

Potensial for energieffektivisering i norsk landbasert industri



enova
rapport

2009:5

Forord

Prosessindustriens Landsforening (PIL, nå Norsk Industri) gjennomførte, i samarbeid med Enova SF, Kjelforeningen – Norsk Energi og Institutt for energiteknikk, i 2002 en studie for å kartlegge potensialet for mer miljøeffektiv energi-bruk og -produksjon i norsk prosessindustri. Det ble i 2007 foretatt en gjennomgang av 2002-studien, og dette arbeidet viste at store deler av potensialet identifisert i 2002 ikke var realisert, og at det i tillegg fantes ytterligere potensial. Enova tok derfor i 2009 initiativ til å gjøre en ny gjennomgang av potensialet for energieffektivisering i norsk industri. Enova valgte å bruke McKinsey & Company (McKinsey) som ekstern rådgiver i denne studien.

Studien dekker mer enn 95% (76 TWh) av energibruken i norsk landbasert industri. Arbeidet er gjennomført i tett samarbeid med industrien. For de store og energitunge industriene – aluminium, kjemisk industri, raffinerier, treforedling og ferrolegeringer – har prosjektgruppen gjennomført tre workshops for hver industri, samt jevnlige interaksjoner utover dette. Øvrig industri (inkludert sement og trelast) ble behandlet i en felles prosess. Dette er relativt små energiforbrukere, og det var uhensiktsmessig å gjennomføre industrispesifikke workshops.

Økt energieffektivisering i norsk industri vil ha en positiv finansiell og miljømessig effekt. McKinseys globale kostnadskurve for reduksjon av CO₂-utslipp viser at 50% av CO₂ reduksjonspotensialet er knyttet til energieffektiviseringstiltak, og at disse gjennomgående har lav eller negativ kostnad. Prosjektgruppen ønsker i denne rapporten å synliggjøre det fulle potensialet for energieffektivisering i norsk landbasert industri, samt diskutere barrierer mot realisering av potensialet. Vi ønsker dermed å skape et faktabasert grunnlag for beslutningstagere både i offentlig og privat sektor.

McKinsey har bidratt med analytisk støtte til gjennomføringen av denne studien. Dette har inkludert å samle inn informasjon, gjennomføre analyser, kjøre workshops med industrien, og å summere konklusjonene i denne rapporten.

Vi vil takke alle som har vært involvert for godt samarbeid og verdifulle bidrag til rapporten. Spesielt vil vi takke deltakere fra Norsk Hydro, Alcoa Norway, Sør-Norge Aluminium, Norske Skog, Peterson Linerboard, Sødra Cell, INEOS, Boliden, Statoil, Yara, Elkem, Fesil, Finnfjord, Eramet, Tinfos, Norcem Sement, SINTEF, Papir- og Fiberinstituttet, Norsk Treteknisk Institutt og Håkon Skistad.

Innholdsfortegnelse

1	SAMMENDRAG	4
2	UTGANGSPUNKTET FOR NORSK INDUSTRI	7
2.1	HISTORISK ENERGIBRUK I NORSK INDUSTRI	7
2.2	FORVENTET ENERGIBRUK FREM MOT 2020	12
3	POTENSIALET FOR ØKT ENERGIEFFEKTIVISERING I NORSK INDUSTRI	14
3.1	SAMLET POTENSIAL OG KOSTNADER	14
3.2	TILTAK FOR ENERGIEFFEKTIVISERING	19
3.3	POTENSIALER PER INDUSTRI	22
4	BARRIERER MOT ENERGIEFFEKTIVISERING	28
4.1	OVERSIKT OVER BARRIERENE	28
4.2	BARRIERENES BETYDNING FOR REALISERING AV POTENSIALET	31
4.3	BARRIERER PER INDUSTRI	36
5	APPENDIKS	42
5.1	SPESIelt OM ALUMINIUMSINDUSTRIEN	42
5.2	SPESIelt OM KJEMISK INDUSTRI OG RAFFINERI	55
5.3	SPESIelt OM TREFOEDLINGSINDUSTRIEN	67
5.4	SPESIelt OM FERROLEGERINGSINDUSTRIEN	75
5.5	SPESIelt OM ØVRIG INDUSTRI	89
5.6	DETALJERT TILTAKSOVERSIKT	95

1 Sammendrag

Norsk landbasert industri har et totalt teknisk potensial for å redusere netto¹ energibruk med 29% (27 TWh) i forhold til referansebanen for 2020. Dette tilsvarer en årlig forbedring i spesifikt energibruk på 3,1%. Energieffektivisering i industrien utgjør dermed en betydelig ressurs for Norge, tilsvarende rundt 40 Alta-kraftverk². 12 TWh av potensialet er lønnsomt og kommer fra redusert bruk av primærenergi (elektrisitet, olje, gass og kull) i industrien. Ytterligere 10 TWh kommer fra ekstern utnyttelse av spillvarme fra industrien, noe som kan bidra til å redusere bruk av primærenergi i samfunnet forøvrig. Realisering av dette potensialet forutsetter imidlertid tilstrekkelig avtak (etterspørsel og infrastruktur) for spillvarmen. 5 fundamentale barrierer hindrer i dag realisering av det totale potensialet: Manglende ekstern infrastruktur, umoden teknologi, manglende bedriftsøkonomisk attraktivitet, begrenset tilgang på kapital, samt manglende bevissthet og kompetanse.

Landbasert industri utgjorde 35% (79 TWh) av Norges totale energiforbruk i 2007 og er som sektor landets største energibruker. Industrien er blant verdens mest kraftkrevende, drevet av aluminiumsindustrien, ferrolegeringsindustrien samt treforedling og kjemisk industri. Kostnadsfokus og innføring av ny teknologi resulterte i en årlig reduksjon i energiintensitet på 1% for de kraftkrevende industriene i perioden 1990-2005. Denne forbedringen kompenserte for veksten i produksjon. Industriens referansebane gir en reduksjon i energiforbruk med 3% innen 2020, noe som er i tråd med historisk stabil energibruk.

Vi har i denne rapporten identifisert et totalt teknisk potensial for å redusere netto energiforbruk med 29% i forhold til industriens referansebane i 2020. Dette ville medført en reduksjon i spesifikt energibruk på 34% i forhold til 2007-nivå. Absolutt reduksjon i energibruk er 26,9 TWh sammenlignet med et beregnet 2020-nivå uten forbedringer³. 80% av potensialet er knyttet til redusert bruk av elektrisk kraft. Det resterende potensialet kommer fra andre energibærere og medfører en reduksjon av CO₂-utslipp⁴ på 0,9 millioner tonn.

¹ Netto energibruk defineres her som importert energi minus eksportert energi

² Forutsatt en midlere årsproduksjon for Alta-kraftverket på 655 GWh.

³ 2020 nivå uten forbedringer tar utgangspunkt i forventet produksjon i 2020, men fastholder dagens spesifikke energibruk. Dette referansenivået kalles også et frossen teknologi scenario. Navnet indikerer at teknologien, og dermed spesifikke energibruken, holdes konstant (frossen).

⁴ Dersom den frigjorte elektriske kraften ble brukt til å erstatte gasskraft ville dette gi en ytterligere CO₂ reduksjon på 7,7 millioner tonn.

12 TWh av det totale potensialet kommer fra lønnsomme tiltak⁵ som reduserer industriens egen bruk av primærenergi (elektrisitet, olje, gass og kull) uten forutsetning om ekstern infrastruktur. Realisering av dette potensialet alene vil medføre en årlig forbedring i spesifikt energibruk på 1,3% til en investeringskostnad på NOK 11 milliarder (1 milliard i året frem til 2020). De lønnsomme tiltakene har en gjennomsnittlig investeringskostnad på 0,9 NOK/kWh og en gjennomsnittlig tilbakebetalingstid på 4 år⁶.

Ytterligere 10 TWh av potensialet kommer fra ekstern utnyttelse av spillvarme fra industrien, noe som kan bidra til å redusere bruk av primærenergi i samfunnet forøvrig. Dette potensialet er lønnsomt fra bedriftenes perspektiv under forutsetning om tilgang til brukere av spillvarmen, typisk gjennom ekstern infrastruktur som fjernvarmenett. Realisering ville kreve en investering på NOK 3,8 milliarder fra industrien og en ytterligere investering i infrastruktur på rundt NOK 20-25 milliarder⁷.

Det totale tekniske potensialet stammer fra 120 enkelttiltak som kan deles i 5 hovedkategorier; intern og ekstern utnyttelse av lavtemperatur spillvarme (13,3 TWh) elektrisitetsproduksjon og kraftvarmeanlegg (1,8 TWh), effektivisering av støttesystemer (4,3 TWh), forbedret drift og kontroll (2,5 TWh), samt effektivisering av industrispesifikke kjerneprosesser (4,9 TWh). Tiltakenes kost og potensial er sammenfattet i figuren under.

⁵ Hvorav 1,6 TWh krever ny teknologi som per i dag er umoden, men forutsettes kommersielt tilgjengelig i 2020

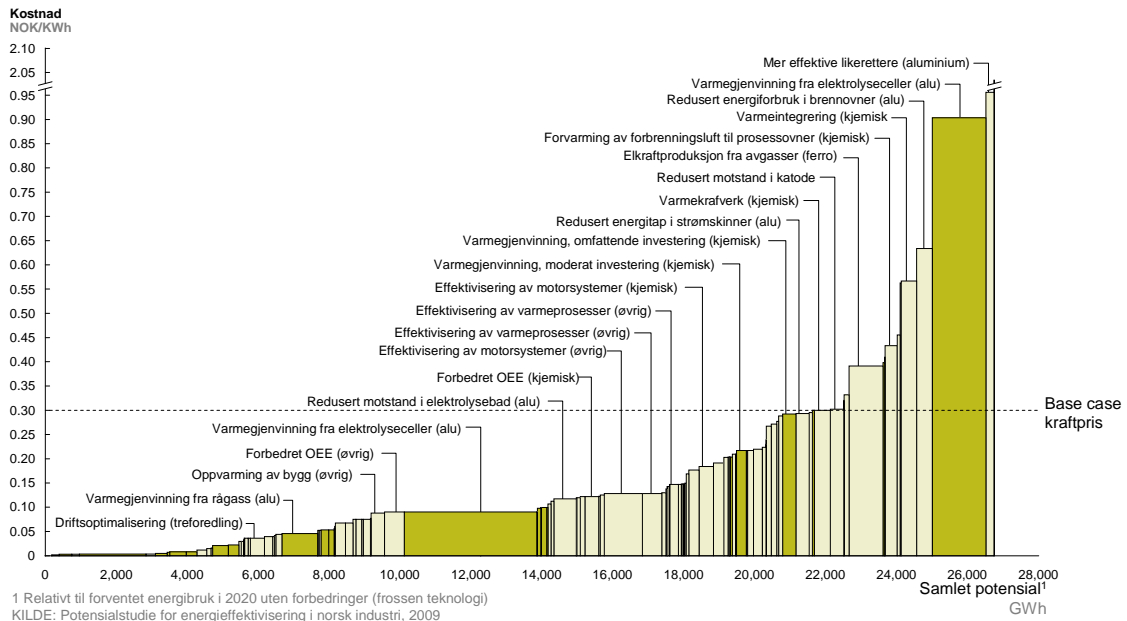
⁶ Forutsatt en kraftpris på 30 øre/kWh og en kalkulasjonsrente på 10%.

⁷ Forutsatt en typisk kostnad for fjernvarmenett på 2,3 NOK/kWh (Basert på erfaringsdata fra Enovas søknadsporfølge på infrastruktur)

Kostnadskurve for energieffektivisering i norsk industri

■ Tiltak som krever utbygging av ekstern infrastruktur

Kostnadskurve for 2020



For å realisere det fulle potensialet må en systematisk adressere fem barrierer: Manglende ekstern infrastruktur (gjelder for 44% av det totale potensialet), umoden teknologi (11%), manglende bedriftsøkonomisk attraktivitet (58%), begrenset tilgang på kapital (54%) samt manglende bevissthet og kompetanse (39%). De fleste tiltakene hindres av flere barrierer, men heving av bevissthet og kompetanse alene ville frigjort 5.1 TWh lønnsomt potensial.

2 Utgangspunktet for norsk industri

Energibruken i norsk industri har vært relativt stabil siden slutten av 90-tallet. En jevn forbedring i energiintensitet har kompensert for økningen i produksjon. Dette kapitlet tar for seg industriens energibruk i dag, den historiske utvikling samt forventet utvikling i energibruk frem mot 2020.

2.1 HISTORISK ENERGIBRUK I NORSK INDUSTRI

Landbasert industri er Norges største energibruker med et forbruk på 79 TWh i 2007, tilsvarende 35% av Norges netto innenlands sluttbruk⁸ på 226 TWh. Denne rapporten omfatter 76 TWh av industriens sluttbruk⁹ og inkluderer alle de kraftkrevende industriene samt øvrig industri. Næringsmiddelindustrien er ikke inkludert i denne studien¹⁰.

⁸ Olje og gassnæringen er ikke inkludert i det totale fastlandsforbruket.

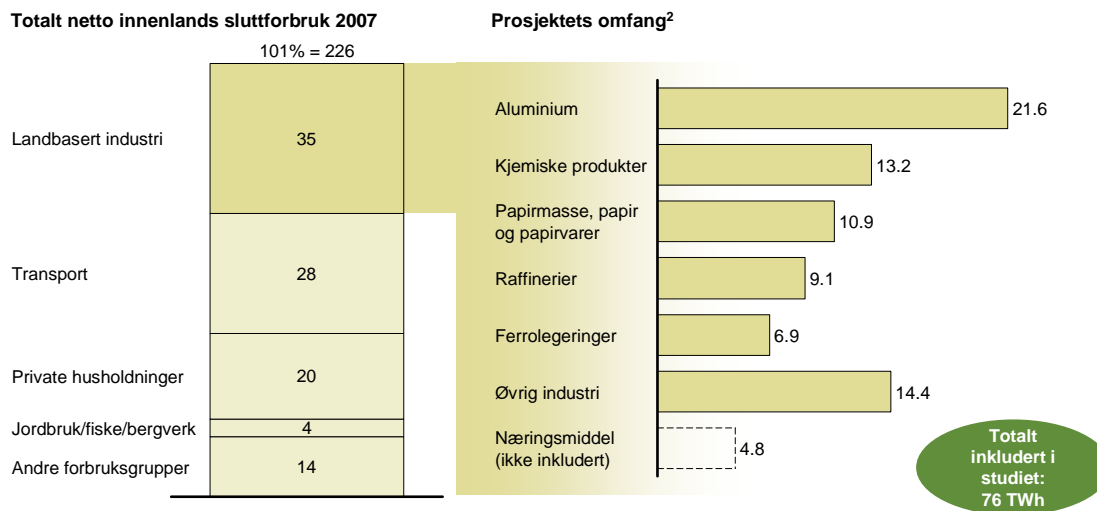
⁹ Enkelte av forbruks tallene fra 2007 er oppdatert i forhold til SSB sine tall på basis av oppdaterte data rett fra industrien.

¹⁰ Næringsmiddelindustrien ble studert i en egen studie i 2007 og det ble kartlagt et totalt effektiviseringspotensial på 1,3 TWh (30%), hvorab 1 TWh er inntjent på under to år.

Figur 2.1.1

Nedbryting av energibruk i Norge

TWh 2007



¹ Inkluderer: Forlagsvirksomhet og grafisk produksjon, gummi- og plastprodukter, maskiner og utstyr, elektriske og optiske produkter, transportmidler, metallvarer unntatt maskiner og utstyr, møbler og annen industriproduksjon, gartnei, vaskeei, trevarer, trelast, produksjon av andre ikke-metallholdige mineralprodukter (inkl. sement), samt produksjon av andre metaller

² Enkelte tall justert ift SSB i tråd med oppdatert data fra industrien

KILDE: SSB Énergibalansen; industri data; Potensialstudie for energieffektivisering i norsk industri

Norsk industri er svært energiintensiv sammenlignet med industri i andre land. De kraftkrevende industriene aluminiumsproduksjon, kjemisk produksjon, raffinering, papirmasse og ferrolegeringsproduksjon, står for 80% av industriens totale bruk. Dette er høyt i internasjonal sammenheng, og norsk industri har vært blant verdens mest kraftintensive siden tidlig på 70-tallet (*figur 2.1.2*).

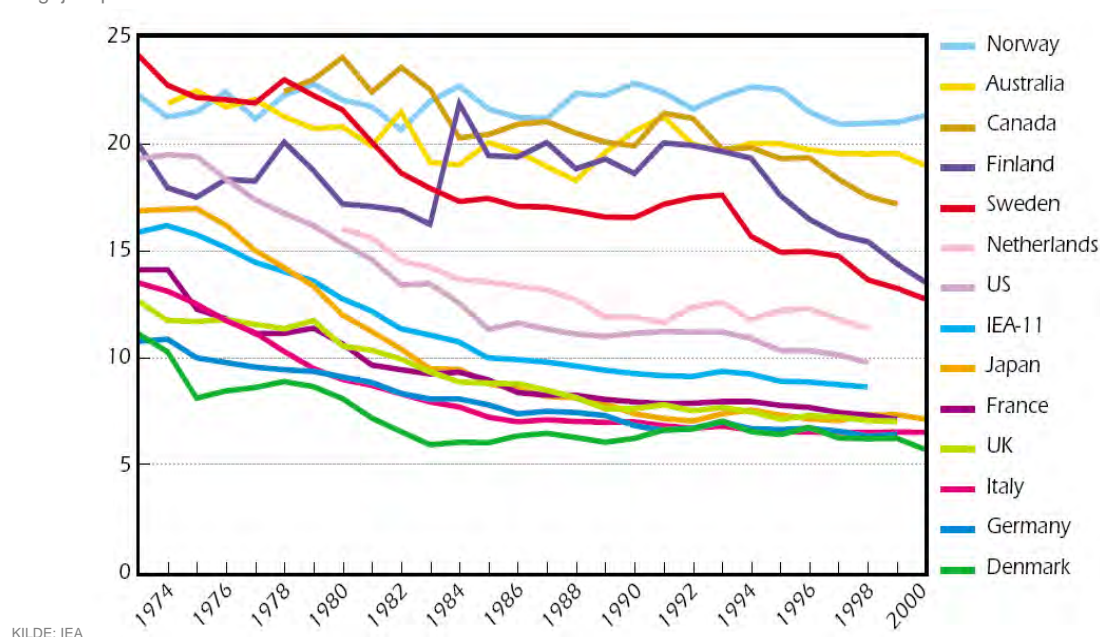
Norges tilgang på elektrisk kraft og naturressurser har vært en forutsetning for fremveksten av de kraftkrevende industriene. God tilgang på vannkraft har vært en viktig driver for metallurgisk industri, inkludert aluminiums- og ferrolegeringsindustrien. Her utgjør elektrisk kraft 95% av det totale kraftbehovet¹¹. For petrokjemisk industri og treforedlingsindustrien er andelen elektrisk kraft lavere siden store deler av energibruken dekkes direkte fra råvarene i prosessen (henholdsvis kull/koks og biomasse).

¹¹ Kull og koks som reduksjonsmiddel I produksjonsprosessen ikke inkludert

Figur 2.1.2

Utvikling av spesifikt energibruk i industrien

Megajoul per USD



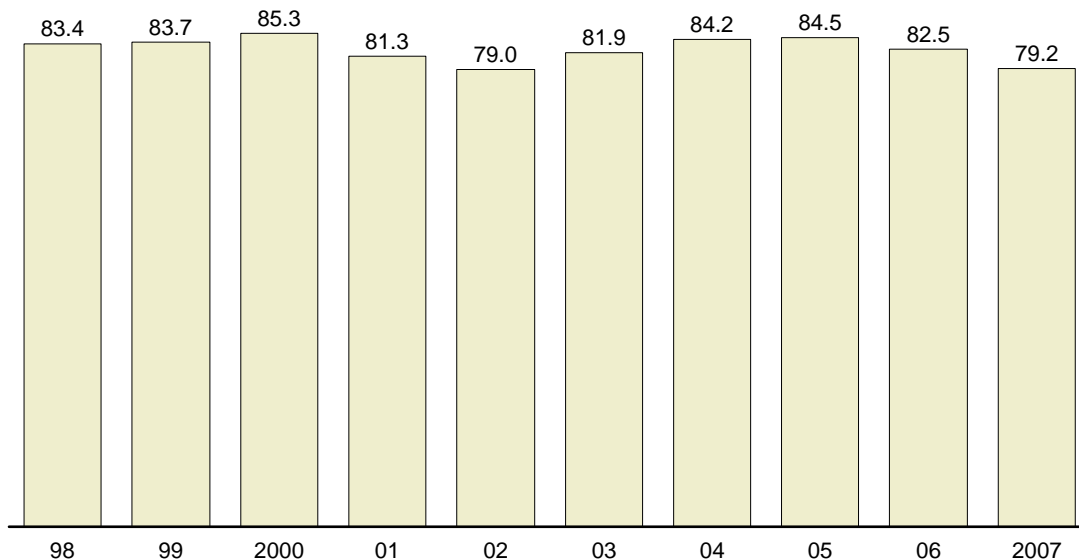
Den kraftintensive industrien har lyktes å redusere energiintensiteten med i gjennomsnitt 1% per år i perioden 1990 til 2005. Dette kompenserte for industriens produksjonsvekst i samme periode, og den totale energibruken i industrien har derfor ligget relativt stabilt (*figur 2.1.3*). Forbedringen i energiintensitet kan sees i sammenheng med en jevn økning i kraftpris som har gjort effektiv bruk av energi viktigere fra et bedriftsøkonomisk perspektiv. Teknologisk utvikling har også spilt en viktig rolle. Eksempelvis førte en nær fullstendig overgang til ny type smelte-teknologi til en vesentlig forbedring av energieffektivitet i aluminiumsindustrien i perioden 2002 til 2007. I alt har økt energieffektivitet motvirket effekten av prisøkningen på energi, og som et resultat har utgifter til energi har ligget stabilt på mellom 6 og 10% av kostbasen¹² avhengig av sektor.

¹² Utregninger basert på data fra SSB

Figur 2.1.3

Historisk utvikling i energiforbruk for norsk industri

Energibruk for bedrifter i industri, TWh/år



Kilde: SSB Energibruk for bedrifter i industri (NACE 10-33)

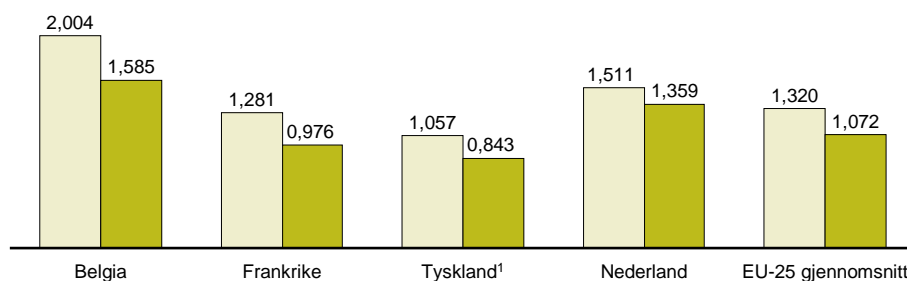
Den årlige forbedringen i energiintensitet for norsk landbasert industri i perioden 1990-2005 har vært i samme størrelsesorden som den i land som Belgia, Frankrike, Tyskland, Nederland og det Europeiske gjennomsnittet på 1% årlig forbedring (*figur 2.1.4*). Enkelte av de energikrevende industriene er sågar blant verdens mest energieffektive. Norsk metallurgisk industri ligger eksempelvis i front globalt både for energieffektiv aluminiumsfremstilling og fremstilling av silisium til solceller.

Figur 2.1.4

Utvikling i energiintensitet for industri i utvalgte europeiske land

Boe per EUR millioner brutto industriell verdiskapning

□ 1990
■ 2005



Årlig forbedringstakt i
perioden 1990–2005
Prosent

-2

-2

-2

-1

-1

¹ 1995 brukt som basis grunnet nedstenging av fabrikker etter gjenforeningen
KILDE: EuroStat, NTUA (PRIMES forecast 2007); Global Insight

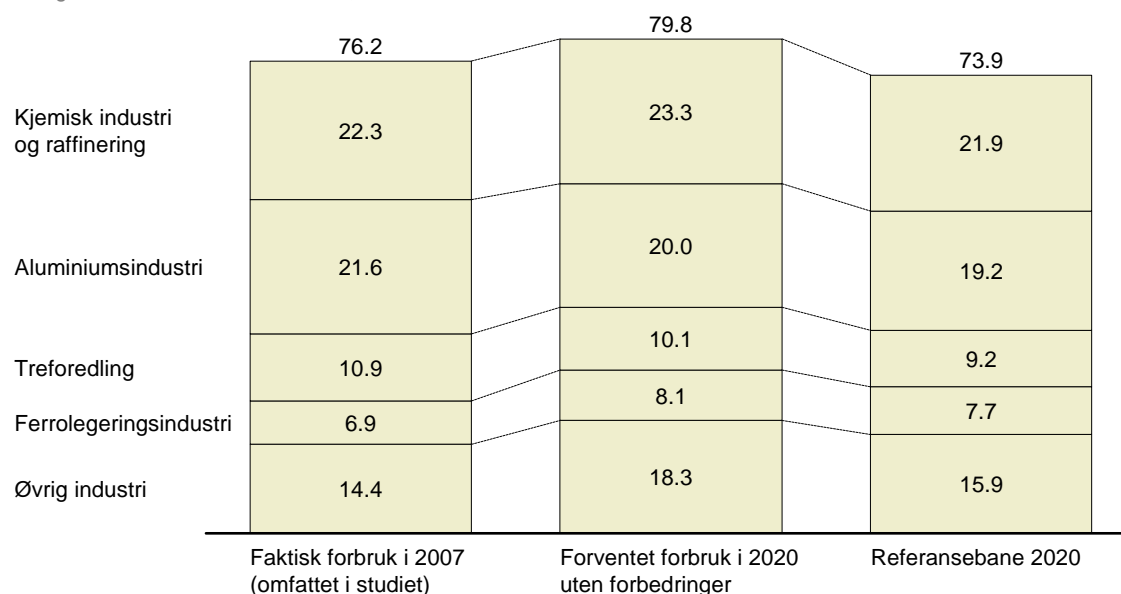
2.2 FORVENTET ENERGIBRUK FREM MOT 2020

Energibruken i industrien forventes å falle med 3% fra 2007 til 2020 (fra 76 til 74 TWh) dersom ingen *ekstra* innsats rettes mot energieffektivisering over de neste 10 årene. Denne referansebanen er konsistent med industriens stabile energibruk siden sent på 90-tallet.

Figur 2.2.1

Energibruk i 2007 og forventet utvikling mot 2020

Energiforbruk i industrien¹ mot 2020, TWh/år



¹ Som omfattet i studiet. Inkluderer ikke næringsmiddelindustrien
KILDE: Potensialstudie for energieffektivisering i norsk industri, 2009

Den forventede energibruken i 2020, også kalt *referansebanen*, er utviklet basert på produksjonsprognoser utarbeidet i nært samarbeid med de enkelte industriene, ekstrapolering av historisk forbedringstakt, samt prognoser fra Finansdepartementets perspektivmelding. Usikkerheten i referansebanen er betydelig og i hovedsak drevet av usikkerheten i produksjonsprognosene og forventet forbedringstakt. De detaljerte forutsetninger for referansebanen i hver enkelt industri gis i rapportens sektorspesifikke vedlegg.

Referansebanen impliserer en forventet normal forbedringstakt for energiintensitet på 0,6% per år. Denne forbedringstakten inkluderer den kontinuerlig teknologiske og operasjonelle forbedringen og gjenspeiler det som forventes å skje uten ekstra innsats for energieffektivisering. Forbedringstakten er beregnet basert på fremskriving av historisk forbedringstakt i hver enkelt industri, med justeringer der

ytterligere informasjon har gjort dette mulig. I aluminiumsindustrien er for eksempel effekten av overgang til ny smeltingsteknologi trukket ut da et så stort trinnvis teknologisk gjennombrudd ikke forventes å skje igjen i løpet av de kommende 10 årene. Det er også tatt hensyn til allerede planlagte tiltak der disse er kjent.

Aluminiumsindustrien, papirindustrien og raffinering driver den forventede nedgangen i industriens totale energiforbruk frem mot 2020. Disse industriene forventer relativt flat produksjon, noe som kombinert med normal forbedringstakt vil gi redusert energibruk i 2020. For aluminiumsindustrien vil krevende markedsforhold drevet av finanskrisen føre til redusert produksjon i 2009-2012. I papirindustrien forventes reduksjon i total produksjon grunnet nedgang i salg av avisepapir. Videre forventer raffineriene flat produksjon ettersom de allerede produserer på full kapasitet og ikke planlegger kapasitetsutvidelse innen 2020. Resterende industrier forventer vekst i produksjon og energiforbruk.

3 Potensialet for økt energieffektivisering i norsk industri

Det finnes fortsatt et vesentlig potensial for å forbedre energieffektiviteten i norsk industri, til tross for et godt utgangspunkt. Store deler av dette potensialet er økonomisk lønnsomt. Energieffektivisering utgjør dermed en betydelig kilde for lønnsom ren energi.

Dette kapitlet beskriver det identifiserte potensialet for energieffektivisering med tilhørende kostnads- og lønnsomhetsvurderinger. Potensialet brytes ned på tiltakskategorier og industri. Alle potensialene som omtales i det følgende er forankret og utarbeidet i nært samarbeid med industrien gjennom workshops og hyppig interaksjon med de største aktørene innen hver sektor.

3.1 SAMLET POTENSIAL OG KOSTNADER

Det finnes et teknisk potensial for å redusere spesifikt energibruk i norsk industri med 34% innen 2020. Dette forutsetter at alle identifiserte tiltak gjennomføres, inkludert ekstern utnyttelse av spillvarme. Potensialet tilsvarer en absolutt reduksjon i energibruk på 26,9 TWh sammenlignet med et beregnet 2020-nivå uten forbedringer (frossen teknologi). Om alt dette hadde vært elektrisk kraft, tilsvarer det en frigjøring av ren kraft lik årsproduksjonen fra 40 Alta-kraftverk eller mer enn 3800 vindmøller¹³. Realisering av det fulle tekniske potensialet ville medført en reduksjon i energibruk på 29% i forhold til referansebanen.

Tiltakene som er lønnsomme for bedriftene gir et samlet potensial for energieffektivisering på 22 TWh innen 2020. Dette tilsvarer 83% av det totale potensialet i kostnadskurven (*figur 3.1.1*). 12 TWh av det lønnsomme potensialet kommer fra redusert bruk av primærenergi (elektrisitet, olje, gass og kull) internt i industrien. Ytterligere 10 TWh kommer fra ekstern utnyttelse av spillvarme fra industrien, noe som kan bidra til å redusere bruk av primærenergi i samfunnet for øvrig. Dersom en realiserer alle de lønnsomme¹⁴ tiltakene ville forbedringstakten i energibruk økt fra 0,6% i året, slik det er forutsatt i referansebanen, til 2,5% i året. Den økte forbedringstakten er i tråd med typiske målsettinger i andre europeiske land.

¹³ Sammenligningen forutsetter ~26.9 TWh reduksjonspotensial relativt til forventet forbruk i 2020 uten forbedringer (frossen teknologi), årlig produksjon fra Alta kraftverket på 655 GWh, årlig produksjon fra typisk vindmølle på 7 GWh.

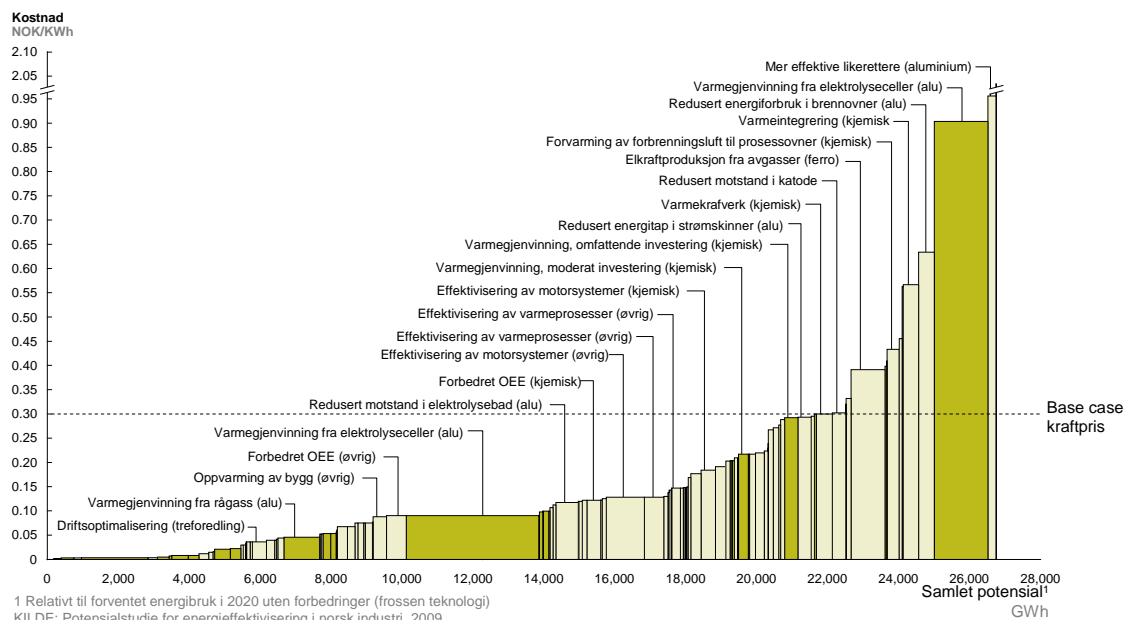
¹⁴ Realisering av kun lønnsomme tiltak som i tillegg ikke krever ekstern infrastruktur ville gi en årlig forbedring i intensitet på 1,3%. Dette er en dobling av forbedringshastigheten forventet i referansebanen.

Figur: 3.1.1

Kostnadskurve for energieffektivisering i norsk industri

Kostnadskurve for 2020

■ Tiltak som krever utbygging av ekstern infrastruktur



For å oppnå konsistens og sammenlignbarhet på tvers av industrier og tiltak er investeringer som ligger "utenfor bedriftens gjerde" ikke tatt med i beregningen av kostnaden for de enkelte tiltakene. Tiltakskosten gjengitt i figur 3.1.1, gjenspeiler derfor kostnadene fra bedriftens perspektiv. Spesifikt for tiltakene knyttet til utnyttelse av spillvarme betyr dette at kostnaden for å fange opp, prosessere og gjøre spillvarmen tilgjengelig inkluderes i beregningene. Eventuelle kostnader knyttet til utbygging av infrastruktur for varmetransport utenfor fabrikanlegget inkluderes imidlertid ikke. Beregning av slike kostnader på tiltaks- eller anleggsnivå faller utenfor mandatet for dette arbeidet. Kostnadsspørsmål knyttet til spillvarmeutnyttelse behandles imidlertid kvalitativt i kapittel 4.

