

El-system, elbilen og værdien af intelligent ladning

Energistyrelsen

Februar 2013

Oversigt over terminologi og forkortelser

AC	Vekselstrøm (Alternating Current)
DC	Jævnstrøm (Direct Current)
DOD	Depth-of-Discharge: 100 % = fladt batteri; 0 % = fuldt opladet batteri
Elbas	Intra-day elmarked
Elspot	Day-ahead elmarked
EV	Elbil (Electric Vehicle)
FDR	Frekvensstyret driftsforstyrrelsesreserve
FNR	Frekvensstyret normaldriftsreserve
G2V	Grid-to-Vehicle: elbil kan aftage el fra nettet
LFC	Sekundære reserver (Load Frequency Control)
PHEV	Plug-in hybridbil (Plug-in Hybrid Electric Vehicle)
Rådighedsbetaling:	Betaling for at aktør sælger reservekapacitet til Energinet.dk og derved bliver forpligtet til at stå til rådighed, hvis behovet for enten op- eller nedregulering skulle opstå
SOC	State-of-Charge: 0 % = fladt batteri; 100% = fuldt opladet batteri
TSO	Transmission System Operator: Energinet.dk i DK kontekst
V2G	Vehicle-to-Grid: elbil kan både aftage og levere el til nettet

Primære, sekundære og tertiære reserver

For forklaring af primære, sekundære og tertiære reserver se tabel på slide 9.

El-system, elbilen og værdien af intelligent ladning

Studiet er udarbejdet af Catalyst Strategy Consulting i perioden fra januar til februar 2013 i forbindelse med 4. tilskudsrunde af forsøgsordningen for elbiler med støtte fra Energistyrelsen.

Formålet med studiet "El-system, elbilen og værdien af intelligent ladning" er primært at analysere værdien af intelligent ladning af elbiler i forhold til systemydelser for at forstå, hvilken rolle elbiler potentielt set kan spille i fremtidens regulerkraftmarked.

Studiet er opbygget i tre dele:

- 1) Først estimeres værdien af systemydelser (primære, sekundære og tertiære reserver) samt spotmarked, og hvor stor en del af denne værdi intelligent ladning af elbiler potentielt vil kunne fange.
- 2) Dernæst kortlægges teknologien som er nødvendig for at muliggøre forskellige niveauer af intelligent ladning, og komponenternes kostpriser i 2013 estimeres. Yderligere undersøges den forventede prisudvikling på komponenterne frem mod 2020.
- 3) Endelig sammenlignes den potentielle værdi af intelligent ladning af elbiler i forhold til systemydelser og omkostningerne herved for at undersøge, hvilken ladningstype som giver mest værdi for pengene, og hvilke krav man evt. bør stille til fremtidens ladestander.

1. Hovedkonklusioner	04
2. Introduktion	06
3. Værdi af systemydelser og spot	13
4. Omkostninger ved intelligent ladning	34
5. Værdi af intelligent ladning	43
6. Bilag, metode og terminologi	47

Værdi af systemydelse og spot

- Spotbesparelsen ved både "Timer" og "Smart Grid" intelligent ladning er på ca. 50 % og ca. 30 % for henholdsvis Ladeprofil A (40 km/dag og én tilkobling/dag) og Ladeprofil B (110 km/dag og to tilkoblinger/dag) i forhold til "Ikke styret", hvilket antyder at der ikke umiddelbart er nogen værdi at hente for elbilbrugeren ved "Smart Grid" sammenlignet med "Timer"
- Værdien af intelligent ladning i forhold til systemydelse er størst i forbindelse med opregulering af primære reserver, som er ca. 90 % højere for Ladeprofil B og C (110 km/dag og én tilkobling/dag) end for Ladeprofil A, hvilket hovedsagligt skyldes at disse ladeprofiler lader 2 timer og ikke 1 time, og derfor har mulighed for at stille mere kapacitet til rådighed til systemydelse end Ladeprofil A
- Der er størst værdi for elbilerne ved at tappe ind i primære reserver, selvom dette ikke er det største markedsmængdemæssigt, så er rådighedsbetalingen pr. MW højest, og først når der er kommet tilstrækkelig mange elbiler på vejene vil sekundære og tertiære reserver blive relevante. Der er størst værdi for elbilerne ved at tappe ind i primære reserver, selvom dette ikke er det største markedsmængdemæssigt, så er rådighedsbetalingen pr. MW højest, og først når der er kommet tilstrækkelig mange elbiler på vejene vil sekundære og tertiære reserver blive relevante.
- Dog skal det nævnes, at rådighedsbetalingen pr. MW for primære reserver (FNR og FDR) er faldet markant efter, at Energinet.dk er gået over til fællesauktion med Sverige, og det er usikkert, hvilket niveau priserne vil stabilisere sig på i fremtiden*. I takt med at flere og flere vindmøller opsættes, og behovet for tertiære reserver vokser, vil det være oplagt, at elbilerne byder ind med kapacitet i forhold til netop disse systemydelse.

Omkostninger ved intelligent ladning

- Markedsprisen for "Timer" i 2013 er på niveau med "Ikke styret", hvorimod "Smart Grid" er 2,5 gange så dyr, selvom der fra et komponentsynspunkt primært kun er et kommunikationsmodul til forskel, hvis man sammenligner "Smart Grid" konfigurationen med "Timer" og "Ikke styret"
- En priserosion på ca. 40 % forventes for både "Ikke styret"- og "Timer"-ladestanderne primært på grund af storskala produktion og integration af EV-specifikke komponenter, da de elektriske og mekaniske standardkomponenter allerede er kostoptimeret
- Priserosionen på "Smart Grid" ladestanderløsningen forventes at være op til 70 % frem mod 2020 fordi software omkostningerne udgør en stor andel af prisstrukturen, og i fremtiden bliver delt ud over et langt større antal ladestander

Værdi af intelligent ladning

- Sammenligner man på tværs af ladeprofilerne ses det, at "Timer" er den type ladning, hvor man får mest værdi i 2013, og i tilfælde af mere end én tilkobling pr. dag (Ladeprofil B og C) har "Smart Grid" også en fordel i forhold til "Ikke styret"
- I 2020 forventes prisen på en "Smart Grid" ladestander at være faldet med ca. 70 %, og derfor forventes "Smart Grid" at være billigere end "Timer" på tværs af ladeprofiler, når værdien af systemydelse tages med i betragtningen
- Analyserne viser, at der er et væsentligt værdipotential ved intelligent ladning for elbiler i forhold til systemydelse og spot forudsat, at markedsstrukturen ændres således, at timeafregning er mulig. Dog er det vigtigt at pointere, at der er usikkerhed forbundet med hvordan mængderne og priserne vil udvikle sig på fremtidens regulerkraftmarked.

1. Hovedkonklusioner	04
2. Introduktion	06
3. Værdi af systemydelser og spot	13
4. Omkostninger ved intelligent ladning	34
5. Værdi af intelligent ladning	43
6. Bilag, metode og terminologi	47

Studiet er opbygget i tre dele: 1) Værdi af systemydelse og spot, 2) Omkostninger ved intelligent ladning og 3) Værdi af intelligent ladning

Analyse 1

Værdi af systemydelse og spot

Systemydelse og spotmarked

Værdien af systemydelse (primære, sekundære og tertiære reserver) samt spotmarked estimeres.

Elbil lade profiler og lade intelligens

Elbiler segmenteres på baggrund af deres lade profiler, og værdien det er muligt at fange for elbilerne i forhold til spot og systemydelse estimeres for tre forskellige niveauer af lade intelligens: "ikke styret", "Timer" og "Smart Grid".

Analyse 2

Omkostninger ved intelligent ladning

Kortlægning af komponenter og kostpriser

Komponenterne der skal til for at muliggøre de tre forskellige niveauer af intelligent ladning kortlægges og deres kostpriser undersøges.

Prisudvikling

Den forventede kosterosion på komponenterne fra 2013 til 2020 estimeres på baggrund af primær research og analoge industrier.

Analyse 3

Værdi af intelligent ladning

Værdi af intelligent ladning

Værdien af intelligent ladning estimeres ved at sammenholde konklusionerne fra Analyse 1 og Analyse 2 for at undersøge, hvilken type af lade intelligens der giver mest værdi for pengene, og hvilke krav man evt. bør opstille for fremtidens ladestander.

Elbiler kan få en vigtig betydning for fremtidens regulerkraftmarked ved anvendelse af intelligent ladning, så elbiler kan stoppe med at lade, når der er behov for mere el til nettet (opregulering), og lade når der er overproduktion af el (nedregulering)

Introduktion til Danmarks elsystem

Danmark er opdelt i to adskilte elsystemer: DK-Vest (Jylland og Fyn) og DK-Øst (Sjælland). DK-Vest er koblet på Europa og DK-Øst er koblet på Norden, så der kan flyttes energi mellem de enkelte områder. Systemydelse i DK-Øst og Norden kører asymmetrisk dvs. at op- og nedregulering ikke behøver komme fra samme enhed. Man siger, at systemydelse her er envejs.

I DK-Vest og Europa kører systemydelse symmetrisk dvs. at op- og nedregulering skal komme fra samme enhed og systemydelse betegnes som tovejs. I udlandet har de symmetriske systemydelse, hvilket forudsætter V2G for at elbilerne kan spille en rolle. Energinet.dk er som TSO systemansvarlig virksomhed og har således ansvaret for forsyningsikkerheden i Danmark.

Regulerkraftmarkedet og elbilers potentielle rolle

Regulerkraftmarkedet forvaltes af en TSO for at opnå en stabil frekvens i transmissionsnettet. Det kan ske, at forbruget overstiger elproduktionen og i dette tilfælde vil frekvensen af vekselstrømmen falde til en værdi under 50 Hz. Når dette sker, skal TSO'en sikre, at en eller flere producenter leverer mere el til nettet. I dette tilfælde køber TSO'en mere strøm fra producenter, der har proklameret overskydende produktionskapacitet, hvilket kaldes opregulering.

I forhold til opregulering kan elbiler spille en rolle ved at holde op med at lade, når der er behov for mere el til nettet, så der frigøres kapacitet. Det vil sige: opregulering = elbil stopper med at lade.

Når produktionen af elektricitet er større end forbruget vil frekvensen stige til en værdi over 50 Hz. Nu skal TSO'en sikre, at en eller flere producenter reducerer elproduktionen. I dette tilfælde sælger TSO'en strøm til producenterne for at få producenterne til at reducere deres elproduktion. Med andre ord indkøber TSO'en nedregulering

I forhold til opregulering kan elbiler spille en rolle ved at lade, når der er overproduktion af el sammenlignet med forbruget. Det vil sige: nedregulering = elbil lader.

EV vs. regulerkraft

Opregulering

Stopper med at lade



Nedregulering

Lader



Elbiler kan potentielt stille kapacitet til rådighed i forhold til primære, sekundære og tertiære reserver, så disse ikke længere udelukkende behøver at komme fra kraftværker

	Regulering	Område	Aktiveringstid	Frekvens-interval (Hz)	Tidsfrist	Mængde (MW)	Værdi (mio. DKK/år)
Primære reserver / frekvensstyrede reserver							
Primære reserver	Op- og ned	DK-Vest	50 % inden 15 sekunder og resten inden 30 sekunder	[49,8; 50,2]	Buddene skal være inde senest kl. 15 dagen før driftsdøgnet. Marked i 4 timers blokke.	30	
FDR	Op	DK-Øst	50 % inden 5 sekunder og resten inden 30 sekunder	[49,5; 49,9]	Buddene kan indleveres i to tempi. To dage før driftsdøgnet senest kl. 15 og dagen før driftsdøgnet kl. 19. Timemarked.	33	146
FNR	Op- og ned	DK-Øst	150 sekunder	[49,9; 50,1]		23	
Sekundære reserver / LFC							
	Op- og ned	DK-Vest	< 15 minutter	Bestilles af TSO	Buddene for kommende måned skal være inde seneste én uge før månedens start.	80	76
Tertiære reserver / manuelle reserver							
	Op- og ned	DK-Øst og DK-Vest	15 minutter	Bestilles af TSO	Buddene skal være inde senest kl. 9 dagen før driftsdøgnet.	300 (besluttet dagligt)	35*

