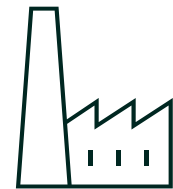
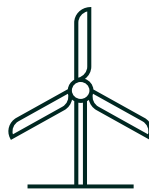
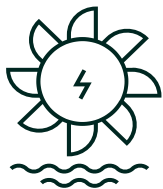


Beregningseksempler



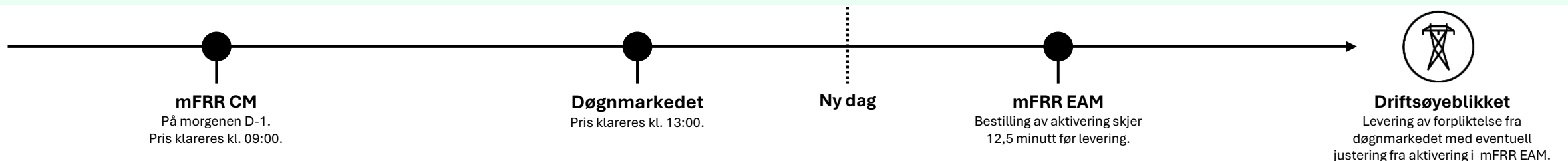
Ulike typer ressurser kan delta i mFRR-markedet

- Ulike typer ressurser kan delta i mFRR-markedet. I eksemplene ser vi både på
 1. Produksjon med mulighet for energilagring (f.eks. vannkraft med magasin eller uregulerbar kraft med lagringsmulighet)
 2. Produksjon uten mulighet for energilagring (f.eks. vind- og solkraft uten lagringsmulighet)
 3. Forbruk (f.eks. industri)
- Batteri er ikke inkludert som et eget eksempel, men kan sammenliknes med et pumpekraftverk. De har samme mulighet i døgnet til å lade/pumpe på lave priser og produsere/levere på høye priser. I aktiveringsmarkedene vil de ikke skille seg fra annen produksjon og forbruk som teoretisk sett begge kan levere både opp- og nedregulering dersom de ikke kjører på maksimal kapasitet.
- For produksjon som tilbyr oppregulering, betyr det å øke produksjon. For forbruk som tilbyr oppregulering, betyr det å redusere forbruk.
- Det blir motsatt for nedregulering. For produksjon som tilbyr nedregulering, betyr det å redusere produksjon. Det er ikke vanlig at forbruk tilbyr nedregulering, og det er derfor ikke inkludert i eksemplene.



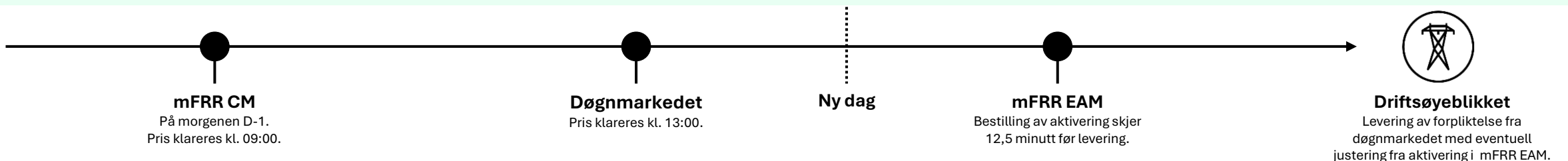
Forutsetninger brukt i eksemplene

- I eksemplene ser vi på ressurser som tilbys i tre markeder; døgnetmarkedet, mFRR CM og mFRR EAM.
- Vi har lagt til grunn at ressursene får tilslag i alle tre markeder. I realiteten vil tilslag være avhengig av markedspris mot tilbudt pris. Aktiveringsmarkedet for mFRR har kvartersoppløsning, men i eksemplene er mFRR-budene like gjennom timen og får tilslag i alle fire kvarter. I eksemplene oppgis summen gjennom timen.
- mFRR CM og døgnetmarkedet klareres D-1, som er dagen før energien skal leveres (D = driftsdøgnet). mFRR EAM klareres like før driftsøyeblikket.
- Volum og priser er gitt per time og er fiktive.

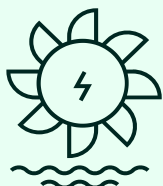


Kort om de tre markedene hvor ressursene i disse eksemplene tilbys

- **mFRR CM (capacity market):** Statnett kjøper opp- eller nedreguleringskapasitet en dag før levering. Statnett betaler aktører for å sikre at ressurser er klare til å reagere på ubalanser i driften. Tilslag i dette markedet påvirker ikke den fysiske produksjonen eller forbruket hos ressursen i seg selv.
- **Døgnmarkedet:** Handel av energi som skjer en dag før levering, etter klarering av mFRR CM. Prisen (også kalt spotpris) settes basert på tilbud og etterspørsel. NordPool er den største markedsplattformen for døgnmarkedet i Norge.
- **mFRR EAM (energy activation market):** Statnett bestiller aktivering av tilgjengelig opp- eller nedreguleringskapasitet etter det fysiske behovet for regulering i driften. Betaling skjer basert på volumet som faktisk blir aktivert. Aktiveringen påvirker den faktiske produksjonen eller forbruket hos ressursen. Det blir korrigert i avregningen, og kompensert for med aktiveringsprisen for mFRR EAM.