3.1.1 Lønnsomt potensiale og sensitivitet til energikostnad og kalkulasjonsrente

Lønnsomme tiltak har en kostnad¹⁵ per spart energienhet som er lavere enn energikostnaden. Hvor mye av det totale potensialet som er lønnsomt er dermed avhengig av kalkulasjonsrente og antatt energikostnad. I dette arbeidet har vi lagt

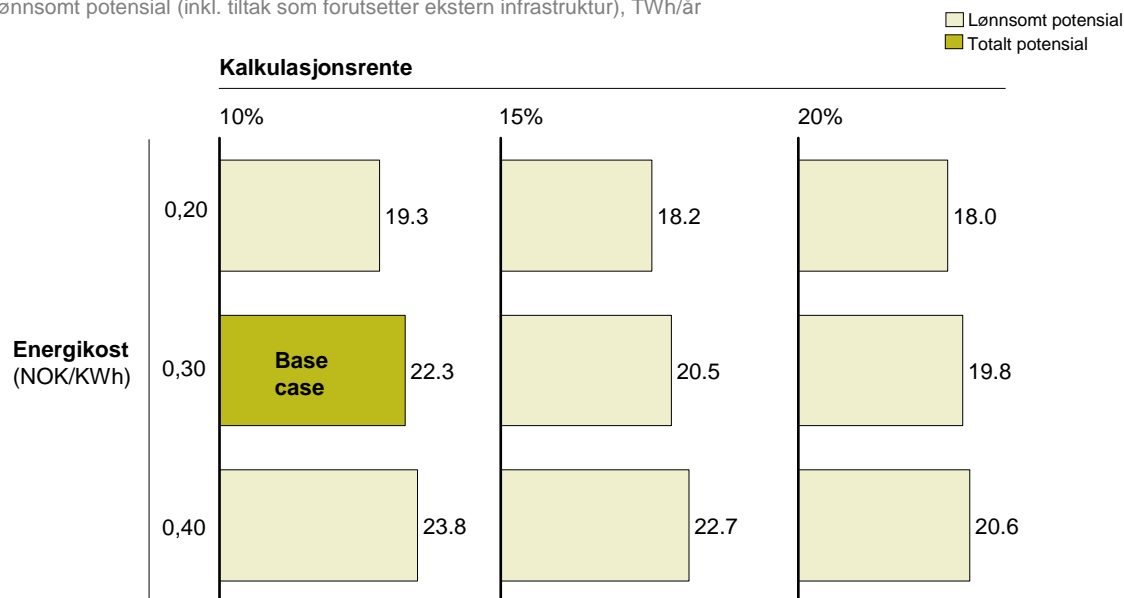
¹⁵ En detaljert beskrivelse av metodikken for beregning av tiltakskost er tilgjengelig i rapportens vedlegg

til grunn en energikostnad på 30 øre/kWh¹⁶ og en diskonteringsrente på 10%. Begge disse antagelsene er gjenstand for usikkerhet. Det lønnsomme potensialet er imidlertid relativt lite sensitivt for endringer i disse parameterne (*figur 3.1.2*). Eksempelvis gir en reduksjon i kraftprisen ned til 20 øre/kWh et lønnsomt potensial på 19 TWh. Øker man i tillegg diskonteringsrenten til 20% reduseres det lønnsomme potensialet ytterligere til 18 TWh.

Figur 3.1.2

Sensitivitet i lønnsomt potensial for kalkulasjonsrente og energikost

Lønnsomt potensial (inkl. tiltak som forutsetter ekstern infrastruktur), TWh/år



KILDE: Potensialstudie for energieffektivisering i norsk industri, 2009

3.1.2 Investeringsbehov

For å realisere det totale tekniske potensialet kreves investeringer på NOK 33 milliarder. Av dette har de lønnsomme tiltakene som ikke forutsetter ekstern infrastruktur et investeringsbehov på NOK 11 milliarder (*figur 3.1.3*). Dette

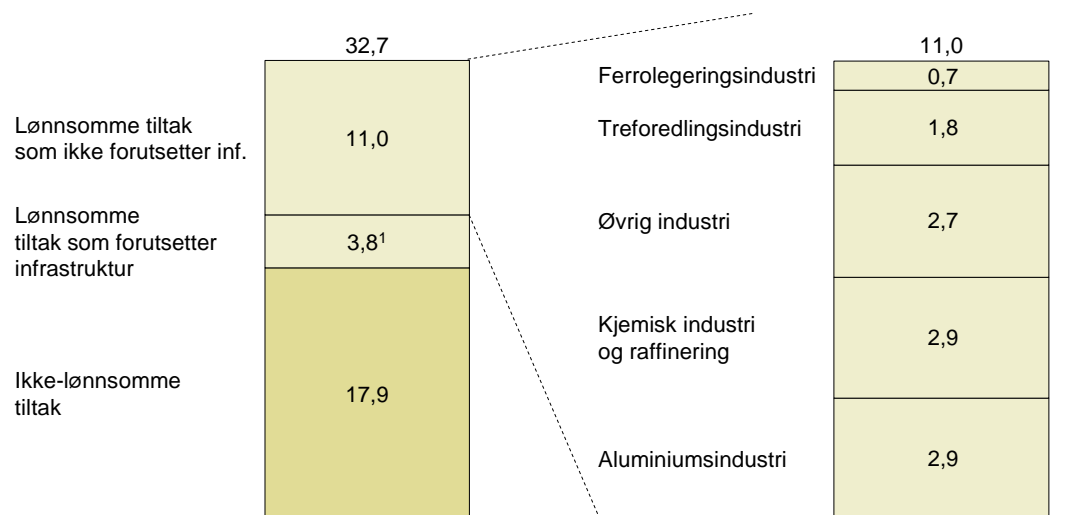
¹⁶ 30 øre/kWh er et vektet snitt av energikostnaden i norsk landbasert industri i 2008. Som estimat for energiprisen i 2020 er dette tallet trolig svært konservativt da kraftprisen har steget jevnt de siste 10 årene og denne trenden er forventet å fortsette.

innebærer en gjennomsnittlig årlig investering på NOK 1 milliard, tilsvarende rundt 4% av industriens brutto investeringer¹⁷ i 2007.

Figur 3.1.3

Investeringsbehov for realisering av tiltak frem til 2020

NOK milliarder



¹ Inkluderer kun industriens kostnader. Kostnader for eventuell infrastruktur for varmtransport kommer i tillegg (typisk kost fjernvarme -2,3 NOK/kWh)
KILDE: Potensialstudie for energieffektivisering i norsk industri, 2009

¹⁷ Industrien hadde brutto investeringer (anskaffelser fratrukket salg) på NOK 28 milliarder i 2007, (kilde: SSB)

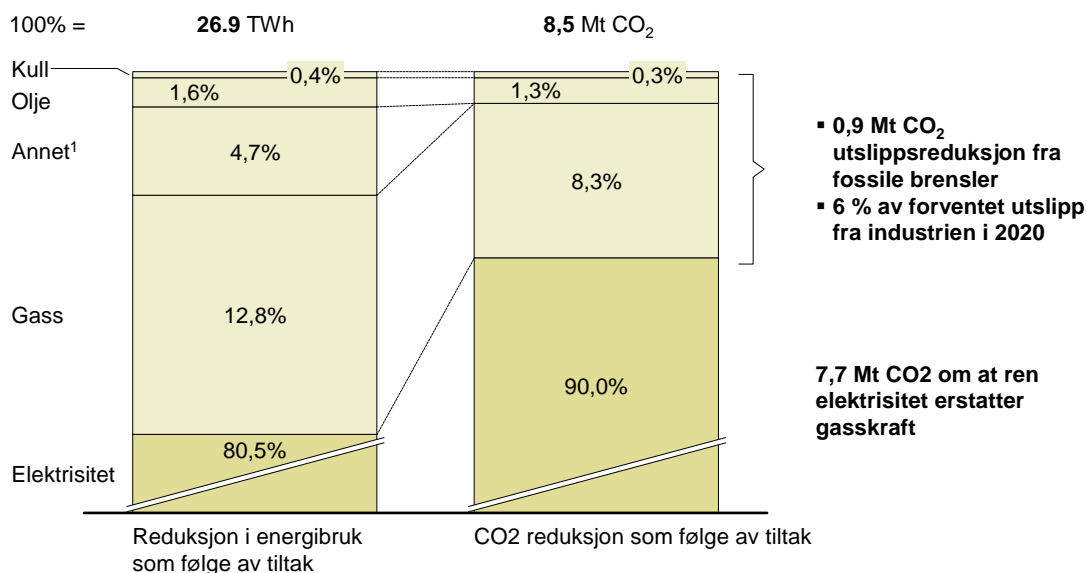
3.1.3 Implikasjoner for CO₂-utslipp

Energieffektivisering har begrenset effekt på CO₂-utslipp i Norge ettersom 80% av potensialet for energieffektivisering kommer fra redusert bruk av elektrisitet (figur 3.1.4). Nær all elektrisitetsgenerering i Norge kommer fra ren vannkraft, og redusert bruk av elektrisk kraft medfører derfor kun begrenset reduksjon i CO₂-utslipp. Hadde den elektriske kraften som frigjøres gjennom tiltakene erstattet gasskraft ville dette medført en reduksjon i CO₂-utslipp på 7,7 millioner tonn.

Tiltak som reduserer bruk av andre energibærere enn elektrisitet står for 20% av potensialet. Dersom en realiserer disse tiltakene vil CO₂-utslippene reduseres med 0,9 millioner tonn. Dette tilsvarer rundt 6% av de forventede utslippene¹⁸ fra industrien i 2020.

Figur 3.1.4

CO₂ reduksjoner som følge av tiltak for energieffektivisering



¹ Inkluderer biomasse, damp og fjernvarme
KILDE: Potensialstudie for energieffektivisering i norsk industri, 2009

¹⁸ Referansebanen for CO₂ utslipp fra norsk industri i 2020 er på 14 millioner tonn.

3.2 TILTAK FOR ENERGIEFFEKTIVISERING

Det samlede potensialet identifisert i denne rapporten stammer fra 120 industrispesifikke tiltak. Disse er utarbeidet i tett samarbeid med fagpersoner fra industrien. Tiltakene kan deles inn i hovedkategoriene utnyttelse av lavtemperatur ¹⁹ spillvarme, elektrisitetsproduksjon og kraftvarmeanlegg, effektivisering av støttesystemer, forbedret drift og kontroll, samt effektivisering av industrispesifikke kjerneprosesser. En detaljert oversikt over alle tiltakene finnes i vedlegget til denne rapporten.

Utnyttelse av lavtemperatur spillvarme (potensial på 13,3 TWh innen 2020). De fleste industrielle prosesser avgir varme. Store mengder av denne energiressursen går i dag til spille. Dette gjelder særlig innen de metallurgiske industriene hvor det finnes vesentlig potensial for gjenvinning av lavtemperatur varme. Tiltakene for varmegjenvinning kan deles i to kategorier; gjenvinning av varme til bruk på eget anlegg (1,6 TWh), eksempelvis til forvarming eller tørking av råmaterialer, og gjenvinning av varme for eksport for eksempel som fjernvarme (11,7 TWh).

Enkelte industrier, som Kjemisk, er kommet langt når det gjelder gjenvinning av varme til eget bruk. Det eksisterer imidlertid fortsatt et betydelig potensial i industrien som helhet. Gjenvinning til eget bruk krever ingen ekstern infrastruktur og er i all hovedsak lønnsomt.

I de tilfellene hvor bedriften ikke selv har bruk for den gjenvunne varmen kan denne gjøres tilgjengelig for andre sluttbrukere. Dette krever enten infrastruktur for varmetransport eller at sluttbrukerne lokaliseres i nærheten av varmekilden. Økonomien i denne typen tiltak vil dermed variere fra anlegg til anlegg avhengig av bedriftens eget varmebehov, avstand til eksterne sluttbrukere og i hvilken grad det allerede finnes infrastruktur for varmetransport.

Elektrisitetsproduksjon og kraftvarmeanlegg²⁰ (potensial på 1,8 TWh innen 2020). Spillvarme med temperaturer over 130 grader celsius kan i dag benyttes til å generere elektrisitet ved hjelp av vel utprøvd teknologi. Det tekniske potensialet for slik kraftgenerering er 1,3 TWh og ligger hovedsakelig i ferrolegeringsindustrien. Elektrisitetsproduksjon fra spillvarme er dyrere og mer teknologisk utfordrende enn direkte utnyttelse av den termiske energien. Fordelen er imidlertid at elektrisitet er en mer anvendbar energiform enn termisk energi, og at transport av elektrisitet ikke krever utbygging av ny infrastruktur. Det pågår kontinuerlig forskning for å

¹⁹ Med lavtemperatur menes temperaturer under 130 grader celsius som med dagens teknologi ikke kan benyttes til å generere elektrisitet. Med nye umodne teknologier som Stirling motor og Organic Rankin Cycle (ORC) forventes å muliggjøre generering av elektrisk kraft fra spillvarme helt ned til 60 grader celsius.

²⁰ Kraftvarmeanlegg innebærer forbrenning av gass for å generere både elektrisk kraft og varme samtidig

bedre utnyttelsesgraden og senke temperaturkravet for elektrisitetsproduksjon fra spillvarme. Fremskritt på dette området vil blant annet kunne muliggjøre ytterligere elektrisitetsproduksjon fra aluminiumsindustrien. Elektrisitet kan også produseres ved direkte forbrenning av avgasser. Slik produksjon er mindre teknologisk krevende.

Mulighetene for energibesparing ved hjelp av kraftvarmeanlegg er relativt små i Norge. Dette skyldes Norges høye andel vannkraft og begrenset infrastruktur for gasstransport. Det finnes imidlertid enkelte tilfeller innen den petrokjemiske industrien der kraftvarmeanlegg er hensiktsmessige. Et eksempel på dette er Mongstad hvor det er bygget et kraftvarmeanlegg som forventes å være i full drift i løpet av 2010.

Effektivisering av støttesystemer (potensial på 4,3 TWh innen 2020). Med støttesystemer menes systemer som ikke er en del av industriens kjerneprosesser. Støttesystemene inkluderer motorsystemer, dampsystemer og bygninger.

¶ **Motorsystemer (potensial 2,2 TWh innen 2020)** omfatter vifter, pumper og trykkluftsystemer, og utgjør i de fleste industrier²¹ rundt 65% av det totale elektrisitetsforbruket. Tiltak omfatter blant annet gradvis oppdatering og utskifting av gammel motorpark med nye og mer effektive motorer, tilpassing av motorstørrelse med last, frekvensstyring og bedret vedlikehold (for eksempel stramming av belter, rensing av vifter, bytting av filter, tetting av lekkasjer i trykkluftsystemer). Typisk tilbakebetalingstid for denne typen tiltak ligger rundt 2 år. En økonomisk levetid på 5-10 år for vanlige motorer innebærer videre at det meste av motorparken²² kan være oppgradert innen 2020.

¶ **Dampsystemer (potensial 1,2 TWh innen 2020)** omfatter dampproduksjon (kjeler), distribusjon og retursystemer for kondensat. Disse kan drives av elektrisk kraft eller fossilt brensel. Tiltak omfatter blant annet tettere koordinering av produksjon og forbruk av damp for å unngå overproduksjon, bedret vedlikehold, tetting av lekkasjer i distribusjonssystemer og forbedring av ventiler.

¶ **Bygninger (potensial 0,9 TWh innen 2020)** forbruker i hovedsak elektrisk energi til oppvarming og belysning. I de kraftintensive industriene skjer oppvarming av anleggene i stor grad med spillvarme fra kjerneprosessen. Potensial ligger derfor hovedsakelig innenfor de ikke-kraftintensive industriene (kalt øvrig industri i denne rapporten). Tiltak

²¹ Dette gjelder ikke aluminiums- og ferrolegeringsindustrien hvor elektrisk kraft utgjør en sentral innsatsfaktor i kjerneprosessen

²² Store motorer, for eksempel i treforedlingsindustrien, har vesentlig lengre levetid enn 10 år. Her forventes kun utskifting av enkeltkomponenter frem til 2020.

omfatter blant annet styringssystemer for belysning og temperatur, bytte av oppvarmingssystem og forbedret isolasjon.

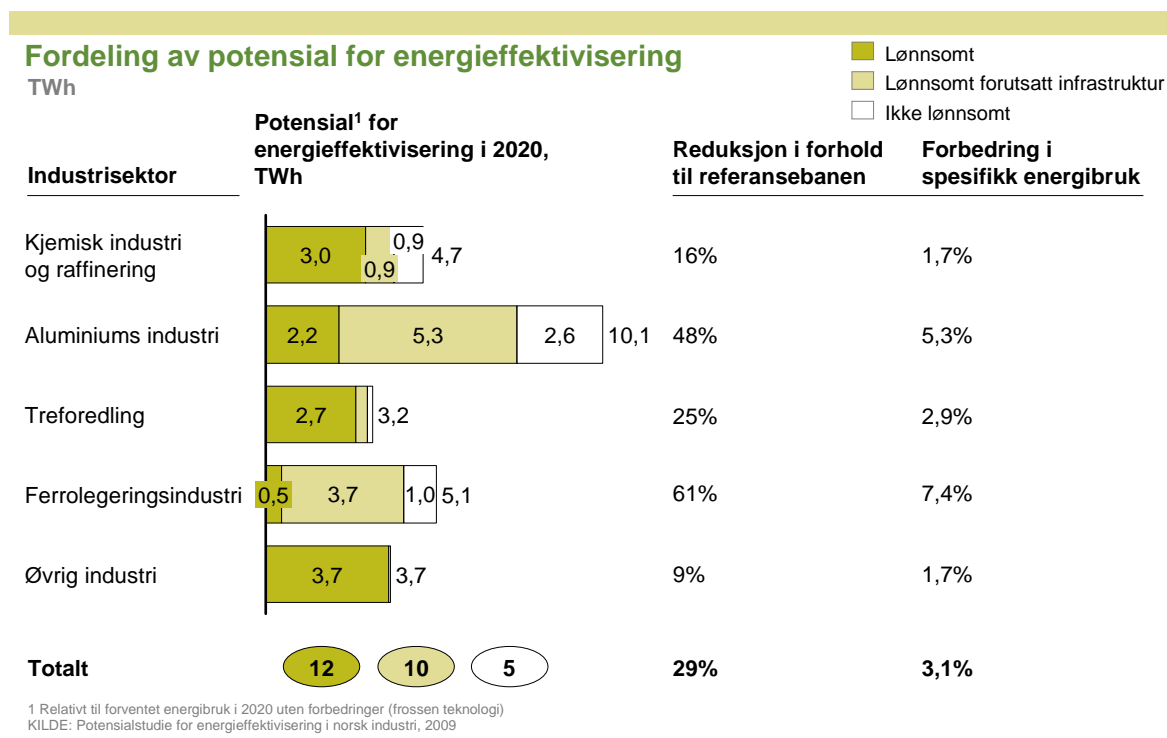
Forbedret drift og kontroll (potensial på 2,5 TWh innen 2020). Effektivisering og forbedring av driften innebærer ofte redusert energibruk. Eksempler på dette er reduksjon av feilvareproduksjon og bedret planlegging for nedstenging av hele eller deler av anlegget. Mer presis kontroll av energikrevende prosesser gjennom større grad av automatisering og monitorering bidrar også til å redusere unødig bruk av energi.

Effektivisering av industrispesifikke kjerneprosesser (potensial på 4,9 TWh innen 2020). I tillegg til de tversgående tiltakene finnes en rekke industri- og selskapsspesifikke tiltak knyttet til effektivisering av kjerneprosessene. Eksempler på disse er redusert bruk av vann og økt tørrstoffandel i treforedlingsindustrien, redusert spenning i elektrolysecellene i aluminiumsindustrien og optimaliserte katalysatorer i kjemisk industri. Industrispesifikke tiltak må forstås i sammenheng med kjerneprosessene i den enkelte industrien. Tiltakene er beskrevet i mer detalj i de etterfølgende kapitlene, samt rapportens industrivedlegg.

3.3 POTENSIALER PER INDUSTRI

Arbeidet med energieffektivisering adresserer 5 industrisektorer i tillegg til "Øvrig industri". En detaljert gjennomgang av hver sektor finnes i vedlegget til denne rapporten. Dette kapitlet summerer opp potensialet for energieffektivisering, tiltak og utfordring i hver av sektorene.

Figur 3.3.1



Kjemisk industri og raffinerier²³ (potensial på 4,7 TWh, 16% reduksjon fra referansebanen i 2020). Kjemisk industri og raffinering i Norge har svært ulik industristruktur. Kjemisk industri er fragmentert, med flere hundre mindre produsenter i tillegg til enkelte store selskaper, og med betydelig produksjon av noen titalls ulike produkter. Raffinering i Norge består på sin side av to raffinerier med et begrenset antall produkter.

Kjemisk industri og raffinering har imidlertid mange av de samme energikrevende systemene. Disse inkluderer dampsystemer, prosessovner og

²³ Ettersom det kun finnes to raffinerier i Norge er disse samlet under ett med kjemisk industri i denne rapporten av hensyn til konfidensialitet.

motorsystemer. Fordeling av energibærere varierer avhengig av hva som produseres. Mens raffineriene bruker mer enn 90% fossilt brensel ligger andelen fossilt brensel i kjemisk industri på i overkant av 50%, men med store variasjoner mellom anlegg. Den høye andelen fossilt brensel gjør disse industriene spesielle i norsk sammenheng. Energieffektivisering i disse industriene vil ofte gi betydelig reduserte CO₂-utslipp.

Gjennomføring av alle de identifiserte tiltakene i kjemisk industri og raffinerier gir en total reduksjon i energibruk på 4,7 TWh relativt til frossen teknologi-scenariet i 2020. Dette tilsvarer 18% av det totale potensialet i kostnadskurven. Brorparten av dette potensialet, 3,0 TWh, kan realiseres gjennom lønnsomme tiltak som verken krever ny teknologi eller ekstern infrastruktur, og til en samlet investeringskostnad på NOK 3 milliarder. Gjennomføring av de lønnsomme tiltakene ville bety en årlig intensitetsforbedring på 1,4%, sammenlignet med den forventede forbedringen på 0,44% som er lagt til grunn i referansebanen.

Hoveddelen av tiltakene for energieffektivisering i kjemisk industri og raffinerier knytter seg til mer effektiv bruk av varme. Disse tiltakene gir i alt et potensial på 2,9 TWh. Mange av disse tiltakene er lønnsomme og innbærer relativt begrensede inngrep, som for eksempel optimalisering av dampsystemer, bedret utnyttelse av varme fra eksoterme prosesser og forvarming av produksjonsstrømmer. Ytterligere potensial kan realiseres gjennom større inngrep som full integrasjon av varme- og kuldestrømmer og utskifting og modifisering av prosessovner. Tiltakene som krever større inngrep vil ikke være lønnsomme med mindre de gjennomføres i forbindelse med ombygging av eksisterende anlegg eller nybygg. Utover de varmerelaterte tiltakene utgjør forbedring av drift og kjerneprosesser en vesentlig tiltakskategori med rundt 1,5 TWh i potensial. Eksempler på tiltak inkluderer bedret OEE²⁴, redusert nedetid mellom produksjonssykluser, forbedrede prosedyrer for nedstenging og bedret kontroll av oksygennivå i ovnene. Gradvis utskifting av motorsystemer vil gi lønnsomme besparelser på 0,3 TWh.

Utgangspunktet og forutsetningene for å drive energieffektivisering varierer sterkt mellom ulike aktører innen kjemisk industri. Dette skyldes at industrien omfatter alt fra noen av landets største energibrukere til relativt små bedrifter med få ansatte. De større kjemiske anleggene har jobbet systematisk med energieffektivisering over lengre tid. Her er mange tiltak allerede gjennomført eller underveis, og en stor del av de gjenstående tiltakene krever større inngrep i prosesser eller høye kapitalinvesteringer. De mange mindre bedriftene utgjør rundt 30% av energibruken i kjemisk industri. Disse har i mindre grad jobbet systematisk med energieffektivisering. Her gjenstår derfor et større potensial knyttet til relative enkle tiltak som driftsoptimalisering, bedret vedlikehold og optimalisering av dampsystemer.

²⁴ Overall Equipment Effectiveness

For de store anleggene utgjør knapp kapitaltilgang og risiko for forstyrrelser i driften viktige barrierer mot gjennomføring av tiltakene for energieffektivisering. For de mindre bedriftene utgjør manglende fokus på energieffektivisering og tilgang på menneskelige ressurser de viktigste barrierene.

Aluminiumsindustrien (potensial på 10,1 TWh, 48% reduksjon fra referansebanen i 2020). Elektrolyseprosessen er kjernen i fremstilling av aluminium. Den drives av elektrisk kraft og representerer 75% av den totale energibruken i sektoren. Resterende energibruk fordeler seg over flere energibærere (elektrisitet, bek og gass) og knytter seg til støperi, anodeproduksjon og støttestystemer.

Gjennomføring av alle de identifiserte tiltakene i aluminiumsindustrien gir en total reduksjon i energibruk på 10,1 TWh (70% varmegjenvinning) relativt til frossen teknologi-scenariet i 2020. Aluminiumsindustrien har det største identifiserte potensialet i absolutte termer og utgjør 38% av det totale potensialet i kostnadskurven.

2,2 TWh av potensialet er lønnsomt i et 2020 perspektiv²⁵. Ytterligere 5,3 TWh er lønnsomt under forutsetning om avtak for spillvarme. Full realisering av det lønnsomme potensialet som ikke krever ekstern infrastruktur (2,2 TWh) ville alene innebære en årlig intensitetsforbedring på 0,9%, sammenlignet med en forventet forbedringen på 0,3% som er lagt til grunn i referansebanen.

Energieffektivisering i aluminiumsindustrien drives først og fremst fra tiltak knyttet til elektrolyseprosessen. Disse tiltakene utgjør til sammen 9 TWh og inkluderer gjenvinning av varme fra elektrolysecellene, gjenvinning av varme fra rågass, reduksjon av elektrisk motstand i strømskinner, samt redusert spenning i elektrolysebadet. Det resterende potensialet – 1 TWh – kommer fra effektivisering av støttestystemer, forbedring av rutiner og prosedyrer, samt gradvis innfasing av mer effektive ovner. Gjenvunnet varme fra elektrolyseprosessen er i dag mest aktuelt å benytte direkte som termisk energi, noe som vil kreve infrastruktur til fjernvarme. Elektrisitetsproduksjon er også mulig, men teknologien for fangst av varmen er umoden, og tiltaket er derfor kostbart.

Hovedbarrieren for realisering av potensialet i aluminiumsindustrien er manglende avtak for spillvarmen. Gjennomføring av disse tiltakene vil enten kreve utbygging av infrastruktur for fjernvarme eller industriell planlegging der ny varmekrevende industri samlokaliseres med eksisterende varmekilder. Usikkerhet i fremtidige økonomiske rammevilkår (for eksempel kraftkontrakter), kombinert med høy kapitalkostnad for mange av tiltakene utgjør andre viktige barrierer. De totale investeringer for å realisere det lønnsomme potensialet i aluminiumsindustrien er på NOK 4,9 milliarder (ikke inkludert eventuelle investeringer i infrastruktur for varmetransport). Disse investeringene fordeles på 7 anlegg eid av 3 selskaper.

²⁵ Hvorav 0,9 TWh er knyttet til ny teknologi som det er mulig å modne frem til 2020

Treforedlingsindustrien (potensial på 3,2 TWh, 25% reduksjon fra referansebanen i 2020). Halvparten av energibruken i treforedlingsindustrien er elektrisk kraft, 40% er bioenergi og 10% fossile brensler.

Det totale potensialet fra alle identifiserte tiltak i treforedlingsindustrien er på 3,2 TWh relativt til frossen teknologi-scenariet i 2020. Dette tilsvarer 12% av det totale potensialet i kostnadskurven. Lønnsomme tiltak som ikke krever ekstern infrastruktur gir et potensial på 2,7 TWh innen 2020²⁶, og vil kreve en total investering på NOK 1,8 milliarder. Gjennomføring av de lønnsomme tiltakene ville bety en årlig intensitetsforbedring på 2,7% sammenlignet med den forventede årlige forbedringen på 0,72% som er lagt til grunn i referansebanen.

Potensialet for energieffektivisering i treforedlingsindustrien fordeler seg jevnt over et sett med industrispesifikke tiltak knyttet til endringer i prosess og innsatsfaktorer, bedret prosesskontroll og operasjoner, samt effektiv bruk av varme. Tiltakene knyttet til endring av prosesser og innsatsfaktorer utgjør størstedelen av potensialet, med 1,5 TWh, og inkluderer blant annet forbehandling av flis, defibrering, tilsetning av kjemikalier i raffineringprosessen samt redusert bruk av vann og økt tørrstoffnivå. Tiltak knyttet til prosesskontroll og operasjoner utgjør 0,7 TWh og inkluderer blant annet automatisering, operasjonelle forbedringer for reduserte produksjonsavbrudd og kontroll av oksygeninnhold i forbrenningsovner. De varmerelaterte tiltakene står for 1,1 TWh av potensialet og inkluderer blant annet forvarming av vann med spillvarme, installasjon av mottrykksturbiner, gjenvinning av varme fra mekanisk masseproduksjon og isolasjon av utstyr. Hoveddelen av gjenvunnet varme kan brukes internt, mens 0,4 TWh krever eksterne sluttbrukere.

Ettersom tiltakene i treforedlingsindustrien er nært knyttet opp mot kjerneprosessene og innsatsfaktorene medfører de risiko for uønskede effekter på produktkvalitet og drift. Dette er en av hovedbarrierene mot realisering av potensialet. Videre har den vanskelige økonomiske situasjonen i treforedlingsindustrien de siste årene bidratt til at muligheten for store kapitalinvesteringer har vært begrenset, og usikkerhet om fremtiden har ført til høye avkastningskrav.

Ferrolegeringsindustrien (potensial på 5,1 TWh, 61% reduksjon fra referansebanen i 2020). Det meste av energibruken i ferrolegeringsindustrien skjer i elektriske smelteovner. Den termiske energien som produseres i ovnene er større enn den tilførte elektriske kraften fordi reduksjonsmaterialene (kull, koks og malm) også frigir termisk energi i prosessen. Følgelig inngår både den elektriske energien og energien tilført gjennom reduksjonsmaterialene i grunnlaget for energieffektivisering.

²⁶ Hvorav 0,5 TWh forutsetter modning av teknologi som ansees å være realistisk i et 2020 perspektiv

Totalt utgjør tiltakene for energieffektivisering i ferrolegeringsindustrien et potensial på 5,1 TWh relativt til frossen teknologi-scenariet i 2020. Dette utgjør 19% av den totale kostnadskurven. Lønnsomme tiltak som ikke krever infrastruktur utgjør 0,5 TWh, mens ytterligere 3,7 TWh er lønnsomt²⁷ under forutsetning om tilgang på sluttbrukere for gjenvunnet termisk energi. Det kreves NOK 1,1 milliarder i investeringer (eksklusiv eventuelle kostnader for infrastruktur for transport av varme) for å gjennomføre de lønnsomme tiltakene. Dette ville gitt en årlig intensitetsforbedring på 5,4% sammenlignet med den forventede forbedringen på 0,4% som er lagt til grunn i referansebanen. Denne høye forbedringstakten er tett knyttet til realisering av det termiske potensialet. Uten dette reduseres den årlige forbedringstakten til 0,5%.

Tiltakene for energieffektivisering i ferrolegeringsindustrien faller inn i fire hovedgrupper; gjenvinning av lavtemperatur spillvarme for eksternt bruk, elkraftproduksjon, eksport av kjemisk energi og effektivisering av støttesystemer. Gjenvinning av lavtemperatur²⁸ spillvarme er den største tiltaksgruppen med et samlet potensial på 3,7 TWh. Spillvarmen kan i hovedsak samles fra kjølevann fra ovner og kjeler, slagg fra manganproduksjon og varmt metall, og kan anvendes i annen industri som for eksempel fiskeoppdrett og gartnerier. Enkelte verk eksporterer spillvarme allerede i dag. Anvendelser med behov for høyere temperatur krever videre prosessering av spillvarmen før eksport. Dette kan gjøres ved hjelp av varmepumper eller ved bruk av energien i avgasser. Elkraftproduksjon har et samlet potensial på 1,1 TWh og gjøres ved å utnytte termisk og kjemisk energi i avgassene fra smelteovnene. Tre verk gjør dette i dag, og tiltaket er også under vurdering ved flere andre. I tillegg til eksport av varme og elkraftproduksjon har enkelte manganverk også mulighet til å eksportere kjemisk energi i form av CO-gass. Dette utgjør et potensial på 0,2 TWh. Diverse tiltak for effektivisering av støttesystemer utgjør et samlet potensial på 0,2 TWh.

I tillegg til de kvantifiserte potensialene har Ferrolegeringsindustriens Forskningsforening (FFF) utarbeidet en oversikt over tiltak for energieffektivisering som foreslås utredet frem mot 2020. De viktigste områdene for videre undersøkelser er elkraftproduksjon fra lavtemperatur avgasser, stabilisering av fuktinnhold i råvarer, forvarming av råvarer og bruk av lukkede ovner.

Manglende avtak for gjenvunnet termisk energi er den klart viktigste barrieren for energieffektivisering i ferrolegeringsindustrien, og berører 3,7 TWh eller rundt 70% av det totale potensialet i industrien. Deler av denne spillvarmen (0,4 TWh) kan hentes ut på rundt 50 grader, noe som gjør den anvendelig i fjernvarmenett og annen industri. De resterende 3,3 TWh av spillvarmen holder en temperatur på

²⁷ Hvorav 0,4 TWh forutsetter teknologi for å fange spillvarmen fra varm metall. Slik teknologi ansees som realistisk i et 2020 perspektiv

²⁸ 30-50 grader celsius avhengig av kilde. Kjølevann fra ovner og kjeler holder rundt 30 grader mens energien fra slagg kan hentes ut som middels temperert vann på rundt 50 grader.

rundt 30 grader og har dermed et begrenset anvendelsesområde uten videre prosessering i varmepumper.

Øvrig industri (potensial på 3,7 TWh, 9% fra referansebanen i 2020). Øvrig industri består av flere ulike industrier med et samlet energibruk i 2007 på noe over 14,4 TWh. Det antas at energiintensiteten kan reduseres med rundt 20% frem mot 2020 ved hjelp av driftsoptimalisering (for eksempel OEE), utskifting av elektromotorsystemer, effektivisering av varmeprosesser, effektivisering av trykkluftanlegg og mer effektiv drift av bygninger. I tillegg er det for sement- og trelastindustrien identifisert industrispesifikke tiltak.

Tiltakene i øvrig industri er ikke kapitalintensive og benytter eksisterende teknologi. De viktigste barrierene mot realisering av dette potensialet er kompetanse og bevissthet. Videre kjennetegnes potensialet av at det er spredd utover mange forskjellige bedrifter og anlegg. Realisering av potensialet vil derfor kreve langt flere uavhengige enkeltbeslutninger enn tiltakene i de store kraftintensive industriene.

4 Barrierer mot energieffektivisering

Det har også i tidligere undersøkelser blitt påvist et vesentlig potensial for energieffektivisering i norsk industri.²⁹ Historien har imidlertid vist at selv lønnsomme tiltak har vært krevende å gjennomføre. En årsak kan være at hvert enkelt tiltak må tilfredsstillende en rekke krav (ikke bare lønnsomhet) for å komme gjennom bedriftenes beslutningsprosesser og bli realisert. Dette kapitlet beskriver hvordan disse kravene, eller barrierene, kan skape oppsamlinger av urealiserte effektiviseringsmuligheter i ulike deler av industrien.