FORKLARING: Langtidsaftale og tvangskørsel

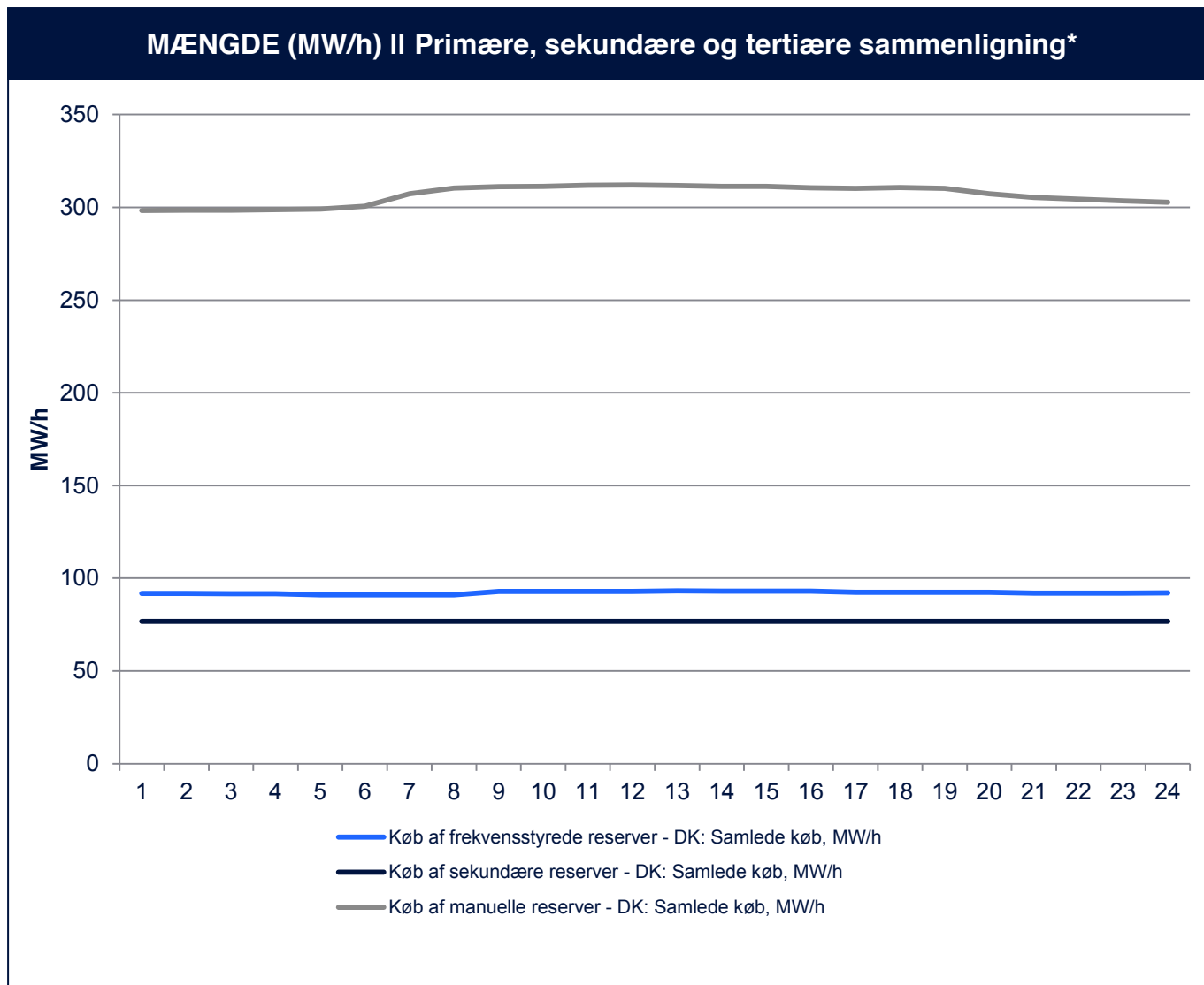
Herudover har Energinet.dk en langtidsaftale vedr. tertiære reserver (ca. 98 % af DK-Øst tertiære reserver) til en værdi af 200 mio. DKK/år og en tvangskørsel (inkl. kortslutnings- og reaktiv effekt) til stabilisering af nettet i urentable perioder for kraftværkerne til en værdi af 300 mio. DKK/år. Det vil sige, at de årlige udgifter til systemydelse ligger på ca. 760 mio. DKK. Elbilerne har ikke umiddelbart mulighed for at tappe ind i hverken MW forbundet med langtidsaftalen eller tvangskørslen baseret på input fra Energinet.dk bl.a. fordi det er nogle meget store kraftværker der typisk står for disse systemydelse.

FORKLARING: Primære reserver

I Europa anvendes primære reserver, hvorimod man i Norden historisk set har kørt med FDR og FNR. Groft sagt, kan man sige at FDR+FNR er Nordens pendant til Europas primære reserver. Den typiske fællesbetegnelse er frekvensstyrede reserver eller primære reserver. Primære reserver muliggøres af lokal måling og lokal reaktion. Den lokale styring måler frekvens og kræver ikke at nogle andre f.eks. Energinet.dk skal "gøre noget"

9 | *Seneste 3 år er udgifterne til tertiære reserver faldet, hvilket skyldes at behovet er faldet pga. Storbælt-forbindelsen og udbuddet er steget pga. brændselspriser (inkluderer kun rådighedsbetaling og ikke aktivering).
Kilde: Energinet.dk, Catalyst Strategy Consulting analyse

Mængdemæssigt er de tertiære reserver størst og de forventes populært sagt at vokse lineært med antallet af opsatte vindmøller, hvorimod de primære og sekundære reserver ikke forventes at flytte sig ret meget i mange år frem



Primære reserver (inkl. FDR og FNR)

- Stabil omkring 90 MW over et gennemsnitsdøgn

Sekundære reserver

- Konstant 80 MW da den kun er opgivet på månedsbasis
- Før 2004 blev sekundære reserver afregnet på timebasis, men siden 2004 er de blevet afregnet på månedsbasis på opfordring fra aktører

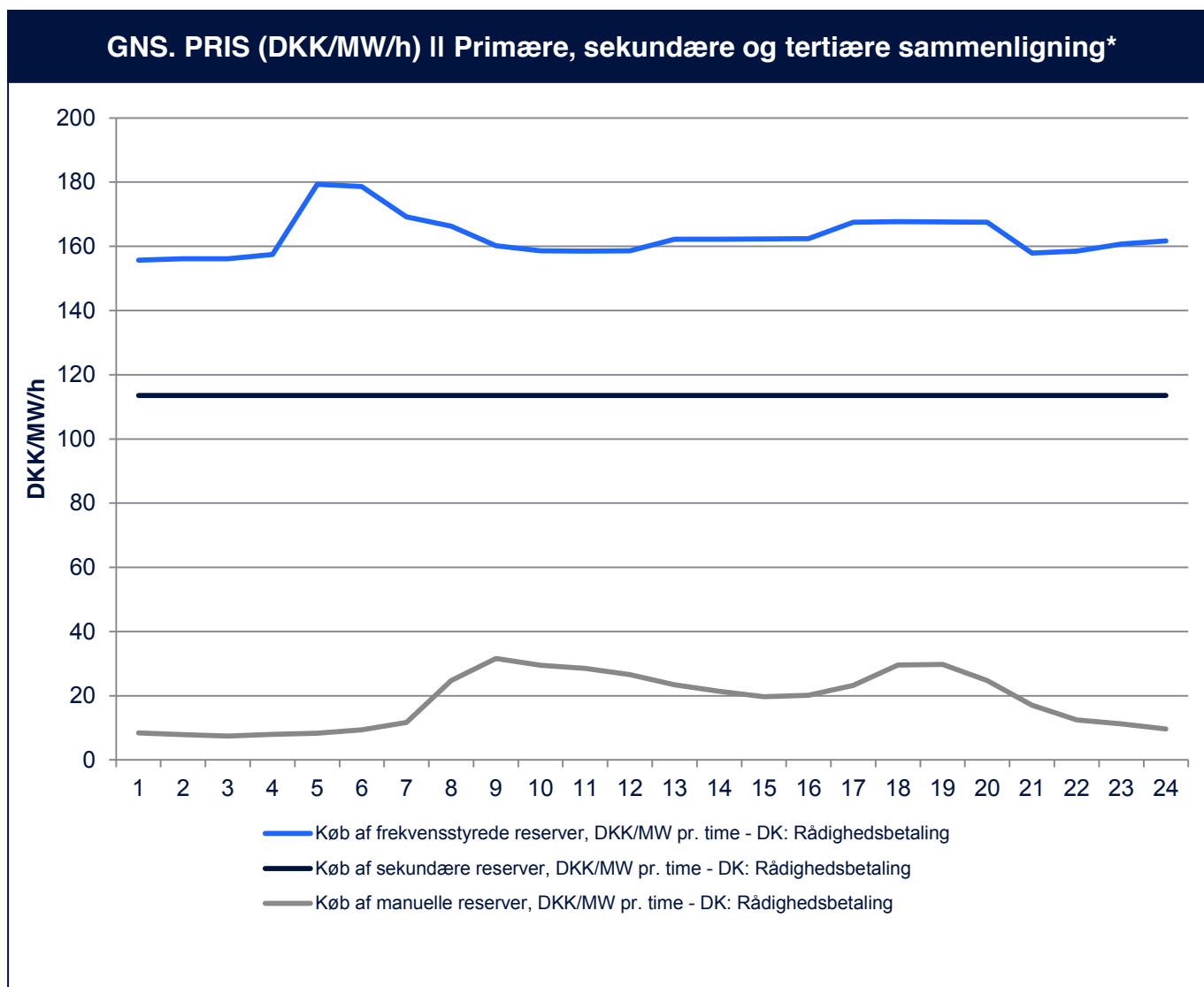
Tertiære reserver

- Stabil omkring 300 MW over et gennemsnitsdøgn, men er højere i dagstimerne fra kl. 6 til kl. 22 hvor der typisk er behov for opregulering

Forecast af regulerkraftmarkedet

- Energinet.dk laver et forecast 1 år frem i tiden, men det er komplekst at lave forecast baseret på input fra aktører, og derfor kan/vil Energinet.dk ikke lave forecast længere ud i fremtiden

Gennemsnitsprisen pr. MW pr. time er størst for primære reserver, hvilket vil sige, at der i første omgang er størst værdi for elbilerne i at stille kapacitet til rådighed i form af primær reserve for regulerkraftmarkedet



Primære reserver (inkl. FDR og FNR)

- Svinger mellem 160 – 180 DKK/MW/h, hvilket er den højest gennemsnitspris

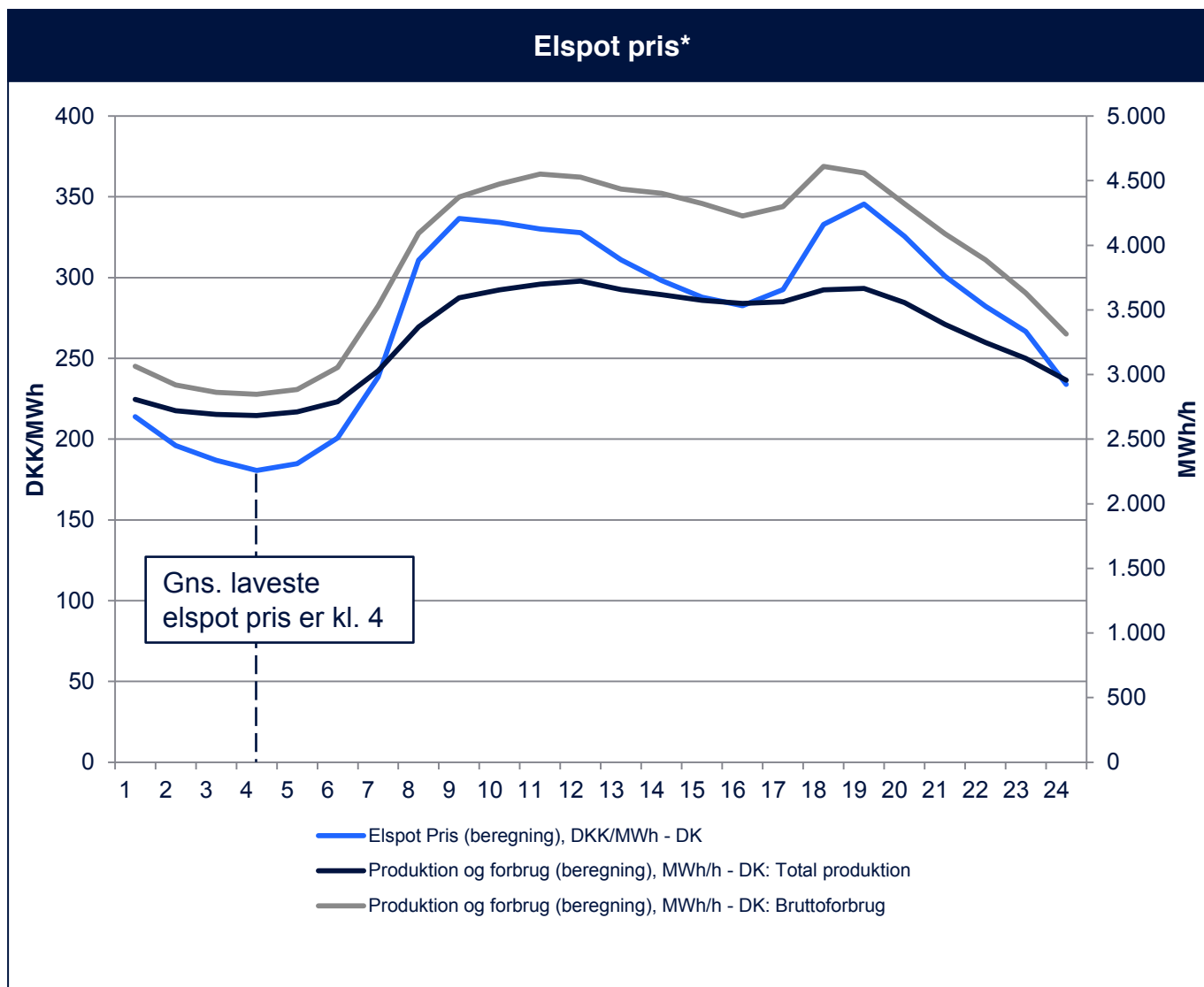
Sekundære reserver

- Konstant 115 DKK/MW/h da sekundære reserver kun er opgivet på månedsbasis og det derfor ikke har været muligt at undersøge dagsprofilen

