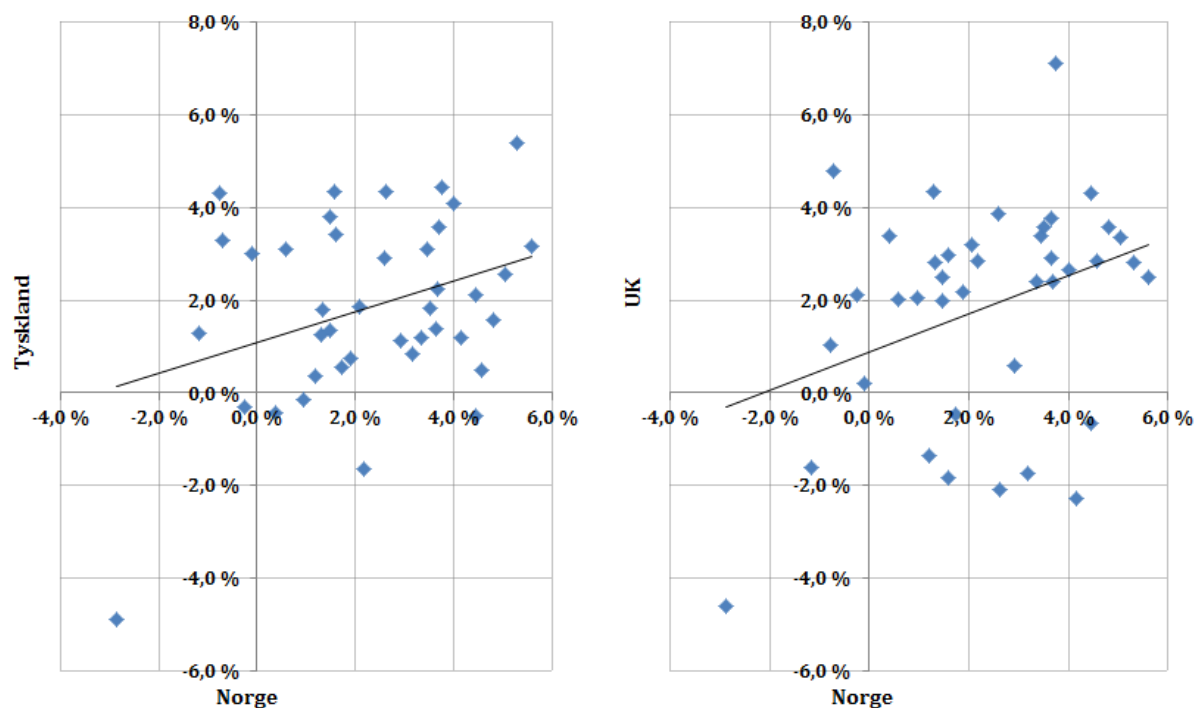
Den systematiske risikoen ved investering i kabler er bestemt av forholdet mellom svingningene i avkastningen på investeringen og avkastningen på den norske nasjonalformuen. Det er vanlig å bruke nasjonalinntekten som en tilnærming til avkastningen på nasjonalformuen og vi vil gjøre det samme her. For å vurdere den systematiske risikoen ved investering kabler er det altså nyttig å belyse de viktigste usikre faktorene som kan påvirke Norges nasjonalinntekt, og hvordan disse faktorene kan påvirke prisdifferansen på kraft i Norge og landene i den andre enden av kabelen.

3.1.1 Produktivitetsvekst

Ser vi 10-40 år frem i tid, er den største usikkerheten knyttet til Norges nasjonalinntekt gitt ved den generelle produktivitetsveksten. Betydningen av usikkerheten i den særnorske komponenten av total produktivitetsvekst for nytten av en kabelinvestering var kort omtalt i avsnitt 2.1. Der viste vi at for de timene Norge eksporterer kraft vil det trolig være en *negativ* samvariasjon mellom nytten av kabelinvesteringen og Norges nasjonalinntekt, mens det vil være en *positiv* samvariasjon for timene Norge importerer kraft. I den grad Norge over året er nettoeksportør trekker dette i retning av en negativ korrelasjon mellom nytten av kabelinvesteringen og Norges nasjonalinntekt.

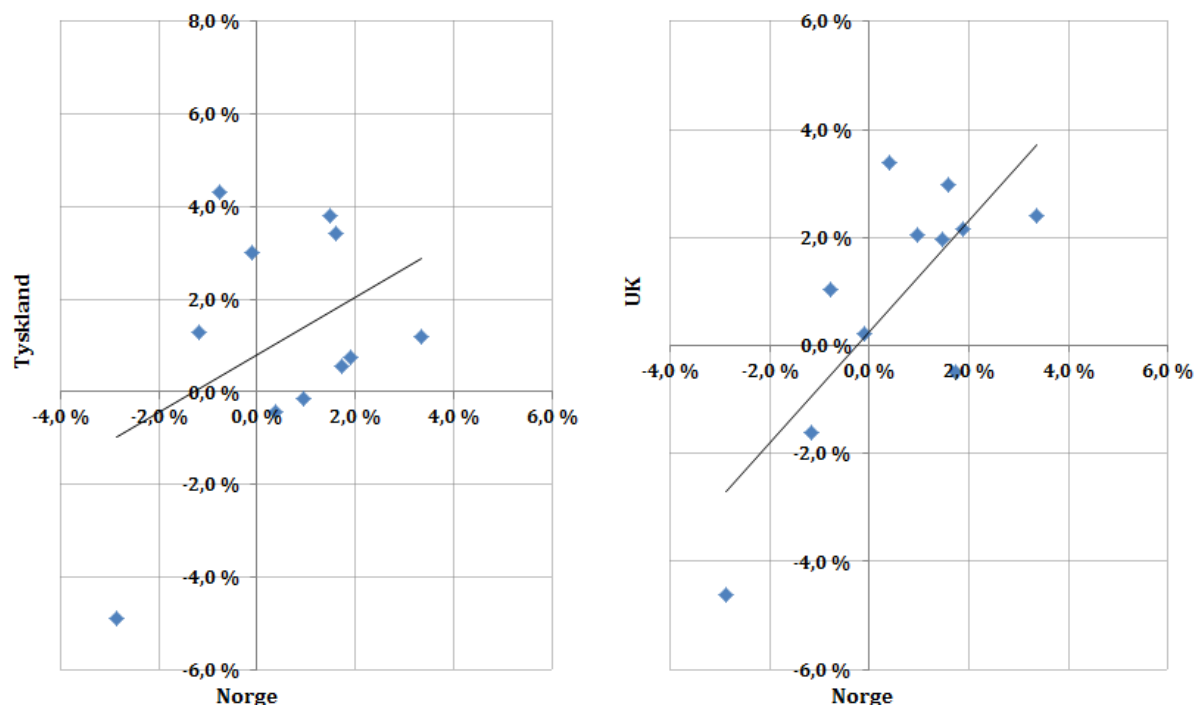
Situasjonen er betydelig mer komplisert når en ser på usikkerhet for felles produktivitetsvekst for Norge og Europa. Dette innebærer usikkerhet både for norske og utenlandske kraftpriser. Historisk har utviklingen i norsk produktivitets- og inntektsvekst vært positivt korrelert med tilsvarende vekstrater i Europa, og samvariasjonen har økt de seneste årene. Korrelasjonen mellom BNP per capita i Norge og Tyskland og Norge og UK har vært henholdsvis 0,33 og 0,34 i perioden 1973-2012. De tilsvarende korrelasjonene økte til 0,42 og 0,76 i perioden 2002-2012. Datapunktene er illustrert i Figur 3-1 og Figur 3-2.

Figur 3-1: Årlig vekst i BNP per capita 1973-2012 (målt i 2005 \$)



Kilde: Verdensbanken

Figur 3-2: Årlig vekst i BNP per capita 2002-2012 (målt i 2005 \$)