Kunnskap om barrierer er en forutsetning for utforming av effektive virkemidler. I tillegg til å forstå hvilke barrierer som gjelder, må en også forstå tyngden/betydningen av hver barriere. En måte å måle dette på er å kvantifisere hvor mye av potensialet som forhindres av den enkelte barrieren.

Barrierene som diskuteres i det følgende er utarbeidet og forankret i workshops med industrien. Resultatet er en kvantifiserbar oversikt over hvor mye av potensialet som berøres av hver enkelt barriere, både på sektornivå, industrinivå og for det enkelte tiltak.

4.1 OVERSIKT OVER BARRIERENE

Prosjektet har i samarbeid med industrien kommet frem til fem kategorier av barrierer: Manglende ekstern infrastruktur, umoden teknologi, manglende bedriftsøkonomisk attraktivitet, begrenset kapitaltilgang og lav bevissthet/kompetanse. Disse barrierene beskrives nedenfor, og betydningen av hver av dem diskuteres i kapittel 4.2.

Manglende ekstern infrastruktur kan ofte stoppe tiltak for utnyttelse av spillvarme. Denne barrieren innebærer at bedriftene ikke har tilgang til eksternt avtak³⁰ for spillvarme, og at det derfor ikke er mulig å gjennomføre tiltaket. Manglende tilgang til fjernvarmenett og manglende samlokalisering av industri er to eksempler på denne barrieren.

Umoden teknologi innebærer at tiltaket forutsetter teknologi som per i dag er under utvikling eller pilotering, men ennå ikke moden for kommersiell drift. For alt potensial som er inkludert i denne studien så er det imidlertid et krav at

²⁹ Ref. potensial kartlegging gjennomført på oppdrag fra Enova i 2002 og 2007

³⁰ Avtak innebærer at det finnes sluttbrukere som trenger spillvarmen samt at det finnes infrastruktur for å transportere varmen til dem

teknologien antas å være kommersielt tilgjengelig innen 2020. Et eksempel er teknologien som skal til for å redusere spenningen i elektrolysebadene i aluminiumsindustrien. Et annet er teknologi for elkraftproduksjon fra lavtemperatur avgass i ferrolegeringsindustrien.

Manglende bedriftsøkonomisk attraktivitet er en samlebetegnelse for flere barrierer. Den indikerer at et tiltak har for lav risikojustert avkastning til å bli gjennomført. Denne kategorien har tre underkategorier:

- ¶ *Manglende lønnsomhet i base case* innebærer at tiltakets kostnad (investering og drift) er for høy til å oppnå lønnsomhet under normale forutsetninger³¹ om kraftpris og avkastningskrav. Et eksempel på et tiltak med manglende lønnsomhet i base case er utskifting av transformatorer i manganverk. Her er besparelsen beregnet til 30 GWh med en nødvendig investering på NOK 160 millioner. Med et avkastningskrav på 10%, og en økonomisk levetid på 20 år krever dette tiltaket en kraftpris på 56 øre/kWh for å oppnå lønnsomhet. Dette er betydelig høyere enn base case kraftprisen som er 30 øre/kWh.
- ¶ *Intern risiko* innebærer at tiltaket forventes å medføre høye og ikke kvantifiserbare indirekte kostnader. Tiltaket kan for eksempel medføre risiko for driftsforstyrrelser, redusert produktkvalitet og forverret HMS. Dette gir økt risiko som i enkelte tilfeller driver avkastningskravet så høyt at tiltaket ikke blir gjennomførbart. Et eksempel er tettere samordning av produksjonen og forbruket av damp. Dette tiltaket innebærer mindre overflødig dampproduksjon, men det øker samtidig sårbarheten for uønsket driftssans dersom en av dampkjelene skulle slutte å fungere.
- ¶ *Ekstern risiko* innebærer at tiltakets finansielle attraktivitet avhenger sterkt av usikre eksterne forutsetninger (utenfor bedriftens kontroll). Når usikkerheten i slike forutsetninger blir stor, kan dette redusere den finansielle attraktiviteten nok til å hindre gjennomføring av tiltaket. For mange industrier er den viktigste eksterne risikoen knyttet opp mot usikkerhet rundt industriens langsiktige overlevelsessevne i Norge. Dette er særlig avgjørende for kapitalintensive tiltak med lang tilbakebetalingstid. Manglende stabilitet i rammebetingelser utgjør en annen viktig ekstern risiko.

Begrenset kapitaltilgang utgjør en barriere i situasjoner der et tiltaket ikke ansees som viktig eller lønnsomt nok til å bli prioritert i et begrenset kapitalbudsjett. Dette kan skje selv om tiltaket tilfredsstillende bedriftens generelle lønnsomhetskrav. Nedprioritering skyldes ofte at tiltak for energieffektivisering i liten grad ansees som strategisk viktige og dermed prioriteres lavere enn strategiske eller obligatoriske prosjekter (eksempelvis knyttet til HMS eller lovkrav).

³¹ Det er i dette arbeidet antatt base case forutsetninger om en kraftpris på 30 øre/kWh og et avkastningskrav på 10%.

Lav bevissthet er en barriere dersom tiltaket ikke er kjent for ledelsen/bedriften. Potensialet fra tiltaket og hva som kreves for å implementere er derfor heller ikke tilstrekkelig vurdert. Lav bevissthet henger ofte sammen med mangel på energiledelse og er mest vanlig i mindre bedrifter der energi utgjør en relativt liten del av den samlede kostnadsbasen. Redusert sløsing med trykkluft er et eksempel på tiltak som i mange tilfeller kun hindres av manglende bevissthet og ledelsesfokus.

Manglende tilgang på kompetanse er en barriere i situasjoner der bedriften ikke har tilstrekkelig kapasitet eller kompetanse til å planlegge og gjennomføre et tiltak. I dette ligger også tilfeller der kompetansen finnes i bedriften, men hvor interne rapporteringskrav og rutiner fører til at lønnsomhetspotensialet blir for konservativt når det fremmes for ledelsen. Optimalisering av motorsystemer er et eksempel på tiltak som ofte hindres av manglende kompetanse. I de største bedriftene kan en ofte ha en situasjon der relevant kompetanse finnes i bedriften, men høy arbeidsbelastning bidrar i mange tilfeller likevel til begrenset tilgang.

4.2 BARRIERENES BETYDNING FOR REALISERING AV POTENSIALET

Barrierene virker i forskjellig grad på de enkelte tiltakene. I dette kapitlet sammenligner vi barrierenes relative viktighet basert på hvor mye av potensialet de hindrer. Videre kvantifiserer vi det potensialet som kan utløses ved en trinnvis eliminering av barrierer.

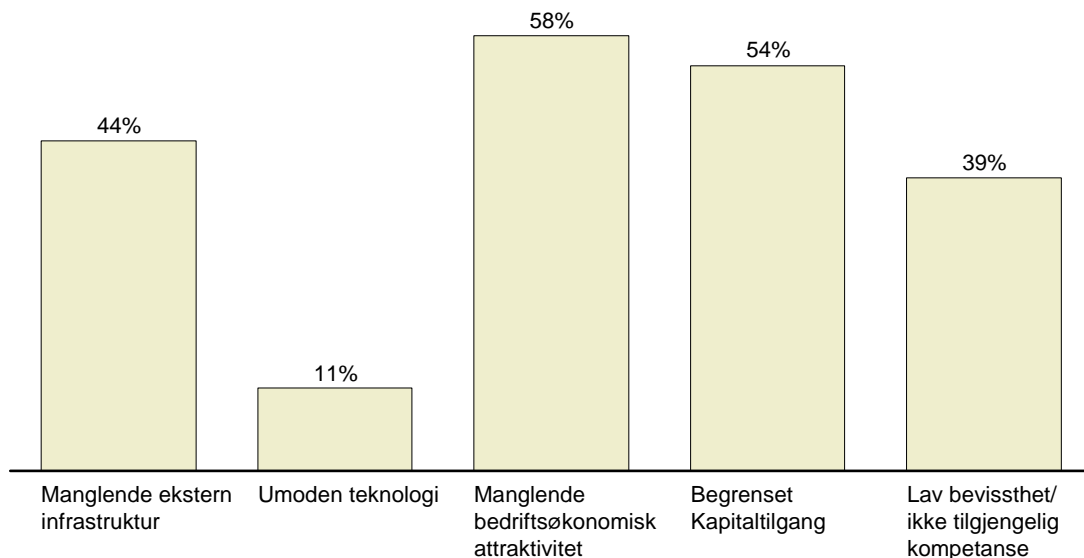
4.2.1 Barrierens relative viktighet

Barrierene har ulik vekt basert på hvor mye av potensialet de forhindrer. En kvantitativ forståelse av dette er et nyttig utgangspunkt for videreutvikling av dagens virkemiddelapparat. I arbeidet med denne rapporten har vi vurdert hvilke barrierer som gjelder for hvert enkelt av de identifiserte tiltakene. Basert på dette har vi beregnet mengden potensial som hindres av hver barriere (4.2.1). Vurderingene er gjort i nært samarbeid med industrien.

Figur 4.2.1

Andel av potensial som påvirkes av de enkelte barrierene

Andel av samlet effektiviseringspotensial, prosent



KILDE: Potensialstudie for energieffektivisering i norsk industri, 2009

Undersøkelsene viser at manglende bedriftsøkonomisk attraktivitet, begrenset kapitaltilgang og manglende ekstern infrastruktur er de tre viktigste barrierene for

energieffektivisering i norsk industri. Disse barrierene berører henholdsvis 58%, 54% og 44% av det totale potensialet. Mange tiltak hindres av flere barrierer. Summen av barrierenes betydning er derfor mer enn 100%. I snitt berøres hvert tiltak av to barrierer.

Manglende bedriftsøkonomisk attraktivitet drives først og fremst av høy intern og ekstern risiko som hindrer 55% av potensialet. Manglende lønnsomhet i base case hindrer derimot kun for 17% av potensialet (jæmfør kostnadskurven presentert i kapittel 3). For å bedre den bedriftsøkonomiske attraktiviteten vil det derfor ofte gi større effekt å redusere bedriftens interne og ekstern risiko enn å bedre forventet lønnsomhet i base case. Økt forutsigbarhet og langsiktighet i rammebetingelser er sentrale elementer i å redusere ekstern risiko. Her kan myndighetene spille en viktig rolle. Intern risiko kan reduseres gjennom blant annet bedre planlegging av driftsstans, modifikasjon og nybygg, samt kompetansebygging.

Begrenset kapitaltilgang drives av høye absolutte investeringskostnader for en stor andel av tiltakene, og hindrer 54% av det identifiserte potensialet. Kapitalintensive tiltak i aluminiumsindustrien står for over halvparten av dette. Disse tiltakene inkluderer gjenvinning av spillvarme fra elektrolysecellene og endringer inne i cellene for å redusere energibruken. På tross av høye investeringskostnader er rundt 70% av tiltakene som stoppes av manglende kapitaltilgang lønnsomme i base case. Lønnsomhet overskygges imidlertid i mange tilfeller av høy ekstern risiko, noe som sammen med lang tilbakebetalingstid begrenser kapitaltilgangen. Rundt 30% av det totale potensialet stoppes som følge av høy ekstern risiko kombinert med begrenset kapitaltilgang. Utvikling av kostnadseffektive virkemidler forutsetter derfor forståelse av hvordan behovet for investeringsstøtte henger sammen med behovet for økt forutsigbarhet og redusert ekstern risiko.

Manglende ekstern infrastruktur hindrer 44% av det totale potensialet. Hoveddelen av det berørte potensialet ligger innen aluminiumsindustrien og ferrolegeringsindustrien hvor mange av tiltakene er knyttet til spillvarmeeksport, og hvor anleggene typisk ligger langt unna potensielle brukere av varmen. Utbygging av fjernvarmenett vil kunne utløse noe av dette potensialet. Myndigheter og kommersielle aktører må samarbeide for å adressere denne barrieren ettersom infrastrukturbygging ligger utenfor den økonomisk rekkevidden for de fleste bedrifter. Samlokalisering av ny varmekrevende industri med eksisterende varmekilder er et annet alternativ for å utløse spillvarmepotensialet. Spillvarmeressursene i Norge er konsentrert på relativt få anlegg. Denne konfigurasjonen er velegnet for etablering av klynger av varmekrevende industri rundt de største kildene for varme. Industriklyngen på Grenland er et eksempel på dette.

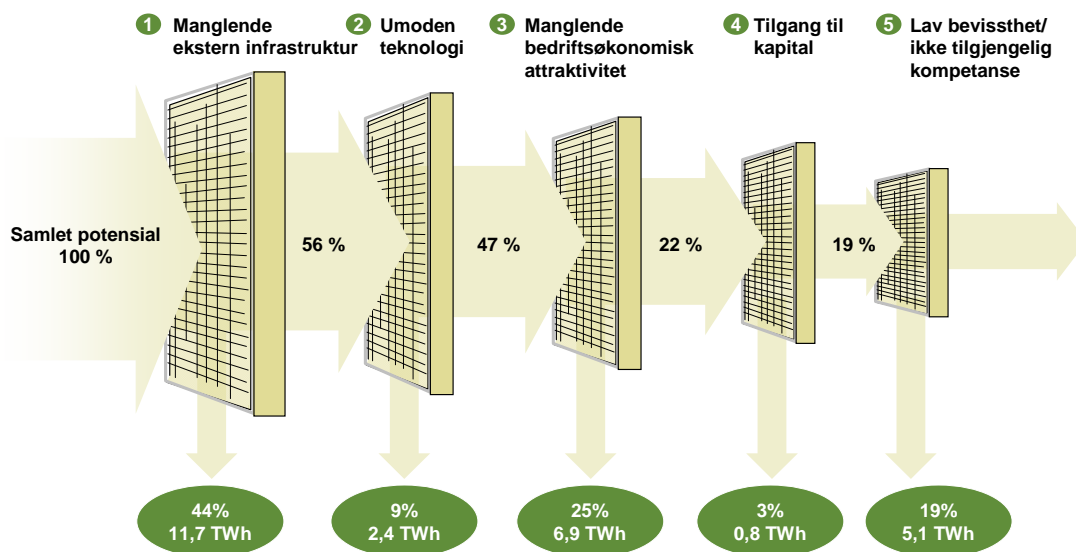
4.2.2 Trinnvis eliminering av barrierer for å realisere potensialet

Mange av tiltakene hindres av flere barrierer. Dersom én barriere fjernes, kan tiltaket likevel hindres av en annen. En får derfor ikke et fullgodt bilde av hvordan potensialet for energieffektivisering kan realiseres ved å vurdere effekten av å fjerne enkeltbarrierer i isolasjon. Det gir ofte interessant tilleggsinformasjon å vurdere den kumulative effekten av en stegvis fjerning av barrierene. Her kan en starte med de barrierene som er enklest/billigst å adressere og fjerne vanskeligere barrierer trinnvis.

Man kan se for seg barrierene som filtre i en trakt som begynner med den vanskeligste barrieren og slutter med den enkleste. Hvert enkelt tiltak sendes gjennom trakten fra venstre mot høyre. Figur 4.2.2 viser hvordan det totale identifiserte potensialet fordeler seg i barrieretrakten.

Figur 4.2.2

Barrierer som filter i trakt



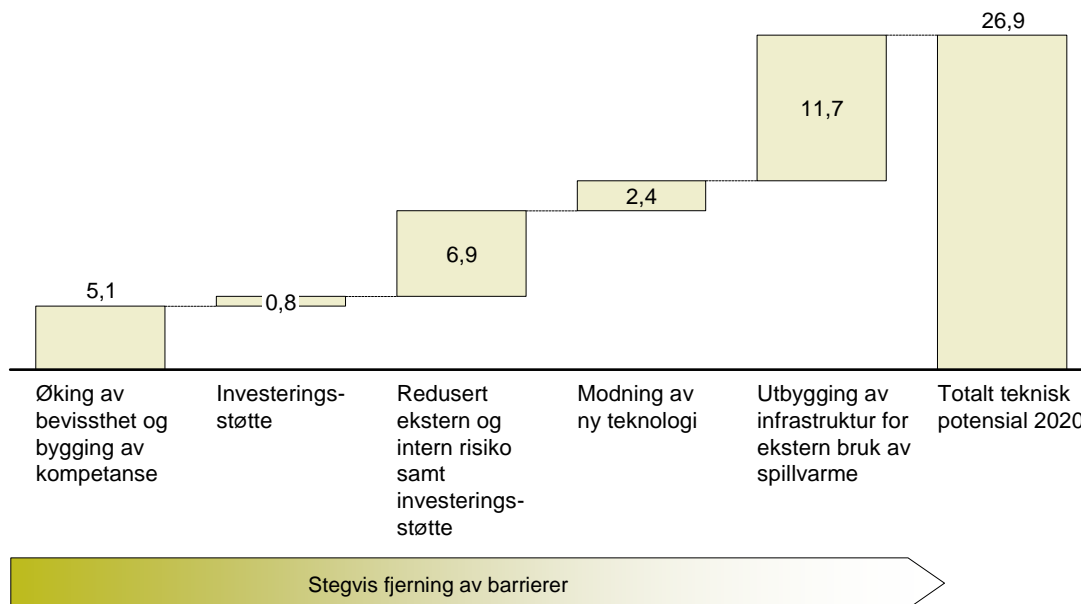
KILDE: Potensialstudie for energieffektivisering i norsk industri, 2009

Begynner man å fjerne barrierene fra høyre frigjøres potensialet trinnvis som illustrert i figur 4.2.3

Figur 4.2.3

Kumulativt realiserbart potensial ved stegvis fjerning av barrierer

Realisert potensial, TWh



KILDE: Potensialstudie for energieffektivisering i norsk industri, 2009

19% av potensialet for energieffektivisering hindres utelukkende av lav bevissthet og/eller manglende kompetanse. Om man fjerner denne barrieren vil dette alene kunne frigi 5,1 TWh. Tiltakene i denne kategorien har korte tilbakebetalingstider (typisk 1-3 år) og krever begrensede investeringer. Kategorien inneholder enkle tiltak som effektivisering av motorsystemer, tetting av lekkasjer og redusert sløsing med trykkluft, forbedrede driftsrutiner, forbedret planlegging ved nedstenging og bedret kontroll av belysning.

Økt kapitaltilgang alene frigir et begrenset ekstra potensial på 3% av det totale potensialet, eller 0,8 TWh. Den inkrementelle investeringskostnaden for å frigi dette potensialet er derimot relativt høyt: NOK 0,9 milliarder. Begrenset kapitaltilgang er en viktig barriere sammen med andre barrierer men av relativ marginal betydning i seg selv. Dette understreker viktigheten av å se tilgang på kapital i sammenheng med de andre barrierene når virkemidler utformes.

Det viktigste virkemidlet for å bedre bedriftsøkonomisk attraktivitet er å redusere intern og ekstern risiko, og dette kan frigi et inkrementelt potensial på 26% av det totale potensialet, eller 6,9 TWh. Tiltakene som hindres av denne barrieren fordeler seg jevnt utover alle de kraftintensive industriene. De fleste tiltakene i denne kategorien hindres også av begrenset kapitaltilgang. Kapitaltilgangen vil

imidlertid bli bedre om den interne og eksterne risikoen reduseres, siden økt bedriftsøkonomisk attraktivitet vil gjøre tiltaket mer konkurransedyktig i kapitalbudsjetteringsprosessen.

Tiltakene for energieffektivisering i landbasert industri innen 2020 baserer seg i hovedsak på eksisterende teknologi. Umoden teknologi demmer kun opp for rundt 9% av det totale potensialet. Mer enn to tredjedeler av potensialet i denne kategorien knytter seg til teknologisk utvikling innen kjerneprosessene i aluminiumsindustrien. Det resterende potensialet finnes i treforedlingsindustrien og kjemisk industri. Noen anvendelser av umoden teknologi er ikke tatt med i totalpotensialet ettersom kommersiell bruk i Norge ikke ansees å være realistisk innen 2020.

De siste 44 prosentene av potensialet for energieffektivisering avhenger av ekstern infrastruktur. Det er lite sannsynlig at denne barrieren vil (eller bør) oppheves i sin helhet. Samlokalisering av ny varmekrevende industri og gradvis utbygging av fjernvarmenett frem mot 2020 vil imidlertid bidra til å realisere deler av potensialet.

4.3 BARRIERER PER INDUSTRI

Barrierenes relative betydning varierer fra industri til industri. En bør derfor til en viss grad utforme industrispesifikke tiltak for energieffektivisering. I det følgende diskuteres barrierene per industri.

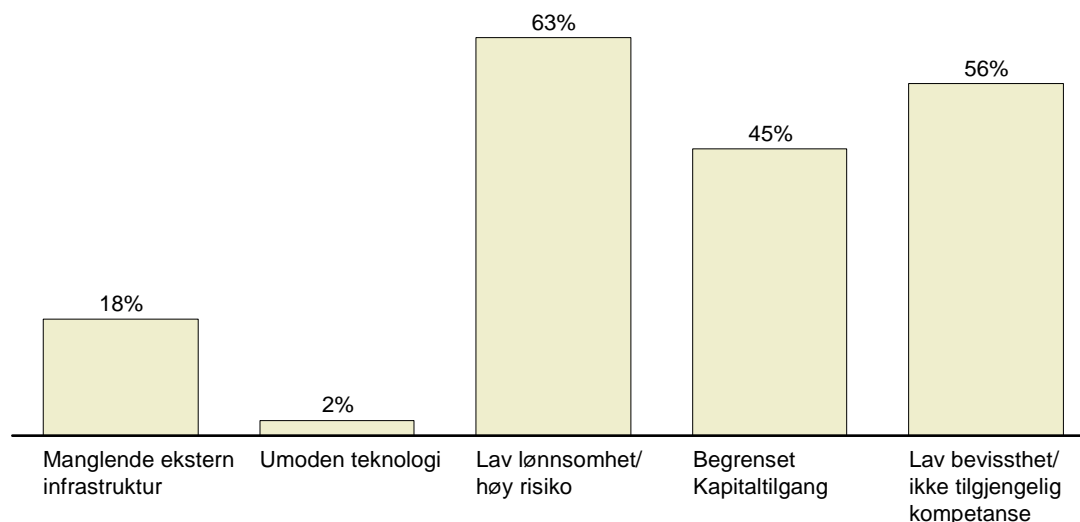
4.3.1 Barrierer i kjemisk industri og raffinering

De viktigste barrierene innen kjemisk industri og raffinering er høy intern risiko, begrenset tilgang på kapital, samt begrenset tilgang på kompetanse³² og ledelsesfokus (bevissthet). Betydningen av disse barrierene varierer avhengig av bedriftens størrelse.

Figur 4.3.1

Andel av potensial som påvirkes av de enkelte barrierene i kjemisk industri og raffinering

Andel av samlet effektiviseringspotensial i kjemisk industri og raffinering, Prosent



KILDE: Potensialstudie for energieffektivisering i norsk industri, 2009

Rundt halvparten av potensialet i kjemisk industri og raffinering stoppes i dag av høy intern risiko. Dette gjelder både for store og mindre aktører. Industrien kjennetegnes av komplekse, integrerte prosesser. Produksjonen er derfor sensitiv til forstyrrelser, og det er i enkelte tilfeller krevende å forutse hvordan enkeltinngrep vil påvirke drift, produktens egenskaper og sikkerhet. Tiltak med høy intern risiko omfatter både rene driftsendringer og modifikasjoner av utstyr. Et

³² Tilgangen på kompetanse kan være begrenset selv om kompetansen finnes i bedriften.

eksempel er bedre balansering av produksjon og forbruk av damp.³³ Dette reduserer overflødig dampproduksjon, men øker samtidig risikoen for driftsstans om for eksempel en av kjele skulle slutte å fungere.

Begrenset tilgang på kapital er en barriere for 45% av potensialet i kjemisk industri og raffinering. Dette gjelder særlig for kapitalintensive tiltak hos de store aktørene. Rundt halvparten av disse tiltakene er dessuten ikke lønnsomme under dagens betingelser. De viktigste tiltakene i den lønnsomme delen er varmegjenvinning, retur av kondensat og effektivisering av ovner. Disse tiltakene har en samlet investeringskostnad på NOK 1,6 milliarder og tilbakebetalingstid på 5-10 år.

Manglende tilgang på kompetanse og manglende ledelsesfokus utgjør en barriere for mer enn halvparten av potensialet i kjemisk industri og raffinering, og er en særlig viktig barriere for små bedrifter. Fjerning av denne barrieren alene ville frigjøre 0,9 TWh til en teknisk investeringskostnad³⁴ på rundt NOK 300 millioner. Tiltakene knyttet til denne barrieren er lønnsomme og har en typisk tilbakebetalingstid på 2-5 år. Eksempler på tiltak i denne kategorien er enkle effektivitetsforbedringer på dampsystemer, tetting av lekkasjer i trykkluftsystem og endrede prosedyrer ved planlagt driftsstans.

4.3.2 Barrierer i aluminiumsindustrien

Aluminiumsindustrien har et betydelig potensial knyttet til varmegjenvinning fra kjerneprosessene. Manglende tilgang på ekstern infrastruktur utgjør derfor en viktig barriere. Det samme gjelder for ekstern risiko og begrenset kapitaltilgang.

Rundt 60% av det totale spillvarmepotensialet som ikke realiseres på grunn av manglende ekstern infrastruktur kommer fra aluminiumsindustrien. Spillvarmetiltakene i aluminiumsindustrien er svært kapitalintensive og har en total investeringskostnad på NOK 7,5 milliarder. Den høye kostnaden skyldes kompleksiteten forbundet ved å fange varmen fra et stort antall elektrolyseceller uten å forstyrre kjerneprosessen³⁵.

Aluminiumsindustrien har de mest kapitalintensive tiltakene av alle industriene, og over 90% av potensialet heftes av begrenset kapitaltilgang. Den samlede investeringen for implementering av alle tiltakene er NOK 15,5 milliarder (ny ekstern infrastruktur ikke medregnet). Mange av de kapitalintensive tiltakene innebærer dessuten en vesentlig ombygging eller utbygging av ny produksjonskapasitet. Dette gjelder blant annet om man skal fange det fulle

³³ Balansert produksjon og forbruk av damp innebærer at forbruket av damp jevnes. Dette gjøres blant annet gjennom bedret planlegging og samordning av eksoterme og endoterme prosesser. Samtidig tilpasses produksjonen til forbruksprofilen.

³⁴ I tillegg til den tekniske investeringskostnaden kommer programkostnader knyttet til opplæring, bevisstgjøring og lignende. Programkostnader er ikke beregnet i denne rapporten.

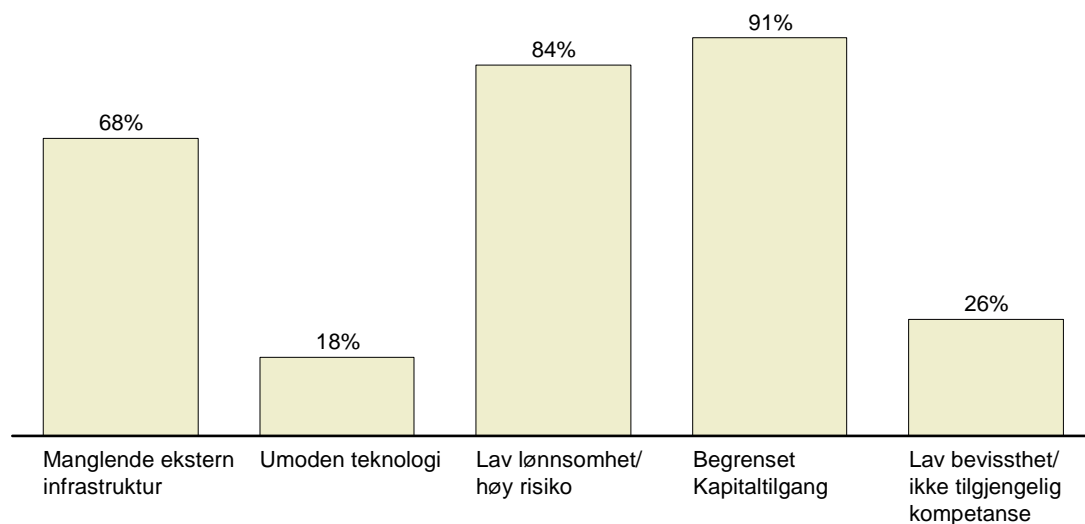
³⁵ Et typisk norsk aluminiumsanlegg har rundt 300 individuelle elektrolyseceller

spillvarmepotensialet fra elektrolysecellene. Slike tiltak vil ikke gjennomføres uten bedre og mer forutsigbare rammebetingelser for industrien i Norge.

Figur 4.3.2

Andel av potensial som påvirkes av de enkelte barrierene i aluminiumsindustrien

Andel av samlet effektiviseringspotensial i aluminiumsindustrien, Prosent



KILDE: Potensialstudie for energieffektivisering i norsk industri, 2009

Ekstern risiko utgjør derfor en viktig barriere for de kapitalintensive tiltakene i aluminiumsindustrien. Sensitiviteten til usikkerhet forsterkes ytterligere av typisk lange tilbakebetalingstider på 8-15 år. En av de viktigste risikofaktorene for de kapitalintensive tiltakene generelt er usikkerheten rundt industriens kraftpris når de langsiktige kraftkontraktene oppheves.

4.3.3 Barrierer i ferrolegeringsindustrien

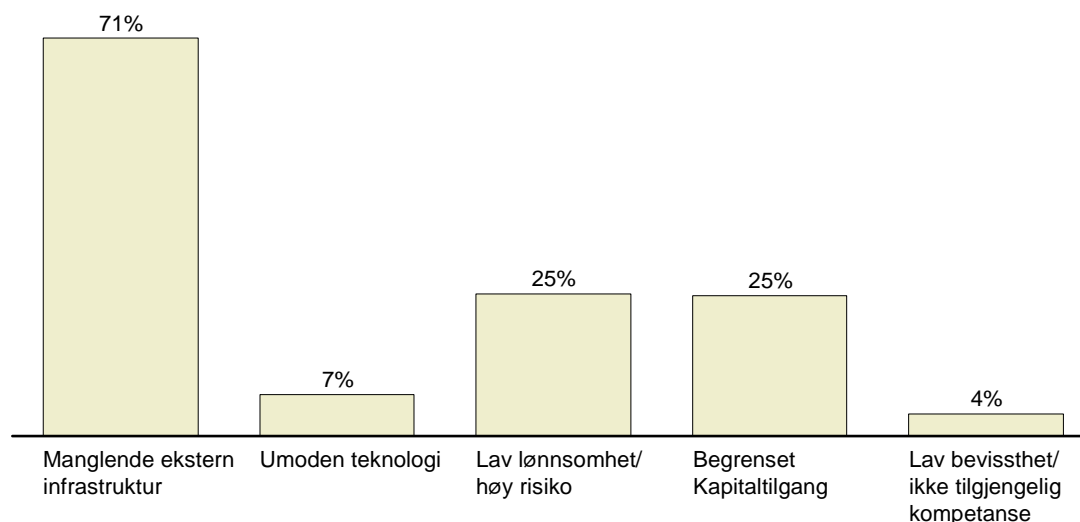
Manglende ekstern infrastruktur er den viktigste barrieren for ferrolegeringsindustrien, og hindrer over 70% av det totale potensialet.

Ferrolegeringsindustrien har i likhet med aluminiumsindustrien betydelig potensial (3,7 TWh) knyttet til varmegjenvinning som i dag ikke realiseres på grunn av manglende ekstern infrastruktur og sluttbrukere. Rundt 0,4 TWh av spillvarmen kommer fra slagg og kan hentes ut på 50 grader celsius og brukes i blant annet fjernvarmenett. Den resterende spillvarmen kommer i form av kjølevann fra ovner og kjeler. Den holder en lavere temperatur (rundt 30 grader celsius), og er dermed noe vanskeligere å anvende. Industrien har imidlertid identifisert flere mulige anvendelsesområder også for lavtemperatur spillvarme. Eksempler er oppdrettsanlegg for fisk, gartnerier, svømmebasseng, idrettsanlegg, varmt vann til hoteller samt oppvarming av gater.

Figur 4.3.3

Andel av potensial som påvirkes av de enkelte barrierene i ferrolegeringsindustrien

Andel av samlet effektiviseringspotensial i ferrolegeringsindustrien, Prosent



KILDE: Potensialstudie for energieffektivisering i norsk industri, 2009

Risiko- og kapitalbarrierene er noe mindre viktige i ferrolegeringsindustrien enn i aluminiumsindustrien. Dette skyldes at mesteparten av potensialet (70%) stammer

fra lavkostnads³⁶ tiltak for varmegjenvinning. For tiltak knyttet til elkraftgenerering fra avgass er imidlertid begrenset tilgang på kapital en sentral barriere. Slik elkraftgenerering er kapitalintensiv og har en total investeringskostnad på NOK 3,9 milliarder for å realisere det fulle potensialet. Elkraftgenerering er også sensitivt til ekstern risiko som usikkerhet rundt fritak fra el-avgift for eksportert kraft samt manglende forutsigbarhet i utviklingen av kvote- og avgiftssystemer for CO₂.

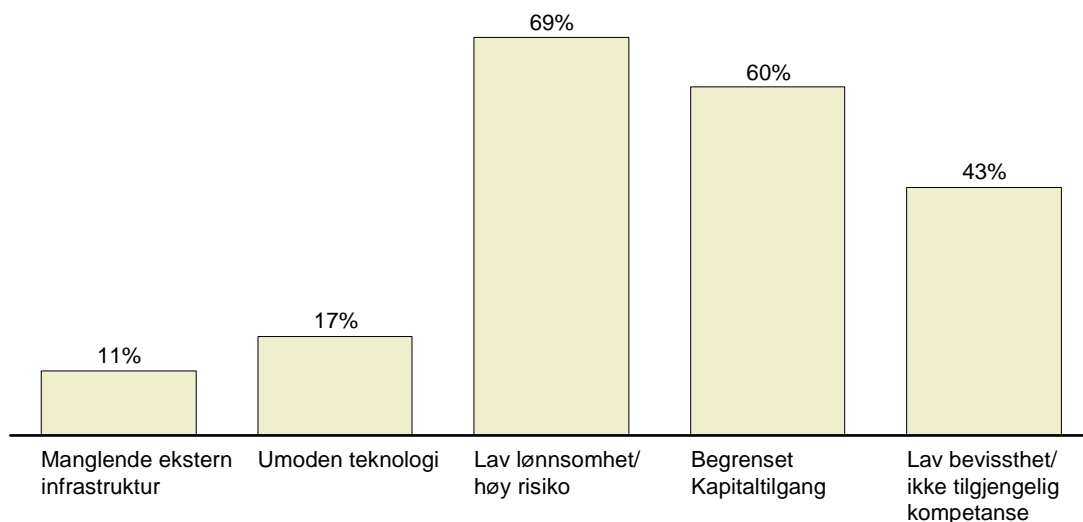
4.3.4 Barrierer i treforedlingsindustrien

Begrenset kapitaltilgang og intern risiko er de viktigste barrierene mot energieffektivisering i treforedlingsindustrien. I tillegg utgjør manglende bevissthet en betydelig utfordring.