Tertiære reserver

- Svinger mellem 10 – 30 DKK/MW/h, hvilket er den laveste gennemsnitspris i forhold til de øvrige systemydelse

Elspot dagsprofilen viser, at det er billigst at lade om natten på en gennemsnitlig dag, men det forudsætter timeafregning på el for private før elbilbrugere har mulighed for at tappe ind i denne værdi



Elspot (day-ahead)

- Elspot dagsprofilen viser, at det er billigst at lade om natten på en gennemsnitlig dag
- Dette vil dog ikke være tilfældet alle dage, hvorfor en intelligent ladning som kan måle på dynamiske prissignaler vil kunne opnå en yderligere besparelse, da den billigste time i nogle dage vil være f.eks. kl. 3 eller kl. 5 etc. og ikke kl. 4

Elbas (intra-day)

- Elbas' omsætning udgør 1 % af forbruget, så den negligeres i dette studie
- Lignende studier har også valgt at negligere elbas, da den tilfører unødigt kompleksitet i forhold til udbyttet ved at inddrage den

1. Hovedkonklusioner	04
2. Introduktion	06
3. Værdi af systemydelser og spot	13
4. Omkostninger ved intelligent ladning	34
5. Værdi af intelligent ladning	43
6. Bilag, metode og terminologi	47

I forbindelse med indsamling af nationale og internationale rapporter vedrørende værdisættelser og omkostninger for en række systemydelser, blev det vurderet nødvendigt at foretage egne analyser af værdien af intelligent ladning af elbiler i forhold til systemydelser, da data fra litteraturstudiet gav et fragmenteret og uklart billede af værdien af intelligent ladning

“Marginalomkostningerne er 25 % lavere ved ”time-delay” ladning sammenlignet med uintelligent ladning.”
GE Energy Consulting

“Hvis EV’er bliver ladet ”uintelligent”, vil der være en stor efterspørgsel på yderligere produktionskapacitet for at bevare tilstrækkelig effekt og forsyningsikkerhed. Kontrolleret opladning med fokus på ”day-ahead” spotpriser kan i væsentlig grad forbedre den effektive udnyttelse af vindkraft og den eksisterende kontrollerbare produktionskapacitet.”
Risø DTU

“Værdien af systemydelser leveret af EV/PHEV og varmepumper vurderes til at udgøre 650 mio. DKK.”
Dansk Energi, Energinet.dk

+30 studier og rapporter



Data fra litteraturstudie

- Begrænset antal kvantitative datapunkter
- Forskellige analyseforudsætninger
- Forskellige måder at værdisætte systemydelser
- Svært sammenlignelige data

Konklusion på litteraturstudie

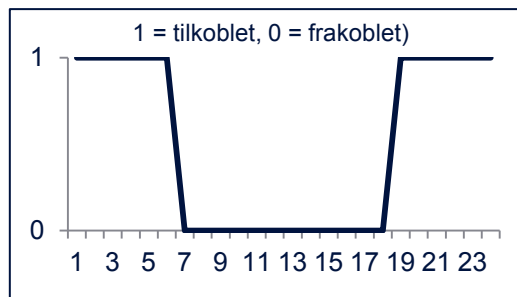
- Ikke muligt at konkludere noget entydigt på baggrund af litteraturstudiet alene
- Derfor nødvendigt at foretage egen analyser af værdien af intelligent ladning af elbiler i forhold til systemydelser og spot

Ladeprofiler

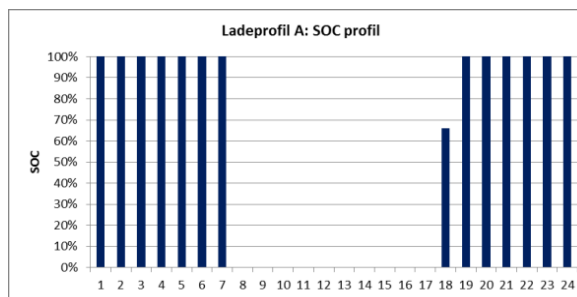
Tre ladeprofiler vurderes at være repræsentative for 80-90 % af elbil-segmenterne og defineres for at kunne analysere værdien af systemydelser og spot, da ladeprofilerne afspejler både antal tilkoblinger, hvornår disse finder sted og batterikapacitet til rådighed på et givent tidspunkt af døgnet

Én tilkobling pr. dag

Kørsel: 40 km/dag = høj SOC



+

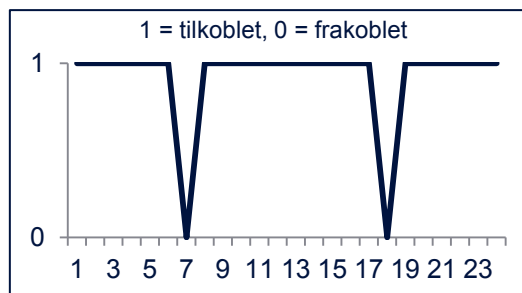


=

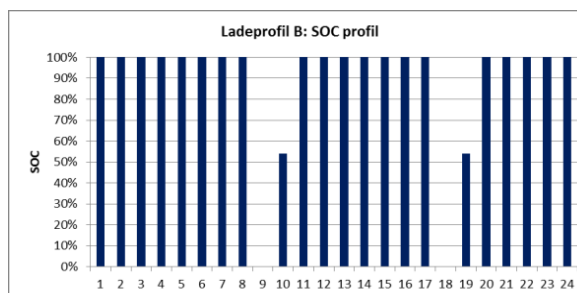


To tilkoblinger pr. dag

Kørsel: 110 km/dag = lav SOC



+

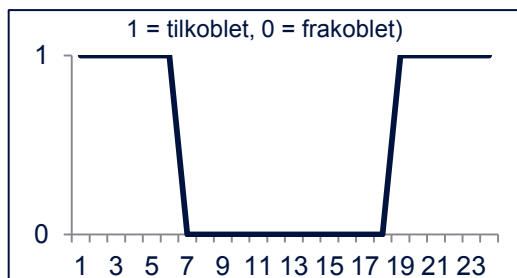


=

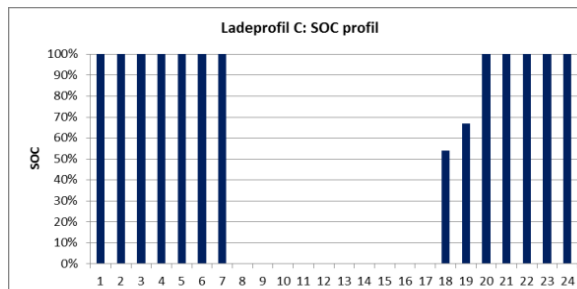


Én tilkobling pr. dag

Kørsel: 110 km/dag = lav SOC



+

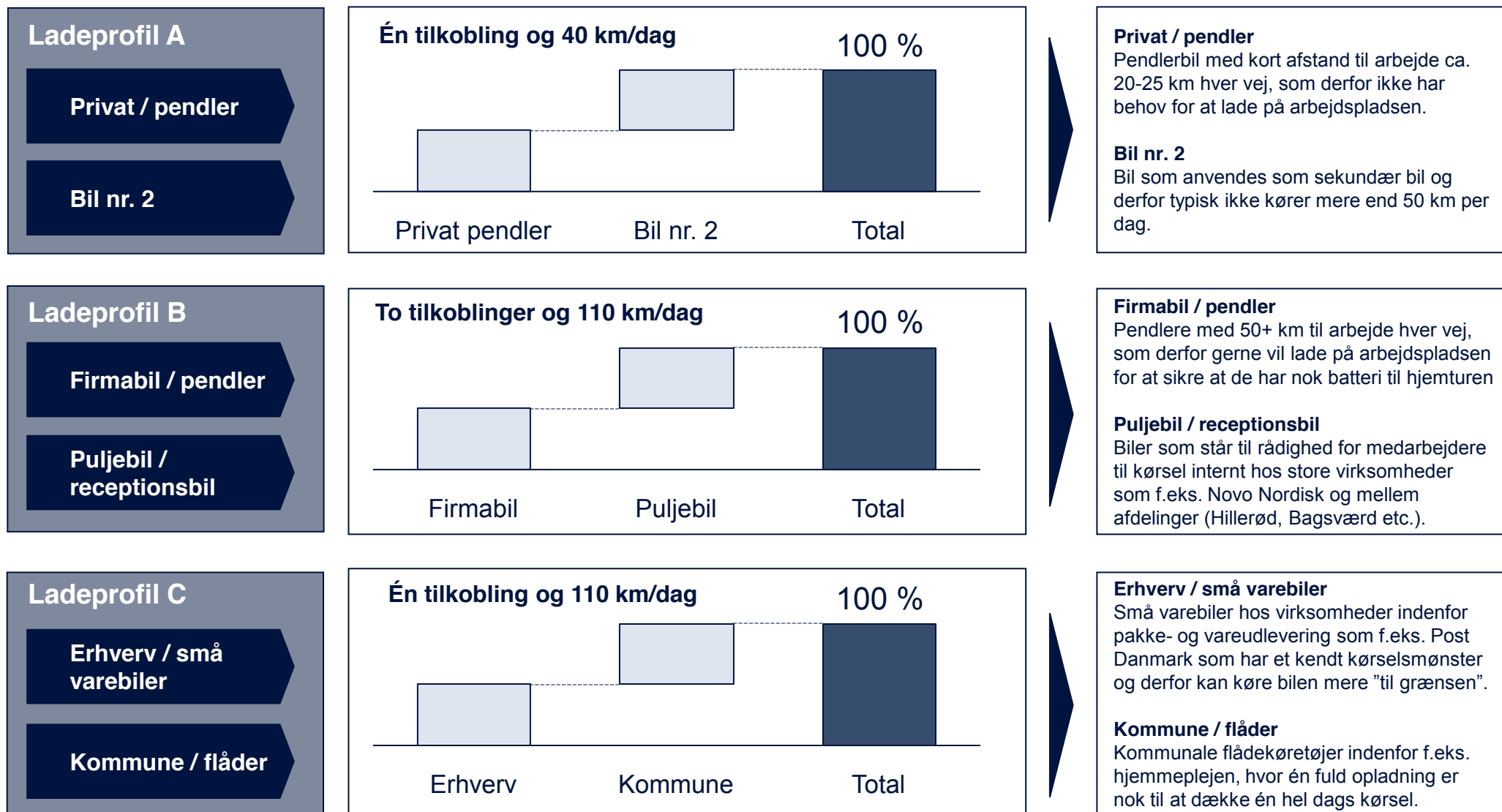


=



16 | Note: Ladeprofil D med to tilkoblinger og 40 km/dag er blevet negligeret, da ladeprofilen ikke er repræsentativ for nogen af de nuværende elbil-segmenter
Kilde: Catalyst Strategy Consulting analyse

Ladeprofil A dækker bl.a. privat, pendler og bil nr. 2 segmenterne, Ladeprofil B dækker firmabil og puljebil, og Ladeprofil C repræsenterer erhverv (små varevogne) og kommunale flåder f.eks. hjemmeplejen || Alle disse segmenter er i gang med eller forventes at være blandt de første der for alvor vil adoptere elbilen i et større antal



Typer af intelligent ladning

Til at analysere værdien af intelligent ladning differentieres mellem tre typer ladning: 1) "Ikke styret" som lader elbilen øjeblikkeligt ved tilkobling, 2) "Timer" som lader i de(n) gennemsnitlig billigste time(r) og 3) "Smart Grid" som er i stand til at lytte til prissignaler og lade de faktisk billigste timer på den pågældende dag

1

"Ikke styret"