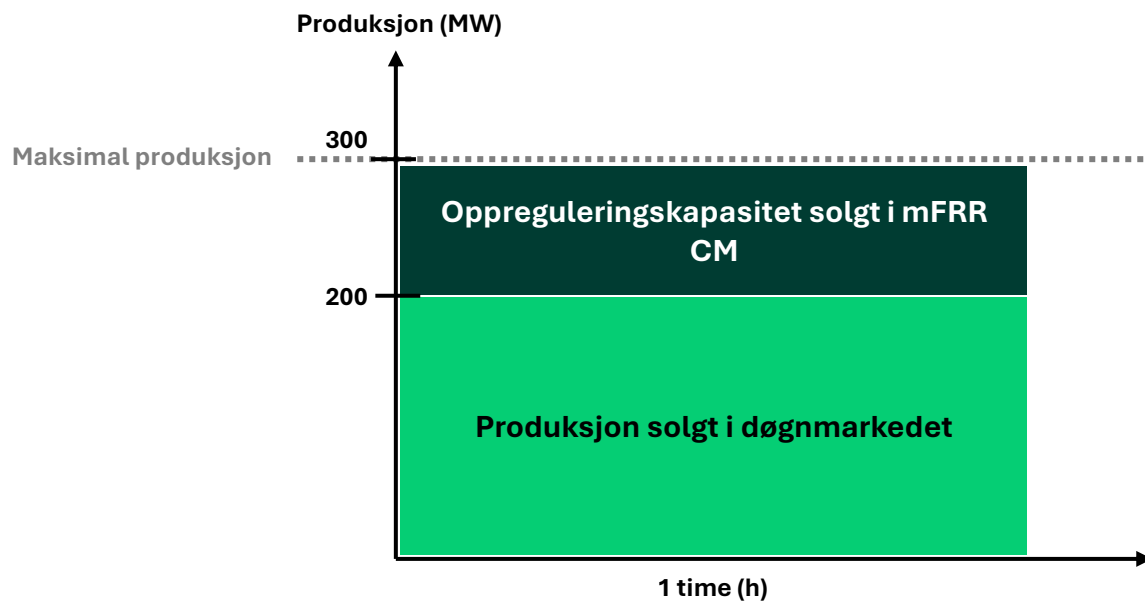


Oppregulering for produksjon med energilagring

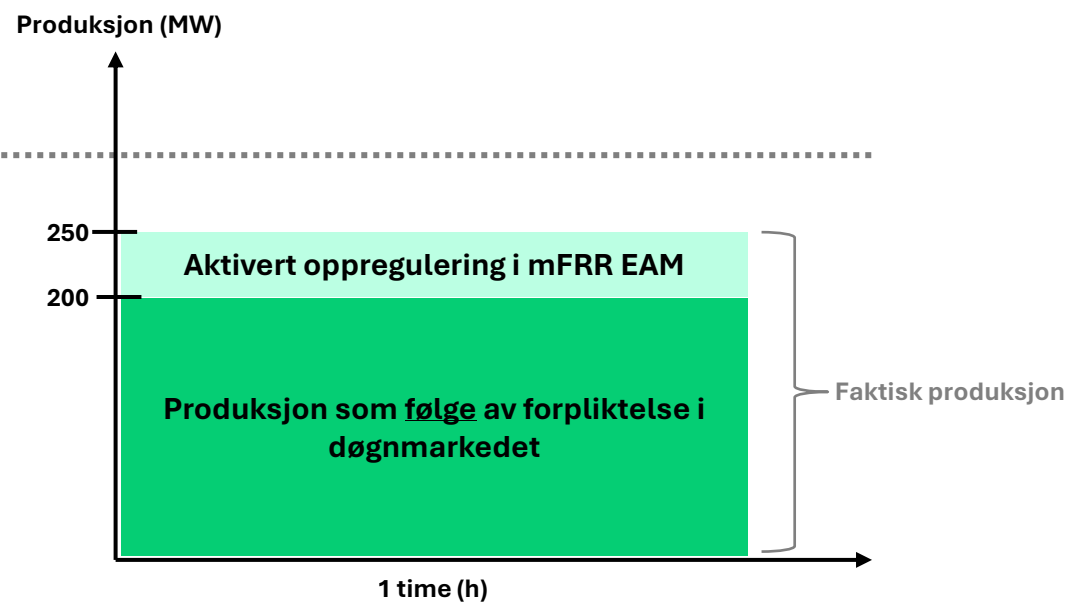


Marked	Volum som har fått tilslag (MWh)	Pris (EUR/MWh)	Inntekt (EUR)	Betalingstype	Kommentar
mFRR CM	100	30	3 000	Kapasitet	En andel av maksimal produksjon selges i mFRR CM. Forplikter at volumet blir budt inn i mFRR EAM.
Døgnmarkedet	200	55	11 000	Spot	En andel av maksimal produksjon selges i døgnmarkedet.
mFRR EAM	50	65	3 250	Aktivering	Halvparten av kapasitet solgt i mFRR CM aktiveres i mFRR EAM.
SUM			17 250		Oppreguleringsprisen i mFRR EAM er alltid høyere enn spotprisen.

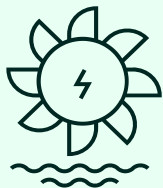
Før driftsøyeblikket



I driftsøyeblikket



Oppregulering for produksjon med energilagring



Marked	Volum som har fått tilslag (MWh)	Pris (EUR/MWh)	Inntekt (EUR)	Betalingstype	Kommentar
mFRR CM	100	30	3 000	Kapasitet	En andel av maksimal produksjon selges i mFRR CM. Forplikter at volumet blir budt inn i mFRR EAM.
Døgnmarkedet	200	55	11 000	Spot	En andel av maksimal produksjon selges i døgnmarkedet.
mFRR EAM	50	65	3 250	Aktivering	Halvparten av kapasitet solgt i mFRR CM aktiveres i mFRR EAM.
SUM			17 250		Oppreguleringsprisen i mFRR EAM er alltid høyere enn spotprisen.

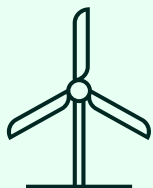
Forklaring – Eksempel 1

Ressursen kan maksimalt produsere 300 MW en gitt time. Dagen før driftsdøgnet legges det inn bud i mFRR CM og døgnmarkedet. 100 MW oppregulering bys inn og får tilslag i mFRR CM. Resterende andel av maksimal produksjon, som da er 200 MW, selges deretter i døgnmarkedet fordi en forventer at spotprisen vil være høyere enn marginalkostnaden/vannverdien i denne timen.

I selve driftstimen har ressursen en forpliktelse fra døgnmarkedet til å produsere 200 MW. Fra mFRR CM har aktøren i tillegg en forpliktelse til å tilby minst 100 MW oppregulering i mFRR EAM. I denne timen har Statnett kun behov for å oppregulere ressursen med 50 MW på grunn av ubalanse i kraftsystemet. Dermed blir total produksjon 250 MW i selve driftsøyeblikket.