Figur 4.3.4

Andel av potensial som påvirkes av de enkelte barrierene i treforedlingsindustrien

Andel av samlet effektiviseringspotensial i treforedlingsindustrien, Prosent



KILDE: Potensialstudie for energieffektivisering i norsk industri, 2009

Rundt 60% av potensialet for energieffektivisering i treforedlingsindustrien hindres av manglende tilgang på kapital. Over 90% av dette potensialet er bedriftsøkonomisk lønnsomt. Investeringsviljen påvirkes av presset lønnsomhet og manglende forutsigbarhet om industriens fremtid. Et eksempel er usikkerheten knyttet til fremtidig etterspørsel etter avisepapir. Enhver betydelig investering blir

³⁶ Kostnadsberegninger i denne rapporten er gjort ut i fra bedriftens perspektiv. Det forutsettes at bedriften selv ikke betaler for ekstern infrastruktur og denne kostnaden er derfor ikke tatt med i kostnadsberegningene for tiltak knyttet til varmegjenvinning.

derfor gjenstand for streng prioritering, og lønnsomhet alene vil ikke alltid være tilstrekkelig for å sikre tilgang til nødvendig kapital.

Rund halvparten av potensialet i treforedlingsindustrien er assosiert med høy intern risiko. Denne risikoen knytter seg først og fremst til tiltak som påvirker produkttegenskapene og hvor de kommersielle konsekvensene av dette er usikre. Eksempler på dette er økt bruk av resirkulert papir i avispapirproduksjonen og endret bruk av kjemikalier i raffinøren. Andre tiltak i denne kategorien skaper intern risiko gjennom inngrep i kjerneprosessene.

4.3.5 Barrierer i øvrig industri

I øvrig industri hindres tiltakene i all hovedsak av manglende bevissthet og kompetanse.

Kompetansetilgang og bevisstgjøring er generelt mer krevende å adressere i gruppen av øvrig industri siden det involverer opplæring og bevisstgjøring av personell i mange ulike bedrifter. Utfordringen er dermed en annen enn i de konsoliderte industriene omtalt i de foregående avsnittene. Incentivene for å redusere energibruk i øvrig industri er dessuten mindre siden energibruk utgjør en lavere andel av de totale kostnadene enn for den kraftintensive industrien.

5 Appendiks

Dette kapitlet inneholder beskrivelser av potensialene i hver av de store energisektorene som er dekket av rapporten. For hver industri beskrives industriens utgangspunkt med tanke på energibruk og historisk utvikling i energieffektivitet. Deretter beskrives potensialet og kostnadene for videre energieffektivisering frem mot 2020.

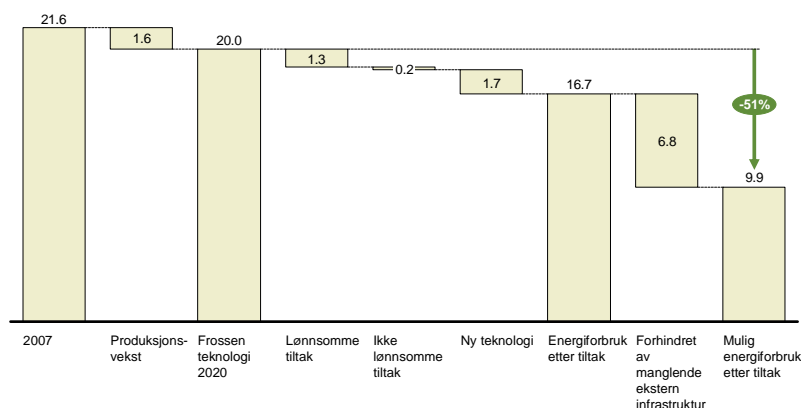
5.1 SPESIELT OM ALUMINIUMSINDUSTRIEN

Aluminiumsindustriens stod i 2007 for 27% av det totale energiforbruket i norsk landbasert industri, tilsvarende 21,6 TWh. Det er identifisert et teknisk potensial for 51% reduksjon i aluminiumsindustriens energiintensitet innen 2020 sammenlignet med 2007-nivå, tilsvarende en 5,3% årlig forbedringstakt. 13% av det totale potensialet kan realiseres gjennom lønnsomme tiltak som verken krever ny teknologi eller ny infrastruktur. Videre kan nesten 19% av potensialet realiseres gjennom teknologiutvikling og forbedret lønnsomhet. 68% forutsetter utvikling av ekstern infrastruktur ettersom dette potensialet er relatert til varmegjenvinning. Totalt er det identifiserte potensialet på 48% (9,3 TWh) reduksjon i forhold til industriens referansebane for 2020.

Figur 5.1.1

Nedbrytning av energieffektiviseringspotensialet for norsk aluminiumsindustri frem mot 2020

TWh/år



KILDE: Team analyse, SSB

5.1.1 Utgangspunkt for industrien

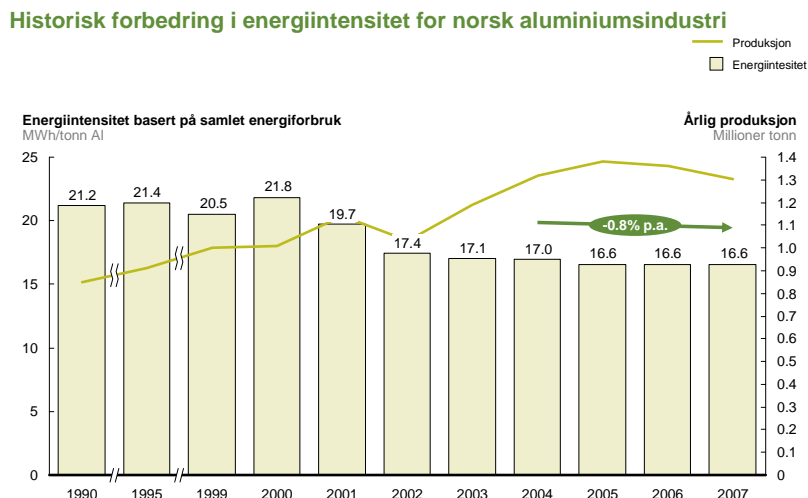
5.1.1.1 Overordnet industribeskrivelse og utgangspunkt

Fokus for studien er produksjon av primæraluminium. Aluminaproduksjon er ikke inkludert ettersom dette ikke produseres i Norge. Hele den resterende delen av verdikjeden er inkludert, det vil si anodeproduksjon/ massefabrikk, elektrolyse, støperi og støttesystemer. Vi har avgrenset mot tiltak som ikke er knyttet til produksjon, for eksempel belysning. Videre har vi hatt energiintensitet basert på netto forbruk i fokus. Det vil si at for eksempel tiltak knyttet til eksport av fjernvarme regnes som intensitetsreducerende, da dette fører til redusert nettoforbruk.

Aluminiumsindustrien i Norge består av totalt syv aluminiumsanlegg eid av totalt tre selskaper. Norsk Hydro er største spiller og har en markedsandel på 60%, etterfulgt av Alcoa Norway med 28% og Sør-Norge Aluminium med 12%. Hydro har fire anlegg på henholdsvis Karmøy, Årdal, Sunndalsøra og Høyanger. Alcoa har to anlegg, et på Lista og et i Mosjøen, og SørAl har ett anlegg på Husnes. Totalt hadde industrien en produksjon på ca. 1.4 millioner tonn i 2007, mens det er antatt at produksjonen i 2020 vil ligge rundt 1.3 millioner tonn. Nedgangen skyldes først og fremst stengingen av den eldre delen på Hydro Karmøy. Videre så vi en reduksjon i produksjon på flere anlegg mellom 2007 og 2009, men det antas at denne produksjonen vil være tilbake på 2007-nivå innen 2020.

Historisk utvikling i energiintensitet over de seneste årene er i stor grad grunnet overgang fra Søderberg teknologi til Prebake. Dette er begge to versjoner av Hall-Héroult teknologi. Søderberg bruker anoder som lages kontinuerlig ved å tilsette petrolkoks og bek (anodemasse) på toppen av anodene. Varmetapet fra smelteprosessen brukes til å "bake" anodene til den karbonformen som kreves for reaksjon med alumina. Ved Prebake teknologi bakes anodene i en gassovn ved høye temperaturer før de benyttes i elektrolyseprosessen. I perioden 2002 frem til i dag har 5 anlegg faset ut bruk av Søderberg teknologi, slik at vi nå kun har ett anlegg i Norge som benytter denne teknologien. Ettersom Prebake er en noe mer energieffektiv teknologi har dette teknologiskiftet sammen med annen generell forbedring gitt oss en forbedringstakt på 0,8% p.a. Her er alt energiforbruk ved et aluminiumsverk tatt med, inkludert støttesystemer, støperi m.v. (Metoden som er brukt er total energiforbruk i industrien dividert på total produksjon.)

Figur 5.1.2

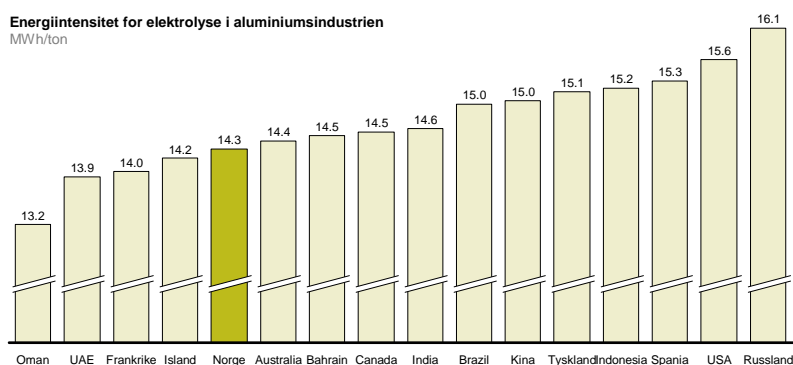


MERK: Inkluderer alle deler av primærproduksjon av aluminium, inkludert støttesystemer, støperi m.v.
 KILDE: SSB; PIL 2002 og 2007; USGS 2007 Minerals Yearbook; teamanalyse

Basert på benchmarks for elektrolyseprosessen (resterende energiforbruk utenom elektrolysen utelatt) for alle verdens aluminiumsmeltere (vektet snitt pr land) ligger norsk aluminiumsindustri blant de 35% beste. At norsk aluminiumsindustri er basert på vannkraft bidrar i tillegg til at dette er en mer miljøvennlig produksjon enn i andre deler av verden. I sammenligningen ser man at vi i Norge har enkelte smeltere på nivå med de beste, mens snittet totalt sett har høyere energiintensitet.

Figur 5.1.3

Norsk kraftintensiv industri blant verdens beste, men med fortsatt potensial for forbedring



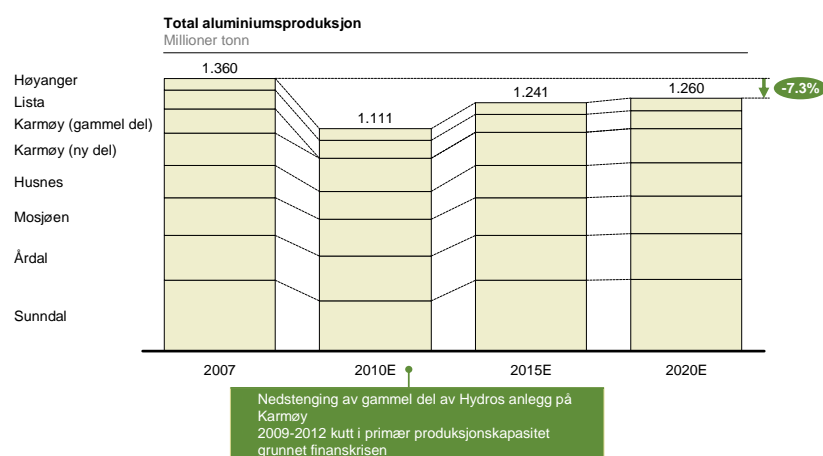
KILDE: McKinsey Analysis; McK NFID model v4.4 (external input, e.g., analysts etc.)

5.1.1.2 Forventet utvikling i energiforbruk frem mot 2020

Produksjon av primæraluminium er forventet å være lavere i 2020 enn hva vi så i 2007. Bakgrunnen for dette er først og fremst at den eldre delen av Hydros anlegg på Karmøy er stengt, samt at enkelte andre anlegg har redusert produksjonen noe mellom 2007 og 2009. Den kapasitetsnedgang som er forventet antas altså allerede å ha funnet sted, og det er forventet en viss økning fra 2009 mot 2020 ved at de anlegg som har nedskalert sin produksjon vil øke denne tilbake til full kapasitet.

Figur 5.1.4

Utvikling i produksjonskapasitet for norsk aluminiumsindustri



KILDE: McKinsey NFID model v4.8

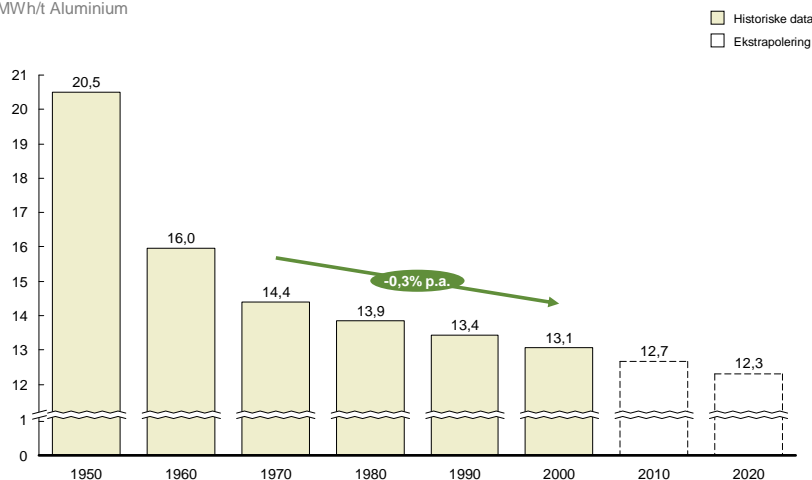
Aluminiumsindustrien domineres av store internasjonale spillere og utviklingen innen norsk aluminiumsindustri vil i stor grad være avhengig av at rammevilkårene fortsatt ligger til rette for industrien i fremtiden, for eksempel at kraftprisen holdes på et nivå industrien kan håndtere.

Selv uten målrettede forbedringstiltak vil man oppnå en viss forbedring i energiintensitet over tid. Historisk forbedringstakt (se pkt. 5.1.1.1) har ligget på 0,8% p.a. for norsk aluminiumsindustri de siste år. Dette skyldes imidlertid i stor grad overgang fra Søderberg til Prebake på mange anlegg, og det er derfor antatt at man ikke kan forvente like sterk forbedring i kommende år uten nevneverdig innsats. Dersom man ser på utviklingen for elektrolyse globalt ligger denne på 0,3% p.a. Vi har antatt at dette er representativt også for de andre deler av produksjonen og man lander således på en referansebane som gir et energiforbruk på 19,2 TWh/år.

Figur 5.1.5

Utvikling i energiintensitet for elektrisitetsforbruk for elektrolyse teknologi

MWh/t Aluminium



1 Kahkas, United Company Rusal (Russia)

KILDE: EATP-European Aluminium Vision 2030; Norsk Hydro årsrapport 2008; McKinsey NDIF model

5.1.2 Potensial for energieffektivisering

5.1.2.1 Oversikt over potensialet for energieffektivisering

Aluminiumsindustrien har lenge vært fokusert på energieffektivisering og reduksjon av totalt energiforbruk. Dette beror i stor grad på at elektrisitet er største innsatsfaktor i aluminiumsproduksjon og dermed som en råvare å regne. Aluminiumsindustrien har som følge av dette et meget sterkt fokus på energieffektivisering.

Totalt identifisert potensial for aluminiumsindustrien er på 10,1 TWh/år. Totalt gir dette en intensitetsforbedring på 51% sammenlignet med frossen teknologi, hvilket betyr en årlig forbedring på 5,3%. Splittet ned på ulike subkategorier får vi følgende inndeling:

- ¶ Lønnsomme tiltak som ikke krever ny teknologi eller infrastruktur – 1,3 TWh/år
- ¶ Ulønnsomme tiltak – 0,2 TWh/år
- ¶ Tiltak som krever ny teknologi – 1,7 TWh/år
- ¶ Tiltak som krever ny ekstern infrastruktur – 6,8 TWh/år

Lønnsomme tiltak som verken krever infrastruktur eller ny teknologi står alene for over 6% forbedring av totalt energiforbruk fra 2007-nivå, mens tiltakene som krever enten økt lønnsomhet eller teknologi gir en 10% forbedring. Tiltak som

forutsetter bygging av ny ekstern infrastruktur har et forbedringspotensial på drøyt 34% fra 2007-nivå.

I tilknytning til identifisering av det fulle potensial er det utformet en visjon for aluminiumsindustrien for 2020. Denne visjonen etablerer en ambisjon for hvilket energiintensitetsnivå man kan forvente for industrien. Visjonen for 2020 som er utarbeidet for aluminiumsindustrien baserer seg på 4 forskjellige punkter:

- ¶ Punkt A – Tatt utgangspunkt i energiintensitet for dagens state-of-the-art-teknologi med fremskriving for forventet utvikling frem til 2020 (0,3% p.a.)
- ¶ Punkt B – Basert på ambisjon uttrykt fra European Aluminum Vision for 2030, regnet om til hvor langt man må ha kommet innen energieffektivisering til 2020 for å nå 2030 målet
- ¶ Punkt C – Iterative forbedringer av dagens teknologi. Basert på redusert avstand mellom anode og katode (ned til 2 cm)
- ¶ Punkt D – Innføring av ny teknologi, for eksempel karbotermisk reduksjon

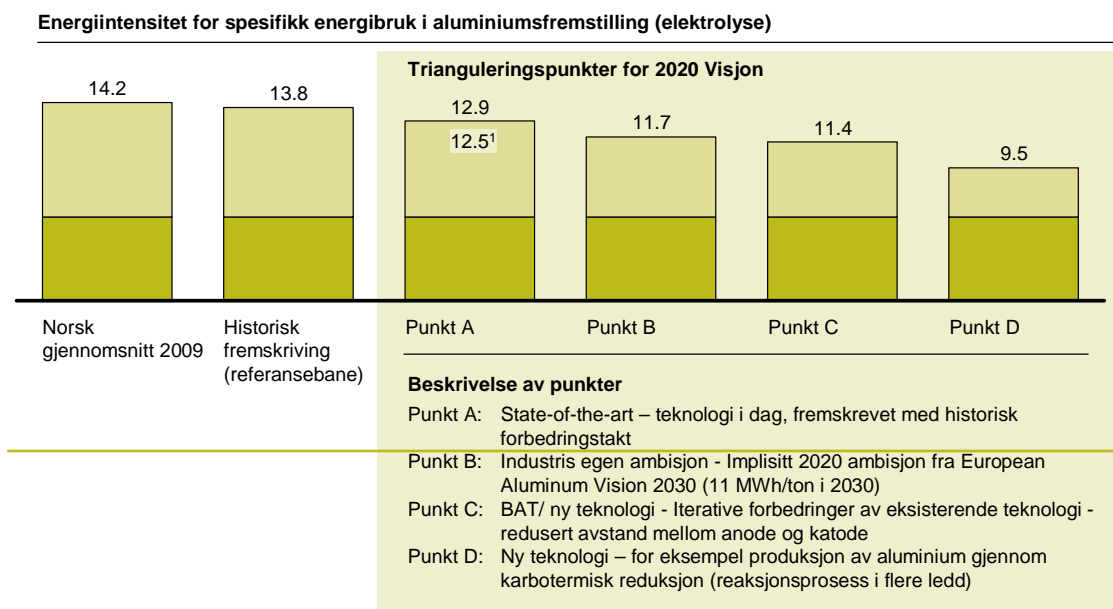
Formålet med visjonen er å gi et referansepunkt i forhold til hvilket nivå man bør etterstrebe i identifiseringen av potensial for enkelttiltak. Aluminiumsindustrien kan ved å realisere hele det identifiserte potensialet, inkludert varmegjenvinning til fjernvarme, bevege seg forbi visjonen for 2020 til et mer energieffektivt nivå.

Figur 5.1.6

4 trianguleringspunkter for aluminium visjon 2020

MWh/tonn

■ Teoretisk minimum



1 Antar 2,7% forbedring over neste 10 år basert på historisk data

KILDE: McKinsey NFID model v4.4; EATP-European Aluminium Vision 2030; Norsk Hydro årsrapport 2008; PIL 02 og 07; teamanalyse

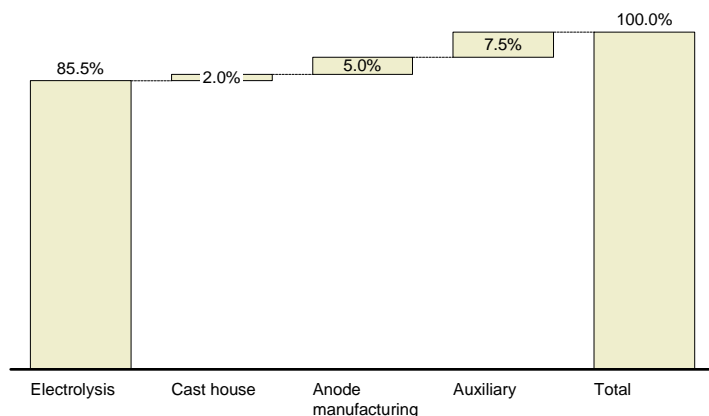
Kostkurven for aluminium viser et meget positivt bilde med store lønnsomme potensialer. Det ligger imidlertid store barrierer til hinder for flere av tiltakene, hvilket vi vil komme tilbake til i punkt 6.1.3, og utfordringen videre knytter seg i stor grad til å finne en løsning til disse. Det er for kostkurven lagt til grunn et avkastningskrav på 10%, mens levetid er spesifisert for hvert enkelt tiltak. (De fleste tiltak for aluminiumsindustrien har 15 års levetid.)

Kurven viser at med dagens elektrisitetspris finnes det om lag 7,5 TWh/år i lønnsomt potensial, mens det finnes ytterligere tiltak som er dyrere å gjennomføre, for eksempel redusert energiforbruk i anodebrennvner. Det totale investeringsbehovet for alle tiltakene i kostkurven er omtrent 15,5 milliarder NOK, og gjennomsnittlig tilbakebetalingstid er 6,5 år. De lønnsomme tiltakene har et investeringsbehov på totalt 4,9 milliarder NOK, og en gjennomsnittlig tilbakebetalingstid på 3,2 år.

Den største andelen av energien (85,5%) forbrukes under elektrolyseprosessen (selve aluminiumsreduksjonen), videre brukes henholdsvis 2%, 5% og 7,5% til støperiet, anodeproduksjonen og støttesystemer, ser figur under.

Figur 5.1.8

Nedbrytning av energiforbruk mellom de ulike deler av produksjonsprosessen



Som følge av at en så stor andel av energiforbruket er knyttet til elektrolyse så vil tiltak rettet mot denne delen av produksjonen gi større utslag på det totale besparingspotensialet fordi baseline er veldig mye større. Like fullt har vi gjort en grundig gjennomgang av de andre delene av prosessen og identifisert besparingspotensial også her.

I aluminiumsproduksjon produseres store mengder varme. I elektrolyseprosessen fremstår dette både som gass i det anodene forbrukes og varme direkte fra cellene og skinnene. Varmegjenvinning av denne varmen utgjør totalt et potensial på 3,7 TWh/år, med en gjennomsnittlig nedbetalingstid på omtrent 2 år. Varmen fra cellene og rågassen er det også i teorien mulighet til å lage elektrisitet av, dette gir et lavere potensial p.g.a. lavere utnyttelsesgrad, og har også høyere kost og nedbetalingstid. En annen hovedgruppe av tiltak vi ser i aluminiumsindustrien er reduksjon av varmetap. Totalt ser vi et energieffektiviseringspotensial på 2.3 TWh/år gjennom varmetapsreduksjon. Videre er det identifisert en rekke tiltak som ikke knytter seg til varmegjenvinning og tapsreduksjon. Disse utgjør totalt et potensial i underkant av 1 TWh/år.

Varmegjenvinning kan redusere energiforbruket med totalt 34% (6,8 TWh/år) gjennom tiltak som samtlige er lønnsomme foruten varmegjenvinning fra topp og bunn på elektrolyseceller, som per i dag er krevende og dyrt. Tiltakene har en

gjennomsnittlig tilbakebetalingstid på 4,7 år (1,8 år uten tiltaket som gjelder varmegjenvinning fra topp og bunn på elektrolyseceller).

De tiltak som omfattes av denne kategorien er for det første varmegjenvinning fra elektrolyseceller. Dette tiltaket representerer det største varmegjenvinningspotensialet (5,2 TWh). Av dette kan 3,7 TWh gjenvinnes fra siden av elektrolysecellen, dette er det mest interessante både med tanke på kost og gjenvinningsgrad. Full utnyttelse forutsetter at varmen gjenvinnes via utstyr montert inne i cellen, men noe av varmen kan også gjenvinnes fra strålevarme utenfor cellen. Tiltaket er forholdsvis kostbart ettersom man trenger varmegjenvinningsutstyr for hver enkelt celle. Videre er det et stort varmegjenvinningspotensial fra rågass som avgis når anodene forbrukes (ca. 1 TWh/år). Denne varmen går ut i elektrolysehallen og varmer opp luften. Denne varmen kan således gjenvinnes på en enklere måte enn varmen fra cellene, ettersom hver enkelt celle ikke trenger å behandles for seg.

Varme gjenvunnet fra celler og rågass kan også brukes til å produsere elektrisitet istedenfor å brukes til fjernvarme. Dette krever tildels ny teknologi, og er meget kostbart sett ut fra dagens perspektiv. Produksjon av elektrisitet fra celler og rågass kan gi et samlet potensial på 0,6 TWh/år, og kan p.g.a. manglende avtak for fjernvarme være løsningen for å få utnyttet varme fra aluminiumsproduksjon. Industrien forsker kontinuerlig på mulighetene for elektrisitetsproduksjon, og det er antatt å bli sentralt så snart man klarer å oppnå en akseptabel effektivitetsgrad.

Videre kan varmes også gjenvinnes fra støperi (0,4 TWh/år), kompressor installasjon (0.1 TWh/år) og fra anodebrennovn (0.06 TWh/år).

Reduksjon av varmetap representerer et totalt potensial på 2,2 TWh/år, hvilket betyr en total reduksjon i energiforbruk på 11%. Tiltak knyttet til reduksjon av energitap har en gjennomsnittlig tilbakebetalingstid på ni år. Den lange nedbetalingstiden skyldes enkelte tiltak som ikke er lønnsomme. Tar en kun i betraktning de lønnsomme tiltakene, har disse en nedbetalingstid på 7,9 år. Nøkkelen til redusert varmetap er å redusere den elektriske motstanden i elektrolyseprosessen. De største besparingspotensialene knytter seg til redusert motstand ved økt tverrsnitt i skinnene (0.6 TWh/år) og redusert spenning i badet i cellen (0.6 TWh/år). Utvidelse av strømskinner er allerede under utprøving ved noen norske aluminiumsanlegg.

Videre finnes det et potensial for energireduksjon i redusert anode- og katodemotstand, samt utskifting av likerettere. Utskifting av likerettere antas kun å være aktuelt når slik utskifting likevel er nødvendig ettersom det er altfor kostbart å gjennomføre kun basert på energibesparelser.

Optimalisering av støttesystemer inkluderer trykkluft, vifter, pumper og andre støttesystemer. Totalt potensial knyttet til støttesystemer utgjør i overkant av 0,2 TWh/år og har en nedbetalingstid på ett år. Bruk og effektivisering av trykkluft kan

forbedres noe uten særlige investeringer, mens annen oppgradering av støttesystemer antas gjort i sammenheng med regulær oppgradering.

Forbedrede rutiner og prosedyrer har et totalt potensial på 0,2 TWh/år og en gjennomsnittlig tilbakebetalingstid på 1,3 år. Denne tiltaksgruppen omfatter tiltak som går på ren forbedring av rutiner og prosedyrer, inkludert å bringe alle skift opp til beste nivå dersom det er store ulikheter. Videre inkluderes også redusert motreaksjon, det vil si redusert antall aluminiumsforbindelser som reagerer tilbake til alumina og karbon.

Redusert energiforbruk i brennovner m.v. representerer et totalt potensial på 0,6 TWh/år. Her omfattes redusert energiforbruk i massefabrikk, brennovner, støpeovn m.v. Det antas ikke å være lønnsomt å skifte for eksempel ovn for å spare energi, dette vil være et tiltak som må implementeres ved regulær utskiftning. Det gir derfor ikke mening å snakke om tilbakebetalingstid for slike tiltak i en energieffektiviseringssammenheng.

5.1.3 Barrierer for energieffektivisering

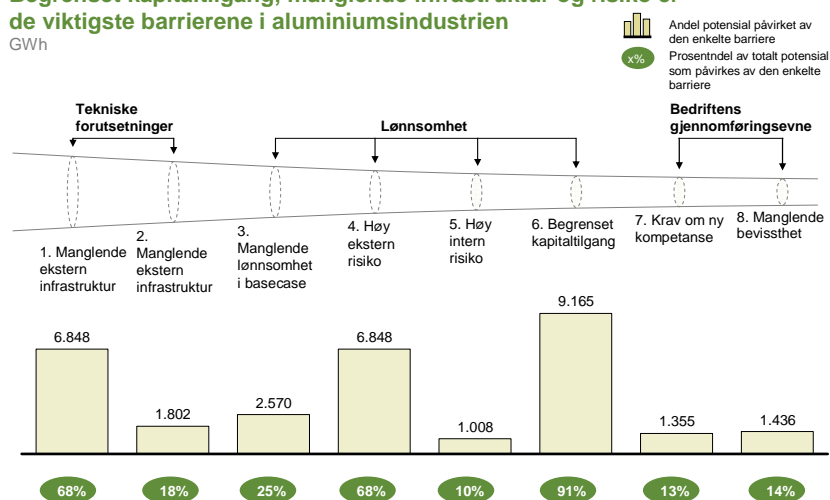
Barrierebildet for aluminiumsindustrien kjennetegnes av manglende ekstern infrastruktur og ekstern risiko, kombinert med begrenset kapitaltilgang. Figuren nedenfor viser andel av totalt potensial som knytter seg til den enkelte barrieren i rammeverket. Som figuren viser knytter 68% av potensialet seg til manglende infrastruktur og tilsvarende tall gjelder også for høy ekstern risiko. 91% av potensialet knytter seg til barrierer rundt begrenset kapitaltilgang. Dette er ikke overraskende da mange av de større tiltakene innen aluminiumsindustrien er svært kapitalintensive.

Til forskjell fra kapittel 4 har vi her valgt å dele opp barrieren som gjelder lav lønnsomhet og høy risiko i tre deler for de ulike industrikapitlene. Årsaken til dette er at det er svært ulike deler av denne barrieren som knytter seg til den enkelte industri. I dette og de kommende avsnittene om spesifikke industrier vil denne barrieren være delt i følgende underbarrierer: 1) manglende lønnsomhet i basecase, 2) høy ekstern risiko og 3) høy intern risiko.

Figur 5.1.9

Begrenset kapitaltilgang, manglende infrastruktur og risiko er de viktigste barrierene i aluminiumsindustrien

GWh



KILDE: Team analyse

Manglende infrastruktur knytter seg i hovedsak til tiltakene som gjelder gjenvinning av varme for fjernvarmeformål. For å kunne ta ut potensial knyttet til varmegjenvinning må denne varmen kunne bringes ut til et avtak i samfunnet i det mengden er meget større enn det anlegget selv har behov for. Forutsetningen for at dette skal la seg gjøre er at det finnes infrastruktur som kan ta i mot varmen ”på den andre siden av gjerdet”. Denne utbyggingen kan ikke skje på selskapets initiativ da det dreier om store samfunnsmessige investeringer. Dette må skje enten fra statlig eller kommunalt hold og krever en satsning på fjernvarme som fyringssystem. Forutsetningene som her må være på plass er både knyttet til ønske om å investere i fjernvarmeanlegg, men også villighet fra kommunalt hold til å benytte fjernvarme til oppvarming av kommunale bygninger m.v.

Videre er ekstern risiko en viktig barriere i aluminiumsindustrien. Denne barrieren er nært knyttet til ekstern infrastruktur, da det for flesteparten av tiltakene som mangler nødvendig infrastruktur, også er et problem at den eksterne risikoen er høy. En av årsakene til dette er at man ikke er garantert et avtak for varmen når den sendes ut fra anlegget. Delvis skyldes dette at anleggene ligger usentralt og at det derfor er lite bebyggelse i nærheten som har behov for energien. Videre er det p.g.a. temperaturpåvirkning fra omgivelsene mer varme som avgis om sommeren enn om vinteren, noe som fører til at denne barrieren forsterkes ytterligere. Endelig er det manglende fokus på dette fra kommunalt hold slik at det ikke finnes påbud eksempelvis for ny industri om å bygge slik at nye anlegg kan nyttiggjøre seg varme fra eksisterende industri. Dette er uheldig fordi man da ikke får optimalisert bruken av fjernvarme.

Ikke overraskende er manglende kapitaltilgang en barriere i aluminiumsindustrien. Investeringene er i stor grad betydelige og her som ellers er det begrenset tilgang på kapital. Det som er en mer indirekte årsak til kapitalbegrensningene er manglende forutsigbarhet i industrien. Dette er etter alt å dømme en riktigere definisjon på kapitalbegrensningen enn mangel på kapital. De fleste kraftkontraktene som finnes i industrien i dag går ut mellom nå og 2020, og det er stor uvisshet rundt hvilket nivå kraftprisene vil ligge på ved fornyelse av kontrakten. Av den grunn er det mindre villighet i industrien til å gjøre investeringer som krever fortsatt drift i 25-30 år for at å få maksimalt utbytte.

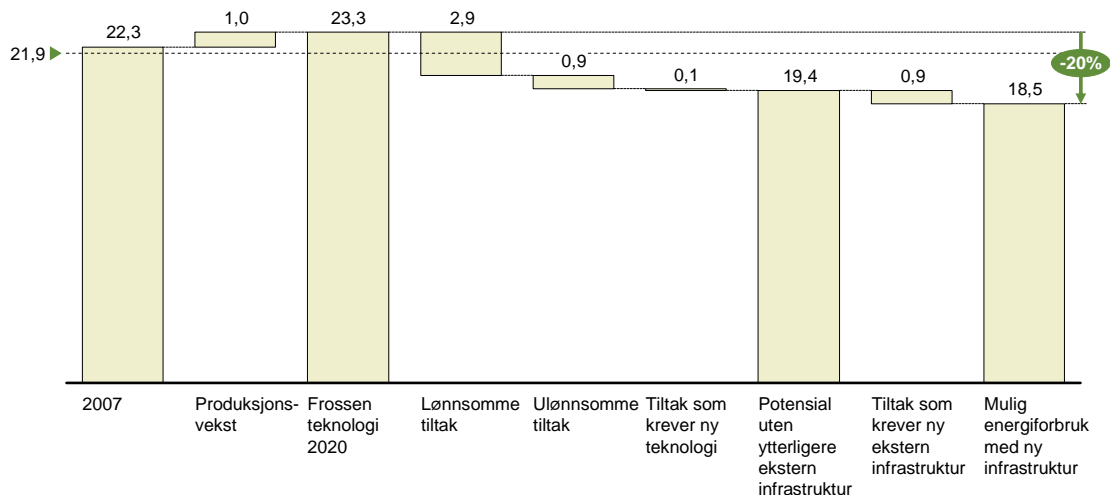
5.2 SPESIELT OM KJEMISK INDUSTRI OG RAFFINERI

Kjemisk industri og raffinerier stod i 2007 samlet for 29% av det totale energibruken i norsk landbasert industri, tilsvarende 22,3 TWh. Raffinerinæringen utgjorde 9,1 TWh. Begrunnelsen for samlet behandling av disse industriene er konfidensialitetshensynet som oppstår ved at vi bare har to gjenværende oljeraffinerier i Norge (Statoil Mongstad og Esso Slagentangen). Prosesslikhet med annen kjemisk industri tilsier videre at produksjon av sink og aluminiumflorid også behandles i dette kapitlet. Gassprosessering og utvinning av olje og gass holdes utenfor som ledd i offshorevirksomhet.