- Intelligensniveau 1
- Elbil lader ved tilkobling

“*Jeg vil altid være 100 % opladet*”

2

"Timer"

- Intelligensniveau 2
- Elbil lader i de(n) gennemsnitlig billigste time(r)

“*Jeg lader i de(n) gennemsnitlig billigste time(r)*”

3

"Smart Grid"

- Intelligensniveau 3
- Elbil lader i de(n) faktisk billigste time(r) den pågældende dag
- Kan optimeres og aggregeres af tredjepart
- Kan som den eneste af de tre ladningstyper stille kapacitet til rådighed for regulerkraftmarkedet i forhold til systemydelser pga. kommunikationsfunktionalitet

“*Jeg lader i de(n) faktisk billigste time(r) den pågældende dag*”

Overblik over spot- og systemydelse-analyser

Oversigt over de elspot- og systemydelses-analyser som vil blive foretaget for at estimere værdien af intelligent ladning || En vigtig antagelse at være opmærksom på er, at både elspot og systemydelser kan afregnes på timebasis, således at brugeren får fordel af at lade om natten ifh. til spot, og tidsfristerne for indmelding vedr. systemydelser ikke er en systemisk barriere

Ladningsintelligens	Ladeprofil	Primære reserver	Sekundære reserver	Tertiære reserver	Elspot	Metode	Ladetime(r)
Ikke styret	A	NA	NA	NA	x	Tilkobling ved ankomst	Time 18
	B	NA	NA	NA	x	Tilkobling ved ankomst	Time 19 og time 10
	C	NA	NA	NA	x	Tilkobling ved ankomst	Time 18 og time 19
Timer	A	NA	NA	NA	x	Gns. billigste time: fra 18 - 7	Time 4
	B	NA	NA	NA	x	Gns. billigste time fra 19 - 8 og fra 10-17	Time 4 og time 16
	C	NA	NA	NA	x	Gns. billigste time: fra 18 - 7	Time 4 og time 5
Smart Grid	A	x	x	x	x	Faktuel billigste time: fra 18 - 7	Time x
	B	x	x	x	x	Faktuel billigste time: fra 19 - 8 og fra 10-17	Time x og time y
	C	x	x	x	x	Faktuel billigste timer: fra 18 - 7	Time x og time y

Noter og antagelser

”NA” (markeret med grå) betyder, at ”Ikke styret” og ”Timer” ikke kan stille kapacitet til rådighed i forhold til systemydelser, da typen af ladning ikke tillader den nødvendige kommunikation.

Analyserne forudsætter en antagelse om, at elspot priser afregnes på timebasis til forskel fra den ”flat rate” som pt. gælder for private kunder. På foranledning af Energinet.dk antages det, at regulerkraftmarkedet fungerer ligesom elspot i fremtiden (vha. såkaldt ”broadcasted” prissignal), da det er denne markedsstruktur man arbejder hen i mod for at øge fleksibiliteten i forhold til hvilke enheder der kan stille kapacitet til rådighed som systemydelser. Dette gælder f.eks. i forhold til elbiler og smarte husholdningsapparater, da de nuværende indmeldingstidsfrister (se slide 9) begrænser brugernes frihed og i praksis så godt som umuliggør f.eks. elbilerne i at spille en rolle.

Værdi af elspot

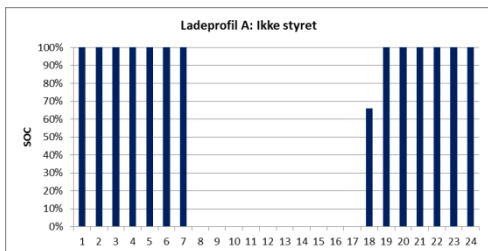
Først foretages spotanalyserne for henholdsvis "Ikke styret", "Timer" og "Smart Grid" for alle tre ladeprofiler, det vil sige at der analyseres 9 forskellige scenarier

Ladningsintelligens	Ladeprofil	Primære reserver	Sekundære reserver	Tertiære reserver	Elspot	Metode	Ladetime(r)
Ikke styret	A	NA	NA	NA	x	Tilkobling ved ankomst	Time 18
	B	NA	NA	NA	x	Tilkobling ved ankomst	Time 19 og time 10
	C	NA	NA	NA	x	Tilkobling ved ankomst	Time 18 og time 19
Timer	A	NA	NA	NA	x	Gns. billigste time: fra 18 - 7	Time 4
	B	NA	NA	NA	x	Gns. billigste time fra 19 - 8 og fra 10-17	Time 4 og time 16
	C	NA	NA	NA	x	Gns. billigste time: fra 18 - 7	Time 4 og time 5
Smart Grid	A	x	x	x	x	Faktuel billigste time: fra 18 - 7	Time x
	B	x	x	x	x	Faktuel billigste time: fra 19 - 8 og fra 10-17	Time x og time y
	C	x	x	x	x	Faktuel billigste timer: fra 18 - 7	Time x og time y

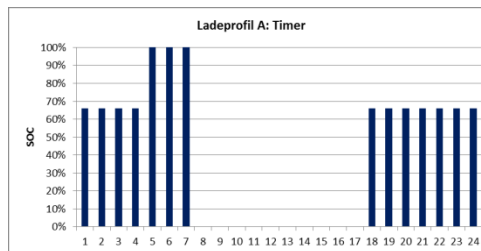
SOC profiler || Elspotpriserne beregnes for 9 scenarier, hvoraf "Ikke styret" og "Timer" beregnes vha. gennemsnitsbetragtninger, da ladetimerne er kendte hvorimod optimeringssoftware anvendes til at analysere på "Smart Grid"

Ladeprofil A

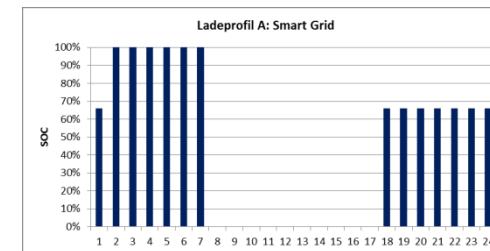
Elbilen tilkobles kl. 18 umiddelbart efter ankomst og begynder at lade.



Elbilen tilkobles kl. 18 og lader kl. 4, da det gennemsnitlig set er billigst her.

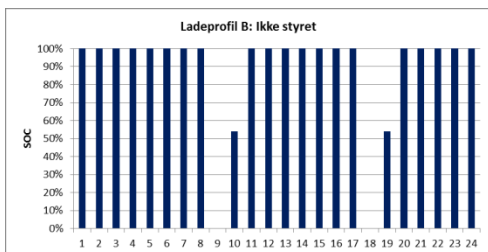


Elbilen tilkobles kl. 18 og lader kl. 1, da det denne specifikke dag er billigst her.

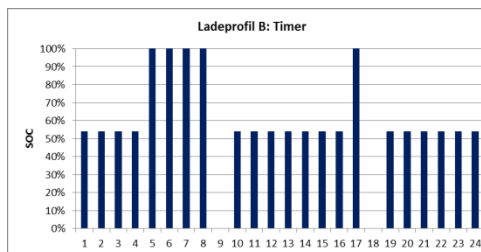


Ladeprofil B

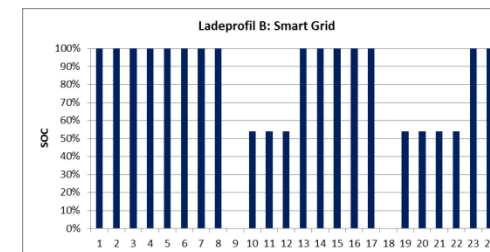
Elbilen tilkobles kl. 10 og begynder at lade. Efter brugeren kommer hjem fra arbejde tilkobles elbilen kl. 19 og lader straks.



Elbilen tilkobles kl. 10 og lader kl. 16, da det gennemsnitlig set er billigst her mellem kl. 10-17. Elbilen tilkobles kl. 19 og lader kl. 4, da det gennemsnitlig er billigst her i tidsrummet kl. 19-8.

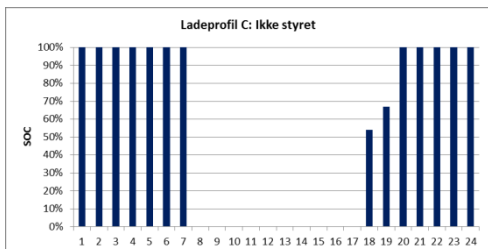


Elbilen tilkobles kl. 10 og lader kl. 12, da det denne dag er billigst i tidsrummet kl. 10-17. Elbilen tilkobles kl. 19 og lader kl. 22, da det netop denne dag er billigst at lade denne time mellem kl. 19-8.

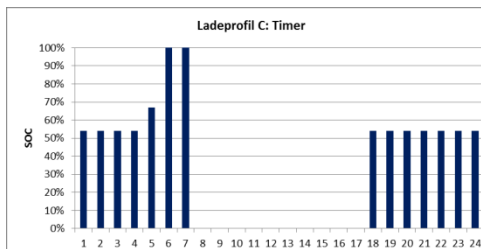


Ladeprofil C

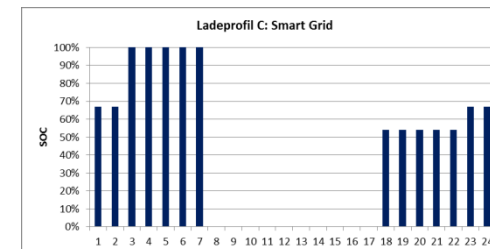
Elbilen tilkobles kl. 18 umiddelbart efter ankomst og begynder at lade



Elbilen tilkobles kl. 18 og lader kl. 4 og kl. 5, da det gennemsnitlig set er billigst her



Elbilen tilkobles kl. 18 og lader kl. 22 og kl. 2, da det denne specifikke dag er billigst i disse to timer



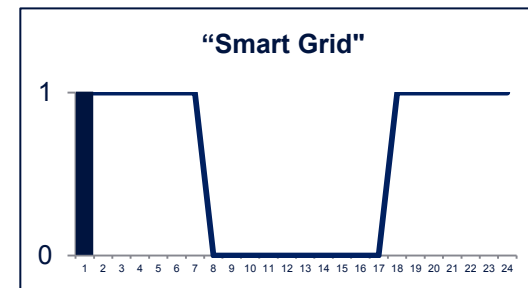
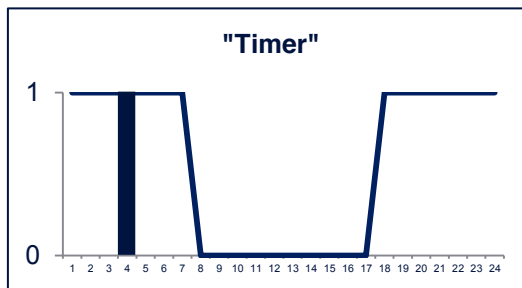
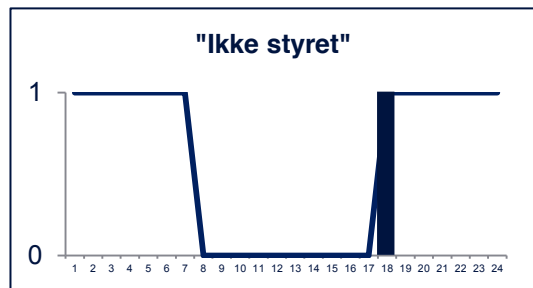
Tilkoblingsprofiler || Overordnet set er det de samme scenarier som blev illustreret med SOC profilerne, men her er de vist ved hjælp af tilkoblingsprofilerne med ladeperioden indtegnet, hvilket kan være med til at give en bedre forståelse af hvilke brugerscenarier der reelt bliver behandlet

Ladeprofil A

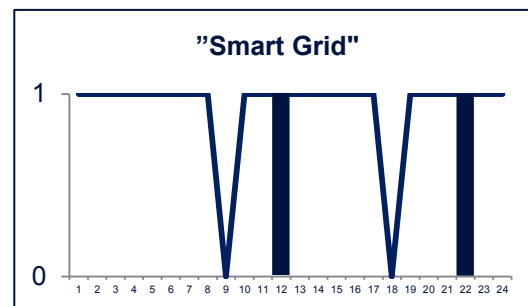
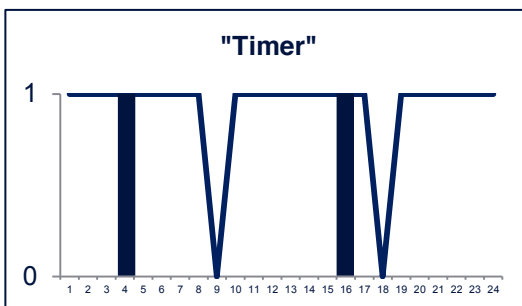
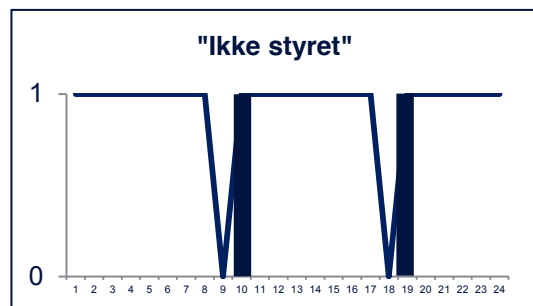