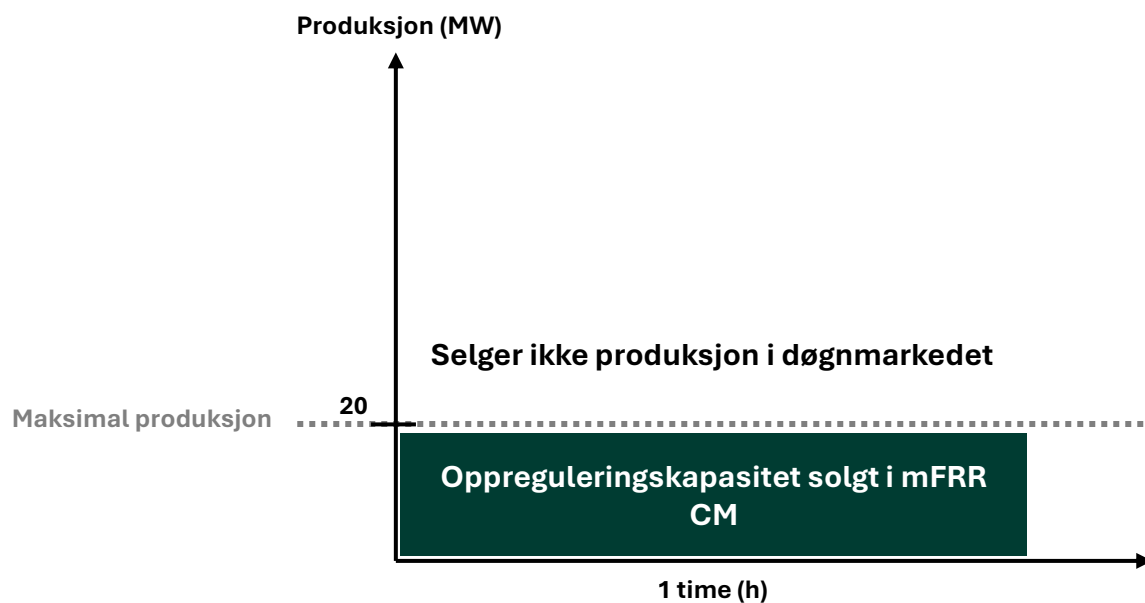
I dette eksempelet ble den totale inntekten 17 250 EUR. Dersom ressursen kun hadde deltatt i døgnmarkedet og faktisk produksjon var på 250 MW, ville den totale inntekten ha vært 13 750 EUR (= 250 MWh * 55 EUR/MWh). Ved å tilby ressursen i mFRR CM og mFRR EAM denne timen, økte inntekten med 3 500 EUR sammenlignet med å kun delta i døgnmarkedet. Oppreguleringsprisen i mFRR EAM vil alltid være høyere enn spotpris.

Oppregulering for produksjon uten energilagring

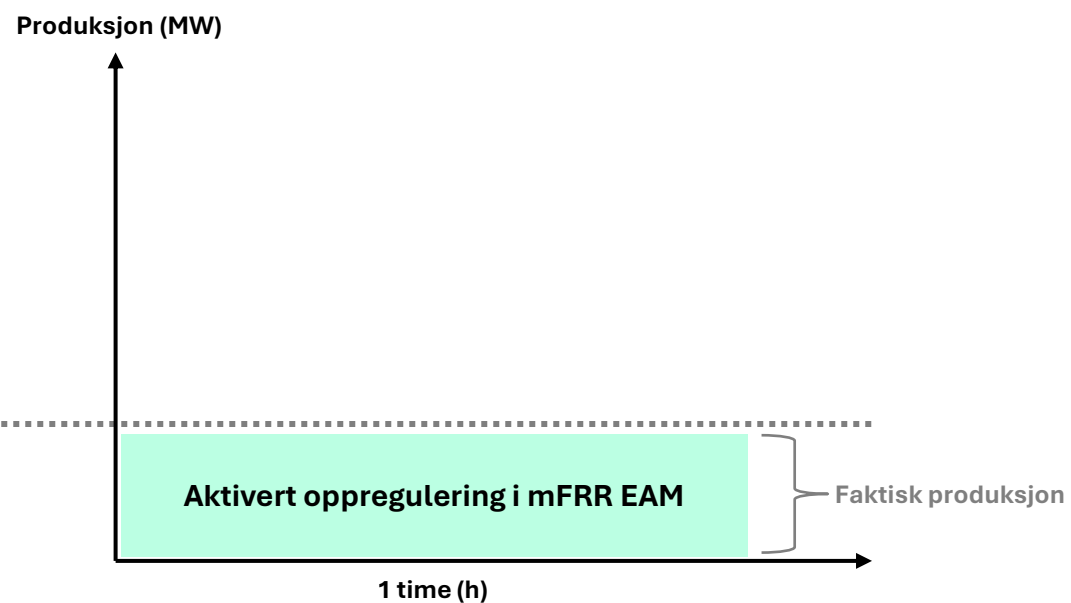


Marked	Volum som har fått tilslag (MWh)	Pris (EUR/MWh)	Inntekt (EUR)	Betalingstype	Kommentar
mFRR CM	20	10	200	Kapasitet	Selger produksjonskapasitet i mFRR CM. Forventer lavere pris i døgnet.
Døgnet	0	1	0	Spot	Selger ingen produksjon i døgnet.
mFRR EAM	20	4	80	Aktivering	Blir aktivert i mFRR EAM og starter derfor produksjon.
SUM			280		I dette eksempelet får man en større inntekt ved å tilby ressursen i mFRR-markedet enn i døgnet.

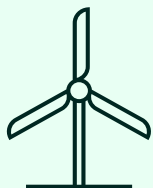
Før driftsøyeblikket



I driftsøyeblikket



Oppregulering for produksjon uten energilagring



Marked	Volum som har fått tilslag (MWh)	Pris (EUR/MWh)	Inntekt (EUR)	Betalingstype	Kommentar
mFRR CM	20	10	200	Kapasitet	Selger produksjonskapasitet i mFRR CM. Forventer lavere pris i døgnet.
Døgnet	0	1	0	Spot	Selger ingen produksjon i døgnet.
mFRR EAM	20	4	80	Aktivering	Bli aktivert i mFRR EAM og starter derfor produksjon.
SUM			280		I dette eksempelet får man en større inntekt ved å tilby ressursen i mFRR-markedet enn i døgnet.

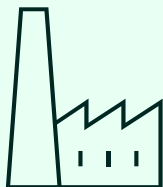
Forklaring – Eksempel 2

Ressursen kan maksimalt produsere 20 MW en gitt time. Aktøren forventer lave priser i døgnet, og selger derfor ingen produksjon i dette markedet. All produksjonskapasitet på 20 MW tilbys i stedet som oppregulering i mFRR CM.