Figur: 5.2.1

Nedbrytning av energieffektiviseringspotensialet for kjemisk industri og raffinerier frem mot 2020

TWh/år



¹ Som ikke allerede inngår i kategoriene "ny teknologi" eller "forhindret av manglende ekstern infrastruktur"
KILDE: Teamanalyse; SSB

Det er identifisert et teknisk potensial for reduksjon av spesifikt energiforbruk på rundt 20% frem mot 2020 sett i forhold til dagens energiintensitet, noe som vil redusere energibruken med 4,7 TWh, gitt forventet produksjonsvolum i 2020. Dette tilsvarer 1,7% årlig intensitetsforbedring. Påkrevd kapitalinvestering for samlet potensial anslås til 7 milliarder NOK. Som det fremgår av figur 5.2.1 kan 2,9 TWh (61% av samlet potensial) realiseres ved lønnsomme tiltak som verken krever ny ekstern infrastruktur eller ny teknologi. Kostnadene for dette anslås til rundt 3 milliarder NOK. Et samlet forbruk på 18,5 TWh i 2020 innebærer 16% reduksjon i spesifikt energiforbruk sammenliknet med referansebanen for 2020.

Med energiintensitet mener vi netto forbruk per produsert enhet. Dette innebærer at for eksempel eksport av fjernvarme regnes som intensitetsreducerende, da det reduserer nettoforbruket.

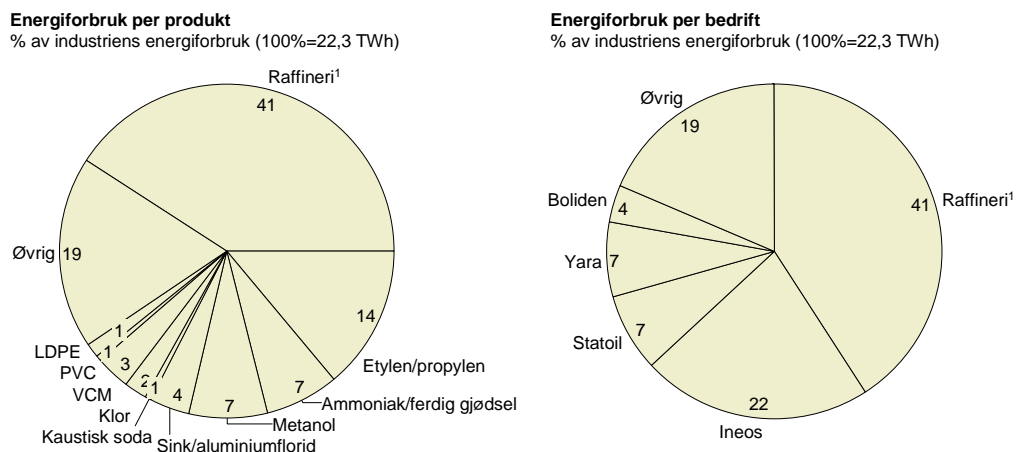
5.2.1 Utgangspunkt for kjemisk industri og raffinerier

Som det fremgår av figur 5.2.2 går størstedelen av energibruken i norsk kjemisk industri til produksjon av kjemiske råvarer som plastråstoffer, metanol, gjødsel og karbider. Produksjon av andre kjemiske produkter som titandioksid, formaldehyd, industrigasser, maling og legemidler inngår også, men disse står enkeltvis for en relativt liten del av samlet energiforbruk (selv om øvrig kjemisk industri utgjør ca en tredjedel av den kjemiske industriens samlede energiforbruk). Fra raffineriene er hovedproduktene bensin, diesel, flydrivstoff og andre lette petroleumprodukter, alle produsert gjennom energiintensive destillasjonsprosesser.

Figur: 5.2.1

Energiforbruk for kjemisk industri fordelt på produktgrupper

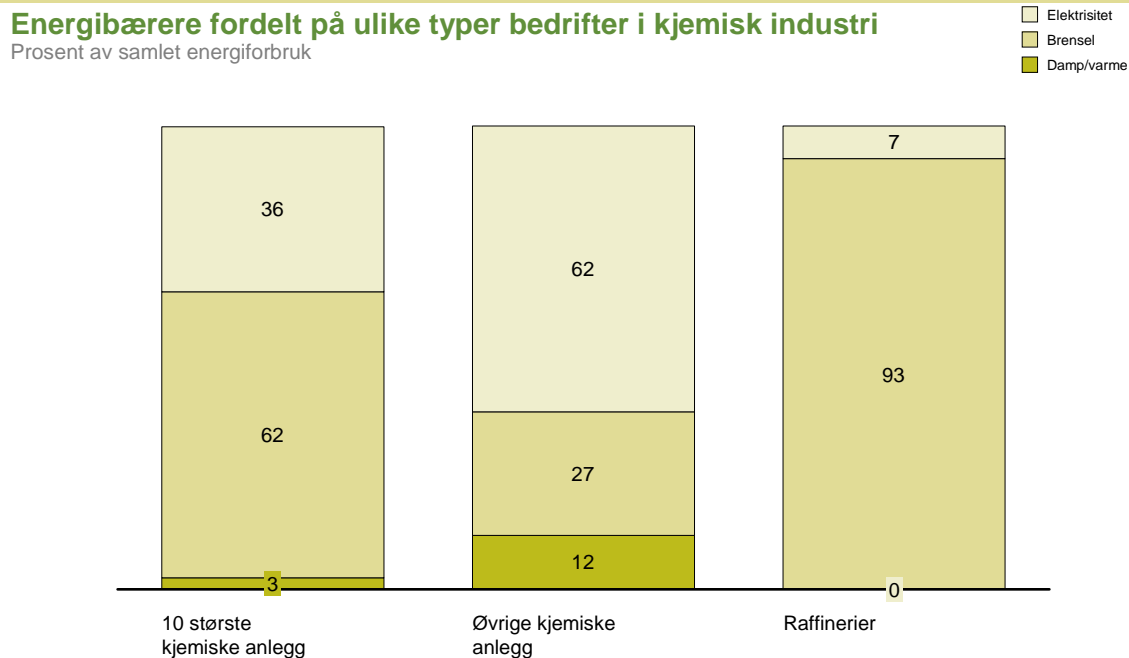
Prosent av samlet forbruk for kjemisk industri



Diversiteten i norsk kjemisk industri er betydelig, med alt fra store, internasjonale foretak til mindre lokalbedrifter med få ansatte. Energibruken domineres av få, store selskaper med sterk eksponering mot eksportmarkedet (figur 2.1). Industrien bestod av rundt tre hundre anlegg i 2007, men likevel var anlegg eid av INEOS, Statoil (metanol), Yara og Boliden ansvarlig for to tredjedeler av samlet energiforbruk. Det er også en sterk geografisk konsentrasjon i Grenlandsområdet – om lag 30% av industriens samlede energiforbruk ligger innenfor en avstand på 5 km mellom Rafnes og Herøya Industripark, hvor Yaras og INEOS' anlegg

produserer blant annet ammoniakk, etylen, klor/lut, VCM og PVC. Andre større aktører i kjemisk industri er Borregaard, Hustadmarmor, Kronos Titan og Dynea.

Figur 5.2.3



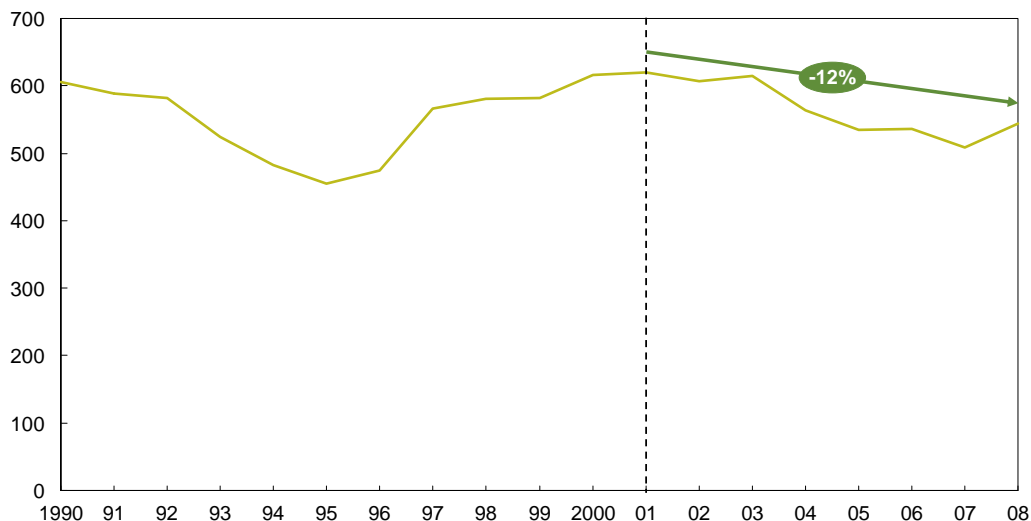
Energibruken i Industrien fordeler seg svært ulikt mellom forskjellige energibærere (figur 5.2.3), hvilket har betydning for størrelsen på effektiviseringspotensialet og ikke minst utslipp av klimagasser. Innenfor kjemisk industri dominerer gass (innkjøpt og egenprodusert) og olje energibruken for en del større anlegg, for eksempel INEOS (etylenproduksjon), Yara (ammoniakk) og Statoil (metanol). Ser man bort fra de største anleggene er elektrisk kraft generelt den største innsatsfaktoren. Raffineriene benytter nesten utelukkende gass som energibærere.

De ulike størrelsesforholdene mellom aktørene i kjemisk industri fører til en vesensforskjell med hensyn til organisasjon, produkter, prosesser, kapitaltilgang og kompetanse. Igjen påvirker dette forventningene til hvor langt bedriftene har kommet innen energieffektivisering, og hvilke tiltak som er aktuelle. Flere av de store aktørene skårer imidlertid høyt på internasjonale benchmarks innen de respektive bransjer, og de norske anleggene til INEOS, Yara Porsgrunn og metanolfabrikken til Statoil er blant de aller beste i oversikter med sammenlikninger av energieffektivitet. Det samme gjelder for Esso-raffineriet på Slagentangen.

Figur: 5.2.4

Historisk utvikling i energiintensitet

KWh per produsert verdi (MNOK) i faste 2000-priser



Den samlede energiintensiteten (målt som energiforbruk per produsert verdi i faste priser³⁷) for kjemisk industri ble redusert med 12% fra 2001-2008. Dette var en periode med rask reduksjon etter åtte år med økende energiintensitet. Bildet av rask forbedringen i senere tid samsvarer med eksempler fra de større aktørene som viser enkelte store forbedringer i energieffektivitet som følge av prosessendringer. Noen anlegg rapporterer om mer enn en halvering av spesifikt energiforbruk. I tillegg har det vært raskere kontinuerlig forbedring fra økt fokus på energibruk. Enkelte bedrifter har gitt denne fokusendringen et organisatorisk uttrykk gjennom opprettelse av stillinger som energikoordinatorer, eller "energy hunters" (Yara).

Den raske endringen i energieffektivitet blant de store aktørene krever til dels store ressurser som i mindre grad har vært tilgjengelig for små bedrifter. Det er dermed grunn til å anta at det blant de mindre aktørene er et relativt noe større urealisert potensial for energieffektivisering enn blant de store aktørene.

For raffinerier er det mer problematisk å måle energieffektiviteten på tvers av anlegg siden den styres av anleggets kompleksitet og hvilke produkter som produseres fra år til år. Opplysninger fra selskapene indikerer likevel at det har

³⁷ Verdital for produksjon i løpende priser dividert med prisindekser på detaljert produktnivå (SSB)

vært en effektivisering over de siste ti årene. Kraftvarmeanlegget på Mongstad, som settes i drift i 2010, er ett eksempel.

5.2.1.1 Forventet utvikling i energiforbruk frem mot 2020

Produksjonsvekst forventes å medføre en økning av energibruken i kjemisk industri og raffineri med 1 TWh frem mot 2020 gitt at energiintensiteten forblir som i dag (figur 5.2.1). I dette ligger en forventning om 1,2 TWh høyere energiforbruk for kjemisk industri og 0,2 TWh mindre for raffinerier. Referansebanen (det vil si forbedret energiintensitet som antas ut fra forventet effektivisering og produksjonsøkning), innebærer 1,4 TWh lavere energiforbruk enn i frossen teknologiscenariet for 2020. Dette tilsvarer en årlig intensitetsforbedring på 0,5%. Referansebanen fremgår som en stiplet linje i figur 5.2.1 (21,9 TWh).

Produksjonsveksten som antas for kjemisk industri (uten raffineri) frem mot 2020 tilsvarer 0,7% årlig økning i energiforbruk og er basert på Finansdepartementets perspektivmelding. Dette er lagt til grunn som et balansert uttrykk for videre utvikling. I "frossen teknologi 2020"-scenarioet forutsettes energiforbruk å utvikle seg proporsjonalt med produksjonsveksten. Det er imidlertid verdt å bemerke at den dominerende tilstedeværelsen av internasjonale eksportrettede selskaper bidrar til at norske rammebetingelsers konkurransedyktighet kan få avgjørende betydning for produksjonsutviklingen som legges til grunn. Et annet moment er at press mot nedleggelse av eldre anlegg i utlandet kan gi muligheter for produksjonsvekst ved norske anlegg, som gjerne har moderne og effektive prosesser og utstyr. Internasjonal utfasing av kvikksølvbaserte kloranlegg kan tjene som ett eksempel.

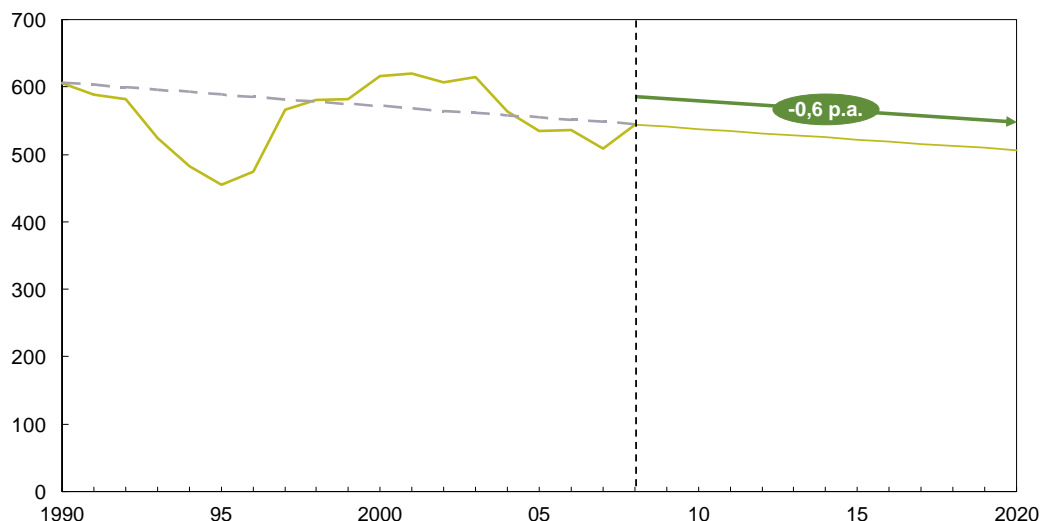
Raffinerinæringen forventes en tilnærmet flat produksjonsutvikling med en nedgang på under 0,1% årlig fra 2007-nivå, som var et år med noe høyere produksjon enn årene før og etter. Det forventes ingen utbygging av kapasitet, og kapasitetsutnyttelsen i 2007 legges til grunn som langsiktig nivå også for fremtiden. Historisk har raffinerinæringen sett en gradvis økning i spesifikt energiforbruk fra stadig strengere miljøkrav til sluttproduktene. Dette forventes å fortsette slik at reduksjonen i energiforbruk blir mindre enn produksjonsnedgangen skulle tilsi. Samlet energiforbruk forventes redusert med 0,2 TWh frem mot 2020.

Forventet forbedring av energiintensitet er for kjemisk industri basert på en fremskrivning av historisk utvikling mens det for raffinerier bygger på en kvalitativ vurdering. Innen kjemisk industri var det fra 1990 til 2008 en gjennomsnittlig årlig reduksjon i spesifikt energiforbruk på 0,6%. Siden en del enkeltaktører nokså nylig har sett store reduksjoner innen energiforbruk per produsert enhet, er det ønskelig å betrakte historisk utvikling gjennom et lengre tidsrom for å få et realistisk bilde av hvilken utvikling som kan forventes frem mot 2020. Det forutsettes at effektiviseringstrenden fra 1990-2008 vil fortsette gitt at rammebetingelsene forblir som de er. Dette gir et forbruk for kjemisk industri i referansescenariet på 13,4 TWh i 2020.

Figur: 5.2.5

Antatt fremtidig utvikling i energiintensitet

KWh per produsert verdi (MNOK) i faste 2000-priser



KILDE: SSB

For raffinerier fører årlig variasjon i produktmiks til at historiske tall for energiforbruk per produsert mengde er et lite egnet uttrykk for historisk forbedringstakt. Forventninger for fremtiden bør derfor bygge på kvalitative forventninger fremfor kvantitative fremskrivninger av historiske data. Raffinerinæringen består av store, komplekse anlegg med massive sikkerhetskrav – alle momenter som bidrar til at store prosessomlegginger ikke kan forventes. Det er imidlertid unntak, hvorav kraftvarmeanlegget på Mongstad er ett eksempel (forventes å være i drift i løpet av 2010). Dette anlegget, sammen med en forventning om enkelte øvrige driftsoptimaliseringer, danner referansebanen for 2020. Forbruket som legges til grunn i referansescenarioet er 8,5 TWh.

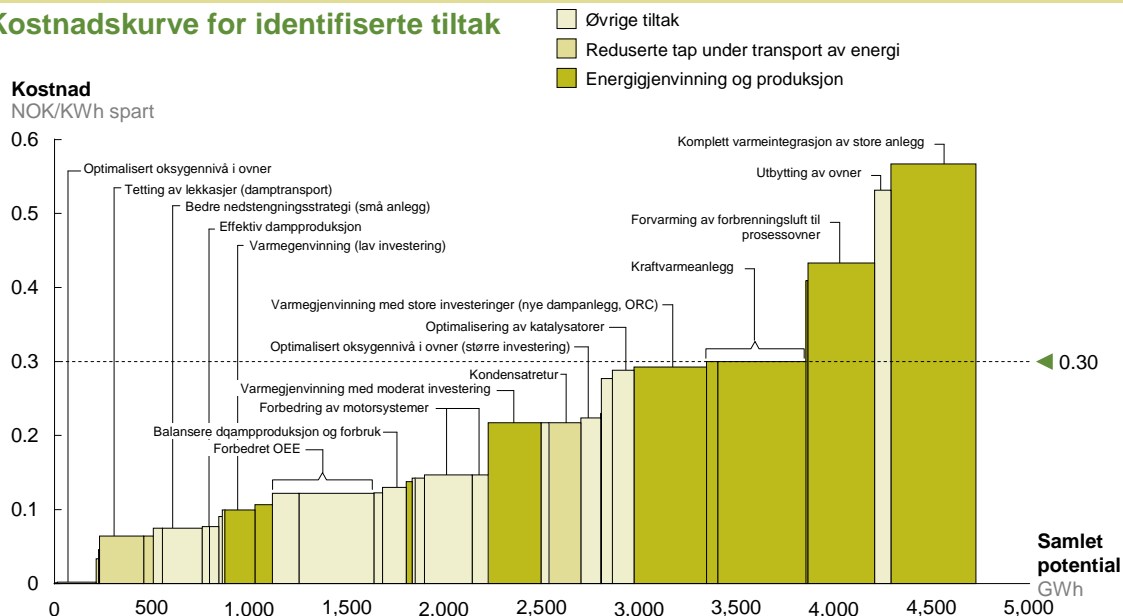
Samlet referansebane for 2020 for kjemisk industri og raffineri blir dermed 21,9 TWh.

5.2.2 Potensial for energieffektivisering

Selv om mange norske anlegg allerede har høy energieffektivitet anslås det å være et teknisk reduksjonspotensial for spesifikt energiforbruk på 20% fra 2007-nivå, tilsvarende en årlig intensitetsforbedring på 1,7% frem mot 2020. Med forventet produksjonsvekst tilsvarer denne intensitetsforbedringen 4,7 TWh redusert forbruk. 82% av identifiserte tiltak anslås å være lønnsomme i base case med en gjennomsnittlig tilbakebetalingstid på 5,5 år. 2,5 TWh kan realiseres med en gjennomsnittlig tilbakebetalingstid på 3 år.

Figur: 5.2.6

Kostnadskurve for identifiserte tiltak



Effektiviseringspotensialet i kjemisk industri og raffineri består av enkelte store tiltaksgrupper, og det er få enkelttiltak som dominerer det samlede potensialet. Ulikhetene mellom store og små aktører gjør imidlertid at generelle betraktninger rekker kort. De største energiforbrukerne har et moderat potensial innen kontinuerlig forbedring, men det er imidlertid identifisert kapitalkrevende enkelttiltak med betydelig effekt alene. For de mindre aktørene er størstedelen av potensialet å finne innenfor mindre kapitalkrevende tiltak som forbedret driftsregularitet (OEE - Overall Equipment Efficiency), forbedrede prosedyrer for nedstengning og skift til mer energieffektive motorsystemer. Forenklet kan det sies at tiltakene for større aktører gjerne er av det mer kapitalkrevende slaget, mens kompetanseutvikling og bevisstgjøring står mer sentralt for mindre anlegg. Det vil fremgå av det følgende at dette er en forenkling med modifikasjoner.

Kostnadskurven for tiltakene innen kjemisk industri og raffinerier viser at mer enn halvparten av potensialet er lønnsomt med god margin ved en energipris på 30 øre/KWh. De lønnsomme tiltakene omfatter reduksjon av energibehov gjennom driftsoptimalisering og utskifting av eldre utstyr, reduserte energitap ved transport av damp og trykkluft, samt noe varmegjenvinning og varme/kuldeintegrasjon.

Med unntak av utskifting av ovner (gitt at det ikke skjer som del av regulær utskifting), består det ulønnsomme potensialet av noen få tiltak innenfor varmegjenvinning, varme/kulde-integrasjon og energiproduksjon. Dette er tiltak som krever vesentlige kapitalinvesteringer og delvis ombygging av anleggene.

5.2.2.1 Beskrivelse av energieffektiviseringstiltak

Kjemisk industri og raffinerier avgir mye varme og er store forbrukere av damp. De viktigste tiltakskategoriene er således innenfor varmegjenvinning og varmeintegrasjon, effektiv dampproduksjon og reduserte tap under transport av damp. Til sammen utgjør disse tiltakene et potensial på 2,9 TWh. Som vi skal se i neste kapittel er det betydelige barrierer innenfor dette området.

I tillegg til damp- og varmegjenvinning er det et reduksjonspotensial på ytterligere 1,8 TWh gjennom optimalisert drift (1,1 TWh) og utskifting av gamle motorer (0,4 TWh) og modifisering eller utbytting av ovner (0,3 TWh).

Varmegjenvinning, varmeintegrasjon og elektrisitetsproduksjon er kategorien av tiltak som har størst samlet potensial for kjemisk industri – 1,7 TWh. Varmegjenvinning og integrasjon står for mer enn 90% av dette potensialet og vil være hovedfokus i det følgende. Enkelte alternativer for elektrisitetsproduksjon bør likevel nevnes. For noen få anlegg kan elektrisitetsproduksjon med dampturbiner være aktuelt. En annen mulighet er å skape elektrisitet gjennom oppvarming og videre ekspansjon av kondensat fra medier med lavt kokepunkt i en ORC (Organic Rankine Cycle). ORC er foreløpig en umoden teknologi som vil ha lavere virkningsgrad enn om varmen utnyttes direkte. Produksjon av elektrisitet er ikke vurdert ytterligere for kjemisk industri.

Noe varmegjenvinning og integrasjon kan foretas uten større investeringer, blant annet ved bedre utnyttelse av energi fra eksoterme prosesser og forvarming av produksjonsstrømmer. Eksoterm energi anses ofte som gratis, hvilket medfører at utnyttelsen av denne energien ikke er optimalisert mer enn at anlegget får mengden energi det selv trenger. Ved flere anlegg går derfor mye energi fra eksoterme prosesser til spille. For noen aktører ligger det også et urealisert potensial i å bedre samkjøringen av eksoterme og endoterme prosesser som kan gi anlegget økt selvforsyning av energi til de energikrevende prosessene. Potensialet for disse mindre kapitalkrevende tiltakene er 0,5 TWh, og har en forventet tilbakebetalingstid på under 4 år.

Det er et større potensial for energieffektivisering gjennom betydelig ombygging hos store aktører. 1,2 TWh kan realiseres med en gjennomsnittlig tilbakebetalingstid på 13 år. Noe av dette, som for eksempel komplett integrasjon av varme- og kuldestrømmer, ville vært aktuelt ved nybygging av anlegg, men er vanskeligere å få til med eksisterende infrastruktur. Et annet eksempel på denne typen tiltak er forvarming av forbrenningsluft til prosessovner. Kostnadene for disse tiltakene drives av utbyggingen som er nødvendig for at tiltaket skal fungere, og for enkelte også av strenge sikkerhetskrav. I forbindelse med ombygging/nybygging bør det nevnes at produksjonsøkning vil kunne bidra til økt energieffektivisering ved at nybygget kapasitet er mer effektiv.

Optimaliserte dampsystemer kan redusere den spesifikke energibruken med 9% (1,2 TWh) gjennom tiltak som alle er lønnsomme og med en gjennomsnittlig

tilbakebetalingstid på 7 år. Ser man bort fra forbedring gjennom etablering av kraftvarmeanlegg, som er kapitalkrevende, kan 5% av samlet potensial (0,7 TWh) realiseres med 3 års gjennomsnittlig tilbakebetalingstid. Eksempler på tiltak er forvarming av matevann ved utnyttelse av avgass fra kjel (economizers), forbedret trykkontroll, lekkasjereparasjoner, forbedret vedlikehold (rens og rutinemessig nedblåsning) og kondensatretur. I tillegg vil tilpasning og balansering av dampproduksjon og etterspørsel ha energisparende effekt, særlig for de større anleggene.

Driftoptimalisering innehar et potensial på 1,1 TWh. En forholdsvis stor andel av potensialet finnes blant mindre aktører som tradisjonelt ikke har hatt ressurser til å sette energieffektivitet høyt på dagsordenen. Det finnes eksempler på store anlegg som uten vesentlig omlegging har redusert energibruken med mer enn 50% i løpet av en femårsperiode i dette årtusen. Mange av de større anleggene har videre oppnådd meget høy driftsregularitet (OEE) gjennom den samme perioden. Eksempler som nevnt ovenfor er blant de mer ekstreme, men sett i sammenheng med oppfatningen blant de større aktørene om at energieffektivitet først er blitt fokusområde de siste ti årene, er det grunn til å anta at mindre aktører ligger noe etter, og derfor fortsatt har mye å hente her. Eksempler på tiltak er bedret prosesskontroll (for eksempel over oksygennivå i ovn), økt teknisk regularitet gjennom forbedret driftsregularitet. Andre tiltak er redusert nedetid mellom produksjonssykluser og forbedrede prosedyrer for nedstengning av utstyr når produksjonen uansett står.

Trykkluftsystemer er et annet effektiviseringsområde, særlig reparasjon og forhindring av lekkasjer i transportsystemet. Dette er som regel blant de billigste tiltakene som gjennomføres, og har gjerne tilbakebetalingstid på mindre enn et år.

Utbygging av motorer kan gi forbedret energieffektivitet tilsvarende 0,4 TWh. Tiltaket er som regel lønnsomt når det skjer som del av regulær utskifting. Elektriske motorer brukes en hel del til bl.a. pumper og vifter. "Elektrifiseringen" av norsk kjemisk industri har gjort at bruken av elektriske motorer nok er noe høyere i Norge enn internasjonalt, og antas å stå for rundt 15% av samlet energiforbruk. Eldre motorer, særlig de av liten til moderat størrelse har vesentlig dårligere virkningsgrad enn moderne motorer, og en utskifting vil kunne gi 0,4 TWh redusert energiforbruk gjennom bedret energiintensitet. Gjennomsnittlig tilbakebetalingstid er 2 år.

Utbygging og modifisering av ovner har et potensial på 0,3 TWh, men er mest aktuelt for de større aktørene på grunn av høye kapitalkostnader. Utskifting til mer effektive ovner vil ofte være lønnsomt hvis det skjer som del av regulær modernisering eller kapasitetsøkning, men ikke hvis det gjøres utelukkende for å bedre energieffektivitet. Nye ovner som følge av regulær modernisering eller utvidelse er ikke antatt i forventet produksjonsvekst, og utskifting av ovner er derfor et av de dyreste tiltakene for kjemisk industri og raffineri med en gjennomsnittlig tilbakebetalingstid på nær 15 år.

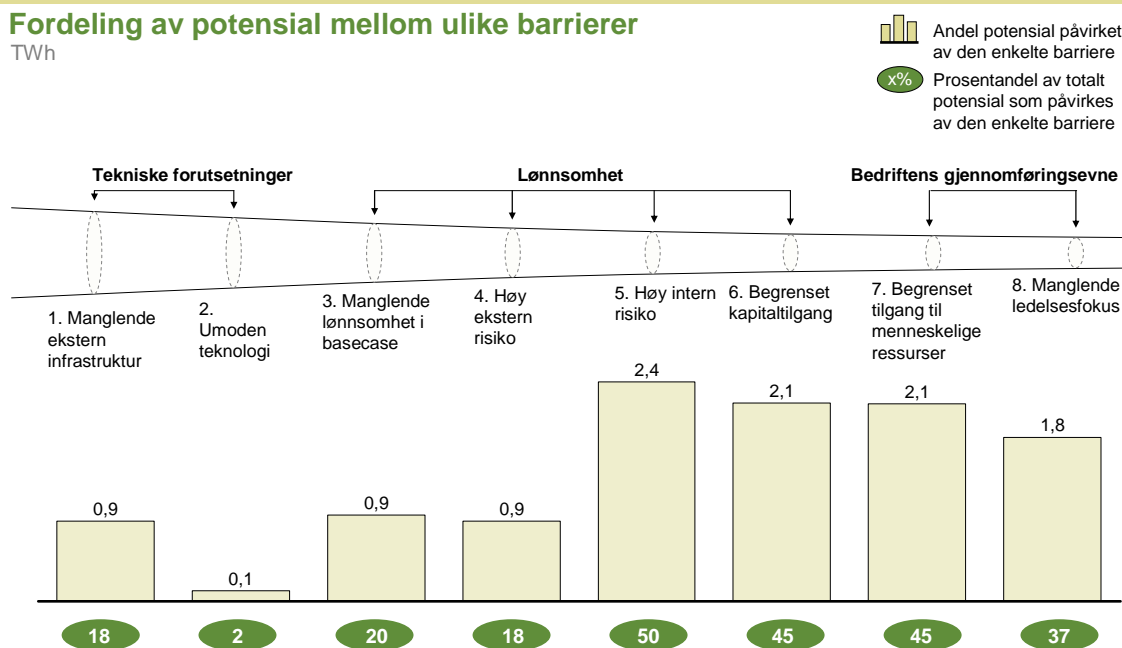
5.2.3 Barrierer for energieffektivisering

For kjemisk industri står intern risiko, kapitaltilgang, tilgang til menneskelige ressurser og ledelsesfokus frem som de viktigste mulighetsområdene for å øke effektiviseringstakten (figur 5.2.7).

Figur: 5.2.7

Fordeling av potensial mellom ulike barrierer

TWh



Begrenset kapitaltilgang gjør seg gjeldende for alle de mer kapitalkrevende tiltakene. Selv om et energieffektiviseringstiltak er lønnsomt kan tilbakebetalingstiden være så lang, eller kapitalinvesteringen så stor, at implementering nedprioriteres til fordel for andre investeringer. To eksempler er anlegg for kondensatretur og modifisering av ovner. Denne barrieren gjør seg særlig gjeldende som for raffinerier og større kjemiske bedrifter hvor produksjonsprosessene og anleggene ofte er svært komplekse. For enkelte aktører driver også omfattende sikkerhetskrav kostnadene opp gjennom strenge bygningsstandarder og omfattende rapporterings- og dokumentasjonsplikt.

Begrenset kapitaltilgang blir gjerne trukket frem som en helt sentral barriere for mange effektiviseringstiltak. En nærmere gjennomgang med industrien av hvert enkelt tiltak viser imidlertid at tilgang på menneskelige ressurser (kompetanse) og ledelsesfokus alene hindrer et betydelig potensial. Som figur 5.2.7 illustrerer, er dette et potensial på rundt 0,8 TWh

Bedre tilgang til menneskelige ressurser og økt ledelsesfokus kan realisere et stort potensial i kjemisk industri. Dette gjelder særlig forbedringer innen OEE, bedre prosedyrer for nedstengning, effektivisering av dampsystemer, reduksjon av lekkasjer i trykkluftsystem og optimalisert ovnsdrift. Selv om disse rimelige tiltakene også har en kostnad, utgjør knapphet på menneskelige ressurser og manglende ledelsesfokus hovedbarrierene mot gjennomføring. Dette er lønnsomme tiltak med kort tilbakebetalingstid som ofte blir iverksatt når bedriftene blir bevisste på potensialet som foreligger. Flere større anlegg har hatt sterkt fokus på denne typen tiltak over flere år, og kan vise til meget positive resultater. Den dramatiske forbedringen Yara Glomfjord opplevde tidlig på 2000-tallet er ett eksempel, og det finnes mange fler. Industrien har gitt uttrykk for at kompleksiteten i prosessene, skillet mellom drift og investeringer, samt begrensede ressurser internt ofte gjør at potensialet for energieffektivisering gjennom denne typen tiltak ikke kartlegges. Potensialet som kan realiseres gjennom tilgang på menneskelige ressurser, kompetanse og ledelsesfokus er alene estimert til 0,9 TWh.

Intern risiko utgjør en betydelig barriere for gjennomføring av mange store og små tiltak. Ett eksempel er finere balansering av produksjon og etterspørsel etter damp, noe som kan føre til økt risiko for produksjonsstans hvis en av kjelene bryter sammen. Enkelt hevder også at frekvensstyring av elektromotorer fører til lavere driftssikkerhet. Andre eksempler er tiltak som krever store omlegginger, slik som fullstendig varmeintegrasjon. Bedriftene ønsker gjennomgående ikke prosessomlegginger med mindre fordelene ved det er store.

En forventning om at et tiltak øker risikoen for driftsstans, kvalitetsforverring og liknende, er i seg selv en viktig barriere. Med slike forventninger er det vanskelig å få satt av tilstrekkelig kapasitet og ressurser til å vurdere tiltaket på en grundig nok måte. Det er således en sammenheng mellom barrierene intern risiko og kompetanse.