= ladning

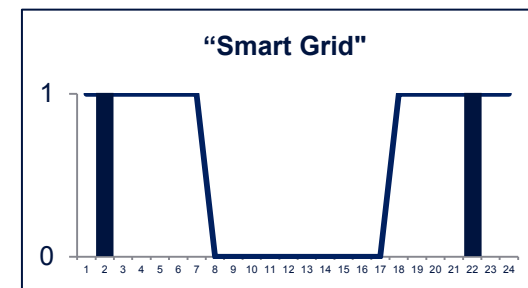
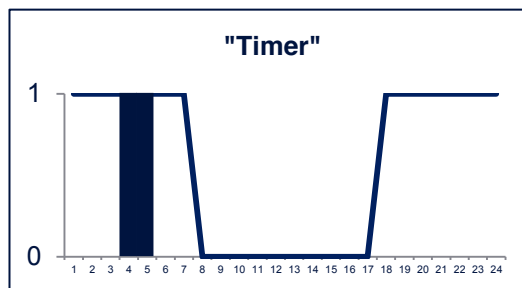
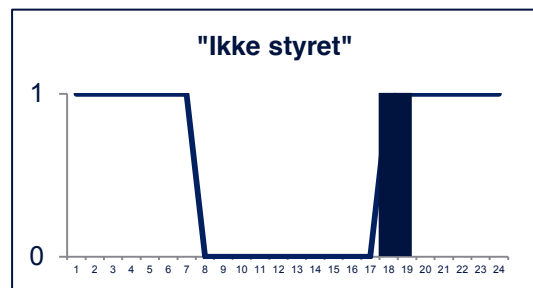
1 = tilkoblet; 0 = frakoblet



Ladeprofil B



Ladeprofil C



For Ladeprofil A og Ladeprofil C, begge med kun én tilkobling pr. dag, er der næsten 50 % spotbesparelse ved at lade med "Timer" sammenlignet med "Ikke styret", og Ladeprofil B har en spotbesparelse på ca. 30 % || Det giver stort set ingen yderligere værdi at lade med "Smart Grid" sammenlignet med "Timer", hvilket gør sig gældende på tværs af ladeprofilerne

Værdi af intelligent ladning II Elspot pris (uden afgifter) pr. EV pr. dag

Ladeprofil A

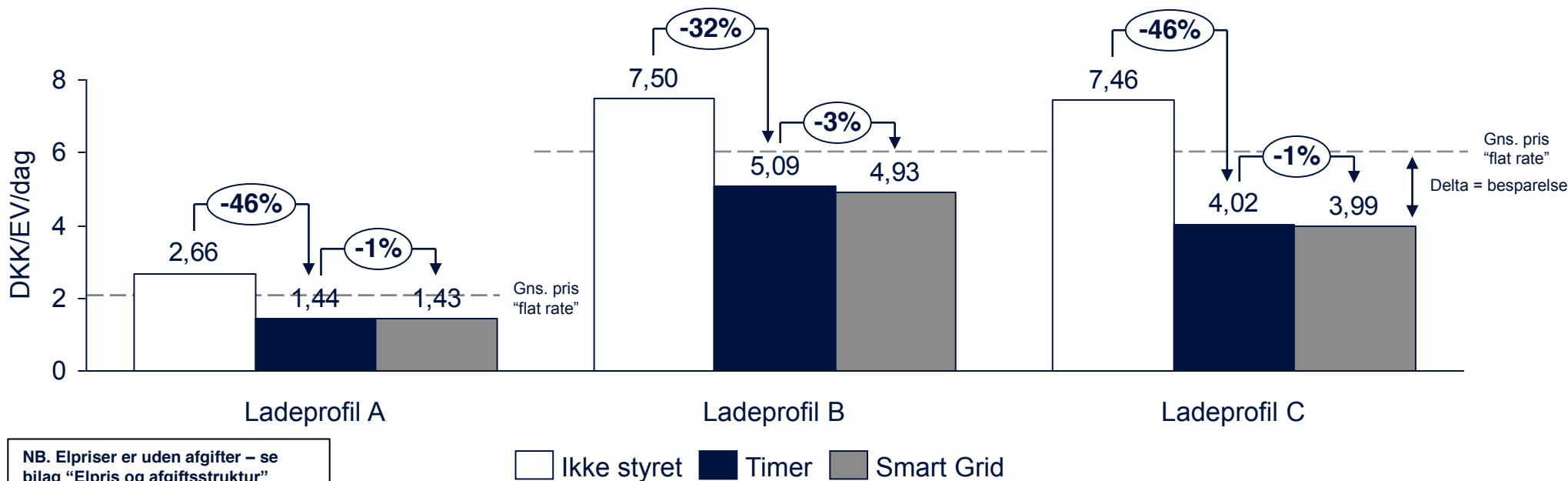
- Tilkobling: 1 tilkobling pr. dag
- Ikke tilkoblet: kl. 7 – 17
- Kørselsbehov: 40 km pr. dag
- Elbil motoreffektivitet: 5 km/kWh
- Batteristørrelse: 24 kWh
- SOC: 67 % (16 kWh)
- DOD: 23 % (8 kWh)
- Lade-effekt: 9 kW
- Ladetid: ~1 time

Ladeprofil B

- Tilkoblinger: 2 tilkoblinger pr. dag
- Ikke tilkoblet: kl. 8 - 9 og kl. 17 – 18
- Kørselsbehov: 110 km pr. dag
- Elbil motoreffektivitet: 5 km/kWh
- Batteristørrelse: 24 kWh
- SOC: 8 % (2 kWh)
- DOD: 92 % (22 kWh)
- Lade-effekt: 9 kW
- Ladetid: ~2 timer

Ladeprofil C

- Tilkoblinger: 1 tilkobling pr. dag
- Ikke tilkoblet: kl. 7 – 17
- Kørselsbehov: 110 km pr. dag
- Elbil motoreffektivitet: 5 km/kWh
- Batteristørrelse: 24 kWh
- SOC: 8 % (2 kWh)
- DOD: 92 % (22 kWh)
- Lade-effekt: 9 kW
- Ladetid: ~2 timer



Værdi af systemydelser

Hernæst foretages systemydelses-analyserne for alle tre ladeprofiler, som kun er relevant for "Smart Grid" ladningsintelligensen pga. den indbyggede kommunikationsfunktionalitet som er en helt central forudsætning for at elbilens kapacitet kan spille en rolle i forhold til systemydelser

Ladningsintelligens	Ladeprofil	Primære reserver	Sekundære reserver	Tertiære reserver	Elspot	Metode	Ladetime(r)
Ikke styret	A	NA	NA	NA	x	Tilkobling ved ankomst	Time 18
	B	NA	NA	NA	x	Tilkobling ved ankomst	Time 19 og time 10
	C	NA	NA	NA	x	Tilkobling ved ankomst	Time 18 og time 19
Timer	A	NA	NA	NA	x	Gns. billigste time: fra 18 - 7	Time 4
	B	NA	NA	NA	x	Gns. billigste time fra 19 - 8 og fra 10-17	Time 4 og time 16
	C	NA	NA	NA	x	Gns. billigste time: fra 18 - 7	Time 4 og time 5
Smart Grid	A	x	x	x	x	Faktuel billigste time: fra 18 - 7	Time x
	B	x	x	x	x	Faktuel billigste time: fra 19 - 8 og fra 10-17	Time x og time y
	C	x	x	x	x	Faktuel billigste timer: fra 18 - 7	Time x og time y

Konceptuelt er analyserne opbygget således, at elbilbruger søger at maksimere værdien af at stille sin kapacitet til rådighed som systemydelse, hvorfor kapaciteten kun stilles til rådighed i én eller to timer (afhængig af ladeprofil) for at opnå den maksimale rådighedsbetaling pr. MW pr. time

Overblik over samspil mellem systemydelser

I tabellen nedenfor anskueliggøres hvilke systemydelser en EV kan stille til rådighed samtidig og at spotbesparelsen kun kan opnås i forbindelse med nedregulering, dvs. når EV'en lader:

Ladeprofil A / B / C	Primære reserver - opregulering	Primære reserver - nedregulering	Sekundær reserver - opregulering	Sekundær reserver - nedregulering	Tertiære reserver - opregulering	Tertiære reserver - nedregulering	Spotbesparelse
1) Teknisk mulig - opregulering	x	NA	x	NA	x	0	NA
2) Teknisk mulig – nedregulering + spot	NA	x	NA	x	NA	0	x
3) Analyse - opregulering	Første prioritet	NA	Anden prioritet	NA	Tredje prioritet	0	NA
4) Analyse – nedregulering + spot	NA	Første prioritet	NA	Anden prioritet	NA	0	x

TEKNISK MULIG: Flere systemydelser samtidig

Alle systemydelser kan i princippet leveres samtidig, men der er pt. ikke mange der gør det, da det kræver avanceret udstyr i form af styringssoftware. InnoPower er en af de virksomheder der laver denne type software.

ANALYSE: EV står til rådighed 1 eller 2 timer

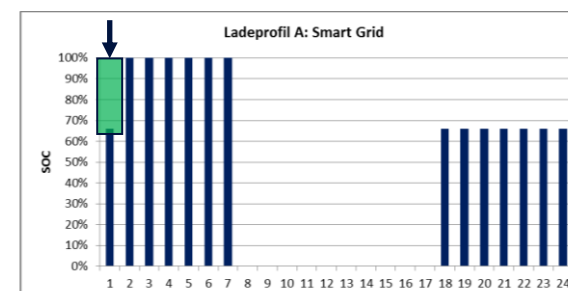
En EV bruger bliver betalt for at stå til rådighed for at:

- Lade (nedregulering)
- Stoppe med at lade (opregulering)

Hver EV har en lade-effekt på 9 kW, hvilket betyder at:

- Ladeprofil A er fuldt opladet efter 1 time, men teoretisk kunne stå til rådighed i 14 timer
- Ladeprofil B er fuldt opladet efter 2 timer, men teoretisk kunne stå til rådighed i 14 timer

Her ses et Ladeprofil A eksempel, hvor en EV står til rådighed en time (kl. 1)



Værdien af intelligent ladning i forhold til systemydelser er størst i forbindelse med opregulering af primære reserver, som er ca. 90 % højere for Ladeprofil B og C end for Ladeprofil A, hvilket hovedsagligt skyldes at disse ladeprofiler lader 2 timer og ikke 1 time, og derfor har mulighed for at stille mere kapacitet til rådighed til systemydelser end Ladeprofil A

Værdi af intelligent ladning II Smart Grid II Systemydelser

Ladeprofil A

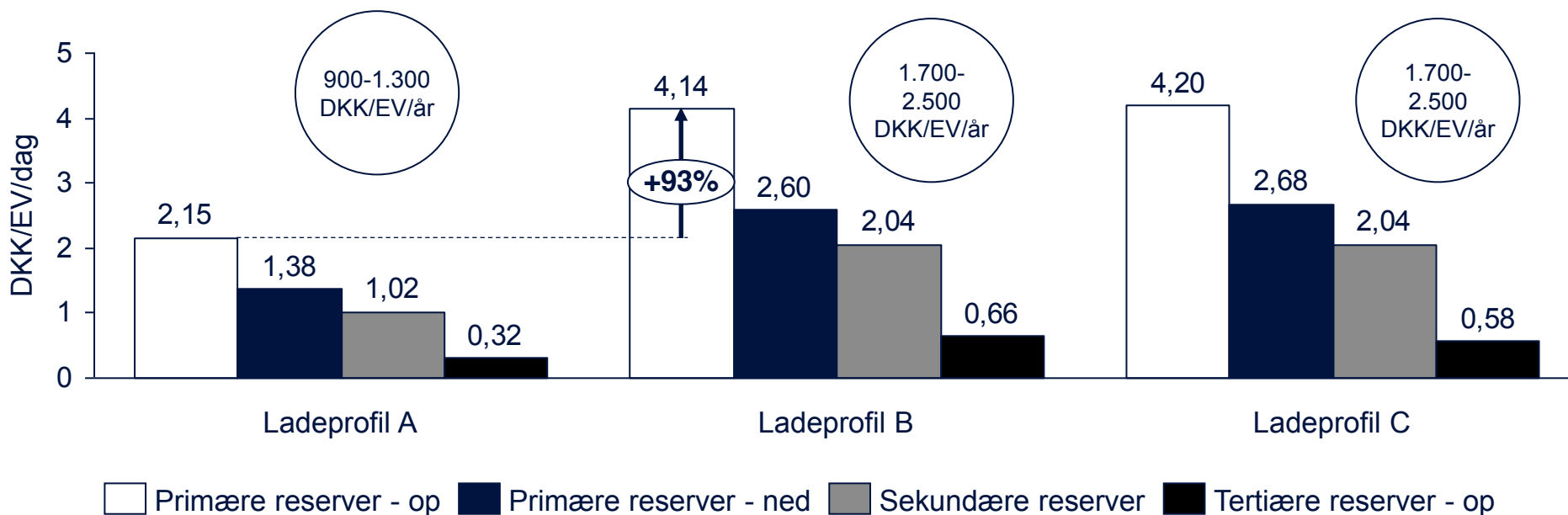
- Tilkobling: 1 tilkobling pr. dag
- Ikke tilkoblet: kl. 7 – 17
- Kørselsbehov: 40 km pr. dag
- Elbil motoreffektivitet: 5 km/kWh
- Batteristørrelse: 24 kWh
- SOC: 67 % (16 kWh)
- DOD: 23 % (8 kWh)
- Lade-effekt: 9 kW
- Ladetid: ~1 time