Kilde: Verdensbanken

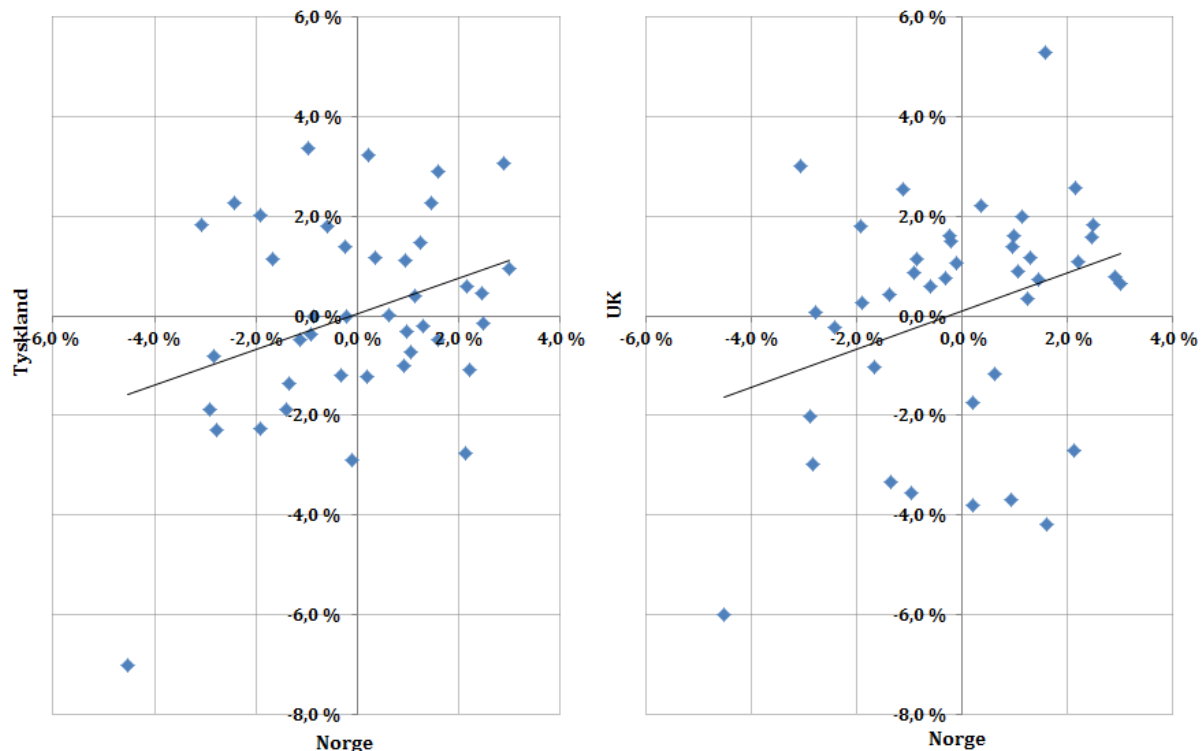
Det er heller ikke opplagt hvordan *differansen* mellom kraftprisene (som er avgjørende for nytten av kabelinvesteringen) påvirkes av felles utvikling i inntektsnivået i Norge og Tyskland eller England. Hvis prisene i Tyskland og England er mer følsomme enn i

Norge for endret inntekt i timene med høylast/høypris (dvs når Norge eksporterer) og/eller mindre følsomme enn i Norge for endret inntekt i timene med lavlast/lavpris (dvs når Norge importerer), kan dette sammen med felles økonomisk vekst gjøre at den relevante prisdifferensen på kraft alltid er større jo høyere inntektsnivået er, slik at vi får positiv samvariasjon mellom nytten av kabelinvesteringen og Norges nasjonalinntekt. I avsnitt 3.3 gir vi en nærmere drøfting av dette basert på historiske data, og vi ser at prisstrukturen faktisk har en slik tendens. De historiske sammenhengene er antagelig forsterket av brenselspriser som svinger i takt med inntektsutviklingen, noe vi kommer tilbake til under.

3.1.2 Konjunkturer

Konjunkturer kan betegnes som det generelle aktivitetsnivået i økonomien og representeres gjerne som avvik i BNP-veksten sammenlignet med trenden. De samme resonnementene gjelder for konjunkturer som for produktivitetsvekst og kanskje i enda større grad: Kraftprisene er i større grad bestemt av etterspørselssiden på kort sikt enn lang sikt da tilbudskurven blir mer elastisk når tidshorisonten øker. Figur 3-3 plotter avvik i årlig BNP-vekst fra trend i perioden 1973-2012. Den tilknyttede korrelasjonen har vært 0,33 mellom Norge og Tyskland og 0,31 mellom Norge og UK.

Figur 3-3: Avvik i årlig BNP-vekst fra trend, (målt i 2005 \$)



Kilde: Verdensbanken

3.1.3 Olje- og gasspriser

Norges fremtidige nasjonalinntekt er betydelig påvirket av utviklingen i olje- og gasspriser.

Virkningen av kull- og gasspriser på nytten av en kabelinvestering er omtalt i avsnitt 3.2.1. Analysen viser at tilbudssiden i kraftmarkedet gir økte flaskehalsinntekter jo

høyere kull- og gassprisene er. Dette styrker argumentet om en positiv samvariasjon mellom nytten av en kabelinvestering og Norges nasjonalinntekt. Resultatet kan imidlertid svekkes hvis kraftetterspørselen i Norge svinger i takt med olje- og gasspriser. Vi tror likevel sistnevnte effekt er svak, eller fraværende da norsk kraftkrevende industri antagelig får redusert konkurransekraft ved høyere aktivitet i petroleumssektoren hvis dette skyldes negative skift i tilbudet av olje- og gass, mens det motsatte er tilfellet ved positive skift i tilbudet.

3.1.4 Avkastningen på Statens Pensjons utland

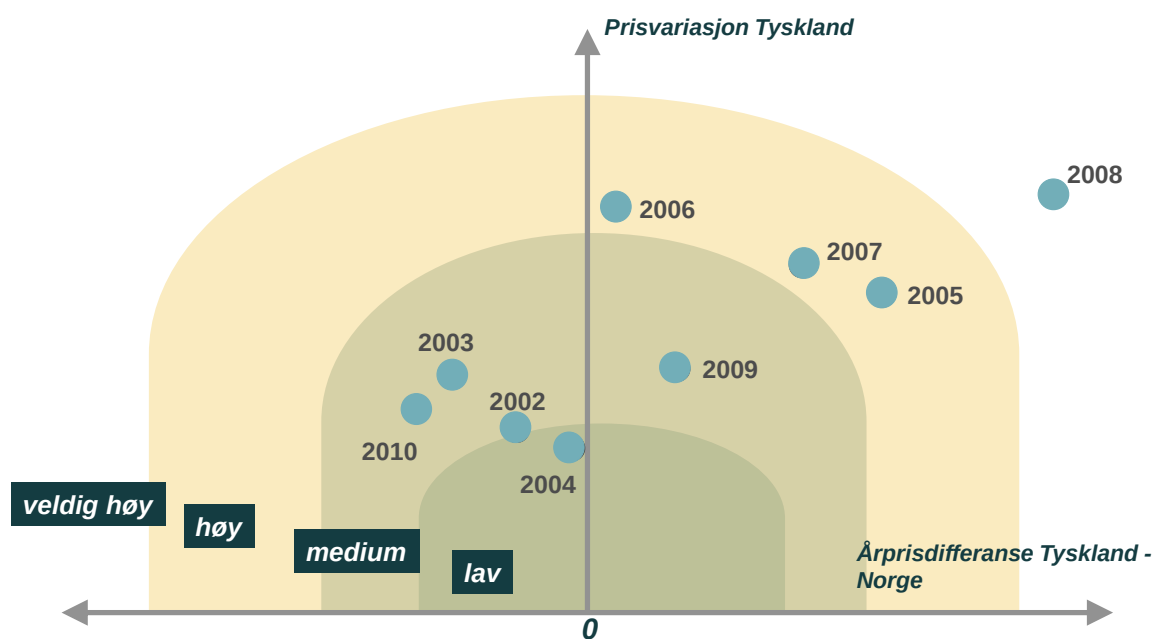
Norges nasjonalinntekt er i stadig større grad påvirket av den langsiktige avkastningen på Statens Pensjonsfond Utland. Fondet investerer i internasjonale aksjer, renteinstrumenter og eiendom, noe som antagelig bidrar til å øke korrelasjonen mellom Norges og utlandets nasjonalinntekt.

3.2 Kraftmarkedsfaktorer

Som tidligere nevnt avhenger nytten av mellomlandsforbindelser i hovedsak av to elementer: Størrelsen på flaskehalsinntekten (inklusive eksisterende kabler), og endringen i produsent- og konsumentoverskuddet. Disse elementene er i hovedtrekk avhengig av den overordnede utviklingen på:

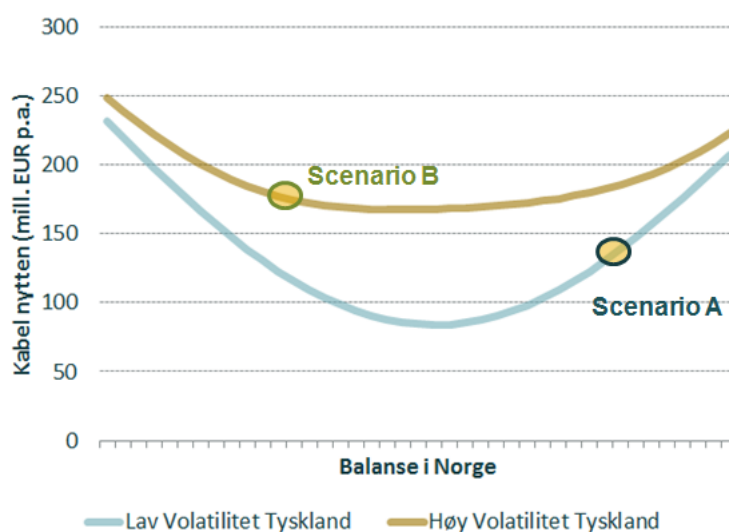
1. Tilbud og etterspørsel etter kraft i utlandet
Utviklingen i pris og struktur hos våre handelspartnere avhenger av krafttilbudet og kraftetterspørselen i de respektive landene. På tilbudssiden er det særlig samlet volum og produksjonssammensetning (teknologi) som er avgjørende, mens etterspørselssiden er preget av samlet volum og graden av forbrukerfleksibilitet.
2. Balansesituasjonen i Norge og Norden
Både flaskehalsinntekten og effekten på konsument- og produsentoverskuddet påvirkes av Nordens og Norges underliggende kraftbalanse. Nivået på den nordiske balansen er avgjørende i den nordiske prisdannelsen og størrelsen på kabelens priseffekt. Nivået på den norske balansen avgjør både nettoeffekten av kabler på det norske konsument- og produsentoverskuddet, samt fordelingen av overskuddet mellom norske produsenter og konsumenter.
3. Andre mellomlandsforbindelser
Samtidig påvirkes priseffekten av kabelen av andre forbindelser. Marginalnyttens til nye kabler går ned ettersom antallet mellomlandsforbindelser går opp. Samtidig har volum på eksisterende overføringskapasitet betydning i vurderingen av velferdseffekten av nye kabler på eksisterende kabler.