I driftstimen har ressursen ingen forpliktelser fra døgnet. Ressursen har kun en forpliktelse fra mFRR CM til å tilby minst 20 MW i mFRR EAM. I driften har Statnett behov for å oppregulere ressursen med hele det tilbudte volumet på 20 MW. Dermed blir total produksjon 20 MW i selve driftsøyeblikket.

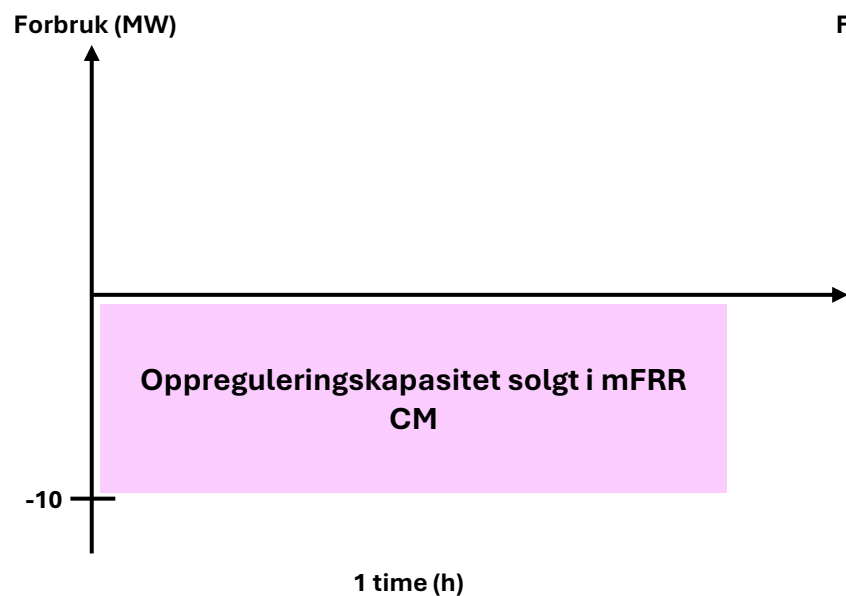
For produksjon uten energilagring, vil det være gunstigst å tilby oppregulering når en forventer lave priser i døgnet. I dette eksempelet ble den totale inntekten 280 EUR. Dersom ressursen kun hadde deltatt i døgnet og faktisk produksjon var på 20 MW, ville den totale inntekten kun ha vært 20 EUR (= 20 MWh * 1 EUR/MWh). Ved å tilby ressursen i mFRR CM og mFRR EAM denne timen, økte inntekten med 260 EUR sammenlignet med å kun delta i døgnet. Oppreguleringsprisen i mFRR EAM vil alltid være høyere enn spotpris. Dersom det ikke hadde vært behov for aktivering i driftsøyeblikket, ville aktøren tjent 10 EUR/MWh i mFRR CM i stedet for 1 EUR/MWh i døgnet.

Oppregulering for forbruk



Marked	Volum som har fått tilslag (MWh)	Pris (EUR/MWh)	Inntekt (EUR)	Betalingstype	Kommentar
mFRR CM	10	30	300	Kapasitet	Forbruker får betalt for å kunne redusere forbruk ved behov i driften.
Døgnmarkedet	-10	55	-550	Spot	Utgift. Kjøp av kraft i døgnmarkedet.
mFRR EAM	5	65	325	Aktivering	Forbruker blir oppregulert og reduserer forbruk. Får betalt for å selge energien.
SUM			75		

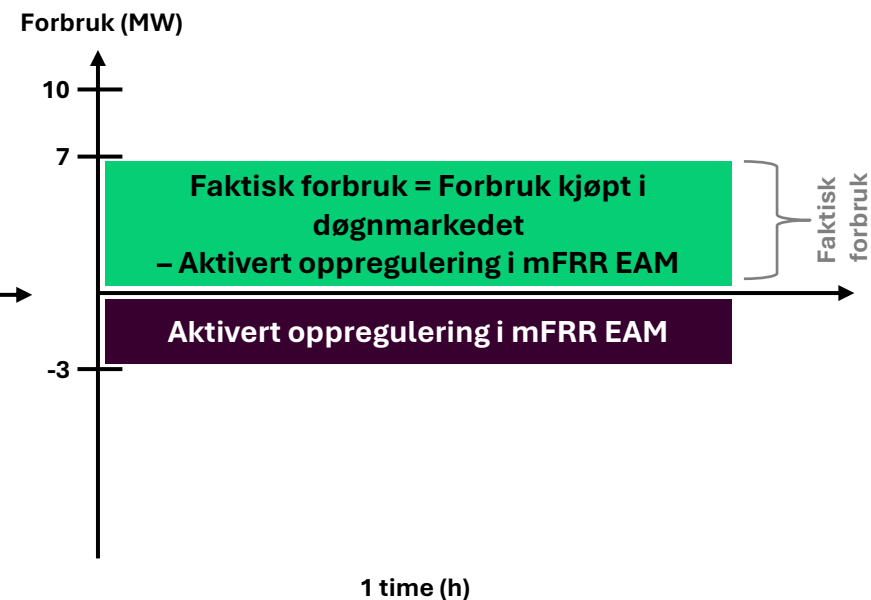
mFRR CM



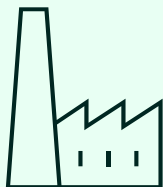
Døgnmarkedet



I driftsøyeblikket



Oppregulering for forbruk



Marked	Volum som har fått tilslag (MWh)	Pris (EUR/MWh)	Inntekt (EUR)	Betalingstype	Kommentar
mFRR CM	10	30	300	Kapasitet	Forbruker får betalt for å kunne redusere forbruk ved behov i driften.
Døgnmarkedet	-10	55	-550	Spot	Utgift. Kjøp av kraft i døgnmarkedet.
mFRR EAM	5	65	325	Aktivering	Forbruker blir oppregulert og reduserer forbruk. Får betalt for å selge energien.
SUM			75		

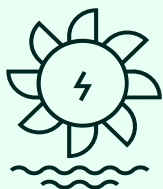
Forklaring – Eksempel 3

En ressurs som forbruker energi har mulighet til å redusere forbruk og dermed tilby oppregulering i mFRR-markedet. Ressursen har et forbruk på 10 MW en gitt time, men har mulighet til å redusere forbruket mot betaling. Ressursen tilbys derfor inn i mFRR CM med 10 MW oppreguleringskapasitet, og får dermed en kapasitetsinntekt. Energien som ressursen trenger til forbruk kjøpes i døgnmarkedet.