Ladeprofil B

- Tilkoblinger: 2 tilkoblinger pr. dag
- Ikke tilkoblet: kl. 8 - 9 og kl. 17 – 18
- Kørselsbehov: 110 km pr. dag
- Elbil motoreffektivitet: 5 km/kWh
- Batteristørrelse: 24 kWh
- SOC: 8 % (2 kWh)
- DOD: 92 % (22 kWh)
- Lade-effekt: 9 kW
- Ladetid: ~2 timer

Ladeprofil C

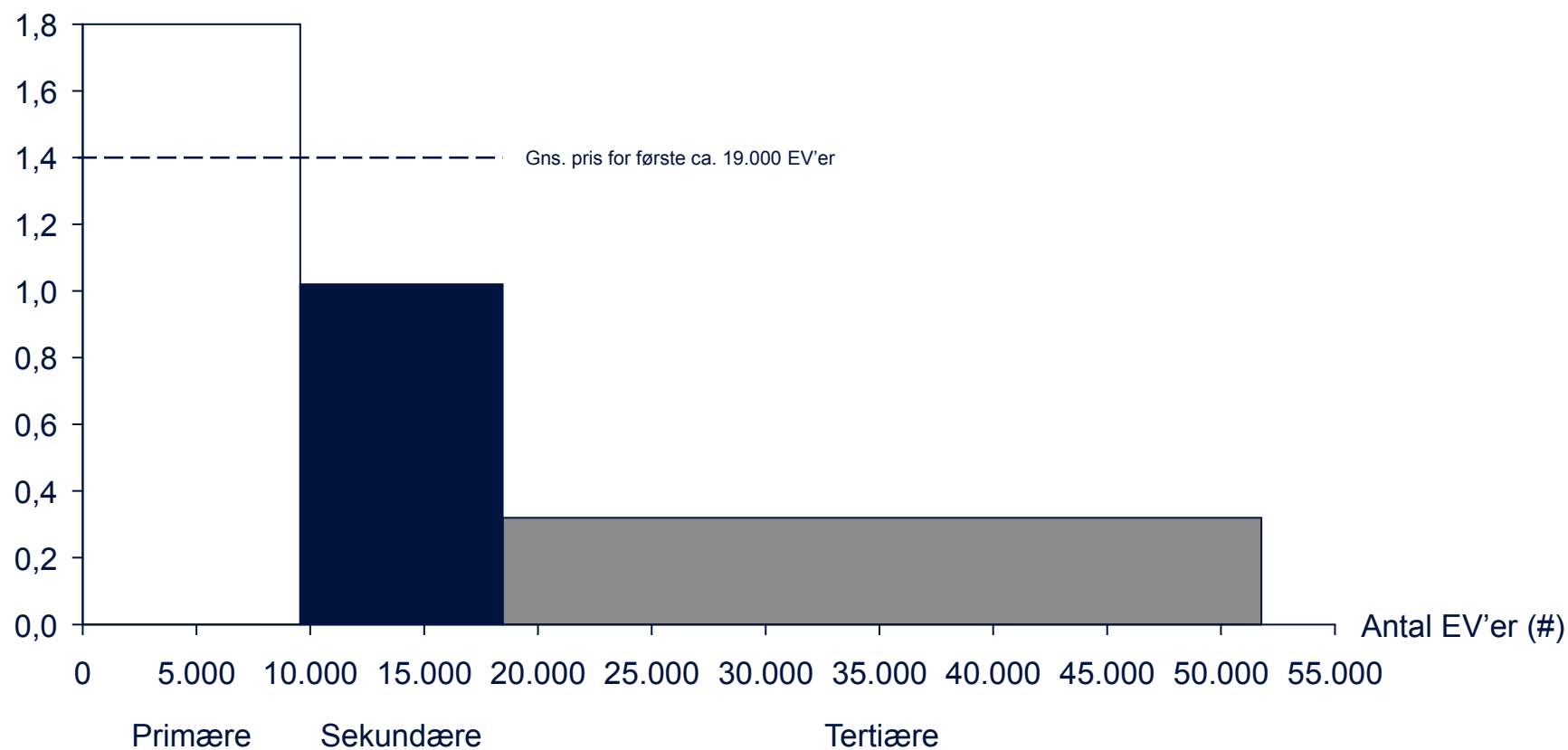
- Tilkoblinger: 1 tilkobling pr. dag
- Ikke tilkoblet: kl. 7 – 17
- Kørselsbehov: 110 km pr. dag
- Elbil motoreffektivitet: 5 km/kWh
- Batteristørrelse: 24 kWh
- SOC: 8 % (2 kWh)
- DOD: 92 % (22 kWh)
- Lade-effekt: 9 kW
- Ladetid: ~2 timer



Perspektivering || Hvis de primære reserver udgør ca. +/- 90 MW, de sekundære udgør ca. +/- 80 MW og de tertiære udgør ca. +/- 300 MW skal der henholdsvis ca. 10.000, 9.000 og 30.000 EV'er til at dække behovet for systemydelse || Det er dog vigtigt at pointere, at elbilerne ikke ville kunne erstatte kraftværkerne ifh. til systemydelse før V2G er fuldt ud implementeret og udbredt

Værdi af intelligent ladning II Systemydelse (Gns. pris for systemydelse)

Gns. pris for systemydelse (DKK/EV/dag)









Delkonklusion 1 – Værdi af systemydelser og spot

- Spotbesparelsen ved både "Timer" og "Smart Grid" intelligent ladning er på ca. 50 % og ca. 30 % for henholdsvis Ladeprofil A og Ladeprofil B i forhold til "Ikke styret", hvilket antyder at der ikke umiddelbart er nogen værdi at hente for elbilbrugeren ved "Smart Grid" sammenlignet med "Timer"
- Værdien af intelligent ladning i forhold til systemydelser er størst i forbindelse med opregulering af primære reserver, som er ca. 90 % højere for Ladeprofil B og C end for Ladeprofil A, hvilket hovedsagligt skyldes at disse ladeprofiler lader 2 timer og ikke 1 time, og derfor har mulighed for at stille mere kapacitet til rådighed til systemydelser end Ladeprofil A
- Der er størst værdi for elbilerne ved at tappe ind i primære reserver, selvom dette ikke er det største marked mængdemæssigt, så er rådighedsbetalingen pr. MW højest, og først når der er kommet tilstrækkelig mange elbiler på vejene vil sekundære og tertiære reserver blive relevante.
- Dog skal det nævnes, at rådighedsbetalingen pr. MW for primære reserver (FNR og FDR) er faldet markant efter, at Energinet.dk er gået over til fællesauktion med Sverige, og det er usikkert, hvilket niveau priserne vil stabilisere sig på i fremtiden*. I takt med at flere og flere vindmøller opsættes, og behovet for tertiære reserver vokser, vil det være oplagt, at elbilerne byder ind med kapacitet i forhold til netop disse systemydelser.

El-system, elbilen og værdien af intelligent ladning

1. Hovedkonklusioner	04
2. Introduktion	06
3. Værdi af systemydelser og spot	13
4. Omkostninger ved intelligent ladning	34
5. Værdi af intelligent ladning	43
6. Bilag, metode og terminologi	47

En "Ikke styret" ladestander med intelligensniveau 1 har en samlet kostpris på ca. 1.700 DKK, hvilket primært er drevet af et dyrt kabinet || Det er her vigtigt at huske, at kostprisen skal ses pr. ladeudtag dvs. pr. elbil

Udstyrstype	Funktion	Specifikation	Variation i omkostning	Gennemsnitlig omkostning	Udstyr
Stik og kabel	Tilkobling af elbil	Type 2 Mennekes ladestik (6 meter kabel)	400 DKK til 500 DKK	450 DKK	
LED	Indikationslys til visning af nuværende status som ladning, klar til ladning osv	3 til 5 LED indikationslys		20 DKK	
VFD (Vacuum Fluorescent Display) /LCD	Skærm til instruktioner, beskeder osv	LCD-skærm		100 DKK	
Kontakter	Indre komponent i ladestander der virker sammen med styreenheden	2-ben 90 A aux kontakt	Omkostninger varierer omkring 150 DKK for 1-bens kontakt og fra 350 DKK til 450 DKK for 4-bens kontrakt	250 DKK	
Kabinet	Indeholder alle komponenter i ladestanderen		Variierer afhængigt af størrelse, materiale og type	500 DKK	
Printplade samt tilkobling til ladestander	Printplade og kabler til styreenheden	19 cm X 19 cm printplade, 32 bit kontrolenhed		50 DKK	
8 bit kontrolenhed	Styreenhed til kontrol af operationer			15 DKK	
Strømforsyning	Til indkommende strømforsyning		50 DKK til 100 DKK	75 DKK	
Sikringer, relæ og anden sikring	Beskyttelse af ladeudstyr		150 DKK til 200 DKK	175 DKK	
Montagekomponenter	Møtrikker, skruer osv			80 DKK	
Samlet kostpris				1.715 DKK	

”Timer” ladestander med Intelligensniveau 2, har mere eller mindre samme kostpris som det var tilfældet med en intelligensniveau 1 standeren || Timeren bidrager med en meromkostning på ca. 50 DKK

Udstyrstype	Funktion	Specifikation	Omkostninger
Komponenter til ladestation		Specificeret på forrige slide	1.715 DKK
Programmerbar timer	Tillader brugeren at udsætte ladningen således der lades uden for spidsbelsatningstimer.		50 DKK
Samlet kostpris			1.765 DKK

Applikationer til ladeudsættelse:

Indbygget i standardladestanderne som eksempelvis Siemens VersiCharge, Schneider Electric EVlink 30 A.

Siemens VersiCharge udskyder ladningen med 2 timer hver gang en trykknop aktiveres. Ladestanderen kan udskyde ladning i op til 8 timer.

Flere elbiler vil have funktionen implementeret i bilens software.

I en "Smart Grid" intelligensniveau 3 ladestander er flere komponenter påkrævet og sammenlignet med de to forrige ladestander standere er prisen pr. ladeudtag omtrent 100 % højere

Udstyrstype	Funktion	Specifikation	Omkostning
Komponenter til ladestander med "Timer"		Se forrige slide	1.765 DKK
Kontrolrelæ (valgfri)	Til prisfleksibelt elforbrug. Modulet arbejder sammen med kommunikationsmodulet		225 DKK
Kommunikationsmodul til ladestander – LAN eller WAN (Wifi/Ethernet/Zigbee/GPRS)	Til kommunikation med elnettet	Èt modul med tre integreret kommunikationsmoduler (LAN/WAN/Zigbee/GPRS) kombineret med SEP 1.1 protokol	NA
Zigbee / GPRS modul til LAN/ WAN	Til kommunikation med elnettet	HAN netværksmodtager/ sender + modem / Mobilt netværksmodtager/ sender + modem	170 DKK
Integreret "energi-meter" (valgfri)	Monitorering af energiforbrug	Omkostning varierer i forhold til nøjagtighed.	225 DKK
8/16 bits kontrolenhed (meromkostning ifh. til forrige slides)	Styreenhed til kontrol af operationer	Til styring af eksterne enheder, kommunikationsenheder, sikkerhed, skærm og andre moduler	10 DKK
Betalingsinterface til eksempelvis kreditkort (valgfri)	Muliggør betaling ved ladestanderen	Magnetstribe læser	400 DKK
Touch Screen (valgfri)	Visuel præsentation af valgmuligheder		300 DKK
RFID læser (valgfri)	Til brugeridentifikation	RFID læser 125kHz	170 DKK
Samlet kostpris			3.265 DKK

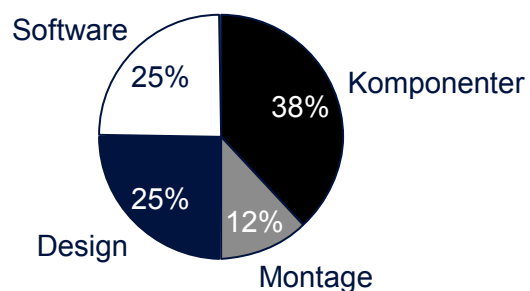
Kosterosion på ladestandere

Softwareomkostninger udgør den største andel i en "Smart Grid" ladestander, hvorimod omkostningerne til komponenter er de største i en "Ikke styret"/"Timer" ladestander

Prisnedbrydning for ladestandere

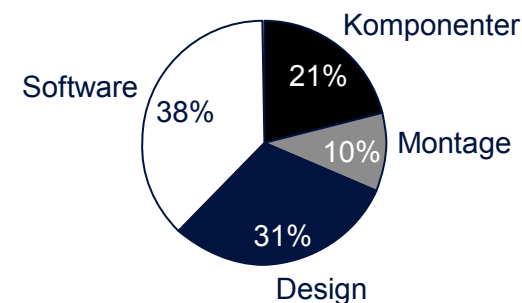
2013e

"Ikke styret" ladestander*



Del	Pris
Komponenter	2.145 DKK
Montage	650 DKK
Design	1.400 DKK
Software	1.400 DKK
Total	5.595 DKK

"Smart Grid" ladestander



Del	Pris
Komponenter	4.100 DKK
Montage	2.000 DKK
Design	6.000 DKK
Software	7.500 DKK
Total	19.600 DKK

Design inkluderer teknisk arbejde, R&D samt overholdelse af specifikationer og standarder.