Manglende ekstern infrastruktur har betydning for de aller fleste industriene, noe som også gjelder kjemisk industri. De store mengdene varme som frigis ved kjemiske prosesser fører til en viss "tvangsproduksjon" av damp, og det ligger et urealisert potensial på rundt 1 TWh i gjenvinning av denne energien. Manglende tilgang til sluttbrukere forhindrer imidlertid at varme anses som en eksporterbar ressurs. Industrisammensetningen på Herøya og Rafnes er i denne sammenheng et interessant eksempel på det motsatte, hvor det foregår energiutveksling mellom aktørene både i form av damp, varmt vann og kjemisk energi (brenngass). For øvrig fører slike sammensetninger gjerne til bedre kunnskapsoverføring mellom bedriftene. Bedriftene i Herøya industripark har for eksempel etablert en egen enøk-gruppe.

Etablering av industriparken kan bidra til økt utnyttelse av termisk energi selv uten ekstern infrastruktur. Når mye varmegriggjørende industri samles på ett sted, oppstår det imidlertid et potensielt dampoverskudd hvis energigjenvinning foregår på en effektiv måte. Dette betyr at med mindre økt eksport muliggjøres, vil

effektivisering av dampbruk hos en aktør betyr dumping av damp fra en annen. Ekstern infrastruktur er derfor uansett nødvendig for å realisere det fulle potensialet.

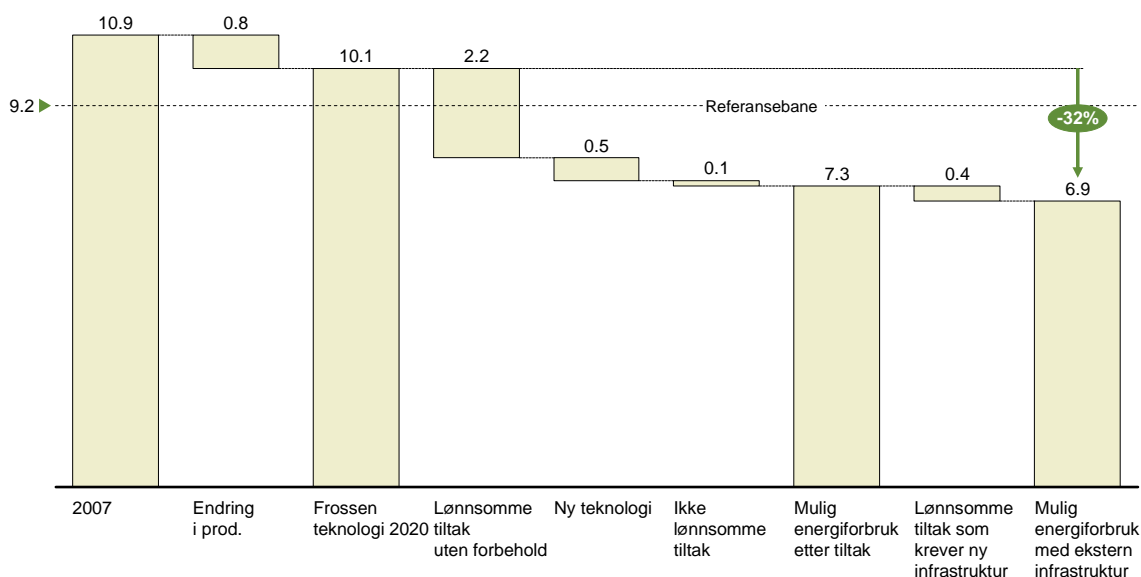
5.3 SPESIELT OM TREFOREDINGSINDUSTRIEN

Treforedlingsindustriens stod i 2007 for 14% av det totale energibruken i norsk landbasert industri, tilsvarende 10,9 TWh. Det er identifisert et teknisk potensial for 32% reduksjon i treforedlingsindustriens energiintensitet innen 2020, tilsvarende en 2,9% årlig forbedringstakt. 67% av potensialet kan realiseres gjennom lønnsomme tiltak som verken krever ny teknologi eller ny infrastruktur. Videre kan 28% av potensialet realiseres gjennom ny teknologi og infrastruktur, mens 5% av potensialet er å regne som ulønnsomme tiltak. Totalt er det identifiserte potensialet på 25% (3,2 TWh) reduksjon i forhold til industriens referansebane for 2020.

Figur: 5.3.1

Nedbrytning av energieffektiviseringspotensial

TWh/år



KILDE: Teamanalyse; SSB

5.3.1 Utgangspunkt for industrien

5.3.1.1 Overordnet industribeskrivelse og utgangspunkt

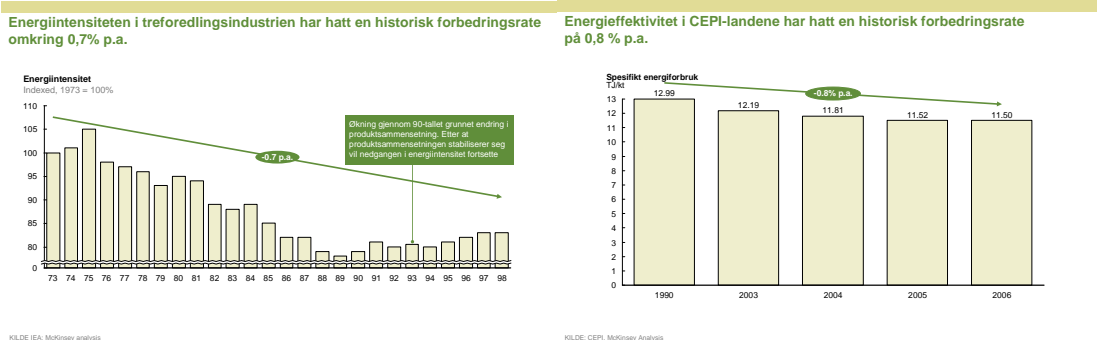
Fokus for studien er all produksjon av papirmasse og papir i Norge. Treforedlingsindustrien i Norge består av tre store og flere mindre spillere. Norske Skog er landets største aktør med tre fabrikker, Skogn, Saugbrugs og Follum, og har både masse- og papirproduksjon (produserer kun masse til egen papirproduksjon). Videre er Sødra Cell en stor produsent av masse med to fabrikker, en på Tofte og en på Folla. Peterson Linerboard er også av de større

spillerne, med to fabrikker i Moss og Ranheim, og er produsent av forpakning. Av mindre spillere i industrien kan nevnes Hellevad, Glomma Papp og Rygene-Smith & Thommesen.

Total produksjon i 2007 var 2,8 millioner tonn (totalt for papirmasse og papir), mens det er antatt at produksjonen i 2020 vil ligge rundt 2,7 millioner tonn. Nedgangen skyldes hovedsaklig en antatt nedgang i avispapir, mens det er antatt at papirmasse vil ligge konstant og at vi vil se en viss økning i forpakning.

Historisk utvikling i energiintensitet har over de siste årene hatt en forbedring på 0,7% p.a. Det man imidlertid ser er at produksammensetningen i industrien har endret seg og fortsatt er i endring. Dette gjør at gjennomsnittlig intensitet noen år kan stige selv om energiintensiteten for produksjon av det enkelte produkt forbedres, fordi man går over til mer energiintensive produkter. Et eksempel på dette er at produksjon av avispapir (lav intensitet) går ned, mens produksjon av magasinpapir som har høyere intensitet øker. Det er imidlertid antatt at forbedringen i intensitet vil fortsette når produksammensetningen stabiliserer seg.

Figur: 5.3.1.2



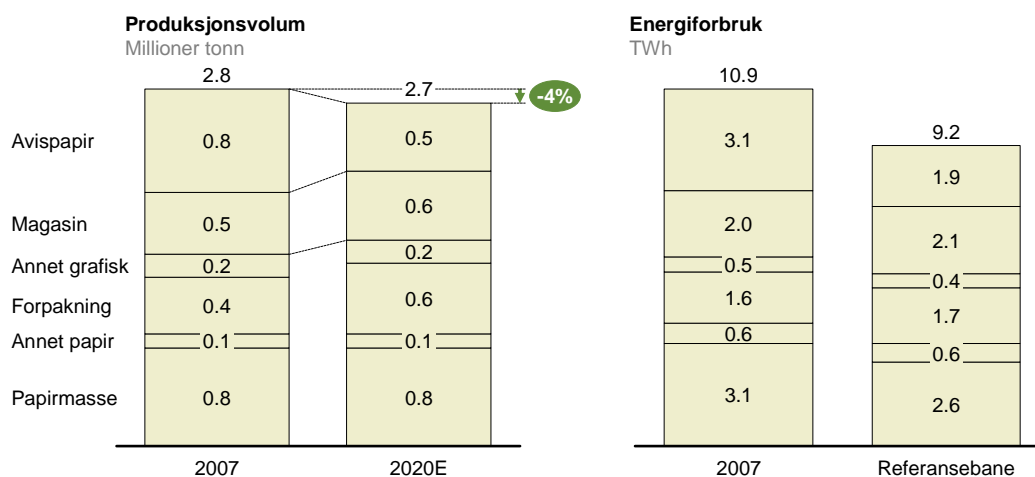
5.3.1.2 Forventet utvikling i energiforbruk frem mot 2020

Produksjon av papir og papirmasse er forventet å være lavere i 2020 enn den var i 2007. Nedgangen skyldes hovedsakelig at man antar at avispapirproduksjonen vil minke med drøyt 3% per år. Selv om produksjonen av andre produkttyper som forpakning antakelig vil stige, vil den totale produksjonen likevel gå noe ned.

Det er antatt at man vil oppleve en viss forbedring i energiintensitet uavhengig av større målrettede innsatser vedrørende temaet. Historisk forbedringstakt (se pkt. 6.1.1.1) har ligget på 0,7% p.a. for treforedlingsindustrien. Vi har antatt at dette er representativt også for kommende år for alle produkttyper bortsett fra forpakning, hvor vi har holdepunkter for at man vil se en forbedringstakt rundt 1%. Med disse forutsetningene lander man på en referansebane som gir et energiforbruk på 9.2 TWh/år.

Figur: 5.3.1.2

Utvikling i produksjonsvolum og energiforbruk for treforedlingsindustrien



KILDE: Industri; SSB; RISI; Cornerstone; Hawkins Wright

5.3.2 Potensial for energieffektivisering

5.3.2.1 Oversikt over potensialet for energieffektivisering

Treforedlingsindustrien har tradisjonelt sett hatt mindre fokus på energieffektivitet enn enkelte andre energitunge industrier. I de senere år har man imidlertid sett et økt fokus på energieffektivisering og reduksjon av totalt energiforbruk. Et eksempel på dette er et Program for Energieffektivisering, et samarbeid mellom industrien og NVE (Norges Vassdrags- og Energidirektorat).

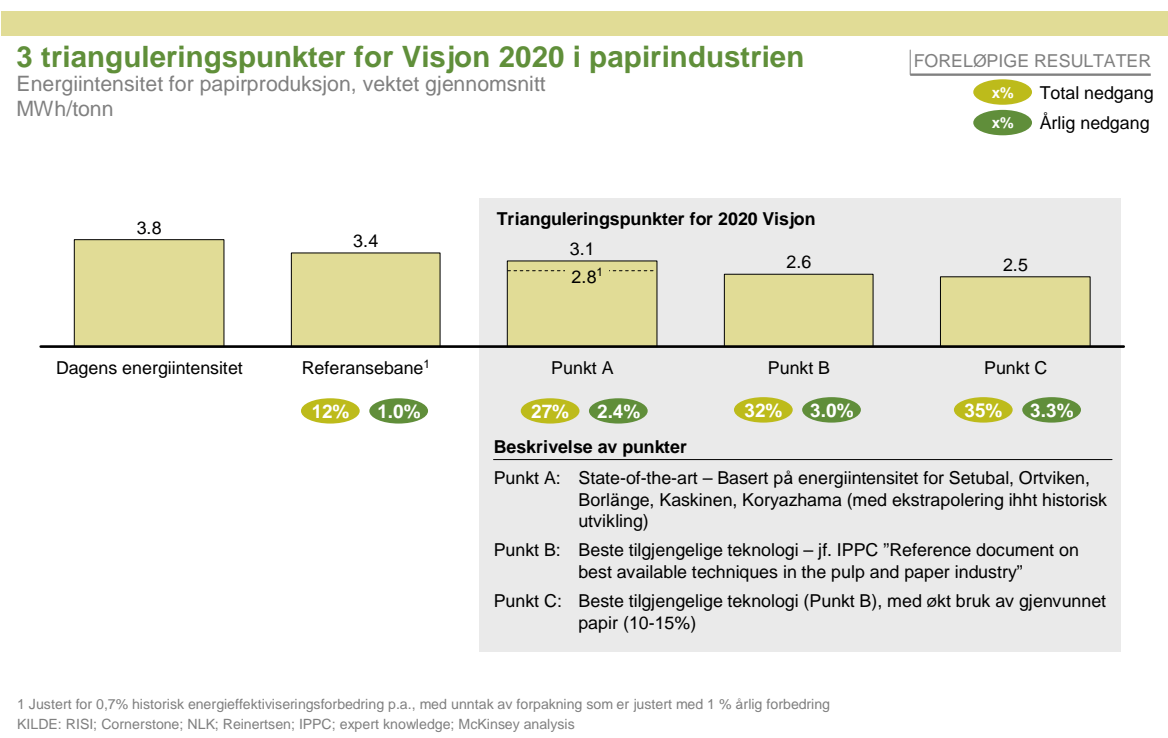
Totalt identifisert potensial for treforedlingsindustrien er på 3,2 TWh/år. Totalt gir dette en intensitetsforbedring på 32% sammenlignet med frossen teknologi, hvilket betyr en årlig forbedring på 2,9%.

Splittet ned på ulike subkategorier får vi følgende inndeling: 1) lønnsomme tiltak som ikke krever ny teknologi eller infrastruktur – 2,2 TWh/år, 2) lønnsomme tiltak som krever ny infrastruktur – 0,4 TWh/år, 3) tiltak som krever ny teknologi – 0,5 TWh/år og 4) ulønnsomme tiltak – 0,1 TWh/år. Lønnsomme tiltak som verken krever infrastruktur eller ny teknologi står alene for 67% forbedring fra 2007-nivå, mens tiltakene som krever enten ny infrastruktur eller teknologi representerer 28% forbedring. De ulønnsomme tiltakene står for kun 5% forbedring fra 2007-nivå.

Visjonen for 2020 som er utarbeidet for treforedlingsindustrien baserer seg på 3 forskjellige punkter:

- ¶ **Punkt A** – Basert på state-of-the-art anlegg ut fra dagens teknologi og dagens nivå for energiintensitet. Denne energiintensiteten er deretter fremskrevet med forventet forbedringsrate frem mot 2020 (0,7% p.a.)
- ¶ **Punkt B** – Basert på beste tilgjengelige teknologi kjent i dag. Dette punktet skiller seg fra punkt A ved at teknologien enten ikke er rullet fullt ut på et full-skala anlegg, eller som ikke finnes på et helt anlegg.
- ¶ **Punkt C** – Beste tilgjengelige teknologi kjent i dag og forutsatt økt bruk av gjenvunne fibre (10-15%). Grunnet at det er mindre energiintensivt å benytte gjenvunne fibre vil dette senke energibruken ytterligere.

Figur: 5.3.2.1



Formålet med visjonen er å danne et bilde av hvilket nivå energiintensiteten kan komme ned til under de beste forutsetninger. Dette gir oss et referansepunkt i forhold til hvilket nivå man bør etterstrebe i identifiseringen av potensial for enkelttiltak.

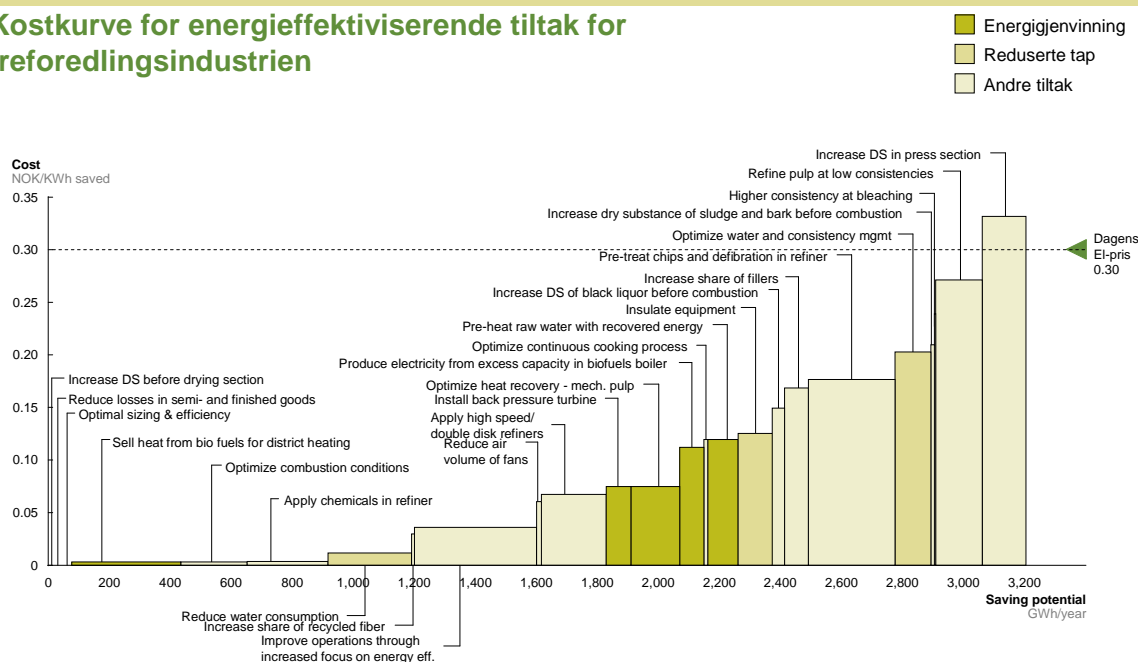
Kostkurven for treforedlingsindustrien viser at det finnes store potensialer for industrien som i all hovedsak er lønnsomme. Mange av tiltakene hindres dog av store barrierer. Spesielt for industrien er den usikre situasjonen for industriens fremtid, noe som forsterker barrierene ytterligere. Dette skal vi komme tilbake til i punkt 6.3.3, og utfordringen videre knytter seg i stor grad til å finne en løsning til disse. Det er for kostkurven lagt til grunn et avkastningskrav på 10%, mens levetid

er spesifiser for hvert enkelt tiltak. (De fleste tiltak for treforedlingsindustrien har 15 års levetid, men andre levetider er lagt til grunn der det er grunnlag for dette.)

Kurven viser at med dagens elektrisitetspris finnes det 3,1 TWh/år i lønnsomt potensial. Det totale investeringsbehovet for alle tiltakene i kostkurven er omtrent 2,3 milliarder NOK, og gjennomsnittlig tilbakebetalingstid er i underkant av fire år. De lønnsomme tiltakene har et investeringsbehov på totalt 1,8 milliarder NOK, og en gjennomsnittlig tilbakebetalingstid på 3,2 år.

Figur: 5.3.2.2

Kostkurve for energieffektiviserende tiltak for treforedlingsindustrien



KILDE: Team analyse

Gjennom studiet har vi identifisert totalt et potensial på 1 TWh/år gjennom å begrense varmetap, samt gjenvinne spillvarme. Dette potensialet er noe mindre enn vi har sett i enkelte andre industrier, noe som hovedsakelig skyldes at spillvarme i form av damp i stor grad utnyttes allerede. Hoveddelen av det identifiserte potensialet, omkring 2 TWh/år knytter seg til andre typer tiltak. Se nærmere beskrivelse av tiltak i punkt 6.3.2.2. Videre ser vi at store deler av potensialet er lønnsomt selv med dagens kraftpris.

5.3.2.2 Beskrivelse av Energieffektiviseringstiltak

Innkjøpt elektrisitet (5,4 TWh) og egenprodusert bioenergi (3,7 TWh) er de to største energibærerne for treforedlingsindustrien, med henholdsvis 51% og 35% av totalt forbruk. I tillegg kommer innkjøpt bioenergi på totalt 0,4 TWh (4%), og annet energi (petroleumsprodukter, gass m.v.) på totalt 1,1 TWh (11%). Totalt

12% av energien gjenvinnes som varme (1,2 TWh), men det er fortsatt potensial til å gjenvinne en større andel av energien.

Varmegjenvinning representerer et potensial på 0,8 TWh/år for treforedlingsindustrien. Potensialet knytter seg både til varmeproduksjon og til elektrisitetsproduksjon, for både salg og egenutnyttelse. Varmegjenvinning utgjør 24% av det totale potensialet og gir en reduksjon på 8% av totalt energiforbruk. Treforedlingsindustrien gjenvinner i stor grad spillvarme også i dag, men det finnes altså ytterligere potensial. Dette potensialet finnes blant annet i tilknytning til forvarming av vann med spillvarme, installasjon av mottrykksturbiner og optimalisering av varmegjenvinning fra mekanisk masseproduksjon. Omtrent halvparten av potensialet fra varmegjenvinning knytter seg til salg av gjenvunnet varme fra biobrensel til fjernvarmeformål. Videre er det også noe potensial knyttet til elektrisitetsproduksjon fra utnyttet kjelkapasitet.

Reduksjon av varmetap har et potensial på totalt 0,3 TWh/år. Dette tilsvarer 8% av det totale potensialet og en reduksjon i forbruk lik 3% av totalt energiforbruk. Tiltak som inngår her er isolering av utstyr, begrensnig av tap i halvferdig og ferdige produkter, dvs. i forbindelse med kutting m.v., og optimalisering av forvaltning av vann og konsistensgrad. Tiltak knyttet til isolering av utstyr er satt i gang ved noen anlegg, mens det generelt er lettere å gjennomføre dette ved bygging/ installering av nytt utstyr i det dette da verken forstyrrer produksjon eller gir økt risiko i forhold til HMS-krav.

Potensial knyttet til **tekniske forbedringer og endringer i produksjonen** omfatter en rekke ulike tiltak som på ulike måter kan redusere energibruken. Noen av disse tiltakene krever ny teknologi, for eksempel forbehandling av flis og defibrering, samt tilsetning av kjemikalier i raffineringprosessen. Det totale potensialet knyttet til disse tiltakene er 1,0 TWh/år. Dette er teknologi som er kjent og testet, men som ikke er like utprøvd som tradisjonell teknologi. Det knytter seg enkelte barrierer til slik bruk, som vi kommer tilbake til under pkt. 6.3.3., da det er visse utfordringer med økt kjemikaliebruk, i tillegg til at produktets egenskaper kan bli noe annerledes. Videre finnes det noe potensial på økt bruk av resirkulert papir i produksjonen da dette er mindre energikrevende enn produksjon fra nye fibre. Man kan også øke bruken av tilsetningsstoffer i papiret, dette er også i noen grad igangsatt og deler av potensialet er tatt ut allerede.

Noen av de identifiserte tiltakene gjelder forbedring av raffineringprosessen. Først og fremst kan man installere høyhastighetsraffinører, som vil gi et potensial på 0,2 TWh/år. Videre kan man raffinere med lavere konsistensgrad, noe som gir et potensial på 0,15 TWh/år. Videre kan blekeprosessen gjøres mer energieffektiv gjennom bruk av peroksidbleking. Dette gjøres allerede i dag ved flere anlegg og det resterende potensialet er lavt.

Redusert vannbruk og økt tørrstoffnivå kan totalt gi reduksjon i energiforbruk på 0,5 TWh/år. Redusert vannforbruk alene gir en besparelse på 0,3 TWh/år.

Vann som brukes i produksjonen må varmes opp i snitt ca 20 grader varmere enn starttemperaturen. Besparelsen består her i at man bruker mindre vann pr tonn, og dermed kan varme opp mindre enn pr i dag. Økt tørrstoffnivå i ulike steg av prosessen gir til sammen en besparelse på 0,2 TWh/år. Dette er aktuelt for avlut og slam før forbrenning (øker brennverdien), samt i presseprosess for å redusere energi som går med til tørking.

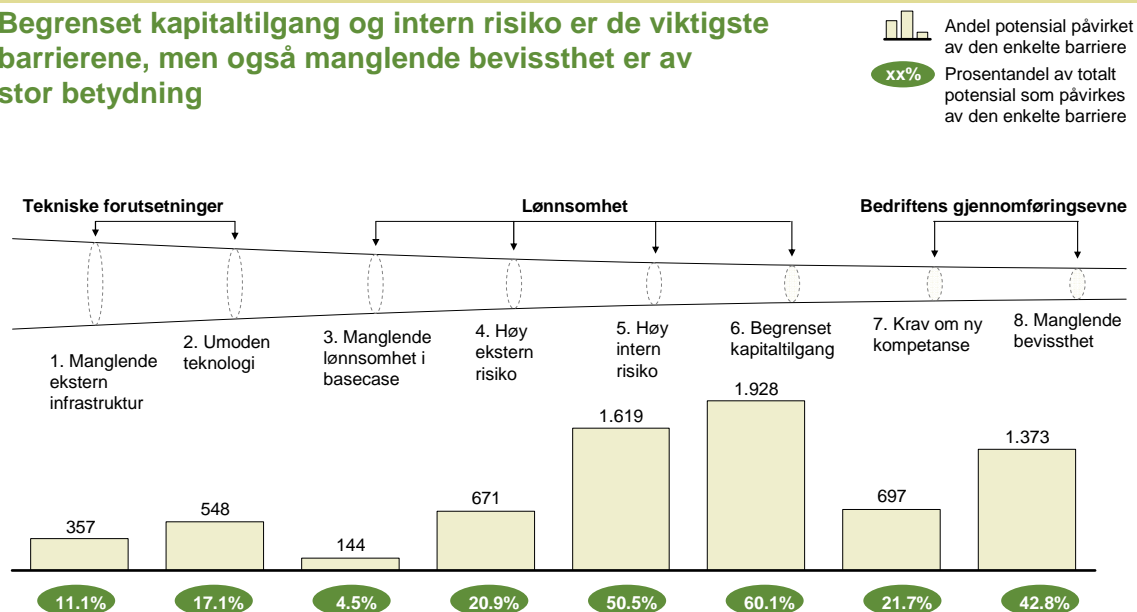
Prosessoptimalisering kan redusere energibruken med 0,7 TWh/år og fordeler seg utover mange ulike tiltak. Blant disse finner vi redusert bruk av vifter, optimalisering av størrelse og effektivitet på utstyr, og optimalisering av kokeprosess for kjemisk masse. Det største potensialet for energibesparelser knyttet til prosessoptimalisering er knyttet til automatisering, monitorering, standardisering av skift og forbedret vedlikehold for redusert varians og produksjonsavbrytelser. Dette har totalt et potensial på 0,4 TWh/år. Forbedring av forbrenningsforhold (for eksempel O₂-innhold) gir videre en besparelse på 0,2 TWh/år for industrien samlet sett.

5.3.3 Barrierer for energieffektivisering

Barrierene som kjennetegner treforedlingsindustrien er i stor grad knyttet til høy intern risiko og kapitaltilgang. Videre er manglende bevissthet i industrien en sentral barriere knyttet til flesteparten av tiltakene som dreier seg om prosessoptimalisering og enklere omgjøringer ved anleggene. Figuren nedenfor viser andel av totalt potensial som knytter seg til den enkelte barrieren i rammeverket. Som figuren viser knytter 50,5% av potensialet seg til høy intern risiko. 60,1% av potensialet knytter seg til barrierer rundt begrenset kapitaltilgang. Dette er ikke overraskende da mange av de større tiltakene innen treforedlingsindustrien er kapitalintensive, samtidig som industrien er i en situasjon hvor kapitalbruk vurderes nøye, og viljen til investering er preget av lav forutsigbarhet for industriens utvikling.

Figur: 5.3.3

Begrenset kapitaltilgang og intern risiko er de viktigste barrierene, men også manglende bevissthet er av stor betydning



KILDE: Team analyse

Høy intern risiko er i stor grad knyttet til usikkerhet rundt produktkvalitet ved gjennomfører tiltak. Tiltak som medfører ny teknologi er mindre utprøvd og konsekvenser for produkter er ikke alltid kjent, og innebærer derfor en viss risiko for at produktet i noen grad enten endrer egenskaper eller i noen grad forringes. Videre innebærer for eksempel økt kjemikaliebruk risiko i forhold til maskiner, og også økte krav til rensing m.v. grunnet miljø og utslipp.

Manglende kapital er den barrieren størst andel av potensialet berøres av (60,1%). Investeringene er i stor grad betydelige og her som ellers er det begrenset tilgang på kapital. Som i flere andre industrier er også manglende forutsigbarhet en indirekte årsak til kapitalbegrensning. Industrien har sett en trend de siste årene med nedgang, mye grunnet overgang til aviser og annet på nett osv., og det er derfor en noen begrenset vilje til store investering i det det kreves fortsatt drift i opptil 30 år for at man skal få maksimalt ut av investeringen.

Manglende bevissthet knytter seg i hovedsak til tiltak som gjelder endringer i produksjonsmåte og prosessforbedringer. Bakgrunnen for denne barrieren knytter seg til tradisjon i industrien, i tillegg til fokus på området. Det har vært et økt fokus på energieffektivisering de senere år i treforedlingsindustrien, men ettersom dette er relativt nytt sammenlignet med det man ser i industrier som har energi som en større andel av kostbildet, er det fortsatt noen områder som har hatt lite fokus.

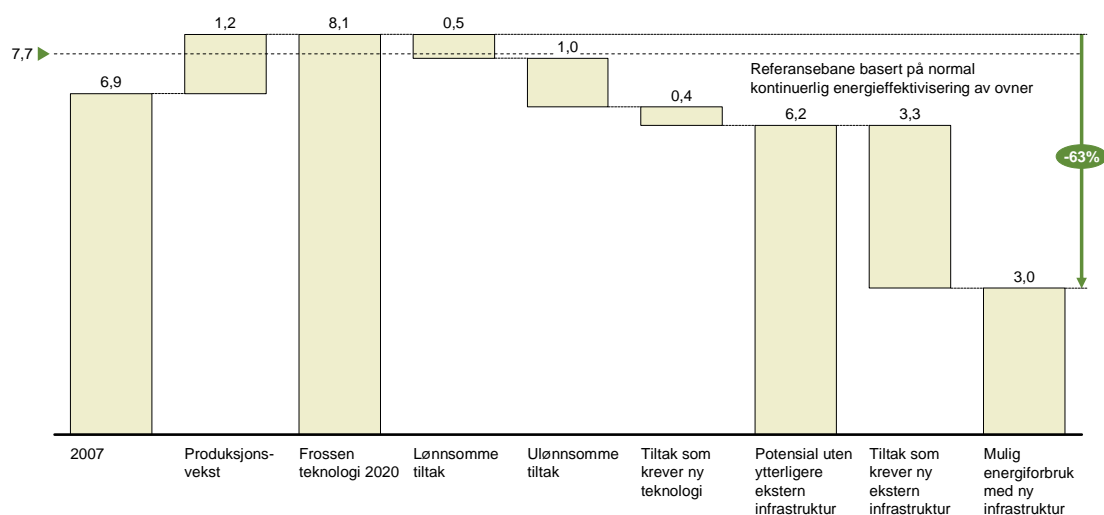
5.4 SPESIELT OM FERROLEGERINGSINDUSTRIEN

Ferrolegeringsindustrien stod i 2007 for et forbruk av elektrisk kraft og fossilt brensel på 6,9 TWh, hvorav elektrisitet utgjorde mer enn 99%. Utover dette, består det reelle energibruken i tillegg av energi i råmaterialer og reduksjonsmaterialer som kull, koks og malm. Denne typen energi er ikke tatt med i oversikten over samlet energibruk for industrien, men inngår likevel i grunnlaget for beregningene av effektiviseringspotensial. Noe annet ville gitt et uriktig bilde fordi mye av potensialet ligger i å gjenvinne frigitt energi fra råmaterialene til elkraftproduksjon eller som termisk energi.

Figur 5.4.1

Forventet energiforbruk og nedbrytning av effektiviseringspotensial

TWh



Som det fremgår av figur 5.4.1 er potensialet for energieffektivisering betydelig. I samarbeid med bedriftene er det identifisert et samlet reduksjonspotensial på 63% (5,1 TWh) sett i forhold til forventet energiforbruk i 2020 ("frossen teknologi 2020"-scenario basert på 10% produksjonsvolumøkning i forhold til 2007-nivå). Dette tilsvarer en årlig intensitetsforbedring på 7,4%, og utgjør en forskjell fra energibruken i referansebanen på 61% (4,7 TWh). Med intensitetsforbedring mener vi her redusert netto energibruk per produsert enhet, målt i forhold til forbruket av elektrisk kraft. Eksportert gjenvunnet eller produsert energi kan dermed føre til en intensitetsforbedring uten at produksjonsprosessene i seg selv er effektivisert. Påkrevd kapitalinvestering er 5 milliarder NOK med en gjennomsnittlig tilbakebetalingstid på 4 år (inkluderer ikke kostnader for ekstern infrastruktur).

Ferrolegeringsindustrien har i tillegg identifisert flere interessante områder som må utforskes videre før de kan kvantifiseres. Dette kommer til uttrykk i et eget punkt 5.4.4 nedenfor og er ikke tatt med i oversikten over kvantifiserte tiltak.

Som for aluminiumsindustrien utgjør ekstern utnyttelse av termisk energi en vesentlig del av potensialet. For ferrolegeringsindustrien gjelder dette noe over 70%, eller 3,7 TWh (hvorav 0,4 TWh også hindres av umoden teknologi). Gjenvunnet termisk energi består av varierende energikvaliteter, noe som får innvirkning på brukervennligheten for eksterne aktører og dermed barrierene som foreligger. Ytterligere 20% (1 TWh) av potensialet kommer fra elkraftproduksjon, mens resterende 0,4 TWh kan realiseres ved øvrige tiltak, hovedsakelig eksport av CO-gass fra manganproduksjon til annen industri.

Forutsatt at det dannes avtak for termisk energi vil det samlede potensialet kunne realiseres med en tilbakebetalingstid på 1-2 år, mens det for elkraftproduksjon er betydelig lenger, rundt 15 år. Potensialet fra øvrige tiltak på 0,4 TWh har en gjennomsnittlig tilbakebetalingstid på 6 år, men variasjonen er her betydelig.

Produksjon av høygrad silisium er inntatt som en del av ferrolegeringsindustrien på grunn av prosesslikhet med produksjon av øvrige legeringer av ferrosilisium. Det samme gjelder Tinfos Titan & Iron og deres produksjon av titanholdig slagg og spesialråjern, som således inngår som del av manganproduksjon i tabeller og figurer nedenfor. Produksjonsprosessene for sistnevnte har imidlertid ikke vært gjenstand for særlig diskusjon og utelates fra de produktspesifikke diskusjonene i det følgende.