Figur 3-4: Flaskehalsinntekt for ulike prisdifferanse- og prisvariasjonsscenarioer



Nytten av kabler avhenger av generelle prisforskjeller og prisstruktur. Figur 3-4 illustrerer hvordan flaskehalsinntekten påvirkes av prisstrukturen i utlandet (her Tyskland) og prisforskjeller mellom handelspartnerne. X-aksen viser den årlige prisdifferansen mellom Norge og Tyskland. Y-aksen i figuren viser graden av prisvariasjon (prisstruktur) i Tyskland. Jo lenger ut i figuren desto større er flaskehalsinntekten. Den generelle prisdifferansen i drives hovedsak av nivået på den nordiske kraftbalansen og størrelsen på overføringskapasiteten. Prisvolatiliteten drives imidlertid i hovedsak av sammensetningen av produksjonskapasitet på kontinentet og størrelsen på brenselprisene.

Figur 3-5: Betydning av balansen for kabelnytt



Mens Figur 3-4 illustrerer hvordan flaskehalsinntekten varierer med ulikheter i prisnivå og prisvariasjonsantagelser, illustrerer Figur 3-5 sammenhengen mellom total nytte av kabler, den norske kraftbalansen, og prisstrukturen. Prisstrukturen i utlandet

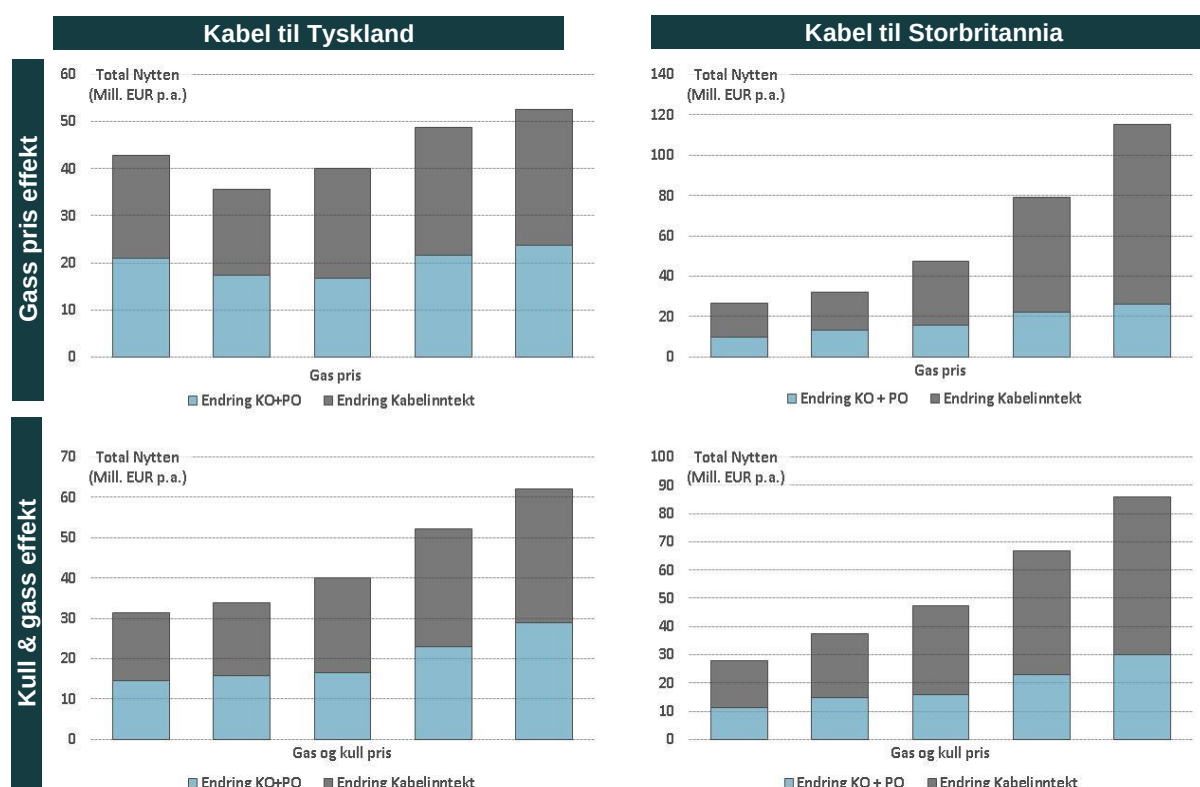
bestemmer helningen på kurven og hvor kurven ligger, mens den norske kraftbalansen avgjør hvor man er på kurven. For eksempel, reflekterer Scenario A lav volatilitet og stort norsk og nordisk kraftoverskudd. Scenario B reflekterer en situasjon med høy volatilitet i Tyskland og kraftunderskudd i Norge og Norden. At kabelnyttens blir større i både underskudds- og overskuddssituasjonen bidrar til at kurvene er "U"-formet. I slike situasjoner øker både nettoeffekten for konsumentene og produsentene; samtidig som den generelle prisforskjellen øker, hvilket bidrar til høyere flaskehalsinntekt. Som Figur 3-4 viser gjelder dette i begge retninger.

3.2.1 De viktigste drivkreftene for kabelnyttens

Størrelsen på flaskehalsinntektene og endringen i konsument- og produsentoverskuddet, og den tilhørende kabelnyttens, drives i all hovedsak av følgende variabler:

Brenselspris: Brenselsprisen har avgjørende betydning for både pris og investeringer i kraftmarkedet. Brenselsprisen påvirker marginalkostnadene for termiske kraftverk, og er følgelig en viktig driver for både prisnivå og prisstruktur i utlandet og dermed i Norden.

Figur 3-6: Sammenheng mellom brenselspris og nytten



Betydningen av brenselspriser for kabelnyttens er illustrert i Figur 3-6. X-aksen reflekterer ulike kull- og gasspriser. Y-aksen viser effekten på samlet nytte fra kabler, i form av endring i konsument- + produsentoverskudd (blå) og kabelinntekt (grå). Figur 3-6 viser at samlet nytte øker med økende brenselspriser. Effekten av endringer i brenselsprisen på samlet nytte varierer mellom Tyskland og Storbritannia som følge av ulike produksjonssammensetning i de to landene. En større andel gass i det britiske kraftmarkedet øker betydningen av gassprisen for den underliggende kabelnyttens.

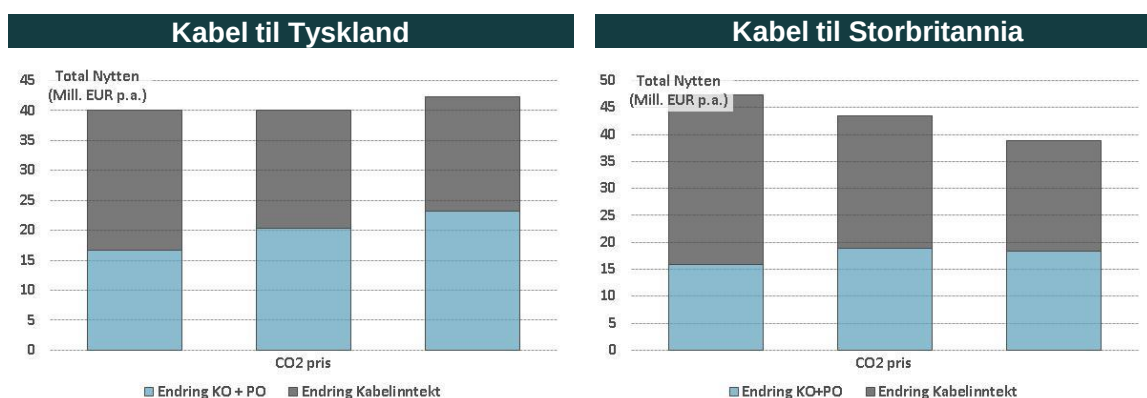
Sammenhengen mellom kabelinntekt og brennelspriser er imidlertid veldig tydelig for begge landene. Samtidig påvirker brennelspriser ikke bare kabelinntekten, men også prisseffekten av kabelen, hvilket i sin tur påvirker konsument- og produsentoverskuddet. Dette skyldes at prisseffekten ofte er relatert til prisnivå: Økte brennelspriser betyr at varighetskurven i utlandet (cf. Figur 2-5) blir brattere, noe som betyr at prisvirkningene blir større.

At brennelsprisene påvirker både flaskehalsinntekten og summen av konsument- og produsentoverskuddet innebærer at begge nyttekomponentene er forbundet med systematisk risiko.