Priserose på ca. 40 % forventes for både "Ikke styret" og "Timer" primært pga. storskala produktion og integration af EV-specifikke komponenter || "Smart Grid" forventes at falde med op til 70 % frem mod 2020 fordi software omkostningerne bliver delt ud over et langt større antal ladestander

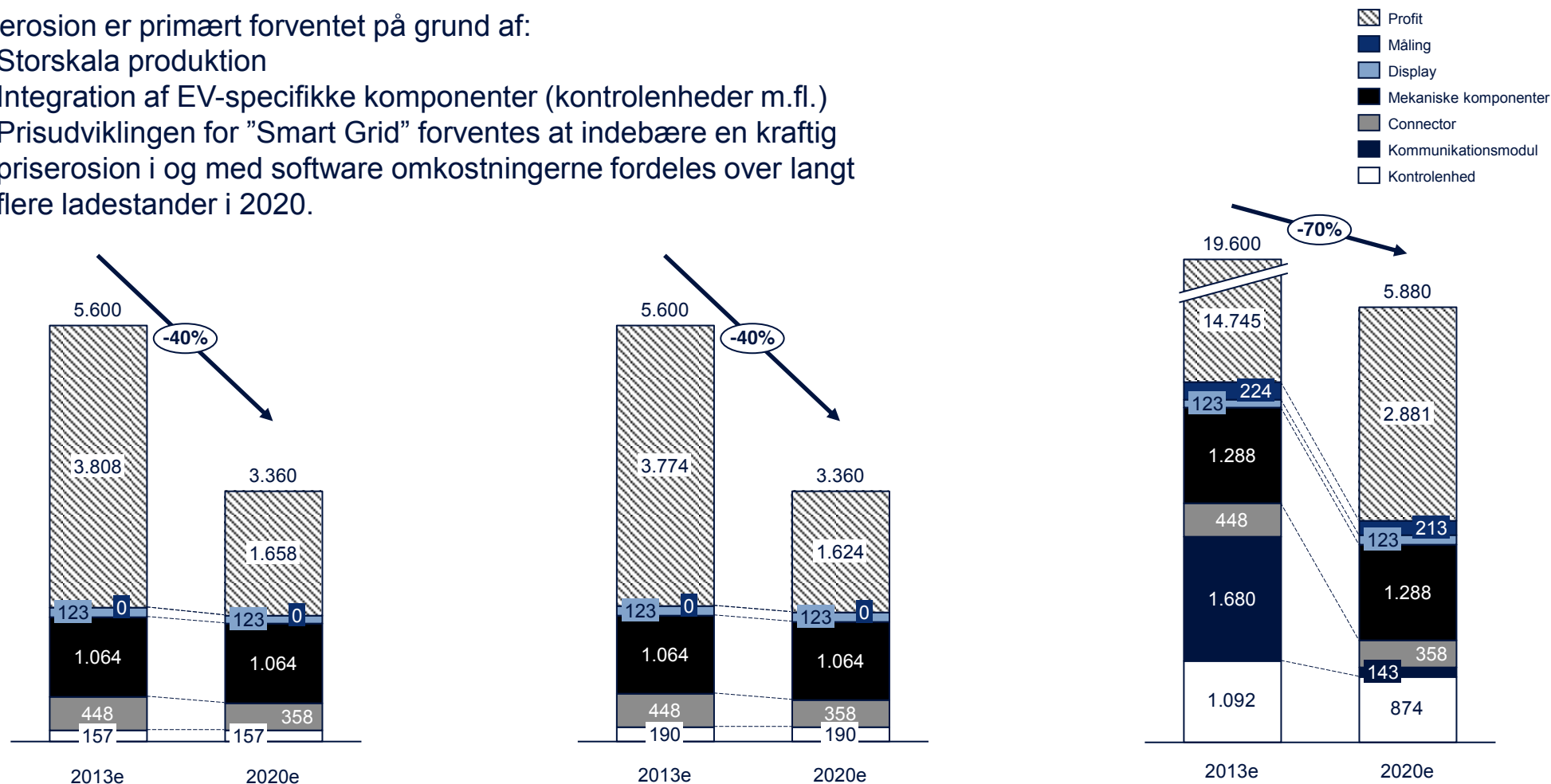
"Ikke styret"

"Timer"

"Smart Grid"

Priserose er primært forventet på grund af:

- Storskala produktion
- Integration af EV-specifikke komponenter (kontrolenheder m.fl.)
- Prisudviklingen for "Smart Grid" forventes at indebære en kraftig priserose i og med software omkostningerne fordeles over langt flere ladestander i 2020.

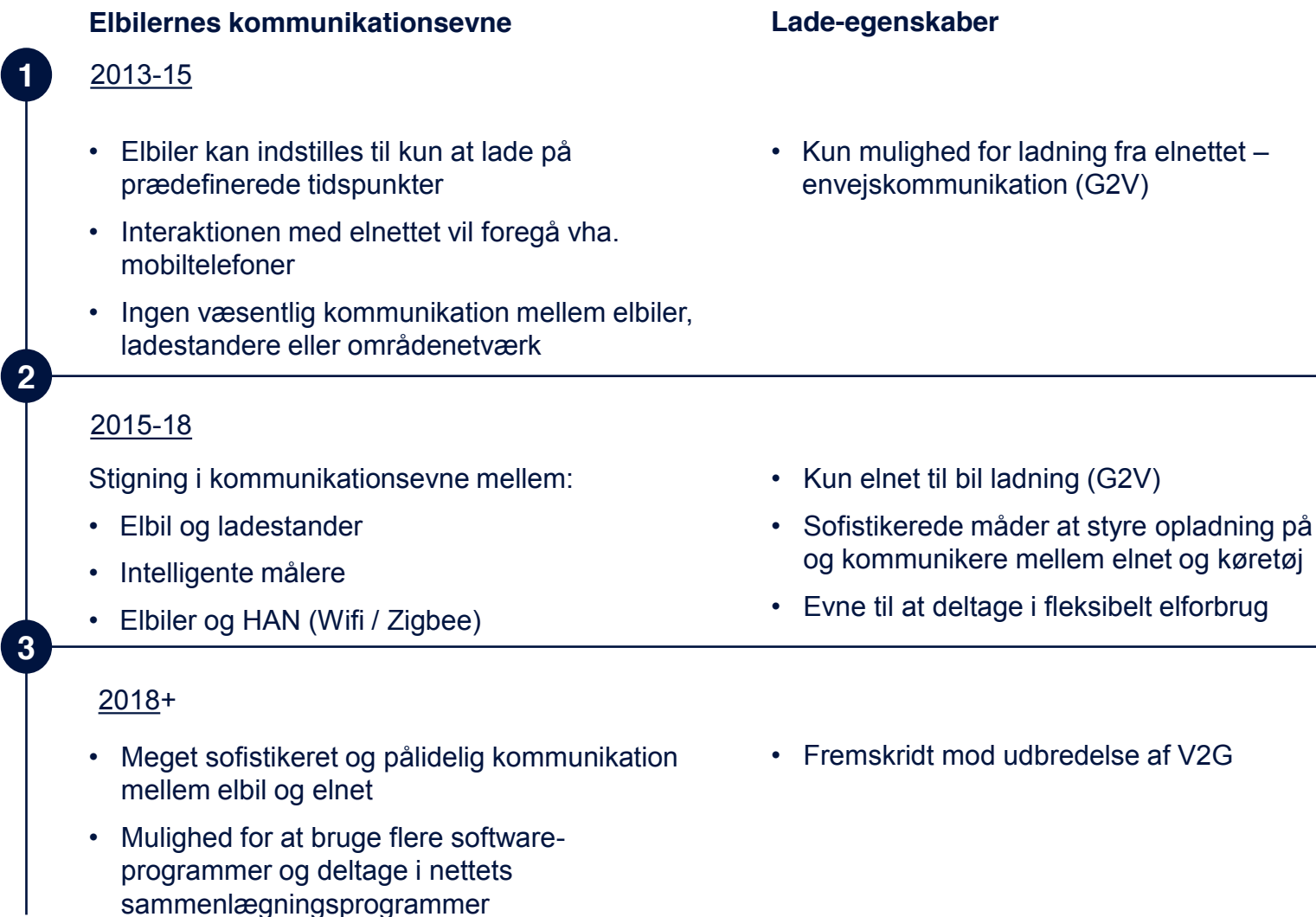


Perspektivering || Stigende kommunikationsmuligheder forventes at blive bygget ind i elbiler, hvilket muliggør at elbilen kan arbejde direkte med elnettet || På længere sigt betyder dette bl.a. fuld V2G funktionalitet

Teknologiudvikling samt merindtægten der genereres ved brug af elbiler vil drive behovet for yderligere kommunikation i elbilen

Dog vil udviklingen blive begrænset af finansielle incitamerter, påkrævede standardisering af systemer, fremskridt af Smart Grid, udvikling af infrastruktur og køretøjernes udviklingscykler.

Udviklingen af elbilens kommunikationsteknologi forventes at ske i tre faser:



Delkonklusion 2 – Omkostninger ved intelligent ladning

- Markedsprisen for "Timer" i 2013 er på niveau med "Ikke styret", hvorimod "Smart Grid" er 2,5 gange så dyr, selvom der fra et komponentsynspunkt primært kun er et kommunikationsmodul til forskel, hvis man sammenligner "Smart Grid" konfigurationen med "Timer" og "Ikke styret"
- En priserosion på ca. 40 % forventes for både "Ikke styret"- og "Timer"-ladestanderen primært på grund af storskala produktion og integration af EV-specifikke komponenter, da de elektriske og mekaniske standardkomponenter allerede er kostoptimeret
- Priserosionen på "Smart Grid" ladestanderløsningen forventes at være op til 70 % frem mod 2020 fordi software omkostningerne udgør en stor andel af prisstrukturen, og i fremtiden bliver delt ud over et langt større antal ladestandere

1. Hovedkonklusioner	04
2. Introduktion	06
3. Værdi af systemydelser og spot	13
4. Omkostninger ved intelligent ladning	34
5. Værdi af intelligent ladning	43
6. Bilag, metode og terminologi	47

Sammenligner man på tværs af ladeprofilerne ses det, at "Timer" er den type ladning, hvor man får mest værdi i 2013, og i tilfælde af mere end én tilkobling pr. dag (Ladeprofil B og C) har "Smart Grid" også en fordel i forhold til "Ikke styret"