5.4.1 Utgangspunkt for industrien

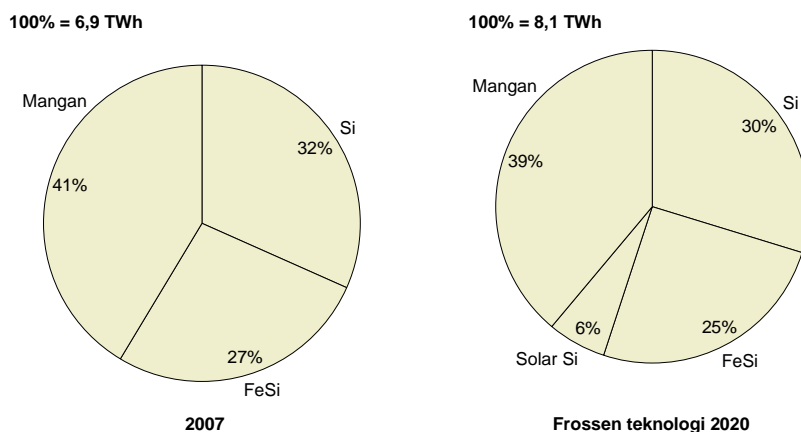
5.4.1.1 Overordnet industribeskrivelse og utgangspunkt

Produksjonen i Norge har tradisjonelt vært fordelt på de fire produktgruppene ferrosilisium (FeSi), silisium (Si), ferromangan (FeMn) og silikomangan (SiMn) (produksjon av silisiumkarbid behandles under øvrig industri). De renere gradene av silisium (Si) inngår som råmateriale til produksjon av silikon (kjemi og elektronikk) og aluminium mens de andre produktene hovedsakelig er rettet mot produksjon av ulike typer stål, og for mangan også noe aluminium. Elkem startet i 2008 et pilotanlegg for produksjon av høyrent silisium til bruk i solceller for fotovoltaisk energiproduksjon. Dette er i dag og for fremtiden en femte produktkategori. Fesil Sunergy har også en satsning på dette området.

Figur: 5.4.2

Fordeling av energiforbruk per produktgruppe

Prosent av samlet energiforbruk



Industrien bestod i 2007 av 11 anlegg (12 med Tinfos Titan & Iron) hvorav 7 innenfor FeSi/Si, og 4 innen manganlegeringer. Elkem er største aktør innen FeSi/Si, mens Eramet (som fra 2008 også kontrollerer Tinfos) er ledende innen produksjon av manganlegeringer. Anleggene ligger geografisk spredt i Norge, fra Finnsnes i nord til Fiskaa i sør. Med unntak av verkene i Kristiansand, Porsgrunn og Mo i Rana er industrien plassert nokså langt unna større bebyggelse og annen industri, noe som har betydning for mulighetene til å utnytte all spillvarmen som kommer fra anleggene.

5.4.1.2 Forventet utvikling i energiforbruk frem mot 2020

Ferrolegeringene som produseres i Norge har svært ulik grad av energiintensitet. Mens det for eksempel kreves rundt 3 MWh elektrisk kraft for å produsere ett tonn FeMn, behøves 11,5 MWh for tilsvarende mengde Si-metall. Dette medfører at endring av produktmiks har like stor innvirkning på industriens samlede energiforbruk som endringer i produsert mengde alene. For å få et meningsfylt bilde av energibruken i 2020 er det derfor nødvendig å vurdere produksjonsvekst per produkt.

Estimatet for produksjonsvekst frem mot 2020 er et resultat av diskusjoner med industrien og en vurdering av forventet produksjon innen kundegruppene stål, silikon- og aluminiumindustrien. Norsk ferrolegeringsindustri er sterkt eksponert mot eksport til det europeiske markedet. På dette grunnlag kunne produksjon av

Si forventes en nokså sterk vekst som følge av utviklingen i silikon- og aluminiumsmarkedet. Det kan imidlertid spørres om det er realistisk å anta en så sterk vekst at det krever utbygging av kapasitet i Norge. For FeSi og manganlegeringer kan et isolert fokus på en generell kundegruppe som stålprodusenter gi et feil bilde. Delvis fordi norsk eksport er rettet mot underkategorier som er bedre stilt enn hva det overordnede bildet tilsier (for eksempel rustfritt stål), og delvis fordi ferrolegeringer generelt produseres med og raffineres til meget høye kvalitetsstandarder i Norge, hvilket kan gjøre etterspørselen noe mer stabil. Ytterligere kan det tenkes en økt eksport mot asiatiske markeder etter at Kina, som en tidligere stor eksportør av ferrolegeringer, har innført et restriktivt eksportregime med høye eksportavgifter for ferrolegeringer. Etter diskusjon med industrien antas en samlet produksjonsvekst innen FeSi, Si og mangan på 10% frem mot 2020. Anleggene har noe overflødig kapasitet i dag og kan derfor oppnå dette uten større utbygging.

Produksjon av høyrent silisium til fotovoltaisk industri gir et annet bilde siden det per i dag er lite kapasitet i Norge. For at denne industrien skal bygges opp her i landet kreves ikke bare kapital, men også at norske rammevilkår fremstår som konkurransedyktige sammenliknet med andre land. Utgangspunktet som er lagt til grunn er at denne industrien bygges noe opp fra det nåværende tidlige stadiet, og blir en forbruker av 0,5 TWh elektrisk kraft i 2020, noe som tilsvarer om lag dobbelt så høyt energiforbruk som i dag.

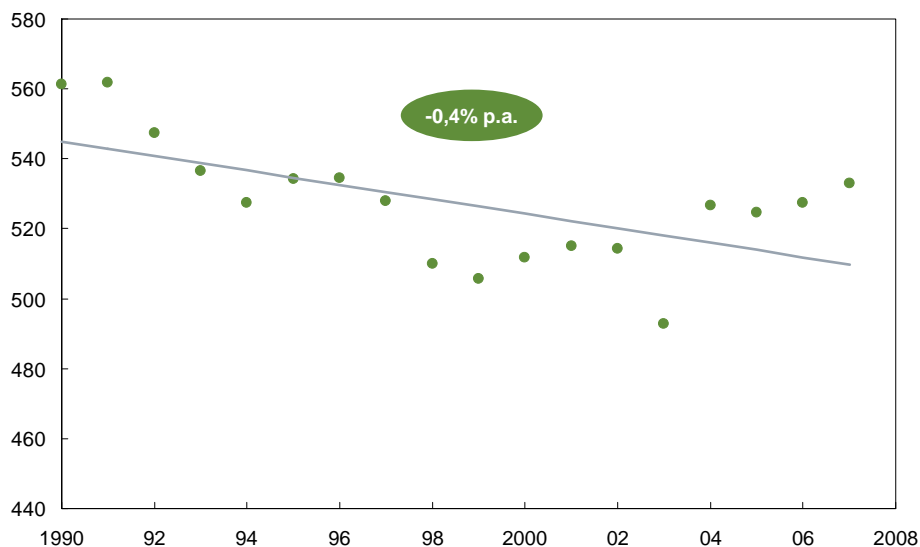
Med produksjonsøkningen som her er skissert antas det at ferrolegeringsindustrien samlet vil forbruke 8.1 TWh i 2020 dersom energiintensiteten holder seg på 2007-nivå (frossen teknologiscenariet). Dette tilsvarer en økning på 17% i forhold til 2007.

Det er rimelig å forvente en viss bedring i energiintensitet frem mot 2020 dersom utviklingen fortsetter som tidligere. Forbedringstakten har til nå variert mellom produktene. Mens manganproduksjon ikke har opplevd noen større faseskift i produksjonsprosessene var det for FeSi- og Si-produksjon en overgang mot bruk av større ovner på slutten av 90-tallet. Dette førte til vesentlig bedre spesifikk energieffektivitet. For mangan har intensitetsforbedringen hovedsakelig skjedd som en jevn forbedring av energieffektivitet ved mer effektiv utnyttelse av råvarer og sanering av mindre ovner. Det bør trekkes frem at Tinfos Jernverk så tidlig som på 80-tallet startet produksjon av elektrisitet fra CO-gass, og at Elkem i dag produserer elektrisitet fra de to verkene i Thamshavn og Bjølvefossen. Vale og tidligere Elkem Rana har over lengre tid levert nesten all produsert CO-gass til annen industri i Mo Industripark.

Figur: 5.4.3

Gradvis energieffektivisering av ovner over tid

KWh/t



Det er lite tilgjengelige data for hvilken forbedringstakt som har gjort seg gjeldende historisk og også for hva som kan forventes fremover mot 2020. Fra undersøkelser i stålindustrien ser man imidlertid at det med tiden gjerne finner sted en viss forbedring av ovners energieffektivitet. I Tyskland fant man, som vist i figur 5.4.3, en årlig effektivitetsforbedring på 0,4% gjennom optimalisert drift og utstyr. Dette stemmer overens med erfaringer fra enkelte norske aktører. I samråd med industrien legges denne gradvise intensitetsforbedringen til grunn som et fornuftig bilde på hva som med rimelighet kan forventes frem mot 2020, gitt at vilkårene for industrien forblir som i dag. Med forventet produksjonsvolum i 2020 vil dette gi et energiforbruk på 7,7 TWh, se referansebanen i figur 1.

For produksjon av Si med solarkvalitet benytter Elkem en nyutviklet teknologi for produksjon av høyrent silisium gjennom metallurgisk metode. Det hevdes at produksjonen er opptil 75% mer energieffektiv enn produksjon gjennom den tradisjonelle Siemens-metoden. Energibruken ved dette anlegget er ikke med i tallene for 2007 (2008 var første driftsår), og selv om vi forventer en økning av produksjonen innen dette segmentet i Norge, enten gjennom Elkem eller andre, så forutsetter vi at ytterligere potensial for energieffektivisering er forholdsvis lite.

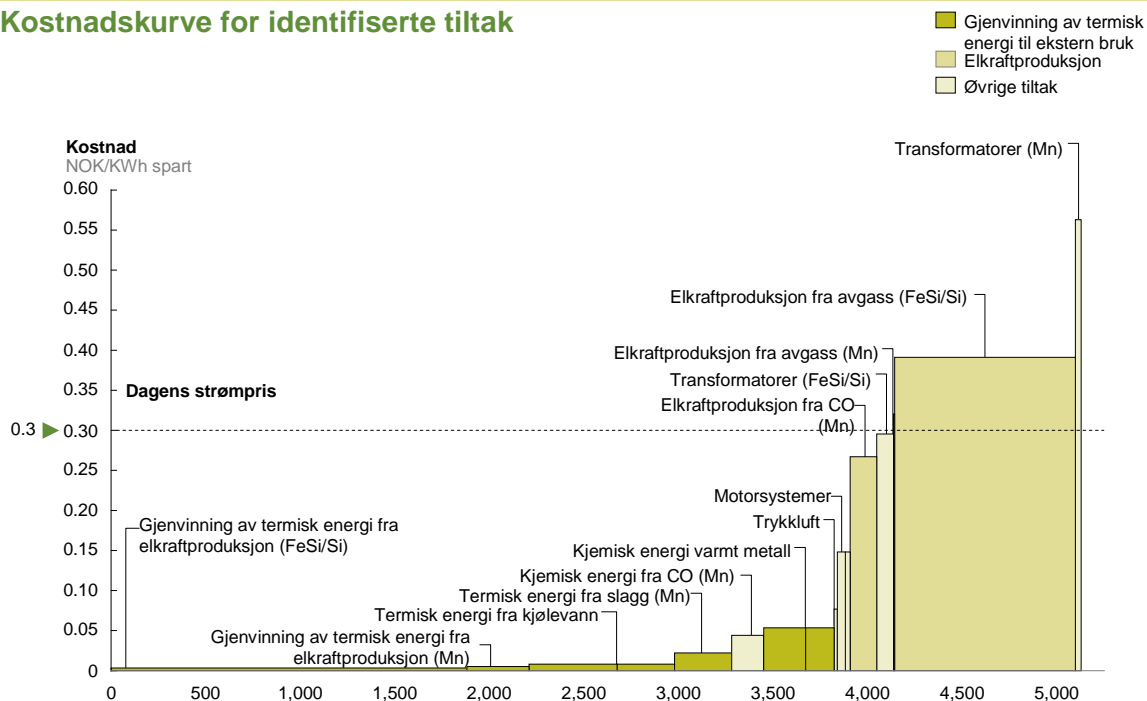
5.4.2 Potensial for energieffektivisering

5.4.2.1 Oversikt over potensialet for energieffektivisering

Ferrolegeringsindustrien har et betydelig potensial for energieffektivisering, både innenfor elektrisk, termisk og kjemisk energiutnyttelse. Dersom alle eksterne og bedriftsinterne barrierer overvinnes, mener industrien det vil være mulig å redusere netto energiintensitet med så mye som 63% innen 2020. I tillegg er det flere ikke-kvantiserte tiltak som fra forskerhold og bedriftene hevdes å kunne redusere netto energiforbruk ytterligere. I samråd med industrien er hovedvekten lagt på tiltak som er kvantifiserbare i dag fordi det antas at dette gir et tilstrekkelig dekkende bilde av veien mot mest mulig effektiv energibruk innen 2020. Som det fremgår, er også potensialet fra allerede kvantiserte tiltak meget stort.

Figur: 5.4.4

Kostnadskurve for identifiserte tiltak



Figur 5.4.4 viser at 4,1 TWh (81%) av potensialet er lønnsomt med en kraftpris på 30 øre/KWh. Av dette utgjør spillvarmeutnyttelse 3,7 TWh. 3,3 TWh, 64% av samlet potensial er avhengig av at energien i avgasser utnyttes til enten elkraftproduksjon eller produksjon av lavtrykk damp. Dersom eksport av spillvarme holdes utenfor er potensialet 1,5 TWh, noe som tilsvarer en 18% forbedring i energiintensitet i forhold til 2007-nivå. Samlet investeringsbehov er om lag 5 milliarder NOK, hvorav elkraftproduksjon utgjør 3.9 milliarder NOK.

Som det fremgår av de bredeste søylene i kostnadskurven (figur 5.4.4) tas det aller meste av potensialet ut ved å nyttiggjøre energien i avgasser, kjølevann,

produkter og biprodukter på en effektiv måte. Det finnes videre flere muligheter innen prosessforbedring som ikke kvantifiserbare uten ytterligere forskning og utvikling. Disse er derfor ikke med i kostnadskurven, men kommenteres nedenfor i punkt 5.4.4. På grunn av generelt lavere virkningsgrad ved omgjøring til elektrisitet enn til termisk utnyttbar energi vil størrelsen på potensialet være større jo mer energi som eksporteres som termisk. På den annen side er elektrisk kraft, i alle fall i dag, lettere omsettelig. Følgen av denne dynamikken er at det for industrioversikten må velges et tiltaksscenario som ikke nødvendigvis reflekterer maksimal teoretisk energiutnyttelse.

I samråd med industrien er elkraftproduksjon valgt som alternativ der dette kan produseres med tilgjengelig teknologi. Unntak er gjort for verk i områder som er særlig egnet til utnyttelse av kjemisk eller termisk energi. Bakgrunnen for denne tilnærmingen er at ferrolegeringsindustrien med noen unntak (for eksempel Eramet Porsgrunn, Elkem Kristiansand, Vale og Fesil Rana) er lokalisert på steder med lite lokalbebyggelse og mindre industri. Selv med dette som utgangspunkt er imidlertid om lag 70% av samlet potensial bare aktuelt som ekstern bruk av termisk energi. Tilrettelegging for utnyttelse av denne energien er derfor uansett nødvendig for å realisere hele potensialet.

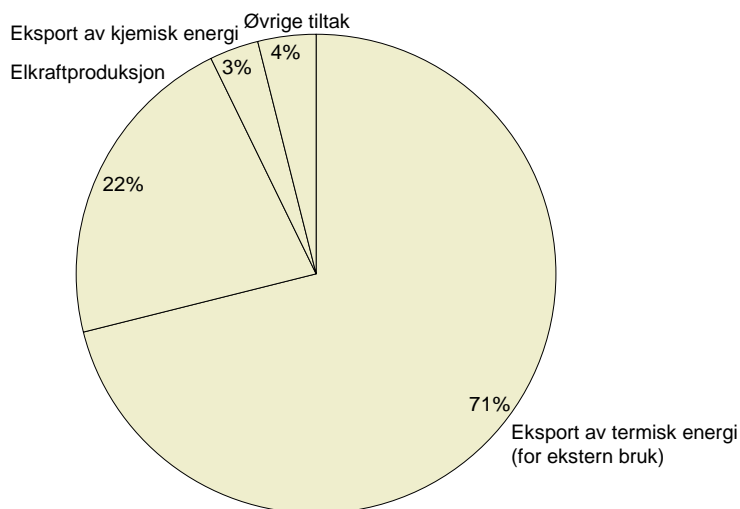
5.4.2.2 Beskrivelse av Energieffektiviseringstiltak

Potensialet for energieffektivisering i ferrolegeringsindustrien fordeler seg mellom de fire kategoriene elkraftproduksjon, ekstern utnyttelse av termisk energi, eksport av kjemisk energi og øvrige tiltak. Intern utnyttelse av termisk energi kunne også tenkes, for eksempel til tørking av råvarer, men er ikke tatt med på grunn av uenighet om effekt og en antakelse om at dette potensialet uansett ville vært lite sammenliknet med andre tiltak. Fordelingen er som vist av figur 5.4.5.

Figur: 5.4.5

Fordeling av potensialet på ulike tiltaksgrupper

Prosent, 100 % = 5,1 TWh



Elkraftproduksjon er et kjerneområde for effektiv energiutnyttelse i ferrolegeringsindustrien med et samlet potensial på 1,1 TWh for en investering på 3,9 milliarder NOK. I tillegg vil kjøling av kjelene skape mye lavtemperert termisk energi som kan utnyttes for en minimal kostnad forutsatt tilgang til eksterne brukere. Elektrisitetsproduksjon foregår i dag ved Elkem Thamshavn, Elkem Bjølvefossen og Tinfos Jernverk i Kvinesdal. Alle de andre verkene kan vise til prosjekter der dette har blitt vurdert, og industrien er således klar over det urealiserte potensialet. Med en betydelig investering og rundt 15 års tilbakebetalingstid har det vist seg vanskelig å iverksette elkraftproduksjon. Eramet Sauda er et eksempel fra nyere tid på at omfattende planer om et slikt anlegg til slutt ble satt på vent på grunn av antatt utilstrekkelig lønnsomhet.

Selv om teknologien er velkjent utgjør nye dampkjeler, turbiner, oppgradering av ovnshetter og oppløp en teknisk utfordring som er fordyrende og kompetansekrevene. Det poengteres særlig fra FeSi/Si-produsentene at det ikke finnes noen generelle løsninger og at prosjektene vil være unike for hvert enkelt verk.

Som det diskuteres i neste punkt, vil det være et rimeligere og mer effektivt alternativ å produsere lavtrykk damp fra avgassen, men dette forutsetter avtak.

Utnyttelse av termisk energi utgjør de rimeligste tiltakene (se figur 5.4.4), og et potensial tilsvarende 3,7 TWh. Det gjelder utnyttelse av varmen i kjølevann fra

ovner og kjeler, slagg fra manganproduksjon, og utstøpt metall. Energikvaliteten fra disse kildene er ulik, og det samme gjelder teknologien som må anvendes. Dette påvirker hvilke barrierer som gjelder. Mens mye kjølevann fra ovner og kjeleri dag er lavtemperert vann rundt 30°C, kan energien fra slagg hentes ut som middels temperert vann på rundt 50°C. Tinfos Jernverk er et eksempel på at eksport av slik varme er satt ut i praksis. Lavtemperert vann utnyttes til en viss grad av annen industri i dag, som for eksempel fiskeoppdrett og roseproduksjon, men er ellers avhengig av videre prosessering blant annet gjennom varmepumper for å kunne utnyttes. Middels temperert vann er lettere anvendelig, og kan for eksempel benyttes til oppvarming ved hjelp av convertere.

Energien fra utstøpt metall kan potensielt være av høyere kvalitet (temperatur), men det er per i dag ingen tilgjengelig teknologi for å kjøle ned svært varmt metall med vann uten at det samtidig gir risiko for dampekspløsjoner. Selv om teknologien er umoden og kostnadene dermed usikre, er det forventet at utnyttelse av denne energien vil være av det rimeligere slaget sett i forhold til elektrisitetsproduksjon.

2,2 TWh av det termiske energipotensialet som fremgår av figur 5.4.4 kommer fra elkraftproduksjon og forutsetter således at det produseres elektrisitet fra avgasser. Alternativt til elkraftproduksjon er det imidlertid mulig å benytte avgasser til å lage lavtrykk damp (rundt 10 bar) med en temperatur rundt 140°C. Mengden damp som kan produseres fra FeSi/Si-anlegg er beregnet til 2,9 TWh og krever en investering på 2,9 milliarder NOK. Sammenliknet med de 1,0 TWh elektrisk kraft og 2 TWh lavkvalitet termisk energi som kommer fra elkraftproduksjon (FeSi/Si) til en samlet investering på 3,5 milliarder NOK, fremstår denne løsningen som et rimelig og effektivt alternativ. Forutsetningen er imidlertid at det er avtak for denne dampen, for eksempel gjennom annen industri.

Ovnene må modifiseres for å muliggjøre gjenvinning av høykvalitet energi i form av elektrisk kraft eller damp som nevnt ovenfor. Blant annet kreves tilpasning av ovnshette og avgasskanaler. Dersom det kan finnes anvendelse for energi med lavere kvalitet vil investeringskostnadene dermed kunne reduseres vesentlig.

Utnyttelse av kjemisk energi er en interessant mulighet som allerede utnyttes av Vale i Mo i Rana og Eramet Porsgrunn. Dette potensialet på i underkant av 0,2 TWh relaterer seg til bare to mangananlegg og krever langt mindre kapitalinvestering enn elektrisitetsproduksjon. I tillegg til å være rimeligere, er dette en langt mer effektiv utnyttelse av gassen fordi virkningsgraden ved elkraftproduksjon ligger rundt 30%. Utfordringen med eksport av CO-gass er imidlertid å finne kunder som er villige til å betale for gassen som råvare eller energikilde. Som nevnt har enkelte anlegg allerede overkommet denne barrieren og det finnes konkrete muligheter for å gjøre det samme ved andre verk.

Eksport av kjemisk energi kan også være en mulighet for FeSi/Si-produsenter ved at man skiller ut og fanger CO₂ fra avgassene og deretter eksporterer til andre

næringer som gartnerier og algeproduksjon. Teknologien til dette foreligger imidlertid ikke i dag, og forutsetter således en satsning på forskning og utvikling. Siden potensialet for bruk av avgass til elkraftproduksjon er så betydelig for FeSi/Si-produsenter, er det dette som er inkludert i det samlede potensialet. Utnyttelse av kjemisk energi trekkes frem som et gunstig alternativ der det finnes avtak.

Øvrige tiltak har et samlet potensial på 0,2 TWh og inneholder en variert gruppe av tiltak innenfor reduksjon av strømtap og effektivisering av utstyr.

Erfaringer fra industrien viser at det tapes en del elektrisk kraft fra energien ankommer transformatoren til den er fremme ved ovnen. Industrien fremhever at disse tapene bør kartlegges bedre, men anslår at tapene samlet kan være i overkant av 10% av energien som kommer inn i transformatorene. Tapene kan oppstå før og i transformatorene og i distribusjonssystemet til ovnene. Basert på erfaringer fra industrien er det anslått at bytte av transformatorer alene kan tilsvare et samlet potensial på rundt 120 GWh per år, hvorav tre fjerdedeler kommer fra FeSi/Si-produsenter. Det ulike størrelsesforholdet kommer av at FeSi/Si-verkene benytter høyere strøm og spenning. Øvrige energitap omtales under punkt 5.4.4 som et foreløpig ikke kvantifiserbart tiltak.

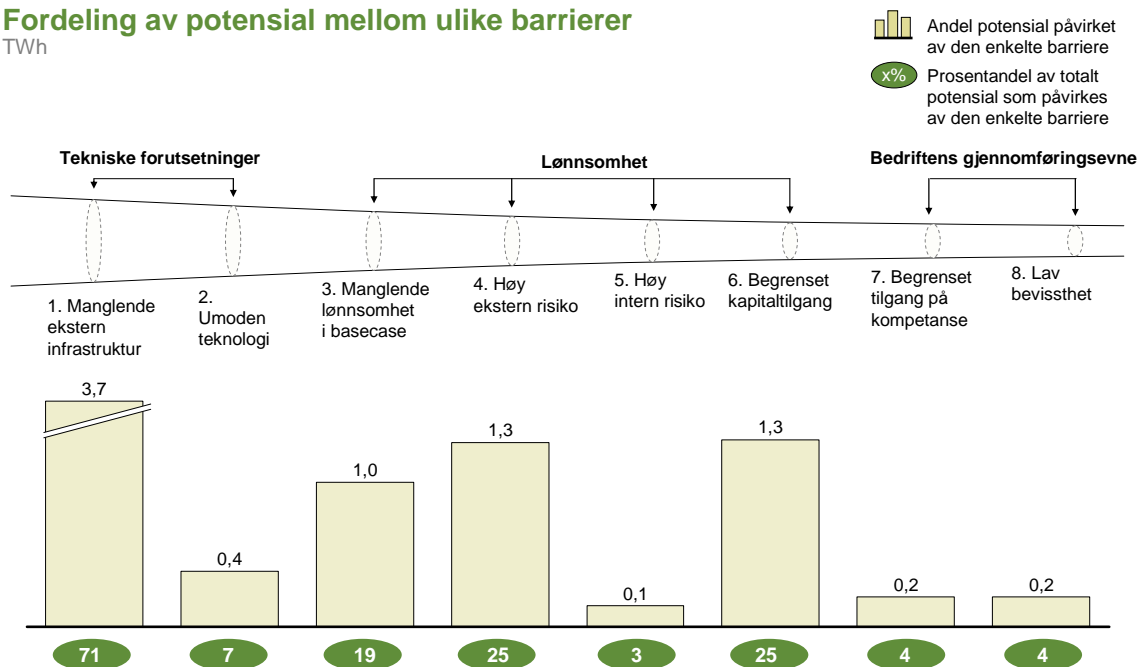
Andre tiltak i denne kategorien er effektivisert bruk av hjelpekraft gjennom forbedring av motor- og trykkluftsystemer. Samlet potensial er anslått til 85 GWh hvorav mer effektive motorsystemer utgjør 70 GWh. For motorsystemer er det særlig aktuelt med frekvensstyring, noe som anvendes ved enkelte verk allerede. For trykkluft kan potensialet oppnås særlig gjennom optimalisering av transportsystemet, for eksempel gjennom avgrensning av kretser og tetting av lekkasjer.

5.4.3 Barrierer for energieffektivisering

Figur: 5.4.6

Fordeling av potensial mellom ulike barrierer

TWh



Barrierene som hindrer det betydelige potensialet i ferrolegeringsindustrien kan hovedsakelig legges til manglende ekstern infrastruktur, høy ekstern risiko og begrenset kapitaltilgang. Dette illustreres av figur 5.4.6, som angir hvor stor andel av samlet potensial som berøres av den enkelte barriere. Ferrolegeringsindustrien har god innsikt i de betydelige effektiviseringsmulighetene som foreligger og har kompetansen og bevisstheten som kreves for å realisere mesteparten av potensialet. At industrien på de fleste områder kan vise til konkrete beregninger for både realiserte og ikke realiserte prosjekter viser at de bruker ressurser på energieffektivisering. Det er således et kjennetegn ved industrien at kompetansebygging og bevisstgjøring allerede er på et høyt nivå.

Ekstern infrastruktur er et nøkkelområde for energieffektivisering innen ferrolegeringsindustrien, og berører hele 3,7 TWh av et samlet potensial på 5,1 TWh, rundt 70% av samlet potensial. For å få et godt bilde av barrierene er det avgjørende å skille mellom de ulike energikvalitetene som gjelder. For energi fra enkelte varmekilder, særlig slagg fra manganproduksjon (0,4 TWh), kan energien hentes ut ved rundt 50°C, noe som gjør den mer anvendelig for fjernvarmenett og annen industri. Termisk energi som gjenvinnes fra utstøpt metall kan potensielt hentes ut med høyere temperaturer, men det er ingen teknologi for dette i dag (0,4 TWh).

På den annen side hindres mye av potensialet for termisk energiutnyttelse av svært omfattende barrierer fordi temperaturen på den gjenvunne energien med dagens teknologi er lav. Dette gjelder særlig kjølevann fra ovner og kjeler, som holder rundt 30°C. Dette er vanskeligere anvendelig, men kan potensielt utnyttes som det er av kommersiell virksomhet og bygninger, eller via prosessering i varmepumper.

Selv om barrierene er betydelige, skaper man imidlertid et uriktig bilde ved ikke å ta dette potensialet i betraktning. Særlig annen industri kan benytte energien i lavtemperatur vann og varme, noe som gjøres allerede i dag. For eksempel eksporterer man ved Tinfos Jernverk rundt 200 GWh per år til nærliggende oppdrettsanlegg, og Elkem Thamshavn eksporterer noe av kjølevannet fra elkraftproduksjonen til ekstern bruk. Eramet Sauda eksporterer varme til bygater, basseng og idrettsanlegg, og Tinfos Titan & Iron leverer varmt vann til hotell og fiskeoppdrettsanlegg.

Ekstern risiko har særlig stor betydning for tiltakene innen elkraftproduksjon (potensial rundt 1,1 TW). Årsaken er at de lange tilbakebetalingstidene fra vesentlige kapitalinvesteringer skaper en følsomhet for endringer i rammevilkår og kundemarked. Dette er investeringer med rundt 15 års tilbakebetalingstid, og muligheten for fremtidig endring kalkuleres inn i avkastningskravet som en ekstern risiko, slik at tiltaket blir mindre fordelaktig.

Ekstern risiko kan nok begrenses, men vanskelig fjernes. Dette kommer av at det alltid vil være en risiko for kommersiell og politisk endring i løpet av levetiden til denne typen investeringer. Industrien selv fremhever betydningen av langvarige kraftkontrakter, fritak fra el-avgift (forbruksavgift) for egenprodusert eksportert kraft og forutsigbarhet i utvikling av fremtidige kvote- og avgiftssystemer for CO₂ som særlig viktige (både direkte mot bedrift og i form av tillegg i energipriser).

En ytterligere form for ekstern risiko oppstår når det er usikkert om kundene er villige til å kjøpe en eksporterbar energivare, og for hvor lenge. Eksport av kjemisk energi er for eksempel delvis forhindret av at det er krevende å få betalingsvillige kunder. Det er imidlertid en høyst realistisk løsning som utnyttes i dag, og som vurderes utnyttet ved andre verk.

Begrenset kapitaltilgang anses som barriere når et ellers lønnsomt tiltak ikke gjennomføres fordi det nedprioriteres i et begrenset kapitalbudsjett. Årsaker kan være at det finnes andre mer lønnsomme tiltak eller at kapitalen først tilordnes andre tiltak med høyere prioritet, for eksempel strategiske prosjekter og prosjekter knyttet til HMS eller oppfyllelsen av andre lovkrav.

Kapitaltilgang er en viktig hindring for ferrolegeringsindustrien fordi en del av de identifiserte tiltakene krever store engangsinvesteringer i forhold til årlig spart energi. Flere av verkene er del av internasjonale konserner, og investeringen vil derfor konkurrere med investeringer i andre land. Dette gjelder ikke bare for

elkraftproduserende tiltak, men også for tiltak som utbygging av transformatorer og frekvensstyring av motorer.

5.4.4 Foreløpig ikke kvantifiserbare tiltak

Ferrolegeringsindustriens Forskningsforening (FFF) har i forbindelse med denne rapporten utarbeidet en oversikt over tiltak som kan tenkes å være kommersialiserbare frem mot 2020, men som ikke er kvantifiserbare med dagens kunnskap. Selv om det er uvisst hvilket potensial som ligger i disse tiltakene har industrien ønsket å fremheve at det finnes tiltak som kan få betydelig effekt i fremtiden.

Elkraftproduksjon fra lavtemperatur avgasser: For avgasstemperaturer rundt 500°C og nedover, er elkraftproduksjon med damp ikke et alternativ. Derimot kan det være aktuelt med andre metoder som for eksempel Organic Rankine Cycles (ORC). Det foregår et omfattende arbeid innen forskning og utvikling på dette området. Virkningsgrad ved 200°C anslås til ca 10-12%. Industrien anser det som usikkert om denne teknologien kan utnyttes før 2020.

Tap i strømtilførsler: Potensialet for utbygging av transformatorer er kvantifisert ovenfor og inngår i figur 5.4.1 og 5.4.4. Tap i strømtilførsler består imidlertid av flere kilder enn dette, og bør kartlegges videre:

Tilførsel fram til transformatorer (inkludert kondensatorbatterier)

Strømskinner og fleksibler fra transformator til elektrode (tiltak kan være en kombinasjon av eksisterende teknologi som nye materialer, ny teknologi og ny design)

Elektrodebakker (Tiltak kan være en kombinasjon av eksisterende teknologi som nye materialer, og ny teknologi som nye design)

Stabilisering av fuktinnhold i råvarer: Det er i dag ikke godt nok kartlagt hvordan fuktinnhold i råvarer påvirker energibruken, men det er på det rene at fordampningen av vannet krever energi. I dag fordamper vannet i de øvre delene av ovnen på grunn av varme i avgassene. Dette er gunstig for prosessen siden det reduserer avgasstemperaturen, men det reduserer potensialet for energigjenvinning. Fuktinnholdet kan reduseres enten ved bygging av tak over lagerplassen, eller med varme i avgass. I produksjon av HCFeMn vil teoretisk energiforbruk reduseres med 3-6% hvis fuktinnholdet reduseres fra 10 til 7%. Årsaken er at det da behøves mindre energi til avdamping av vann i ovnene, men det er usikkert hvor mye av det teoretiske potensialet som kan tas ut i praksis.

Forvarming av råvarer kan redusere forbruket av elektrisk kraft med opptil 20% ved produksjon av ferrokrom (HCFeCr). Overførbarheten til silisium og manganproduksjon er i dag uklar. For mangan kan forvarming potensielt redusere andelen høyoksidiske malmer, hvilket igjen øker energibruken.

Lukkede ovner: FeSi/Si-produksjon foregår i dag i åpne ovner, men potensialet for energigjenvinning ville være større hvis man kunne produsere i lukkede ovner. Det var fokus på dette i forskermiljøer 20-30 år tilbake, uten at man kom frem til noen løsning. Muligheten kan imidlertid være større i dag.

Bedre utbytte: Teknologiske forbedringer, prosessforbedringer og endring i håndtering og behandling av ferdigprodukt kan føre til at mindre ferdigprodusert metall tapes, resirkuleres eller går ut i slagg (mangan). Reduserte volumtap (varme og kalde prosesser) vil gi et lavere spesifikt energiforbruk pr tonn salgbart metall.

5.5 SPESIELT OM ØVRIG INDUSTRI

5.5.1 Introduksjon og oversikt over energiforbruk

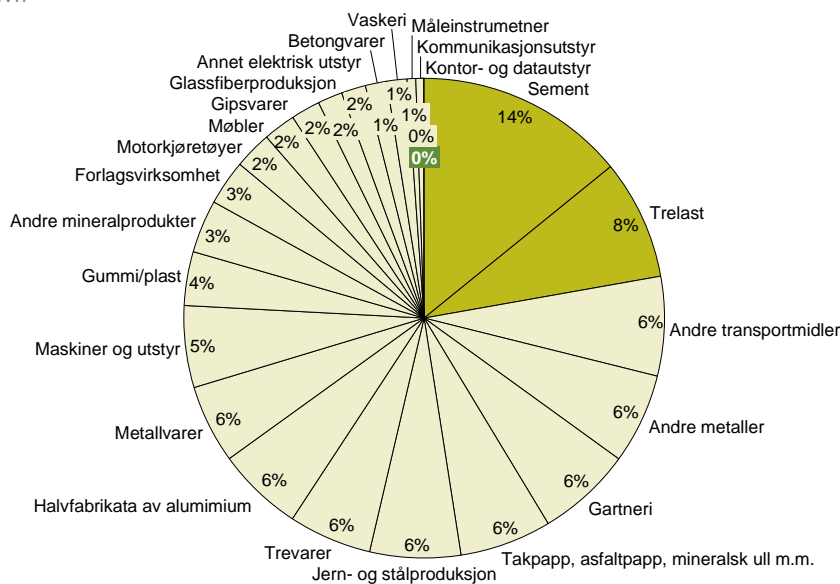
I øvrig industri ligger alle landbaserte industrier som ikke omfattes av de spesifikke industriene nevnt ovenfor (aluminium, kjemisk industri, raffineri, treforedling og ferrolegeringer)³⁸ Til sammen utgjør disse industriene en årlig energibruk på 14.4 TWh. Energibruken er fordelt på en svært diversifisert gruppe bedrifter, og det lar seg vanskelig gjøre å finne fler fellestrekk enn at denne gruppen generelt er mindre kraftintensiv enn industriene som er skilt ut i egne kapitler ovenfor.