CO₂-pris: CO₂-prisen påvirker, på samme måte som brennelsprisene, både prisnivå og investeringer i Nord-Vest Europa. Figur 3-7 viser sammenhengen mellom CO₂-pris og kabelnytte. Som figuren illustrerer har CO₂-prisen langt mindre betydning for nytten av kabler enn brennelsprisen. CO₂-priser øker prisene i Tyskland og Norge på samme måte, hvilket innebærer liten effekt på prisdifferansene. Når det gjelder overføringsforbindelser til Storbritannia har faktisk CO₂-prisen en negativ effekt på kabelnyttens. Siden kraftprisen i et kraftsystem dominert av gasskraft i mindre grad påvirkes av CO₂-priser, påvirkes de britiske kraftprisene i mindre grad av endringer i CO₂-prisen enn de norske kraftprisene. Høyere CO₂-pris innebærer derfor en mindre prisforskjell mellom Norge og Storbritannia og en tilhørende lavere nytte av kabler.

I denne sammenheng er det imidlertid viktig å påpeke at disse resultatene avhenger av nivået på brennelsprisene og CO₂-prisene, samt hvorvidt CO₂-prisen fører til at kull og gass endrer rekkefølge på merit order kurven. Dersom en høyere CO₂-pris bidrar til at gasskraftproduksjon prioriteres fremfor kullkraftproduksjon i Tyskland så kan en endring i CO₂-prisen også ha en effekt på kabelnyttens for kabler til Tyskland.

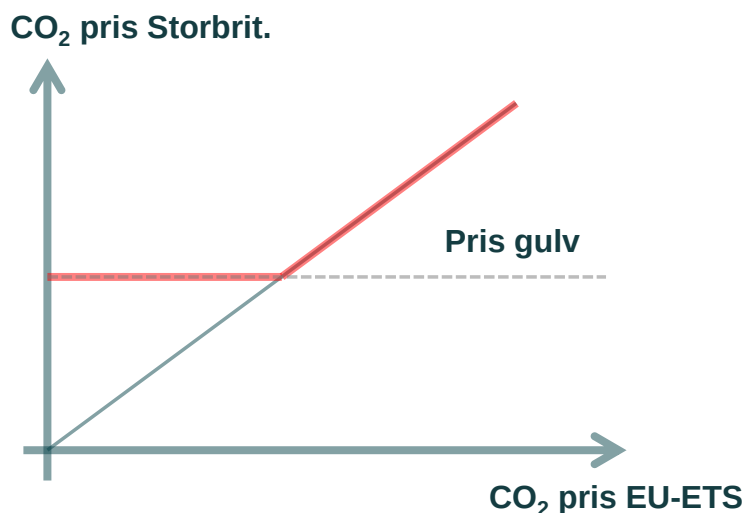
Figur 3-7: Virkning av karbonpriser på kabelnyttens



Utviklingen av et karbonprisgulv (en minimumskvotepris som gjelder for Storbritannia) har avgjørende betydning for nytten av en kabel til Storbritannia. Et slikt karbonprisgulv vil være bindende i perioder med lave kvotepriser i Europa (cf. Figur 3-8). Siden kvoteprisen har stor effekt på den nordiske kraftprisen kan et slikt kvoteprisgulv føre til betydelige prisdifferanser mellom Norge og Storbritannia. Større prisforskjeller innebærer høyere flaskehalsinntekter og høyere nytte av kabelen. Det er ikke usannsynlig at Norge i en slik situasjon vil operere som et slags transittland mellom Tyskland og Storbritannia der Norges kraftimport fra Tyskland eksporteres videre til

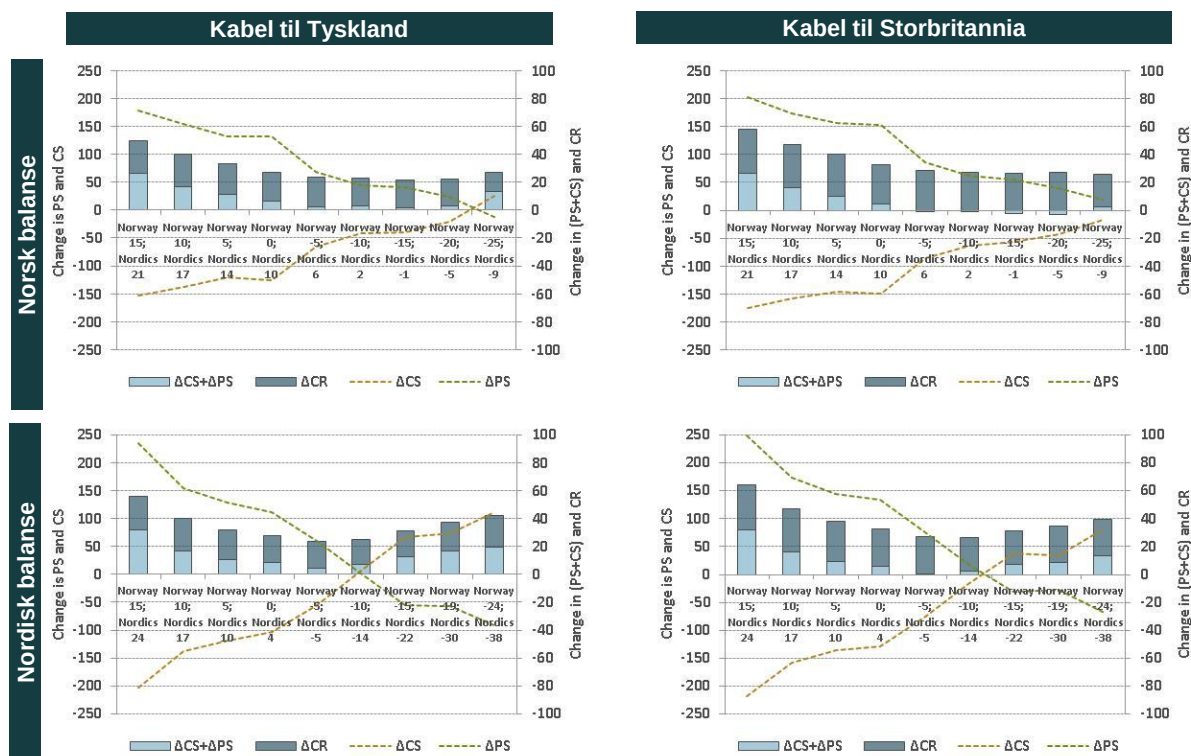
Storbritannia. Hvorvidt en slik situasjon er bærekraftig for Storbritannia på lang sikt er et annet spørsmål.

Figur 3-8: Betydning av karbonprisgulv



Kraftbalansen i Norden og Norge: Hvordan den nordiske og norske kraftbalansen utvikler seg avhenger av forhold på både tilbuds- og etterspørselssiden. Den fremtidige kraftetterspørselen avhenger i stor grad av konkurransesituasjonen til kraftintensiv industri. På tilbudssiden spiller utbyggingen av fornybar kraftproduksjon og kjernekraftens fremtid i Sverige og Finland er viktig rolle.

Figur 3-9: Kabelnyttene for forskjellige Norske og Nordiske balanser (oversette)



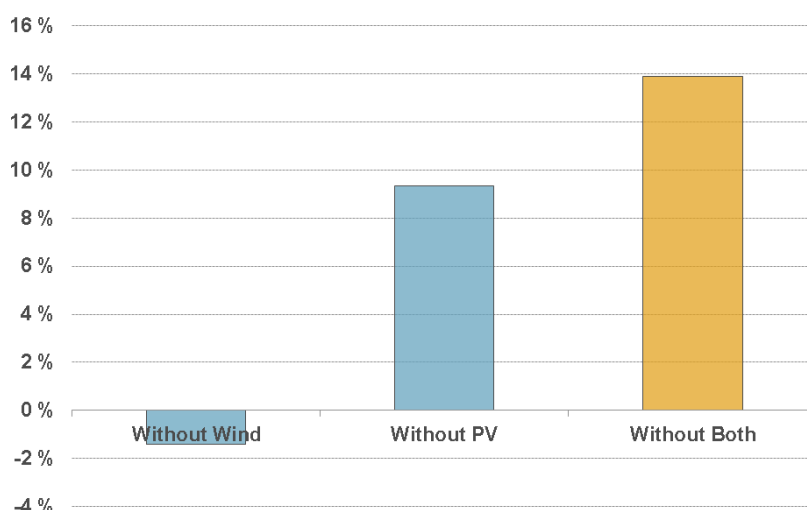
Figur 3-9 reflekterer betydningen av størrelsen på den norske og nordiske kraftbalansen for priseffekten. X-aksen viser forskjellige kraftbalanser i Norge og Norden, mens y-aksen, som før, viser samlet nytte, dekomponert i produsent + konsument overskudd (lys blå), og samlet kabelinntekt (mørkt blå). De stiplede linjene viser endringen i henholdsvis konsument- og produsent overskudd individuelt. Endringen i konsument- og produsentoverskuddet avgjøres av den nordiske kraftbalansen, da det er forholdene i Norden som påvirker priseffekten av kabelen. Nettoeffekten og fordelingen mellom norske produsenter og konsumenter avhenger imidlertid av den norske kraftbalansen. Generelt sett vil gjerne store ubalanser (både over- og underskudd) innebære høyere nytteeffekter, hvilket illustreres ved de U-formede diagrammene i figuren over. Se også Figur 3-5.