I driftstimen har ressursen en forpliktelse fra mFRR CM til å tilby minst 10 MW i mFRR EAM. I utgangspunktet har ressursen et forbruk på 10 MW, men i denne timen aktiverer Statnett ressursen med 5 MW oppregulering i mFRR EAM. Det betyr at ressursen reduserer forbruket sitt fra 10 MW til 5 MW denne timen.

For forbruk vil det være gunstigst å tilby oppregulering når en forventer høye priser i døgnmarkedet. I dette eksempelet tjente aktøren 75 EUR med et forbruk på 5 MWh. Dersom aktøren hadde kjøpt forbruket på 5 MW i døgnmarkedet og ikke deltatt i mFRR-markedet, ville den totale kostnaden ha blitt 275 EUR (= 5 MWh * 55 EUR/MWh).

Nedregulering for produksjon med energilagring



Marked	Volum som har fått tilslag (MWh)	Pris (EUR/MWh)	Inntekt (EUR)	Betalingstype	Kommentar
mFRR CM	100	10	1000	Kapasitet	Produsent får betalt for å kunne redusere produksjon ved behov i driften.
Døgnmarkedet	100	35	3 500	Spot	Produsent får betalt for hele volumet solgt i døgnmarkedet.
mFRR EAM	-20	30	-600	Aktivering	Produsent reduserer produksjon og kjøper tilbake kraften til en billigere pris.
SUM			3 900*		*Se fotnote.

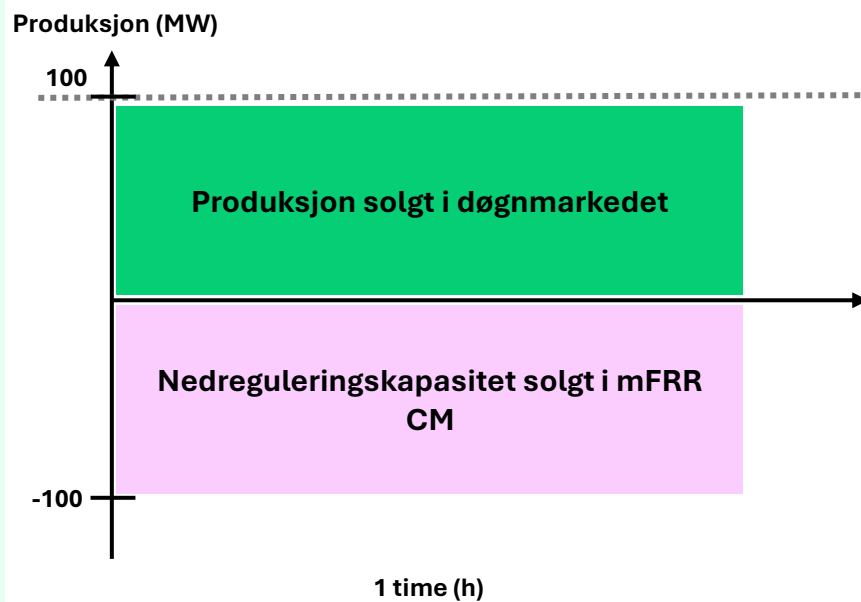
*Hvorfor er nedregulering lønnsomt for produksjon med lagringskapasitet?

Ved nedregulering av produksjon kjøper produsent tilbake energien den hadde tenkt å produsere, til en lavere pris i mFRR EAM enn det de solgte den for i døgnmarkedet.

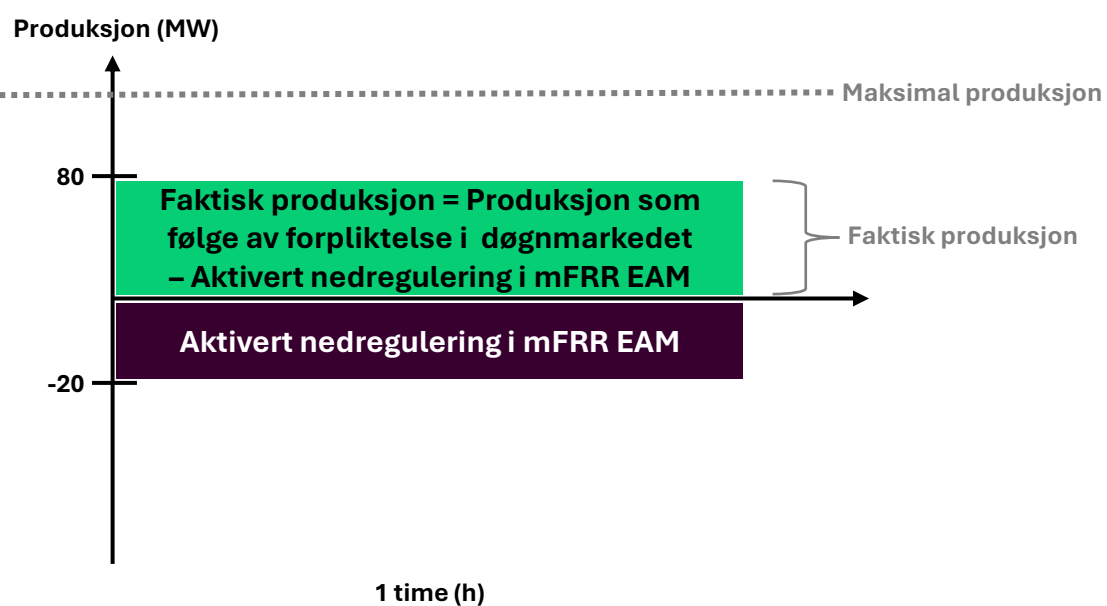
Dette gir mest mening for produsenter som har mulighet for å lagre energi, som for eksempel vannkraft med magasin eller for produsenter som kan lagre overskuddsenergi i et batteri.

Produsent kan dermed selge "spart energi" til en høyere pris på et senere tidspunkt.