Vi har imidlertid skilt ut enkelte industrier og behandle disse noe grundigere. Dette gjelder sement- og trelastproduksjon. Av konfidensialitetshensyn kan sementindustrien ikke omtales som egen industri, men for trelastindustrien gis egne kommentarer der det anses hensiktsmessig.

Figur: 5.5.1

Energiforbruk fordelt på industrier

Prosent av samlet energiforbruk, øvrig industri,
100% = 14,4 TWh



Til tross for at disse industriene er blitt behandlet samlet, er det tatt hensyn til flere spesifikke industriforhold både ved fremskrivning av energibruken og ved

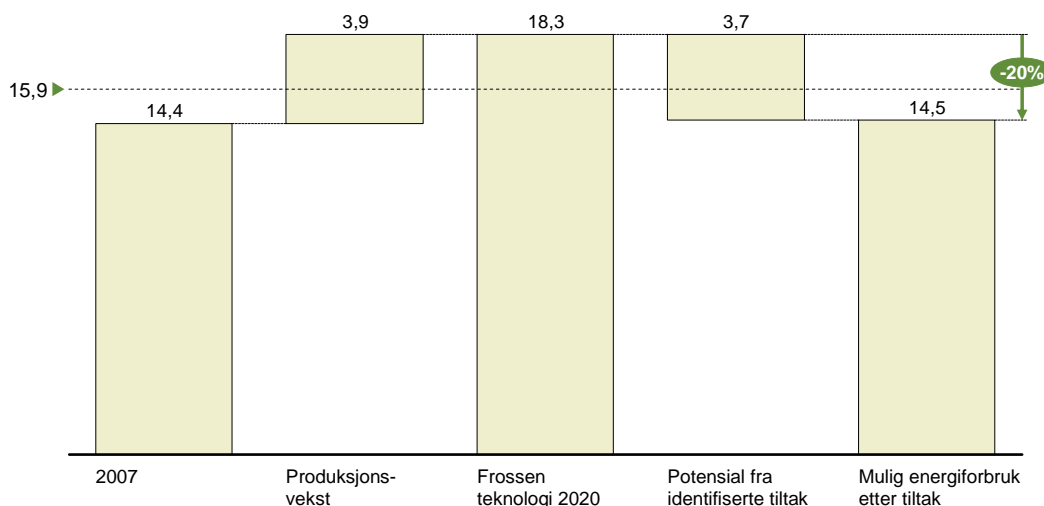
³⁸ Næringsmiddelindustrien er i sin helhet utelatt fra denne rapporten

estimering av potensialet. Videre er tiltakene utarbeidet representanter for et utvalg av industriene for å komme frem til et sett med tiltak som er relevant for flere industrier.

Figur: 5.5.2

Nedbrytning av energiforbruk og effektiviseringstiltak

TWh



Potensialet for energieffektivisering er estimert ved å summere effekten av alle identifiserte tiltak, som gir 20% forbedret energiintensitet innen 2020. Dette er så sammenliknet med hva som er rimelig å forvente basert på historisk forbedring av energiintensitet i Norge og Europa, målsetninger for energiforbruk i andre EU-land og forbedringstakten i de mer kraftintensive industriene.

Det identifiserte potensialet for øvrig industri er i hovedsak lønnsomt, slik at de identifiserte tiltakene stort sett har lenger levetid enn tilbakebetalingstid (uten at de øker driftskostnadene vesentlig). At det er et vesentlig lønnsomt potensial som ikke er realisert antas å ha sammenheng med at energi utgjør en relativt liten del av samlet kostnadsbudsjett (rundt 2% i gjennomsnitt med dagens energipriser³⁹). Energieffektivisering har derfor ikke vært prioritert i samme grad som hos de mer kraftintensive industriene. I slike omgivelser er det videre å forvente at barrierene rundt bevissthet og kompetanse får en større betydning enn i industrier som har fokusert på energiforbruk over en lengre periode. Samlet kapitalkostnad for det lønnsomme potensialet i øvrig industri er om lag 2,8 milliarder NOK.

³⁹ Spilde og Aasestad, Energibruk i norsk industri 1990-2001

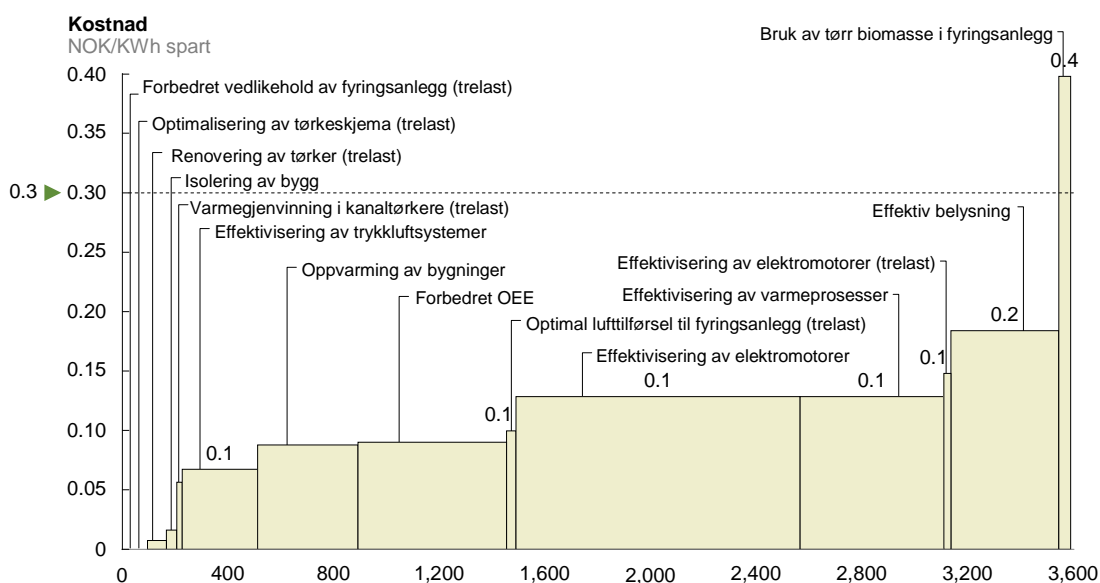
Produksjonsveksten som legges til grunn for frossen teknologiscenariet er samlet 1,7% per år. Dette er basert på makroøkonomiske modeller utarbeidet av Statistisk Sentralbyrå for de aller fleste av de inkluderte industriene. Fra dette nivået må det forventes en naturlig forbedring av energieffektivitet som vil inntreffe uten at forholdene for energieffektivisering endrer seg. For industriene som faller inn under øvrig industri forventer SSB en effektiviseringstakt på 1,4% per år. Det antas at høyere energipriser samt større fokus på energieffektivisering i samfunnet er med på å underbygge en slik forventning.

5.5.2 Potensial for energieffektivisering

Tiltakene som er identifisert for øvrig industri er nødvendigvis mer generelle for å være appliserbare på tvers av industrier, og er i større grad basert på nasjonal og internasjonal empiri enn praktiske undersøkelser. Selvsagt har enkelte industriaktører vært involverte som diskusjonspartnere, men det ligger i kategorien "øvrig industri" sin natur at det ikke er praktisk gjennomførbart å foreta en detaljert kartlegging per aktør (slik som det er blitt gjort for de større industriene).

Figur: 5.5.2

Kostnadskurve for identifisert potensial



Effektiviseringspotensialet for øvrig industri kjennetegnes ved at realisering krever relativt små investeringer, og at det består av mange tiltak som alle har nokså stor betydning.

Effektiviseringstiltakene som er lagt til grunn for øvrig industri er:

Effektivisering av motorsystemer: Rundt 65% av elektrisiteten i øvrig industri brukes til å drive elektromotorer⁴⁰, og her ligger det et stort potensial for bedre utnyttelse av energien. Potensialet er hovedsakelig drevet av betydelig forbedret energiutnyttelsesgrad i nyere elektromotorer i forhold til den eksisterende motorparken. Forutsatt at utskifting skjer som ledd i regulær oppgradering av motorparken øker investeringskostnaden relativt lite ved å velge et energieffektivt alternativ. I tillegg bør motorene tilpasses bedre til det faktiske behovet (dagens motorer er ofte for store) og frekvensstyring bør installeres. En noe mindre del av potensialet ligger i bedre vedlikehold, korrekt "rewinding", bedre smøring, samt generell optimalisering (stramme belter, rense vifter, bytte filtre, tette lekkasjer i trykkluftsystemer etc.). Til sammen mener vi at det ligger et potensial på 20% reduksjon i energibruken som går til elektromotorer.

Forbedring av OEE (overall equipment efficiency): OEE er et referansetall for driftseffektivitet som beregnes ut fra tiden anlegget er i drift, antall enheter som produseres per minutt og kvaliteten på de produserte enhetene (first-pass quality yield). Basert på samtaler med industrieksperter antas at den gjennomsnittlige OEE-verdien for øvrig industri er ~70%. En forbedring av OEE-verdien til 80% fører til en reduksjon i energiintensitet på ~5%. At liknende industri i USA har sett en forbedring av OEE-verdi på opptil 15 prosentpoeng over en treårsperiode kan tyde på at dette er et konservativt estimat frem mot 2020. Forbedring av OEE-verdien oppnås ved hjelp av operasjonelle forbedringer som vanligvis krever mindre investeringer, blant annet til måleinstrumenter.

Effektivisering av varmeprosesser: Varmeprosesser omfatter både smelteovner og dampkjeler. Begge typer systemer er gjenstand for et stort forbedringspotensial innenfor optimalisering av forbrenningsprosessen (forvarming av forbrenningsluft og -materiale, optimalisering av lufttilførsel, eventuell med tilførsel av oksygen, optimalisering av mating av ovnen), forbedret isolasjon og spillvarmegjenvinning. For dampkjeler er i tillegg tilpassning av kjelen til faktisk forbruk, tetting av damplekkasjer og optimalisering av sluttbruker viktige faktorer⁴¹. Et konservativt estimat over potensialet for forbedring av energiintensiteten er 15%.

Oppvarming av bygg og anlegg: Energibruken forbundet med oppvarming av bygg kan blant annet reduseres ved å installere styringssystemer for romtemperatur, utbygning av oppvarmingssystem og ved å forbedre isolasjon (vinduer, tak, vegger, kjellertak). I tillegg kan en adferdsforandring føre til et lavere energiforbruk. Moderne passivhus kan bruke opptil 70% mindre energi til

⁴⁰ Siemens/Bellona (Dyb, Haug, 2007); LBNL-54828 (Worell et al 2004); Brunner et al (ECEEE 2007 Summer Study); United States Industrial Electric Motor Systems – Market Opportunities Assessment (Xenergy Inc, 1998)

⁴¹ Wise rules for Industrial Efficiency (US EPA, 1998); Seven Ways to optimize your process heat system (Arvind Thekdi)

oppvarming enn eksisterende bygg. Vi antar et potensial tilsvarende en gjennomsnittlig intensitetsforbedring på minst 20% innenfor dette området⁴².

Optimalisering av trykkluftsystemer: For trykkluftsystemer ligger et stort potensial i relativt enkle tiltak: tette lekkasjer, redusere strømningsmotstanden, rense filtre og redusere behovet for trykkluft. I tillegg blir 60-90% av energien som brukes for å produsere trykkluft til varme som kan utnyttes videre. Kompresjon av kald luft bruker mindre energi enn kompresjon av varm luft, så bruk av kald uteluft kan redusere energibruken ytterligere. Andre tiltak er implementering av bedre styringssystemer og tilpassning av trykkluftsystemet til faktisk behov. Samlet bør en reduksjon på 30% være realistisk for øvrig industri⁴³.

Belysning: Energibruken til belysning kan reduseres ved bruk av energisparepærer, bedre styring av lyset (behovsstyring for eksempel ved hjelp av bevegelsessensorer og dimming avhengig av dagslyset) og adferdsforandringer (slå av lyset når det ikke trenger å være på). Samlet gir disse tiltakene et potensial på 60% av samlet energiforbruk til belysning⁴⁴.

5.5.3 Barrierer for energieffektivisering

Det identifiserte effektiviseringspotensialet for øvrig industri hindres i all hovedsak av liten bevissthet rundt størrelsen på potensialet og begrenset tilgang til kompetanse. Sistnevnte har nær sammenheng med at bedriftene i dette segmentet generelt er mindre og har færre ansatte enn i de større kraftintensive industriene. Kompetansetilgang og bevisstgjøring er generelt mer krevende å adressere for øvrig industri, siden realisering krever opplæring og bevisstgjøring av personell i svært mange bedrifter. Situasjonen er således annerledes enn der kompetanse og bevissthet utgjør en barriere i større, kraftintensive bedrifter som kanskje til og med har satt av egne personer til å optimalisere energiforbruk. I tillegg utgjør kostnadene knyttet til energibruk en mindre del av de totale kostnadene i øvrig industri sammenlignet med den kraftintensive industrien. Dette medfører at insentivene for å redusere energibruk er mindre i øvrig industri.

5.5.4 Spesielt om trelastsindustrien

Trelastproduksjon er en tradisjonsrik industri i Norge med Moelven og Bergene Holm som de største enkeltaktørene. Dette arbeidet er et resultat av samarbeid

42 Unlocking Energy Efficiency in the U.S. Economy (Data point for Northeast region of the U.S. and for commercial buildings) ; Passivhusrenovering Myhreenga Borettslaget; Lavenergiutvalget – Energieffektivisering (Reinås et al, 2009)

43 Wise Rules for Industrial Efficiency (US EPA, 1998); LBNL-54828 (Worell et al, 2004, p 38); ENOVA "Energieffektivt fokus på trykkluftanlegg"

44 Energirådet – utredning Energieffektivisering 2008; "En lysere fremtid" (Lyskultur, ENOVA, Naturvernforbundet); Verhaar (ECEEE Summer Study 2007); Hinge et al (ACEEE Industry 2003)

med Norsk Treteknisk Institutt, en frittstående forskningsforening som eies av rundt 150 medlemsbedrifter.

Samlet energiforbruk for trelastindustrien utgjorde i 2007 noe under 1,2 TWh (ca. 1,5% av samlet forbruk i norsk industri), og potensialet for energieffektivisering er vesentlig (28% reduksjon av energiintensitet). Det har vært gjennomført vellykket energieffektivisering ved en del sagbruk i nyere tid..

Trelastindustriens termiske energibehov dekkes i stor grad av bioenergi (forbrenning av flis og bark) som er CO₂-nøytral. Mesteparten av energiforbruket (rundt 85%) går med til tørking av skurlast. Som en konsekvens retter det aller meste av potensialet seg mot effektivisering av tørkeprosessen. Eksempler er bedret vedlikehold og reparasjon av tørkere, optimalisering av lufttilførsel til tørker, isolering, og forbedret tørkeskjema. For sistnevnte antas for eksempel et samlet årlig potensial på rundt 60 GWh ved kortere oppvarmingsperiode og dermed redusert tørketid. De fleste av disse tiltakene er lønnsomme (figur 5.5.3)

Sammen med Enova har trelastindustrien gjennomført et energieffektiviseringsprosjekt som førte til realisering av vesentlig potensial hos flere av de 16 involverte bedriftene.⁴⁵ Barrierene er i hovedsak knyttet til manglende infrastruktur for og lønnsomhet ved salg av spart energi, og lav bevissthet rundt besparingspotensialet som foreligger. Disse to barrierene henger nøye sammen, og er begge en konsekvens av at energiforbruket i stor grad kommer fra egentilvirket biologisk masse. Så lenge det ikke foreligger muligheter for lønnsomt salg av overflødig biomasse eller varme er insentivet for reduksjon av forbruket liten. Industrien viser imidlertid tendenser til økende interesse for bioenergi, og anser dette som et klart insentiv til økt fokus på energieffektivisering.

⁴⁵ Norsk Treteknisk Institutt: ENØK i varme- og tørkeanlegg i trelastindustrien (2008)

5.6 DETALJERT TILTAKSOVERSIKT

Kjemisk industri

Tiltaksbeskrivelse	Potensial (GWh/yr)	Beak-even energipris (NOK/kWh)	Spesifikk investeringskost (NOK/kWh)	Tilbakebetalings-tid (år)	Livstid (år)	Total CAPEX (MNOK)
Forbedring av transportsystem for damp - hindring av lekkasjer, isolasjon	227	0.04	0.31	2	20	28
Forbedring av transportsystem for trykkluft - hindring av lekkasjer, bedret vedlikehold	49	0.04	0.31	2	20	121
Effektivisering av dampsystemer (store anlegg) steg 1 - forbedret vedlikehold (rensing/blowdown), trykkontroll, optimalisering av vanninntak, forvarming av matevann	37	0.05	0.31	1	10	8
Effektivisering av dampsystemer (mindre anlegg) steg 1 - forbedret vedlikehold, trykkontroll, forvarming av matevann	48	0.05	0.31	1	10	15
Redusert energiforbruk ved nedetid på anlegg (mindre anlegg) - stenge ned så mye av anlegget som mulig ved driftsstand	205	0.07	0.59	3	20	15
Redusert energiforbruk ved nedetid på anlegg (store anlegg) - stenge ned så mye av anlegget som mulig ved driftsstand	47	0.07	0.59	3	10	12
Optimalisering av trykkluftproduksjon (ekskl. Transport) steg 1 - kombinerer av nettverk (der samme trykk kreves i flere nettverk), splitting av nettverk (der ulikt trykk kreves innenfor samme nettverk), trykkontroll, tilpasning av produksjon og forbruk	13	0.10	0.59	2	20	70
Varmegjenvinning steg 1 - eksport av spillvarme fra eksoteriske prosesser, gjenvinning av varme fra trykkluft	154	0.10	0.59	2	10	52
Forbedret OEE i store anlegg - generell effektivisering av drift, vedlikehold, og kontroll (forbedret måling)	136	0.12	0.59	5	10	41
Forbedret OEE i mindre anlegg - generell effektivisering av drift, vedlikehold, og kontroll (forbedret måling)	384	0.12	0.59	5	10	13
Effektivisering av ovner gjennom driftsoptimalisering - bedret vedlikehold, isolering, forvarming av luft, oksygenkontroll, tilpasning av oppsett (åpningsstørrelse og timing)	45	0.12	0.59	2	20	27
Avpasning av dampforbruk og dampproduksjon - minimere variasjoner i produksjon og etterspørsel for damp, timing av eksoterme og endoterme prosesser	121	0.13	0.59	2	20	80
Effektivisering av dampsystemer (mindre anlegg) steg 2 - bytte/modifisering av kjel, gjenvinning av energi fra blowdown og "de-aeration" (fjerning av oksygen)	48	0.14	0.85	3	10	212
Effektivisering av dampsystemer (store anlegg) steg 2 - bytte/modifisering av kjel, gjenvinning av energi fra blowdown og "de-aeration" (fjerning av oksygen)	16	0.14	0.85	3	10	49
Redusert energiforbruk i elektromotorer i mindre anlegg (vifter, pumper, produksjonsbelter osv) ved å endre oppsett (frekvenskontroll) og forbedre vedlikehold	244	0.15	0.59	2	10	145
Redusert energiforbruk i elektromotorer i store anlegg (vifter, pumper, produksjonsbelter osv) ved å endre oppsett (frekvenskontroll) og forbedre vedlikehold	82	0.15	0.59	2	15	72
Implementering av system for kondensatretur	164	0.22	1.29	5	15	320
Optimalisering av trykkluftproduksjon (ekskl. Transport) steg 2 - bytte/modifisere kompressor	40	0.22	1.29	5	20	227
Varmegjenvinning steg 2 - kapitalkrevende vamegjenvinning, for eksempel ved varmeintegrasjon i deler av anlegg	271	0.22	1.29	5	5	94
Optimaliserte katalysatorer - generell forbedring, blant annet oppnåelse av lavere reaksjonstemperaturer	111	0.29	0.85	3	20	136
Varmeintegrering steg 3 - meget kapitalkrevende tiltak for varmegjenvinning, inkluderer komplett varmeintegrasjon ved større anlegg	372	0.29	2.10	10	15	780
Effektivisering av dampproduksjon gjennom etablering av kraftvarmeanlegg (mindre anlegg)	57	0.30	2.37	N/A	10	350
Effektivisering av ovner gjennom modifisering eller bytte av ovn	84	0.46	3.81	15	10	91
Total	2 956.2					2 955.8

Merk: Raffiner er utelatt fra detaljert oversikt grunnet konfidensialitetshensyn.

Aluminium

Tiltaksbeskrivelse	Potensial (GWh/yr)	Beak-even energipris (NOK/kWh)	Spesifikk investeringskost (NOK/kWh)	Tilbakebetalings-tid (år)	Livstid (år)	Total CAPEX (MNOK)
Forbedret effektivitet i spenning i elektrolysebad for å forhindre omvendt reaksjon (tilbake til alumina og carbon)	126	0.01	0.12	1	15	15
Var megjenvinning fra skorsteinene i støperiet (antatt at varme fra det smeltede metallet allerede benyttes til omsmelting av gjenvunnet metall)	441	0.02	0.18	1	15	15
Optimalisering av bruk av trykkluft. Dette innebærer både redusert bruk ved at man begrenser bruk til det nødvendige og gjør bruken mer effektiv.	63	0.03	0.25	1	15	15
Forbedrede operasjonelle rutiner (inkluderer generell forbedring som igjen fører til energibesparelser, ikke knyttet til ett spesifikt tiltak)	63	0.03	0.25	1	15	64
Optimalisering av andre støttesystemer (enn vifter, pumper og trykkluft) Tiltaket består i generell forbedring av bruk av støttesystemer, gjennom rutiner og prosessforbedringer	63	0.04	0.30	1	15	19
Optimalisering av bruk av vifter. Dette innebærer både redusert bruk ved at man begrenser bruk til det nødvendige og gjør bruken mer effektiv.	101	0.04	0.30	1	15	15
Optimalisering av bruk av pumper. Dette innebærer både redusert bruk ved at man begrenser bruk til det nødvendige og gjør bruken mer effektiv.	13	0.04	0.30	1	15	21
Reduserte tap fra anodeeffekt, dvs., mer effektiv innmating av alumina for å unngå at spenningen øker og elektrisitetsforbruket således går opp	44	0.04	0.35	2	15	21
Varmegjenvinning fra rågass som dannes i det anodene forbrukes. Denne varmen gjenvinnes i elektrolysehallen, varmebærer kan feks være vann eller luft	1 008	0.05	0.38	2	15	31
Varmegjenvinning fra sidevegger på elektrolysecellene. Varme gjenvinnes her fra sideveggene ved at man monterer varmegjenvinningsutstyr inne i cellen (kan også gjenvinnes fra utsiden, en effektivitetsgraden er da dårligere). Varme gjenvinnes fra ca 400 oC og gjenvinningsgraden er rundt 80%	3 730	0.09	0.36	2	15	154
Varmegjenvinning fra kompressorinstallasjon	95	0.10	0.82	3	15	30
Redusert spenning i cellen, dvs i elektrolysebadet og boblelaget i cellen, slik at mindre elektrisitet er påkrevd for å produsere samme mengde aluminium	630	0.12	0.98	4	15	4
Forbedrede rutiner og prosesser, feks at alle skift forbedres til beste skift i dag, forbedret instrumentbehandling mv.	13	0.15	1.23	5	15	15
Redusert elektrisk motstand i anoder, dvs at man produserer og utformer anodene slik at de gir minst mulig elektrisk motstand i det de forbrukes	290	0.19	1.60	7	15	214
Redusert energiforbruk i massefabrikken	38	0.20	1.70	8	15	463
Redusert energiforbruk i støpeformer	13	0.20	1.70	8	15	927
Varmegjenvinning fra anodebakeovnene i anodeproduksjonen	63	0.20	1.70	8	15	463
Redusert energiforbruk i forbindelse med homogenisering	13	0.20	1.70	8	15	1 814
Redusert energiforbruk ifm montering av anoder i elektrolysecellene.	18	0.21	1.75	8	15	618
Redusert energiforbruk i holde og smelteovner ved å holde temperatur konstant, ikke avkjøle for deretter å varme opp igjen m.v.	88	0.21	1.75	8	10	772
Utvide tverrsnitt i strømskinner i elektrolysehallen slik at den elektriske motstanden blir mindre. Dette tiltaket kan tenkes delt i to med en enkel og en vanskeligere del. Enkel del.	252	0.22	1.84	8	15	2 337
Utvide tverrsnitt i strømskinner i elektrolysehallen slik at den elektriske motstanden blir mindre. Dette tiltaket kan tenkes delt i to med en enkel og en vanskeligere del. Vanskelig del.	378	0.29	2.45	N/A	10	5 510
Redusert motstand i katode og foring. Redusert motstand i katoden er med å legge til rette for lavere spenning i elektrolysecellen som igjen muliggjør lavere elektrisitetsbruk.	378	0.30	2.04	10	15	107
Redusert energiforbruk i brennovner. Her er det ikke noe potensial i forbedring av dagens ovner, tiltaket forutsetter kjøp av nye ovner som er bedre enn de man finner på verkene i dag. Dette er en stor investering om man vil derfor ikke gjøre det før det trengs en ny ovn. Kan ikke forsvares på bakgrunn av energibesparelse.	441	0.63	5.30	15	15	77
Varmegjenvinning fra bunn og topp i elektrolysecellene. Gjenvinningsutstyr monteres inne i cellen og gjenvinner varme på ca 400oC. Dette er vanskeligere og mindre effektivt enn gjenvinning fra sidevegger i det det er større flater noe som virker svært fordyrende.	1 512	0.90	3.64	15	10	1 359
Installasjon av mer effektive likerettere enn det som i dag er i bruk. Dette tiltaket er ikke aktuelt ved alle verk da noen har relativt nye likerettere og man vil ikke bytte ut gamle likeretter som fortsatt fungerer for å spare energi grunnet høy investeringskost	227	0.96	8.00	15	15	386
Reduksjon av materialtap feks støv mv. Dette tiltaket gir ikke særlig energibesparelse men gjøres av miljøhensyn	13	2.03	17.02	15	15	77
Total	10 110		1.54			15 549

Treforedlingsindustrien

Tiltaksbeskrivelse	Potensial (GWh/yr)	Beak-even energipris (NOK/kWh)	Spesifikk investeringskost (NOK/kWh)	Tilbakebetalings-tid (år)	Livstid (år)	Total CAPEX (MNOK)
Valg av optimal størrelse på utstyr slik at man unngår stor overkapasitet som krever mer energi, samt installere frekvensstyring på utstyret slik at det til enhver tid kjører på optimal intensitet. Dette gjelder feks pumper, vifter og motorer.	40	-	-	1	15	6
Redusert tap i halvferdige og ferdige produkter. I dette ligger for eksempel mindre feilkutt og mindre brukket papir.	32	-	-	1	15	-
Maksimal bruk av biofuels i eksisterende kjeler gjennom bruk av tallolje, såpe eller skogsrester	-	-	-	1	15	-
Energibesparelse ved å øke tørrstoff før tørking gjennom pressing slik at mindre energi kreves for å tørke	6	-	-	1	15	50
Salg av gjenvunnet varme til fjernvarmenettverk. Her kan man både benytte varme som genereres i dag og varme som kan genereres ved utnyttelse av ekstra kapasitet i biofuelskjeler.	357	0.00	0.03	1	15	120
Energibesparelse ved å øke brennverdien på brensel gjennom optimalisering av forbrenningsforhold (feks O2 innhold i luften)	218	0.00	0.03	1	15	8
Tilsetning av kjemikalier i raffinør sparer energi fordi flisen da trenger mindre behandling i raffinøren (den løses delvis opp på forhånd av kjemikalierne)	264	0.00	0.03	1	15	20
Redusert forbruk av vann gjennom tilsetning av mindre vann i masseproduksjonen. Dette sparer energi ved at mindre vann må varmes opp (vann brukt i masseproduksjon er ca 20 varmere enn starttemperaturen) og gjennom mindre behov for tørking av masse (for salg) og papir (integrert fabrikk).	274	0.01	0.10	1	15	100
Energibesparelse gjennom økt bruk av gjenvunnede fibre. Det krever mindre energi for å lage masse av gjenvunnede fibre enn nye fibre og økt andel vil derfor gjøre produksjonen mindre energiintensiv.	10	0.03	0.20	1	15	100
Redusere energiforbruk gjennom automatisering, monitorering, visualisering av nøkkeltall, forbedret opplæring og styring av operasjoner, samt forbedret vedlikehold for å redusere variasjon og stans i produksjon.	400	0.04	0.30	1	15	-
Redusert energiforbruk ved redusert og optimalisert bruk av vifter.	16	0.06	0.51	2	10	2
Redusert energiforbruk gjennom installasjon av høyhastighet- eller dobbeldisraffinør som er mer effektive enn tidligere typer. Mange anlegg har allerede innført dette, men det er fortsatt noe potensial igjen.	213	0.07	0.56	2	15	12
Optimalisering av varmegjenvinning fra mekaniske masseproduksjon. Varme kan her gjenvinnes fra damp og varmt vann.	160	0.07	0.63	3	15	75
Installasjon av mottrykksturbiner for å øke varmegjenvinning	80	0.07	0.63	3	15	27
Elektrisitetsproduksjon fra ekstra kapasitet i kjeler. Dette gir grønn elektrisitet da brensel er biofuels	80	0.11	0.94	4	15	50
Energibesparelse gjennom optimalisering av kontinuerlig kokeprosess for kjemisk masse.	12	0.12	1.00	4	6	67
Energibesparelse gjennom forvarming av vann med gjenvunnet varme. Dersom man klarer å bruke varme som genereres gjennom andre deler av prosessen til å varme vann vil man trenge mindre ekstra energi til dette formålet.	100	0.12	1.00	4	15	8
Bedre isolering av utstyr for å minske varmetap i alle prosessledd	112	0.13	0.60	3	15	110
Energibesparelse ved å øke tørrstoffandel i avlut før forbrenning. Dette gir avluten en høyere brennverdi og sparer således energi.	40	0.15	1.25	5	15	120
Energibesparelse gjennom økt bruk av fyllstoff. Fyllstoffer erstatter en del av massen, slik at man trenger å produsere mindre masse per tonn papir, og økt andel vil derfor gjøre produksjonen mindre energiintensiv.	78	0.17	1.41	6	15	200
Energibesparelse ved forbehandling av flis og defibrering i raffinør. Dette gjør at flisen trenger mindre behandling i raffinøren og prosessen blir dermed mindre energikrevende.	284	0.18	1.48	6	15	345
Energibesparelser ved optimalisering av vann- og konsitensforvaltning.	118	0.20	1.70	7	15	400
Energibesparelse gjennom å øke tørrstoff i slusj (ved bruk av polymer), og bark (ved å presse barken) før forbrenning slik at brennverdien øker	11	0.21	1.75	8	15	8
Energibesparelse ved høykonsistens bleking (bruk av peroxidbleking). Dette tiltaket er gjennomført på flere anlegg, men det er fortsatt noe potensial til stede.	4	0.24	2.00	10	15	420
Spart energi gjennom raffinering av masse på lav konsistens	152	0.27	2.27	N/A	15	9
Økt tørrstoff i presseseksjon (feks., skopresse, varmpresse, condebelt)	144	0.33	2.78	15	15	-
Total	3 206					2 256

Ferrolegeringsindustrien

Tiltaksbeskrivelse	Potensial (GWh/yr)	Beak-even energipris (NOK/kWh)	Spesifikk investeringsk ost (NOK/kWh)	Tilbake- betalings- tid (år)	Livstid (år)	Total CAPEX (MNOK)
Utnyttelse av termisk energi i kjølevann fra kjel som brukes til elkraftproduksjon (FeSi/SiMetal)	1 882	0.00	0.03	1	10	5
Utnyttelse av termisk energi i kjølevann fra kjel som brukes til elkraftproduksjon (mangan)	330	0.00	0.05	1	10	25
Termisk energi- kjølevann fra ovner føres gjennom ovn og ovnhette eksporteres (mangan)	465	0.01	0.08	1	10	43
Termisk energi - kjølevann fra ovner føres gjennom ovn og ovnhette eksporteres (FeSi/SiMetal)	303	0.01	0.08	1	20	245
Termisk energi fra slagg fanges og eksporteres med vann som medium (mangan)	302	0.02	0.21	1	20	69
Fanging og eksport av CO-gass som kjemisk energi (mangan)	168	0.04	0.41	2	20	3 500
Termisk energi fra varmt metall fanges og eksporteres med vann som medium (mangan)	152	0.05	0.50	2	20	350
Termisk energi fra varmt metall fanges og eksporteres med vann som medium (FeSi/SiMetal)	221	0.05	0.50	2	20	160
Forbedret effektivitet i trykkluftsystemer ved forbedret vedlikehold, avgrensning av kretser og trykkontroll	17	0.08	0.31	3	20	22
Redusert energiforbruk i elektromotorer (vifter, pumper, produksjonsbelter osv) ved å endre oppsett (frekvenskontroll) og forbedre vedlikehold (FeSi/SiMetal)	43	0.15	1.00	4	20	76
Redusert energiforbruk i elektromotorer (vifter, pumper, produksjonsbelter osv) ved å endre oppsett (frekvenskontroll) og forbedre vedlikehold (mangan)	25	0.15	1.00	4	20	111
Elkraftproduksjon fra forbrenning av CO-gass (mangan)	140	0.27	2.50	N/A	20	62
Reduserte energitap i transformere ved endring til nyere transformere (FeSi/SiMetal)	89	0.30	2.77	15	20	23
Elkraftproduksjon fra lavtemperert avgass (mangan). Varmeutveksling med annet medium enn vann, ekspansjon gjennom turbin	7	0.32	3.00	15	20	35
Elkraftproduksjon fra høytempererte avgasser (FeSi/SiMetal). Damp fra varmeutveksler føres gjennom damp turbin.	956	0.39	3.66	15	20	15
Reduserte energitap i transformere ved endring til nyere transformere (mangan)	30	0.56	5.27	15	20	60
Total	5 131					4 801

Enova eies av Olje- og energidepartementet og er etablert for å ta initiativ til å fremme en miljøvennlig omlegging av energibruk og energiproduksjon i Norge. Vi har som mål at det skal bli lettere for både husholdninger, næringsliv og offentlige virksomheter å velge enkle, energieffektive og miljøriktige løsninger.

Alle Enovas rapporter finnes på www.enova.no under publikasjoner.

Ønsker du mer informasjon om rapportene kontakt:
Enova Svarer tlf. 08049 | svarer@enova.no

Enovareport 2009:5
ISBN 978-82-92502-41-9

Enova
Professor Brochsgt. 2
NO-7030 Trondheim