I et scenario med betydelig kraftoverskudd i Norge og Norden (helt til venstre i figuren) vil nytten av kabler være stor. I dette scenarioet er endringen i produsentoverskuddet betydelig større enn konsumentunderskuddet, hvilket innebærer en stor positiv nettoeffekt. Den positive nettoeffekten av produsent- og konsumentoverskuddet reduseres ettersom ubalansene blir mindre. Etter hvert som en går mot et underskuddsscenario snur imidlertid dette bildet. I slike tilfeller vil konsumentene tjener på lavere priser, og i situasjoner der det norske forbruket er større en produksjonen vil dette igjen øke nytten.

Som nevnt påvirkes priseffekten, og dermed den tilhørende effekten på produsent- og konsumentoverskuddet, av brenselprisen. Effekten av brenselpriser bidrar til at konsument- og produsentoverskuddet til en viss grad er forbundet med noe systematisk risiko. Samtidig påvirkes konsument- og produsentoverskuddet av størrelsen på kraftbalansen. Denne effekten bidrar isolert sett til at produsent- og konsumentoverskuddet er forbundet med usystematisk risiko siden både kraftoverskudd og kraftunderskudd øker verdien av kabler. Samtidig betyr det at den systematiske risikoen forbundet med produsent- og konsumentoverskudd øker når Norden og Norge beveger seg bort fra balanse.

Fornybar kraftproduksjon i utlandet: Investeringer i fornybar kraftproduksjon påvirker både prisnivået og prisstrukturen. Ulike teknologier har ulik effekt på prisstrukturen og den tilhørende lønnsomheten av kablene. For eksempel bidrar vindkraft til både økt prisvariasjon og lavere kraftpriser. Solkraft har derimot motsatt effekt da solkraft demper forbrukstoppene. Mens solkraften reduserer kabelinntekten siden det reduserer peak-priser i Tyskland er ikke effekten av vindkraft entydig. Økt vind vil øke volatilitet, som er bra for kabelinntekten, men vind kan også påvirke prisnivået slik at totalinntekten reduseres. Dette er illustrert i Figur 3-10, som viser endring i kabelinntekt for alternative antagelse om vind og sol i Tyskland.

Figur 3-10: Kabelnytten for alternative RES antagelser (oversette)



Kapasitetsbalansen i utlandet: Hvordan sammensetningen i europeisk kapasitet vil utvikle seg er forbundet med usikkerhet. Spørsmålet er ikke bare om det er gass- eller kullkraftproduksjon som bygges, og hvor mye produksjon basert på fornybar eller kjernekraft som vil kobles på nettet, men også hvor høye kapasitetsmarginene vil bli. Sistnevnte avhenger av, om og på hvilken måte kapasitetsmekanismer/-markeder implementeres. Følgelig avhenger utviklingen i kapasitet av, om og på hvilken måte kapasitetsmekanismer implementeres.

Utviklingen i mellomlandsforbindelser og det interne nettet: Den marginale nyttevirkingen og effekten av en mellomlandsforbindelse avhenger i betydelig grad av den eksisterende handelskapasiteten. Kablene til Tyskland og England konkurrerer derfor til en viss grad med andre kabelinitiativ. Konkurrentene er ikke bare kabler fra Norge, men også økt kapasitet mellom andre land, enten som følge av nye forbindelser som NSN, Cobra og NordBalt, eller oppgraderinger.

Ved beregning av nyttevirkningene knyttet til en mellomlandsforbindelse må en også ta hensyn til utviklingen i overføringskapasiteten internt i Norge og Norden, og internt i handelslandet. Gitt Statnetts planer om økt kapasitet til utlandet er det avgjørende at det interne nettet i Norge styrkes. Dersom nettet ikke forsterkes, kan det bli behov for å redusere kapasiteten på mellomlandsforbindelsene (Statnett har faktisk uttalt at dette vil være tilfelle de første årene av forbindelsenes levetid), og prisene i prisområdet hvor forbindelsen er koblet på kan bli mer "kontinentale". Tilsvarende, vil utviklingen internt i Tyskland, og hvorvidt en får prisområder i Tyskland, være av betydning.

Teknologi og fleksibilitet: Graden av teknologisk utvikling innen både produksjon og etterspørsel vil også påvirke mellomlandsforbindelsenes lønnsomhet. Den fremtidige tilbudskurven avhenger blant annet av hvordan kostnadene til ny fornybar produksjon kommer til å utvikle seg over tid, mens utvikling av teknologi innen etterspørselsfleksibilitet kan bidra til endringer i etterspørselskurven. Samtidig har utvikling innen andre fleksibilitetsteknologier stor betydning for den fremtidige kabelnytt da kablene konkurrerer med alternativ fleksibilitet.

Betydningen av de ulike drivkreftene over avhenger av tidsperspektivet. På kort og mellomlang sikt (ca 15-20 år) vil brensels- og karbonpriser mest sannsynlig ha størst betydning for kabelnytt.

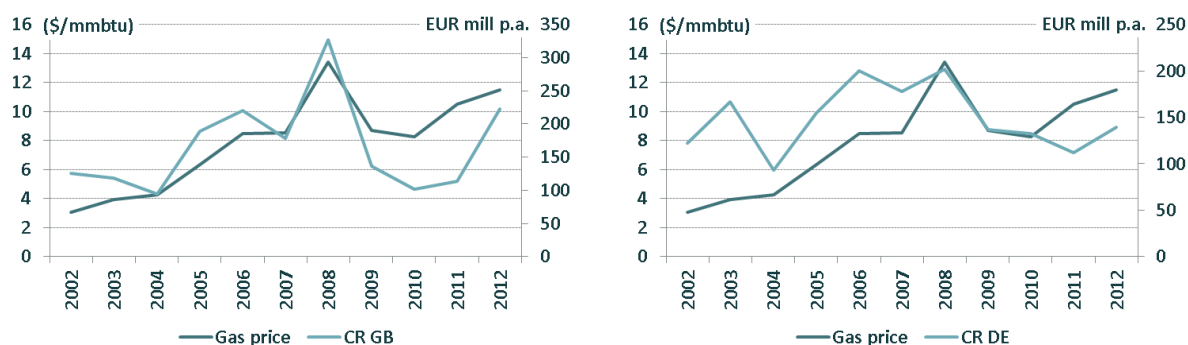
På lengre sikt vil ny teknologi og omstillingen av kraftsystemet (karbonnøytralt system jf. EUs plan) mest sannsynlig bidra til at kraftprisene og den tilhørende kabelnyttens i mindre grad påvirkes av endringer i brensels- og karbonprisen. Her er det imidlertid viktig å påpeke at økt fornybarandel i seg selv ikke eliminerer betydningen av brenselsprisen for kraftprisen fullstendig, da kraftproduksjonen på marginen fortsatt vil være basert på fossilt. Samlet sett er det likevel sannsynlig å anta at brenselsprisene får mindre betydning for kabelnyttens på lengre sikt, hvilket innebærer at den systematiske risikoen ved kabelinvesteringer kan være høyere på kort enn på lang sikt.

3.3 Betydning for systematisk risiko

Faktorene som påvirker nytten av kabler kan som beskrevet over variere betydelig. I denne sammenheng er det imidlertid først og fremst hvorvidt faktorene varierer i samme takt som den norske nasjonalinntekten som har betydning. I dette kapitlet ser vi nærmere på sammenhengen mellom de viktigste drivkreftene for kabelnyttens og andre faktorer (herunder gasspriser eller nasjonalinntekten, evt. BNP). Analysen er basert på historiske observasjoner, modellresultater, og resonnementer utenfor modellen.

3.3.1 Historiske sammenhenger

Figur 3-11: Historisk sammenheng mellom flaskehalsinntekten og gasspriser



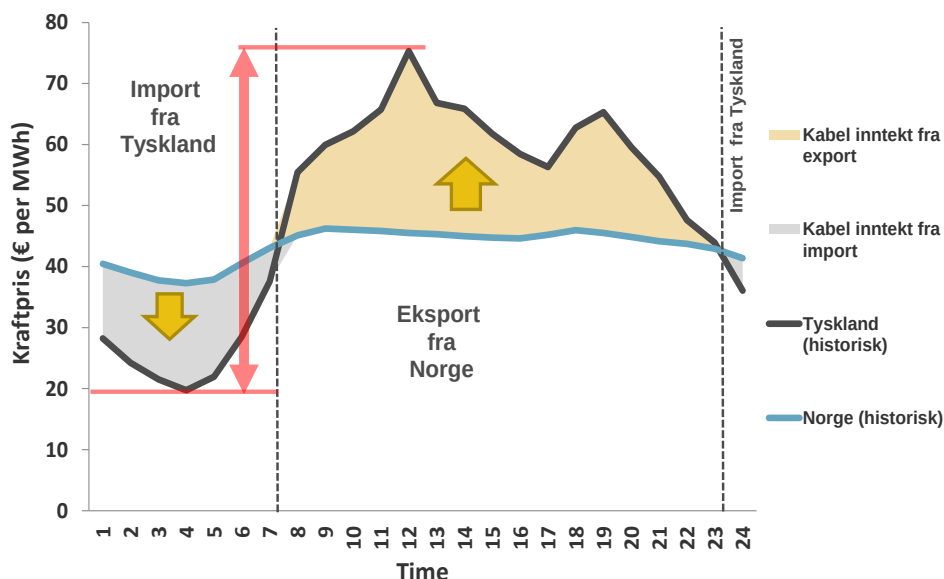
Figur 3-11 viser sammenhengen mellom en hypotetisk flaskehalsinntekt ved en kabel til henholdsvis Storbritannia og Tyskland og gasspriser. Gassprisen har en stor betydning for utviklingen i nasjonalinntekten, selv om det ikke er en én-til-én sammenheng. Som vi ser av figurene over er flaskehalsinntekten positivt korrelert med gassprisen. Nærmere bestemt med en korrelasjonskoeffisient på 0,67 i Storbritannia og 0,39 i Tyskland.