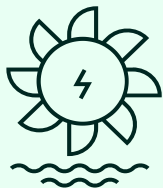
Før driftsøyeblikket



I driftsøyeblikket



Nedregulering for produksjon med energilagring



Marked	Volum som har fått tilslag (MWh)	Pris (EUR/MWh)	Inntekt (EUR)	Betalingstype	Kommentar
mFRR CM	100	10	1000	Kapasitet	Produsent får betalt for å kunne redusere produksjon ved behov i driften.
Døgnmarkedet	100	35	3 500	Spot	Produsent får betalt for hele volumet solgt i døgnmarkedet.
mFRR EAM	-20	30	-600	Aktivering	Produsent reduserer produksjon og kjøper tilbake kraften til en billigere pris.
SUM			3 900*		*Se fotnote forrige side.

Forklaring – Eksempel 4

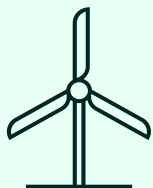
Ressursen kan maksimalt produsere 100 MW en gitt time. Aktøren tilbyr hele volumet som nedregulering i mFRR CM, og selger det samme volumet i døgnmarkedet.

I driftstimen har ressursen en forpliktelse fra døgnmarkedet til å produsere 100 MW. Fra mFRR CM har aktøren i tillegg en forpliktelse til å tilby minst 100 MW nedregulering i mFRR EAM. I denne timen har Statnett kun behov for å nedregulere ressursen med 20 MW. Dermed blir total produksjon 80 MW i selve driftsøyeblikket.

I dette eksempelet er den totale inntekten 3 900 EUR. Dersom ressursen kun hadde deltatt i døgnmarkedet og faktisk produksjon var på 80 MW, ville den totale inntekten kun ha vært 2 800 EUR (= 80 MWh * 35 EUR/MWh).

Aktøren får betalt både for å tilby kapasitet i mFRR CM, i tillegg til å selge produksjon i døgnmarkedet. Aktøren får betalt for 100 MW solgt i døgnmarkedet, selv om faktisk produksjon kun er 80 MW på grunn av nedregulering. Ved nedregulering i mFRR EAM kjøper aktøren tilbake 20 MW i mFRR EAM, men til en lavere pris enn det de solgte den for i døgnmarkedet. Aktøren har mulighet for å lagre denne energien og kan dermed selge "spart energi" til en høyere pris på et senere tidspunkt. Nedreguleringsprisen i mFRR EAM vil alltid være lavere enn spotpris.

Nedregulering for produksjon uten energilagring



Marked	Volum som har fått tilslag (MWh)	Pris (EUR/MWh)	Inntekt (EUR)	Betalingstype	Kommentar
mFRR CM	50	18	900	Kapasitet	Produsent får betalt for å kunne redusere produksjon ved behov i driften.
Døgnmarkedet	50	0	0	Spot	Nullpriser i døgnmarkedet og ingen inntekt selv om vindparken produserer energi.
mFRR EAM	-50	-13	650	Aktivering	Produsent reduserer produksjon og får betalt for det, siden prisen er negativ.
SUM			1 550*		*Se fotnote.

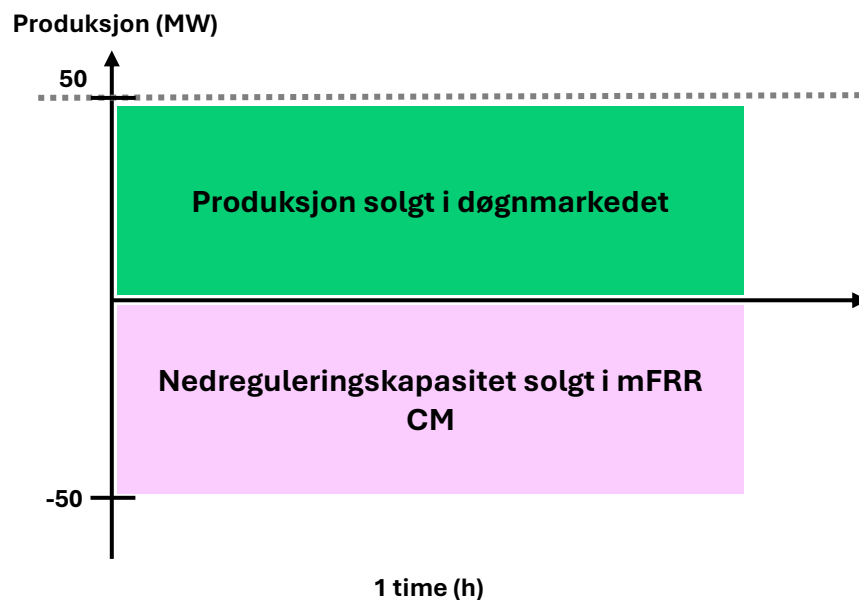
***Hvordan kan det være lønnsomt å nedregulere for produksjon uten mulighet for lagring?**

For produsenter som ikke har mulighet til å lagre energi, vil det kun være lønnsomt å bli nedregulert ved **negative mFRR EAM-priser**.

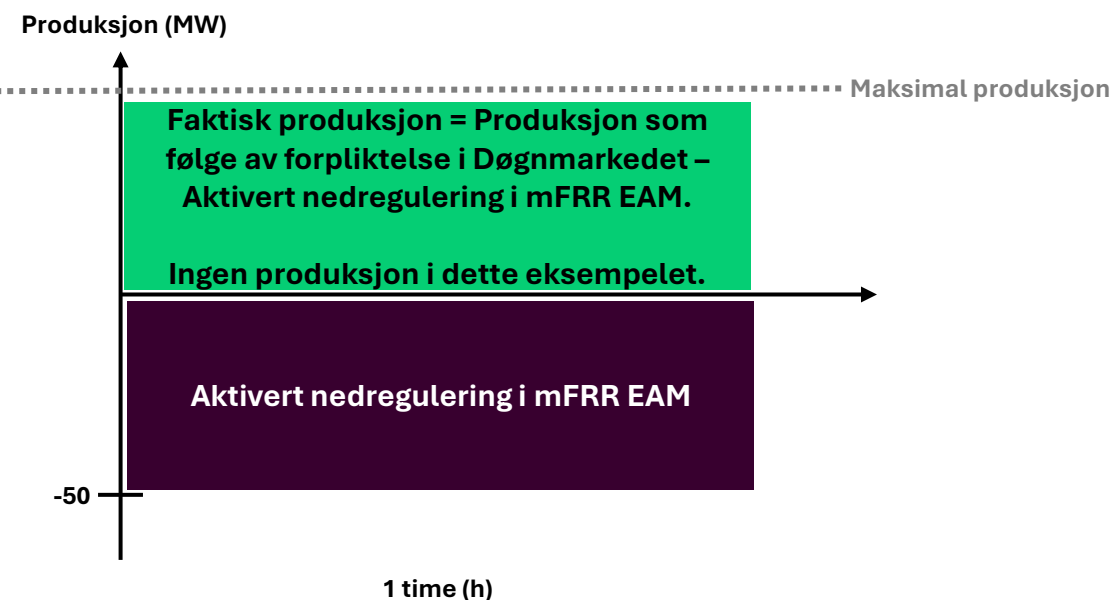
I slike tilfeller er nedreguleringsbehovet så stort at **produsent får betalt av Statnett for å redusere produksjon**.