I beregningene benyttet vi historiske priser for Norge, Storbritannia og Tyskland, og beregnet kabelinntekten basert på historiske prisforskjeller. Siden tilsigseffekten kan forstyrre sammenhengen i en relativt kort observasjonsperiode har vi i beregningene korrigert den norske kraftprisen for tilsigsvariasjoner. Korrigeringen ble gjort ved hjelp av en regresjonsanalyse som viser sammenheng mellom norsk pris i forhold til kullpris, CO₂-pris og tilsig.

Brenselspriser påvirker både prisnivået og pris-spreaden (dvs at kraftprisen varierer over døgnet). En noe høyere korrelasjon for flaskehalsinntekter ved kabel til det britiske markedet følger av gassens dominerende rolle i det britiske kraftsystemet og at utviklingen i BNP i Norge i stor grad samvarierer med gassprisen.

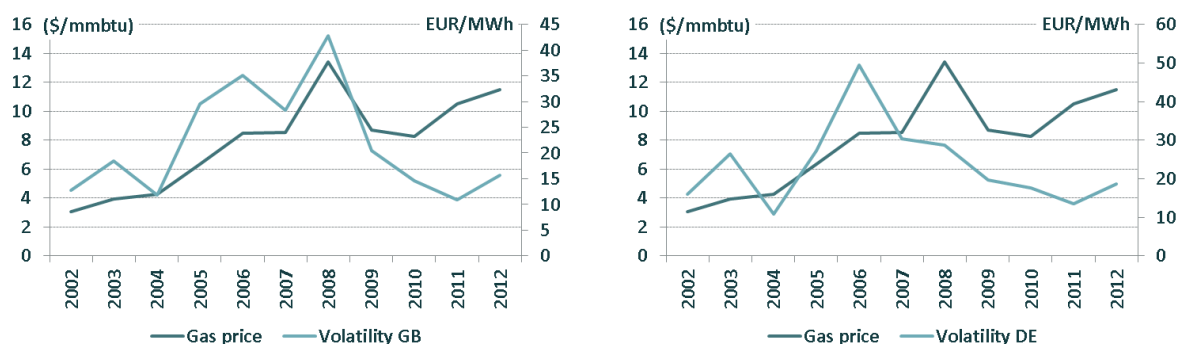
At kraftprisen varierer over døgnet følger av at start- og stoppkostnadene ved termiske kraftverk også varierer med brenselprisen. Jo høyere brenselpris desto større prisstruktur og prisforskjeller mellom handelslandene, hvilket innebærer høyere lønnsomhet av kablene. Figur 3-12 illustrerer hvordan kraftprisene i Tyskland og Norge varierer over døgnet. Den røde pilen reflekterer den betydelige kraftprisedifferansen mellom dag og natt i Tyskland (basert på historiske priser).

Figur 3-12: Off-peak og peak spredning



Som tommelfingerregel kan man basert på historiske priser si at gjennomsnittlig døgnsprisspredning omtrent er like stort som kraftprinsnivået over året. Dette bidrar til at prisvariasjonen øker med kraftprisen dersom prisøkningen skyldes høyere brenselpriser. Dette vises også i Figur 3-13 som viser sammenhengen mellom gasspriser og prisvolatilitet i Storbritannia og Tyskland. Lavere andel gasskraft og økende andel solkraft i det tyske systemet bidrar til en svakere sammenheng mellom gasspriser og prisvolatilitet i Tyskland. Korrelasjonskoeffisientene mellom prisvolatilitet og gasspris er 0,45 i Storbritannia og 0,18 i Tyskland. .

Figur 3-13: Sammenheng vekst Norge og prisvolatilitet UK



Tabell 1 viser en oversikt over de forskjellige korrelasjonskoeffisientene. Tabellen er basert på historiske data fra 2006 til 2012. Tabellen viser også sammenhengen mellom BNP og gasspriser. BNP er rapportert med ulike lag, siden brenselpriser (basert på årsgjennomsnitt) har en tendens å ligge litt etter BNP. For eksempel var gassprisen på et

historisk høyt nivå i 2008 frem til prisen kollapset som følge av finanskrisen. Den høye gassprisen på begynnelsen av året bidro til en høy gjennomsnittlig årspris på gass, selv om veksten i BNP var lav etterhvert. Samtidig har mesteparten av gassinntektene vært basert på langsiktige kontrakter og ikke på spotpriser. Fremover er det naturlig å forvente at større volumer handles i spotmarkedene, hvilket vil innebære at sammenhengen mellom BNP og gassprisen vil øke.

Tabell 1: Korrelasjonskoeffisienter (observasjoner fra 2006-2012)

	Gasspris	Kullpris	Volatilitet UK	Volatilitet TY	FI UK	FI TY	BNP (lag -1)	BNP (lag 0)	BNP (lag 1)
Gasspris	100 %	84 %	31 %	-19 %	72 %	18 %	38 %	0 %	-54 %
Kullpris	84 %	100 %	13 %	-35 %	42 %	1 %	15 %	0 %	-31 %
Volatilitet UK	31 %	13 %	100 %	76 %	82 %	97 %	78 %	-2 %	-47 %
Volatilitet TY	-19 %	-35 %	76 %	100 %	49 %	86 %	70 %	32 %	8 %
FI UK	72 %	42 %	82 %	49 %	100 %	79 %	79 %	18 %	-63 %
FI TY	18 %	1 %	97 %	86 %	79 %	100 %	81 %	19 %	-39 %
BNP (lag -1)	38 %	15 %	78 %	70 %	79 %	81 %	100 %	42 %	-27 %
BNP (lag 0)	0 %	0 %	-2 %	32 %	18 %	19 %	42 %	100 %	18 %
BNP (lag 1)	-54 %	-31 %	-47 %	8 %	-63 %	-39 %	-27 %	18 %	100 %

3.3.2 Sammenhengen mellom de viktigste drivkreftene og systematisk risiko

Brenselpris: Det er en positiv sammenheng mellom utviklingen i brenselpriser, veksten i BNP og nytten av kabler (både flaskehalsinntekten og produsent/konsument overskudd), hvilket isolert sett øker den systematiske risikoen knyttet til kabelinvesteringer. Denne sammenhengen følger av at etterspørselen etter brensel er høyere i oppgangsperioder hvilket bidrar til en høyere brenselpris. Siden høyere brenselpriser bidrar til økte prisforskjeller er flaskehalsinntektene høyere i oppgangstider.

CO₂-pris: Sammenhengen mellom CO₂-prisen, veksten i nasjonalinntekten og nytten av kabler er relativt nøytral. Høyere økonomisk aktivitet i oppgangsperioder øker etterspørselen etter CO₂-kvoter og prisen på CO₂-utslipp stiger. Samtidig påvirkes alle markeder av høye karbonpriser, slik at den relative effekten på kabelnyttens er usikker. Som vist over kan effekten faktisk være negativ i Storbritannia som følge av den store andelen gasskraftproduksjon. Når det gjelder karbonprisgulv er saken en annen. Karbonprisgulv har en negativ sammenheng med økonomisk vekst, da dette gulvet kun vil være bindende i perioder med lave CO₂-priser. Som nevnt over er CO₂-prisen positivt korrelert med BNP-veksten. Eksistensen av karbonprisgulv øker dermed nytten av kabler ved lav BNP-vekst/lav CO₂-pris. Samlet sett bidrar derfor karbonprisgulv isolert sett til en lavere systematisk risiko for kabelinvesteringer.

Kraftbalansen i Norge og Norden: Det er en nøytral sammenheng mellom kraftbalansen, nasjonalinntekten og nytten av kabler. Selv om en del av etterspørselssiden følger av konjunktorene, herunder etterspørsel fra kraftintensiv industri, avhenger tilbudssiden, som kjernekraftens fremtid og fornybar utbygging, i større grad av politiske faktorer. Hvorvidt økonomisk vekst bidrar til et kraftoverskudd

eller kraftunderskudd er følgelig forbundet med usikkerhet. Nytten av kabler øker med både overskudd og underskudd på balansen.

Fornybar kraftproduksjon i utlandet: Utbygging av fornybar kraftproduksjon i utlandet har mest sannsynlig en nøytral effekt på den systematiske risikoen isolert sett. Det er naturlig å anta at fornybarinvesteringene vil øke ved konjunkturoppgang. Effekten på nytten av kabler er imidlertid usikker. Høyere andel fornybar kraftproduksjon hos våre handelspartnere vil øke etterspørselen etter fleksibilitet, men vil samtidig kunne påvirke prisnivået slik at flaskehalsinntekten kan reduseres.

Kapasitetsbalansen i utlandet: Kapasitetsbalanser er viktig for topplastpriser. Utviklingen av kapasitetsmarginene avhenger av hvis og hvordan man utformer kapasitetsmarkeder. Det siste spørsmålet avhenger ikke i hovedsak av konjunktorene, men er mer knyttet til spørsmål rundt forsyningssikkerhet. Vi ser derfor en nøytral sammenheng her.

Mellomlandsforbindelser og det interne nettet: Høyere økonomisk aktivitet øker mest sannsynlig verdien av investeringer på tvers av land, hvilket bidrar til høyere investeringer i mellomlandsforbindelser. Flere mellomlandsforbindelser reduserer verdien av eksisterende mellomlandsforbindelser. Sammenhengen mellom nytten av mellomlandsforbindelser, økonomisk vekst og nytten av kabler bidrar til en isolert sett redusert systematisk risiko. Hvorvidt interne nettførsterkninger er positivt korrelert med vekst i økonomien er usikkert, imidlertid bidrar et styrket internt nett til høyere verdi av kabler. Samlet sett påvirker ikke sammenhengen mellom intern nettutbygging, økonomisk vekst og nytten av kabler den systematiske risikoen knyttet til kabelinvesteringer som følge av at intern nettutbygging ikke nødvendigvis er relatert til økonomisk vekst.

Teknologi og fleksibilitet: Høyere økonomisk aktivitet øker mest sannsynlig investeringene i fornybar kraftproduksjon. Siden fornybar kraftproduksjon i hovedsak er uregulerbar bidrar en større andel fornybar til økt etterspørsel etter fleksibilitet, hvilket både kan øke og redusere kabelinntekten og den tilhørende nytten. Utviklingen av teknologi innen fleksibilitet har også betydning for kabelnytt. Siden utviklingen av fleksibilitet ikke nødvendigvis er relatert til økonomisk vekst, anses den overordnede sammenhengen å være nøytral.

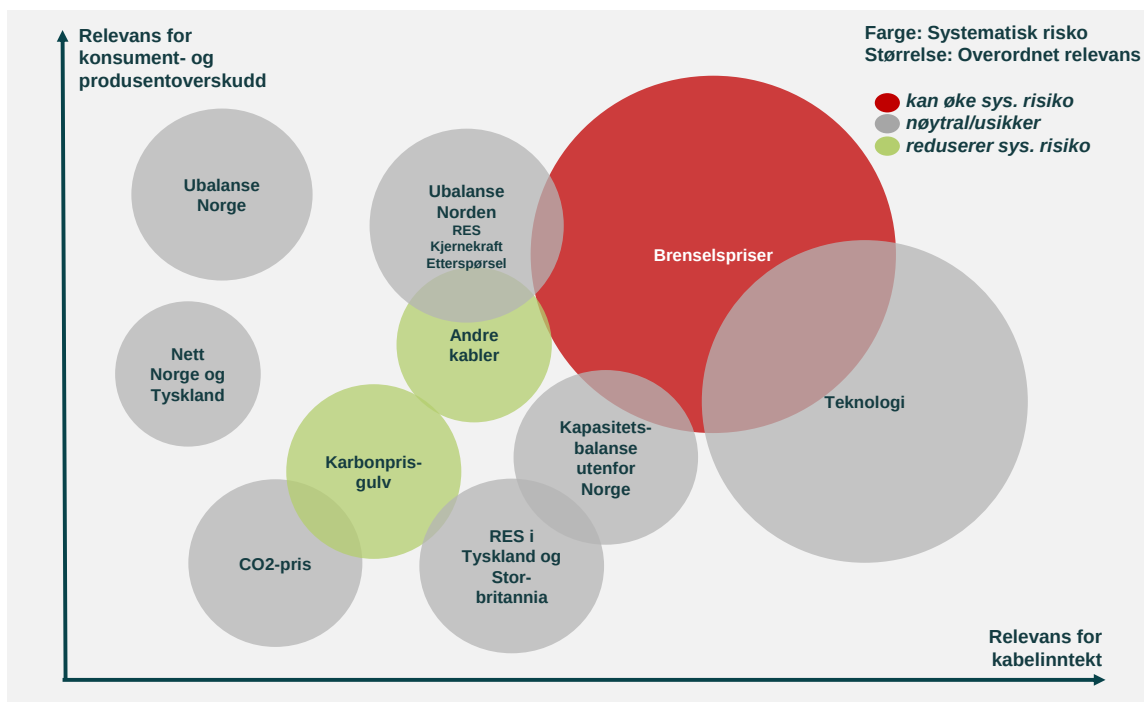
Figur 3-14: Oppsummering av sammenhengen mellom de viktigste driverne for nytten av kabler og systematisk risiko

Driver	BNP-vekst	Kabelnytte	Effekt på systematisk risiko
Brenselpris	+	+	+
CO ₂ -pris	+	0	0
Karbonprispulv	-	+	-
Kraftbalansen i Norden og Norge	0	0/+	0
Fornybar kraftproduksjon i utlandet	+	+/-	0
Kapasitetsbalansen i utlandet	0	+	0
MLF	+ / 0	-	-
Det interne nettet	0	+	0
Teknologi og fleksibilitet	+	+/-	0

Forklaring: + positiv sammenheng, - negativt sammenheng, 0 nøytral/usikker sammenheng

Sammenhengene er oppsummert i Figur 3-14. Overordnet har brenselpriser størst betydning i denne sammenheng. Figur 3-15 illustrerer dette og viser betydningen av de ulike driverne for nytten av kabler og deres effekt på systematisk risiko. Størrelsen på sirklene reflekterer deres relevans for kabelnytte. Vi ser at særlig utviklingen i brenselpriser og teknologi har størst betydning for nytten av mellomlandsforbindelser. Det at kabelinntekten i stor grad avhenger av utviklingen i brenselpriser innebærer at investeringer i mellomlandsforbindelser kan øke den systematiske risikoen. Samtidig bidrar karbonprispulv og andre kablers effekt på kabelnytte til å redusere den systematiske risikoen. Avsnittet over reflekterer imidlertid at de fleste av driverne har en nøytral eller usikker effekt på den systematiske risikoen. Hvorvidt investeringer i mellomlandsforbindelser er forbundet med en høyere eller lavere systematisk risiko enn risikoen knyttet til et normalt offentlig foretak er følgelig forbundet med usikkerhet.

Figur 3-15: Oppsummering av sammenhenger og drivkrefter



3.3.3 Forskjell i systematisk risiko mellom kablene

Vi kan ikke konkludere med at kablene til Storbritannia vil innebære en annen systematisk risiko enn en kabel til Tyskland. Det er mange forskjeller mellom de to kraftmarkedene, men ulike faktorer trekker risikoen i ulike retninger.

For eksempel innebærer en stor andel gasskraft i Storbritannia at en kabel til Storbritannia er forbundet med en større systematisk risiko enn en kabel til Tyskland. Dette støttes også av historiske observasjoner. Samtidig trekker karbonprisgulv og den generelle prisen av CO₂-prisen i Storbritannia systematisk risiko ned. Overordnet effekt er derfor uklar.

4 Konklusjon

Nytten av en kabelinvestering består dels av en økning i flaskehalsinntekter og dels av en økning i summen av konsument- og produsentoverskudd. For sistnevnte komponent er det ingen eller liten direkte sammenheng med Norges nasjonalinntekt. Vi har imidlertid vist at denne komponenten er positivt korrelert med brenselprisene, som igjen er korrelert med norsk inntekt.

Et moment som trekker i retning av lavere systematisk risiko for kabelinvesteringer enn for et normalt offentlig tiltak er usikkerheten knyttet til norsk inntektsvekst sammenlignet med inntektsveksten i utlandet (landene på den andre siden av kablen; dvs. i dette tilfellet Tyskland og Storbritannia). Særnorsk inntektsvekst gir høyere norsk kraftteterspørsel og høyere norske kraftpriser. Gitt uendrede kraftpriser i utlandet innebærer dette *negativ* samvariasjon mellom nytten av kabelinvesteringen og Norges nasjonalinntekt ved eksport av kraft, og *positiv* samvariasjon ved import av kraft. Dersom Norge i årene fremover ikke får en betydelig nettoimport av kraft, trekker dette i retning av lavt eller til og med negativt risikopåslag i kalkulasjonsrenten for kabelinvesteringer.

Det er imidlertid grunn til å tro at kraftprisene i utlandet vil svinge med den norske nasjonalinntekten. Dette kan skyldes samvariasjon mellom den norske nasjonalinntekten og nasjonalinntekten i utlandet, og ikke minst at gassprisen virker positivt på både den norske nasjonalinntekten og kraftprisnivået i utlandet. Våre analyser viser dessuten at spredningen i de utenlandske kraftprisene over årets timer er større jo høyere brenselprisene er, noe som bidrar til at flaskehalsinntektene er høyere jo høyere brenselprisene er. Vi observerer følgelig en positiv korrelasjon mellom gasspriser og simulerte flaskehalsinntekter på kablene til Tyskland og England. Denne observasjonen blir også støttet av historiske tall. Gjennom priseffekten bidrar brenselprisene i tillegg til å øke effekten på produsent- og konsumentoverskuddet.

Dette tyder altså på positiv systematisk risiko knyttet til investering i utvekslingskabler for kraft til Tyskland og Storbritannia. Det har imidlertid ligget utenfor rammen av dette prosjektet å tallfeste størrelsen på disse bidragene i retning av positiv systematisk risiko. Er disse sterke nok, kan de mer enn oppveie momentene over som trekker i retning av lavere systematisk risiko for kabelinvesteringer enn for et normalt offentlig tiltak.