Vi har sett en **kraftig økning i forekomsten av negative priser** både i Norge og våre naboland. Årsakene er sammensatt, men den kraftige økningen i vind- og særlig solkraft er den drivende faktoren. Les mer om det i Statnett sitt [Notat om negative strømpriser i Nord-Europa](#).

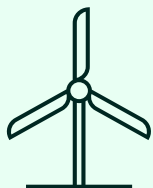
Før driftsøyeblikket



I driftsøyeblikket



Nedregulering for produksjon uten energilagring



Marked	Volum som har fått tilslag (MWh)	Pris (EUR/MWh)	Inntekt (EUR)	Betalingstype	Kommentar
mFRR CM	50	18	900	Kapasitet	Produsent får betalt for å kunne redusere produksjon ved behov i driften.
Døgnmarkedet	50	0	0	Spot	Nullpriser i døgnmarkedet og ingen inntekt selv om vindparken produserer energi.
mFRR EAM	-50	-13	650	Aktivering	Produsent reduserer produksjon og får betalt for det, siden prisen er negativ.
SUM			1 550*		*Se fotnote forrige side.

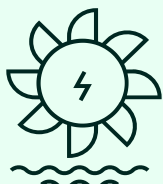
Forklaring – Eksempel 5

Ressursen kan maksimalt produsere 50 MW en gitt time. Aktøren tilbyr hele volumet som nedregulering i mFRR CM, og selger det samme volumet som produksjon i døgnmarkedet.

I driftstimen har ressursen en forpliktelse fra døgnmarkedet til å produsere 50 MW. Fra mFRR CM har aktøren i tillegg en forpliktelse til å tilby minst 50 MW nedregulering i mFRR EAM. I denne timen har Statnett behov for å nedregulere ressursen med hele volumet på 50 MW. Dermed vil ikke ressursen ha noen produksjon i driftsøyeblikket.

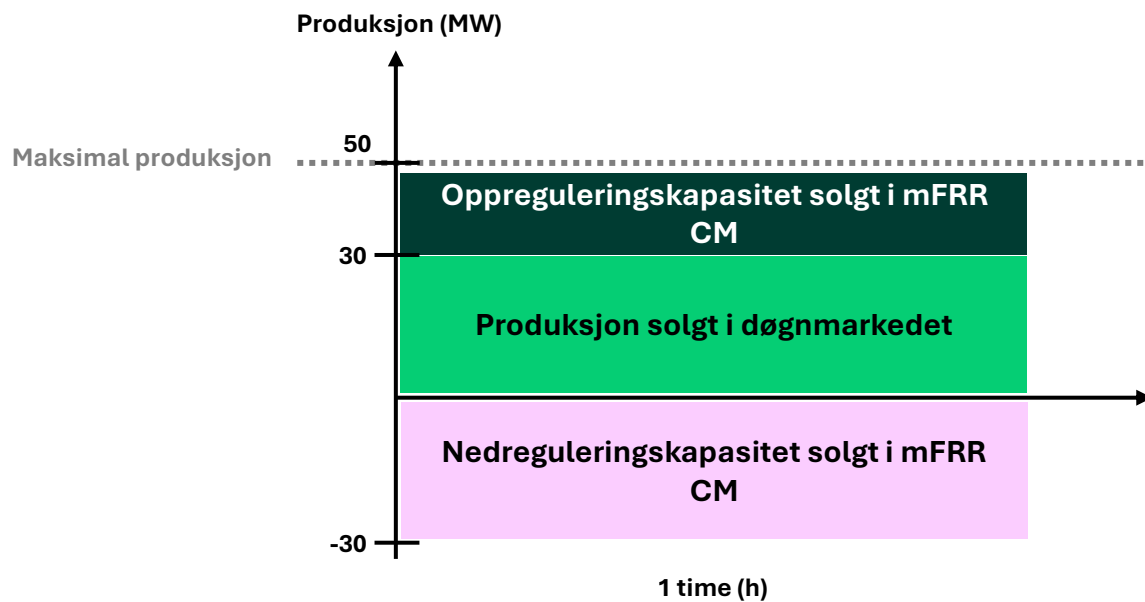
I dette eksempelet ble den totale inntekten 1 550 EUR. Aktøren får betalt for å tilby kapasitet i mFRR CM. Det er stor tilgang på produksjon i døgnmarkedet for denne driftstimen, og ved klarering av døgnmarkedet blir spotprisen 0 EUR/MWh. Produsenten får dermed ikke betalt i døgnmarkedet. I selve driftsøyeblikket viser det seg å være et stort behov for nedregulering og prisen i mFRR EAM er negativ. Det betyr at produsent får betalt av Statnett for å stoppe produksjon. For produsenter som ikke har mulighet til å lagre energi, vil det kun være lønnsomt å bli nedregulert ved negative mFRR EAM-priser. På grunn av nullpris i døgnmarkedet ville ikke aktøren ha tjent noe denne driftstimen dersom ressursen ikke hadde blitt tilbudt i mFRR CM og mFRR EAM.