Som følge av manglende kvantitative analyser kan vi ikke på sikkert nok grunnlag konkludere med at den systematiske risikoen alt i alt er lavere eller høyere for kabelinvesteringer enn for et normalt offentlig tiltak. En konservativ konklusjon er derfor å anbefale et risikopåslag som for vanlige offentlige prosjekter. En slik forsiktig konklusjon er også i tråd med NOU 2012:16, som kommer med følgende tilrådning for avvik fra den anbefalte kalkulasjonsrenten for vanlige offentlige tiltak:

«For tiltak som helt klart har lav eller negativ systematisk risiko, som for eksempel arbeidsmarkedstiltak, vil det være naturlig å bruke en kalkulasjonsrente som er

lavere. For tiltak som har helt klart høyere systematisk risiko vil det tilsvarende være riktig å bruke en kalkulasjonsrente som er høyere.»

På bakgrunn av vår analyse kan vi verken konkludere med at investering i kabel til Tyskland, eller England har helt klart lavere, eller høyere systematisk risiko enn for et normalt offentlig tiltak, og anbefaler dermed i tråd med NOU 2012:16 samme risikopåslag og avkastningskrav som for vanlige offentlige prosjekter. Dette innebærer et reelt avkastningskrav på 4 prosent de første 40 årene i analyseperioden, og deretter 3 prosent de neste 35 årene.

Referanser

NOU 2012:16. *Samfunnsøkonomiske analyser*. NOU 2012:16. Finansdepartementet.

Vedlegg 1: Modellantagelser

Dette vedlegget inneholder antagelser benyttet i referansescenarioer og sensitiviteter rapportert i denne analysen. Referanse scenario må ikke misforstås for å være en prisprognose eller “best guess” scenario, men må heller ses på som et utgangspunkt for å illustrere sammenhenger.

Tabell 2: Hovedantagelser i referansescenario

	<i>Units</i>	Norway	Sweden	Finland	Denmark
Price	€ per MWh	43.1	43.3	44.2	44.0
Coal	\$ per ton	88.6	88.6	88.6	88.6
Gas	\$ per MBtu	9.0	9.0	9.0	9.0
CO2	€ per ton	20.0	20.0	20.0	20.0
SRMC Coal	€ per MWh	40.6	40.6	40.6	40.6
SRMC Gas	€ per MWh	51.7	51.7	51.7	51.7
Demand	TWh	134.8	146.9	91.2	37.2
Generation	TWh	144.3	165.4	80.4	45.0
Water	TWh	136.5	65.8	12.9	0.0
Nuclear	TWh	0.0	65.6	33.8	0.0
Wind	TWh	5.9	16.1	6.3	21.9
Coal	TWh	0.0	1.3	8.8	15.4
Gas	TWh	0.0	1.3	2.2	3.5
Other*	TWh	1.9	15.2	16.5	4.2
Export	TWh	16.0	30.5	2.9	25.9
Import	TWh	7.0	12.9	13.9	18.5
Net-Balance**	TWh	9.0	17.6	-11.0	7.4
Net trade with:					
Germany	TWh	0	3	0	14
Netherlands	TWh	3	0	0	3
UK	TWh	0	0	0	0

Tabell 3: Brenselsprisantagelser for Figur 3-6 og Figur 3-7

	Gas	Coal	CO2
	[EUR/MWh]	[EUR/MWh]	[EUR/ton]
Gas price variations			
Very low gas price	13.6	9.6	20
Low gas price	18.6	9.6	20
Ref Case	23.6	9.6	20
High gas price	28.6	9.6	20
Very high gas price	33.6	9.6	20
Gas & coal price variations			
Very low gas & coal price	13.6	5.6	20
Low gas & coal price	18.6	7.6	20
Ref Case	23.6	9.6	20
High gas & coal price	28.6	11.6	20
Very high gas & coal price	33.6	13.6	20
CO2 price variations			
Ref Case	23.6	9.6	20
High CO2	23.6	9.6	30
Very High CO2	23.6	9.6	40

Tabell 4: Balanseantagelser for Figur 3-9 i TWh

	Adjustment of Norway only		Adjustment Norway+Other Nordics	
	Balance Norway	Balance Nordic	Balance Norway	Balance Nordic
Slightly higher surplus	15	21	15	24
High surplus (Ref. Case)	10	17	10	17
Slightly lower surplus	5	14	5	10
Balance Norway	0	10	0	4
Slight deficit	-5	6	-5	-5
Deficit	-10	2	-10	-14
High deficit	-15	-1	-15	-22
Very high deficit	-20	-5	-19	-30
Severe deficit	-25	-9	-24	-38

Tabell 5: Produksjonsantagelser for Tyskland i Figur 3-10 i TWh

	Ref. Case	Without wind	Without PV	Without both
Coal	165	203	177	217
Gas	26	51	39	57
Lignite	113	113	113	113
Nuclear	20	20	20	20
Wind	90	0	90	0
Hydro	24	24	24	24
CHP	10	10	10	10
Solar	36	36	0	0
Bio	15	15	15	15

Vedlegg 2 - Nytte av kabelinvestering når norsk produksjon avhenger av pris

Vi bruker samme notasjon som i avsnitt 2.1 bortsett fra at x nå er endogen og k er lik eksport (dvs $k < 0$ hvis Norge importerer kraft). La $B(x-k)$ være konsumentenes brutto nytte og $C(x)$ være kostnadene til norske produsenter. Disse funksjonene har standard egenskaper: $B' > 0$, $B'' < 0$, $C' > 0$ og $C'' > 0$. Tilfellet behandlet i avsnitt 2.1 svarer til at C'' er uendelig stor.

Samlet nytte for Norge er lik

$$(A.1) \quad W = p^U + B(x-k) - c(x)$$

Produksjonen og pris i Norge (x og p) er bestemt av følgende to ligninger:

$$(A.2) \quad \begin{aligned} C'(x) &= p \\ B'(x-k) &= p+t \end{aligned}$$

Her er p produsentprisen, og t er (gjennomsnittlig) elektrisitetsavgift og sertifikatpris som norske brukere må betale; norske brukere betaler altså $p+t$ per enhet elektrisk kraft brukt.

For enhver eksogen k blir x bestemt av (A.2), og det er rett frem å vise at

$$(A.3) \quad \frac{dx}{dk} = \frac{-B''}{C'' - B''} \in (0,1)$$

Merk at $dx/dk=1$ for tilfellet behandlet i avsnitt 2.1, siden C'' der var uendelig stor.

Vi deriverer nå W mhp k når vi tar hensyn til (A.3). Fra (A.1) og (A.2) er det rett frem å finne

$$(A.4) \quad \frac{dW}{dk} = p^U - (p+t) + t \frac{dx}{dk}$$

En økning i k fra k^0 til k^1 gir derfor

$$(A.5) \quad V = W^1 - W^0 = [p^U - (\tilde{p} + t)](k^1 - k^0) + t \frac{dx}{dk}(k^1 - k^0)$$

hvor $\tilde{p}$ som i avsnitt 2.1 ligger mellom gammel og ny likevektspris.

Dersom vi ser bort fra el-avgiften (som vi gjorde i avsnitt 2.1) er dette nøyaktig det samme uttrykket som (1) i avsnitt 2.1. Vi kan også dekomponere dette uttrykket på en tilsvarende måte som vi gjorde i (2) i avsnitt 2.1.

Når $t > 0$ får vi en forskjell fra ligning (1) selv om $dx/dk=0$. Men fra tolkningen av (1) er det klart at det er norske brukeres verdsetting av deres kraft som representeres ved $\tilde{p}$,

denne verdsettingen er lik prisen brukerne betaler. Med andre ord må en eventuell el-avgift være inkludert i $\tilde{p}$ i ligning (2). Dekomponeringen blir som i (3) bortsett fra at vi får et tilleggsledd $-t(k^1 - k^0)$, som er statens tapte avgiftsinntekter som følge av den økte eksporten.

Fra (A.5) ser vi at dette fradraget i V pga el-avgiften er mindre jo større dx/dk er. Tolkningen av dette er at brukerne på marginen verdsetter kraften høyere enn marginale produksjonskostnader. Jo større grad eksporten fører til høyere produksjon i stedet for lavere bruk jo mindre blir derfor tapet knyttet til el-avgiften.

Vi kan alternativt skrive (A.5) som

$$V = W^1 - W^0 = [p^U - \tilde{p}](k^1 - k^0) - t \left(1 - \frac{dx}{dk} \right) (k^1 - k^0)$$

Med denne skrivemåten sier vi at el-avgiften gir et fradrag i nytten når vi eksporterer kraft, og et tillegg når vi importerer kraft.

Vista Analyse AS

Vista Analyse AS er et samfunnsfaglig analyseselskap med hovedvekt på økonomisk forskning, utredning, evaluering og rådgiving. Vi utfører oppdrag med høy faglig kvalitet, uavhengighet og integritet. Våre sentrale temaområder omfatter klima, energi, samferdsel, næringsutvikling, byutvikling og velferd.

Våre medarbeidere har meget høy akademisk kompetanse og bred erfaring innenfor konsulentvirksomhet. Ved behov benytter vi et velutviklet nettverk med selskaper og ressurspersoner nasjonalt og internasjonalt. Selskapet er i sin helhet eiet av medarbeiderne.

Vista Analyse AS
Meltzersgate 4
0257 Oslo

post@vista-analyse.no
vista-analyse.no