Opp- og nedregulering for produksjon med energilagring

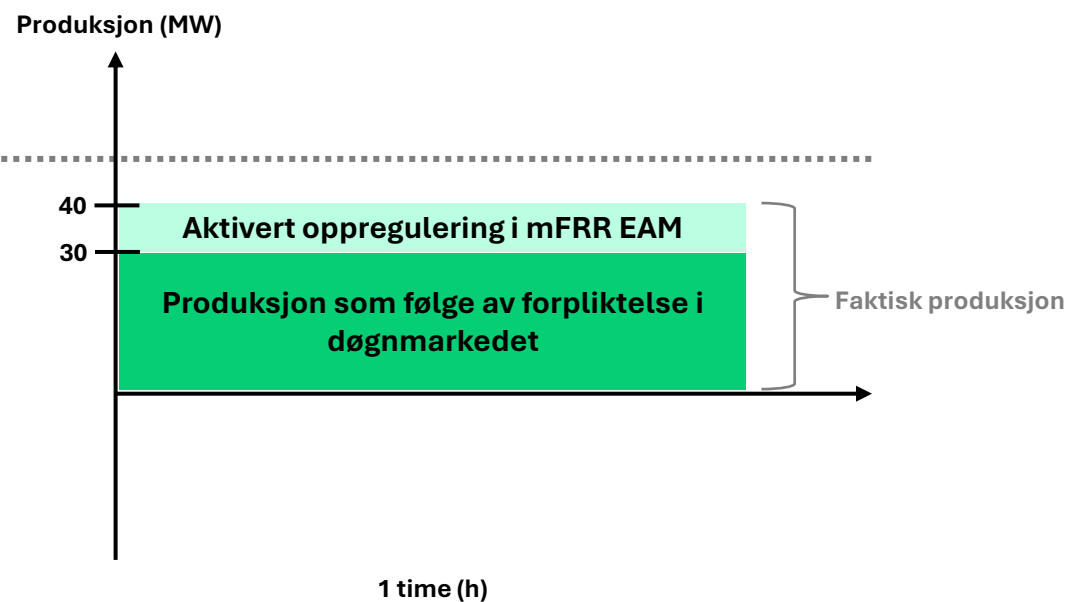


Marked	Volum som har fått tilslag (MWh)	Pris (EUR/MWh)	Inntekt (EUR)	Betalingstype	Kommentar
mFRR CM	20	30	600	Kapasitet, opp	En andel av maksimal produksjon selges for oppregulering i mFRR CM.
mFRR CM	30	10	300	Kapasitet, ned	Nedreguleringsvolum solgt i mFRR CM kan ikke være større enn produksjon solgt i døgnet.
Døgnet	30	55	1 650	Spot	En andel av maksimal produksjon selges i døgnet. Volumet må være minst like stort som mFRR CM ned, men ikke større enn maksimal produksjon minus mFRR CM opp.
mFRR EAM	10	65	650	Aktivert oppregulering, opp	Halvparten av oppreguleringskapasitet solgt i mFRR CM aktiveres i mFRR EAM.
SUM			3 200		

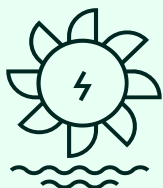
Før driftsøyeblikket



I driftsøyeblikket



Opp- og nedregulering for produksjon med energilagring



Marked	Volum som har fått tilslag (MWh)	Pris (EUR/MWh)	Inntekt (EUR)	Betalingstype	Kommentar
mFRR CM	20	30	600	Kapasitet, opp	En andel av maksimal produksjon selges for oppregulering i mFRR CM.
mFRR CM	30	10	300	Kapasitet, ned	Nedreguleringsvolum solgt i mFRR CM kan ikke være større enn produksjon solgt i døgnet.
Døgnet	30	55	1 650	Spot	En andel av maksimal produksjon selges i døgnet. Volumet må være minst like stort som mFRR CM ned, men ikke større enn maksimal produksjon minus mFRR CM opp.
mFRR EAM	10	65	650	Aktivering, opp	Halvparten av oppreguleringskapasitet solgt i mFRR CM aktiveres i mFRR EAM.
SUM			3 200		

Forklaring – Eksempel 6

I dette eksemplet legger aktøren inn bud for både opp- og nedregulering i mFRR CM med samme ressurs. Ressursen kan maksimalt produsere 50 MW en gitt time. Aktøren byr inn 20 MW oppregulering og 30 MW nedregulering i mFRR CM. Hvis ressursen skal ha mulighet til å nedregulere, må den samtidig produsere minst 30 MW. 30 MW selges derfor i døgnet.

I driftstimen har ressursen en forpliktelse fra døgnet til å produsere 30 MW. Fra mFRR CM har aktøren i tillegg en forpliktelse til å tilby minst 20 MW oppregulering og 30 MW nedregulering i mFRR EAM. I denne timen har Statnett behov for å oppregulere ressursen, men kun med 10 MW. Dermed blir total produksjon 40 MW i selve driftsøyeblikket. Nedreguleringsbudet aktøren har i mFRR EAM (etter forpliktelse fra mFRR CM), får altså ikke tilslag i dette eksemplet.

I dette eksemplet ble den totale inntekten 3 200 EUR. Dersom aktøren kun hadde deltatt i døgnet med faktisk produksjon, ville inntekten ha vært 2 200 EUR (= 40 MWh * 55 EUR/MWh).

Oppsummering av eksemplene og vurdering av risiko ved deltakelse

Resultatene fra eksemplene viser at man potensielt har mye å tjene på å delta i flere markeder. Eksemplet med nedregulering for produksjon med lagring viser at får man lavere inntjening ved nedregulering i mFRR EAM, men man sparer solgt kapasitet i DA til senere.

Resultatene tar utgangspunkt i en strategi der man deltar i alle de aktuelle markedene. Ved en annen strategi vil resultatene endre seg dersom man reserverer kapasitet annerledes.

Risikovurderinger

Oppregulering

Det innebærer prisrisiko i forbindelse med å bidra med oppregulering i kapasitetsmarkedet. For å kunne oppregulere kreves det at man holder igjen produksjon, hvor markedsklareringen kan resultere i at det er mer lønnsomt å kun delta i døgemarkedet. Denne risikoen bør gjenspeiles i budgivingen i reservemarkedene.

Nedregulering

Det innebærer prisrisiko i forbindelse med å bidra med nedregulering i kapasitetsmarkedet. For å kunne nedregulere kreves det at man opprettholder tilbudt produksjonsnivå, som kan resultere i at man produserer med tap. Denne risikoen bør gjenspeiles i budgivingen i reservemarkedene.