2013e

Værdi af intelligent ladning

Ladeprofil A

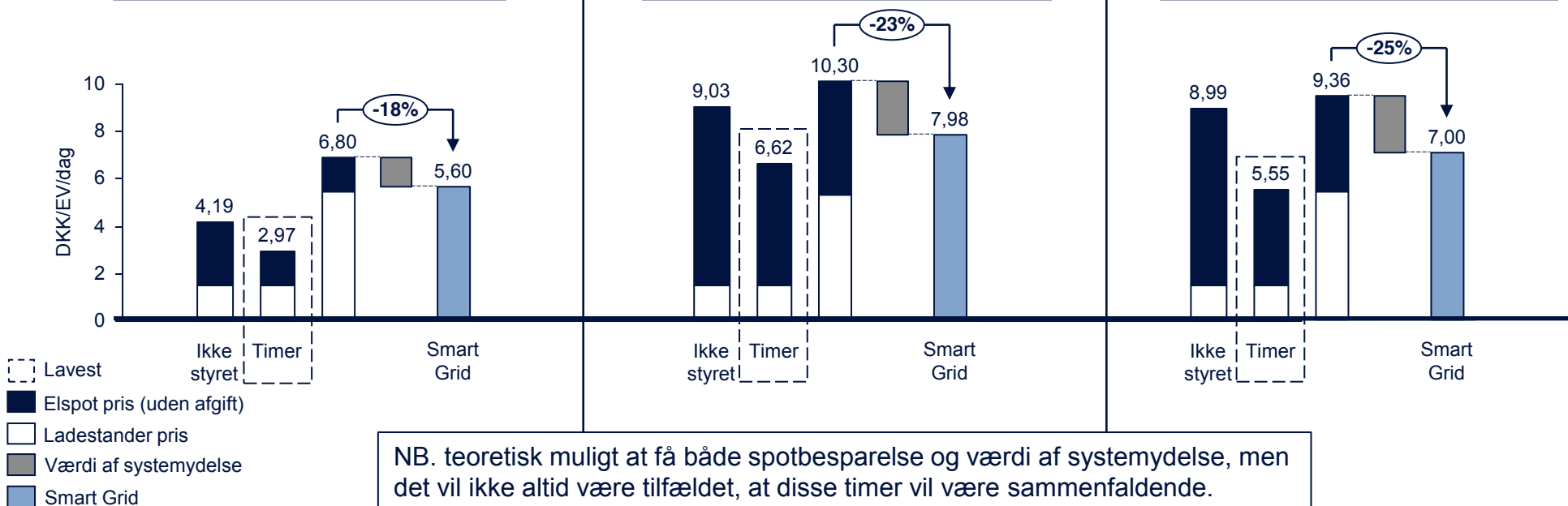
- Tilkobling: 1 tilkobling pr. dag
- Ikke tilkoblet: kl. 7 – 17
- Kørselsbehov: 40 km pr. dag
- Elbil motoreffektivitet: 5 km/kWh
- Batteristørrelse: 24 kWh
- SOC: 67 % (16 kWh)
- DOD: 23 % (8 kWh)
- Lade-effekt: 9 kW
- Ladetid: ~1 time

Ladeprofil B

- Tilkoblinger: 2 tilkoblinger pr. dag
- Ikke tilkoblet: kl. 8 - 9 og kl. 17 – 18
- Kørselsbehov: 110 km pr. dag
- Elbil motoreffektivitet: 5 km/kWh
- Batteristørrelse: 24 kWh
- SOC: 8 % (2 kWh)
- DOD: 92 % (22 kWh)
- Lade-effekt: 9 kW
- Ladetid: ~2 timer

Ladeprofil C

- Tilkoblinger: 1 tilkobling pr. dag
- Ikke tilkoblet: kl. 7 – 17
- Kørselsbehov: 110 km pr. dag
- Elbil motoreffektivitet: 5 km/kWh
- Batteristørrelse: 24 kWh
- SOC: 8 % (2 kWh)
- DOD: 92 % (22 kWh)
- Lade-effekt: 9 kW
- Ladetid: ~2 timer

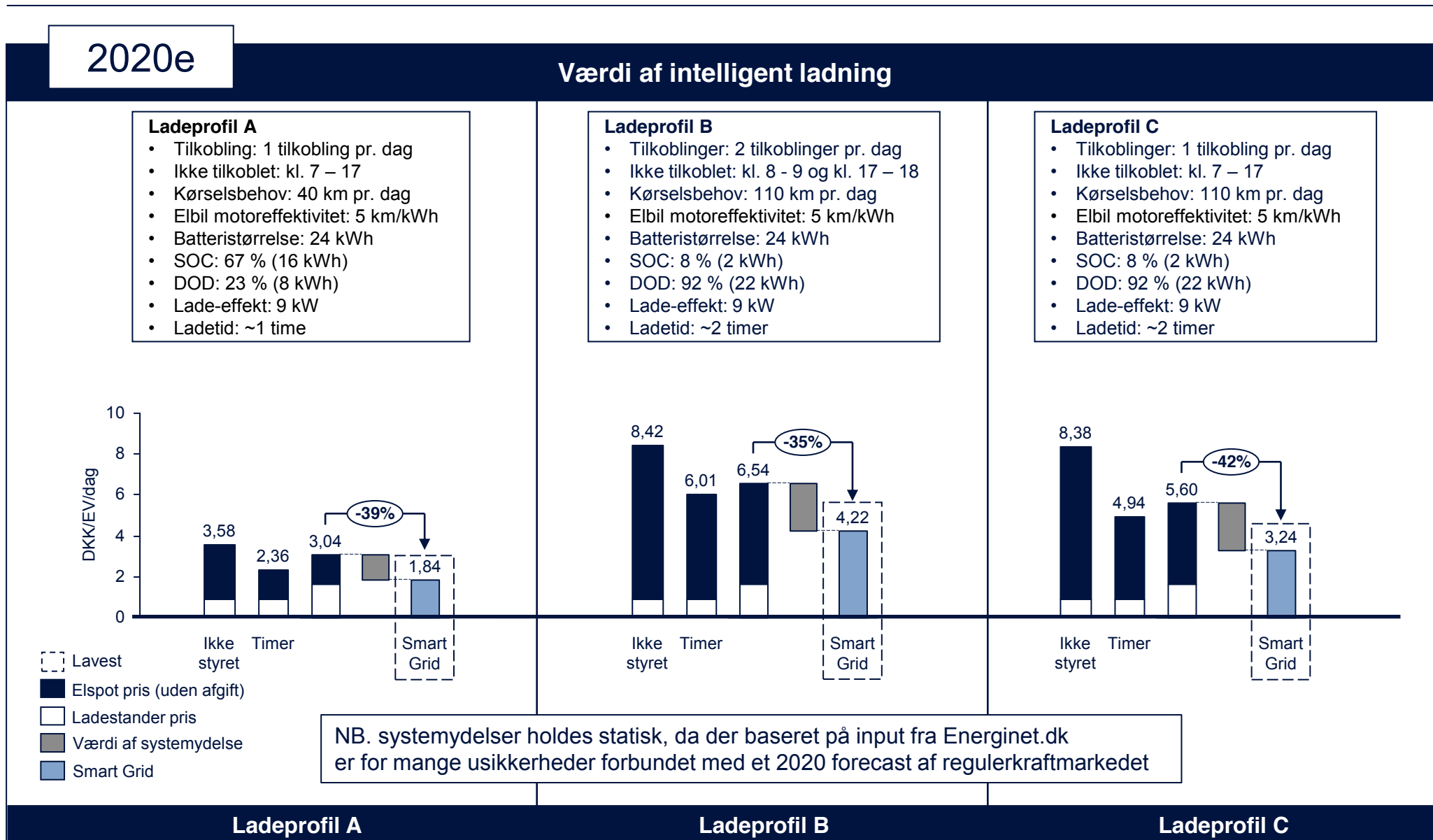


Ladeprofil A

Ladeprofil B

Ladeprofil C

I 2020 forventes prisen på en "Smart Grid" ladestander at være faldet med ca. 70 %, og derfor forventes "Smart Grid" at være billigere end "Timer" på tværs af lade profiler, når værdien af systemydelse tages med i betragtningen



44 | Note: En ladestanders levetid er sat til 10 år. "Værdi af systemydelse" er lig gns. primær nedregulering og sekundær nedregulering (DKK/EV/dag). Der medtages ikke elafgifter, da disse er punktafgifter og der derfor ikke er forskel på delta udover en lille momsafvigelse.
 Kilde: Catalyst Strategy Consulting analyse

Delkonklusion 3 – Værdi af intelligent ladning

- Sammenligner man på tværs af ladeprofilerne ses det, at "Timer" er den type ladning, hvor man får mest værdi i 2013, og i tilfælde af mere end én tilkobling pr. dag (Ladeprofil B og C) har "Smart Grid" også en fordel i forhold til "Ikke styret"
- I 2020 forventes prisen på en "Smart Grid" ladestander at være faldet med ca. 70 %, og derfor forventes "Smart Grid" at være billigere end "Timer" på tværs af ladeprofiler, når værdien af systemydelse tages med i betragtningen
- Analyserne viser, at der er et væsentligt værdipotential ved intelligent ladning for elbiler i forhold til systemydelser og markante spotbesparelser at hente forudsat, at markedsstrukturen ændres således at timeafregning er mulig i forhold til elspot og systemydelser

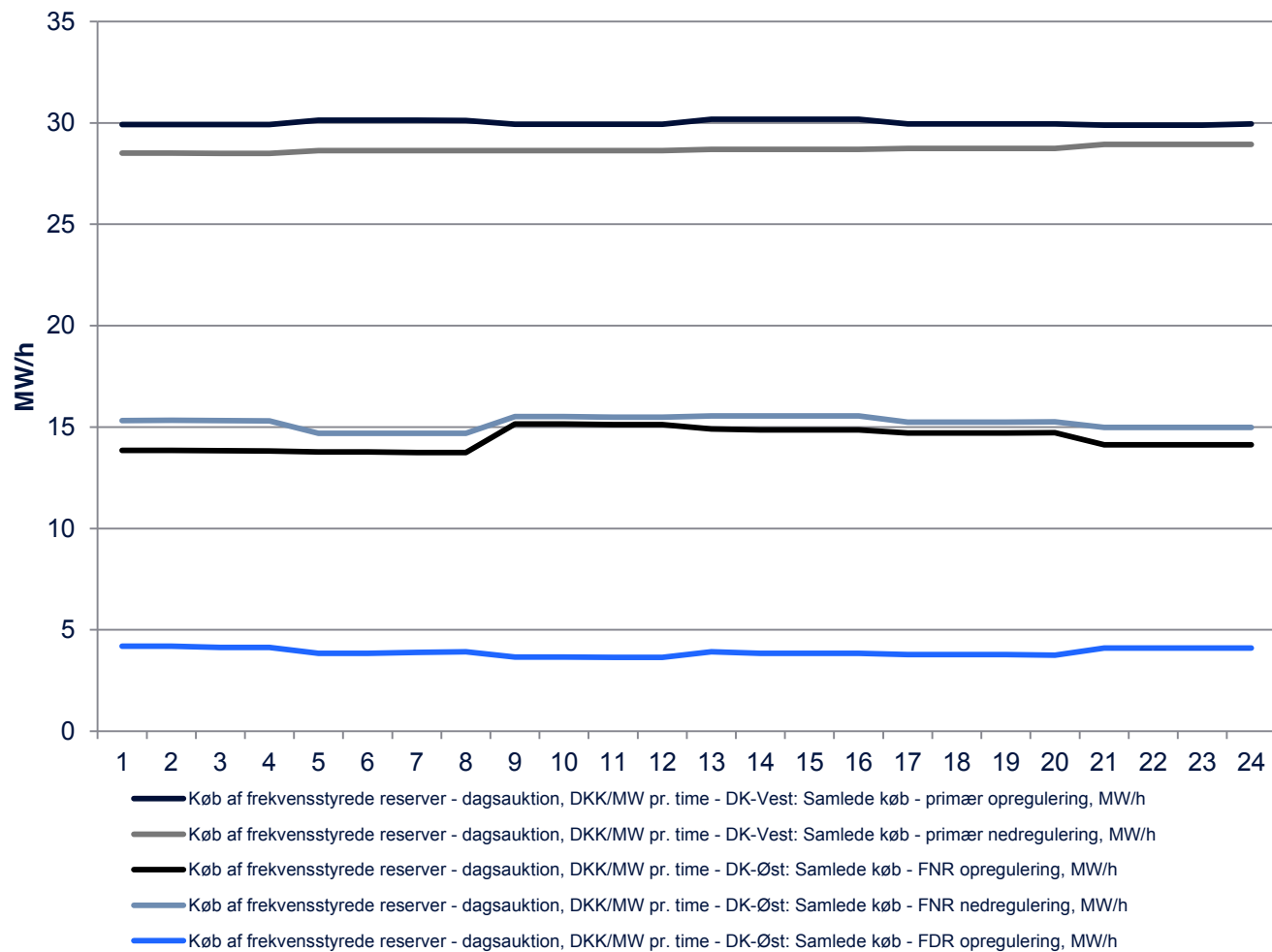
El-system, elbilen og værdien af intelligent ladning

1. Hovedkonklusioner	05
2. Introduktion	06
3. Værdi af systemydelser og spot	13
4. Omkostninger ved intelligent ladning	34
5. Værdi af intelligent ladning	43
6. Bilag, metode og terminologi	47

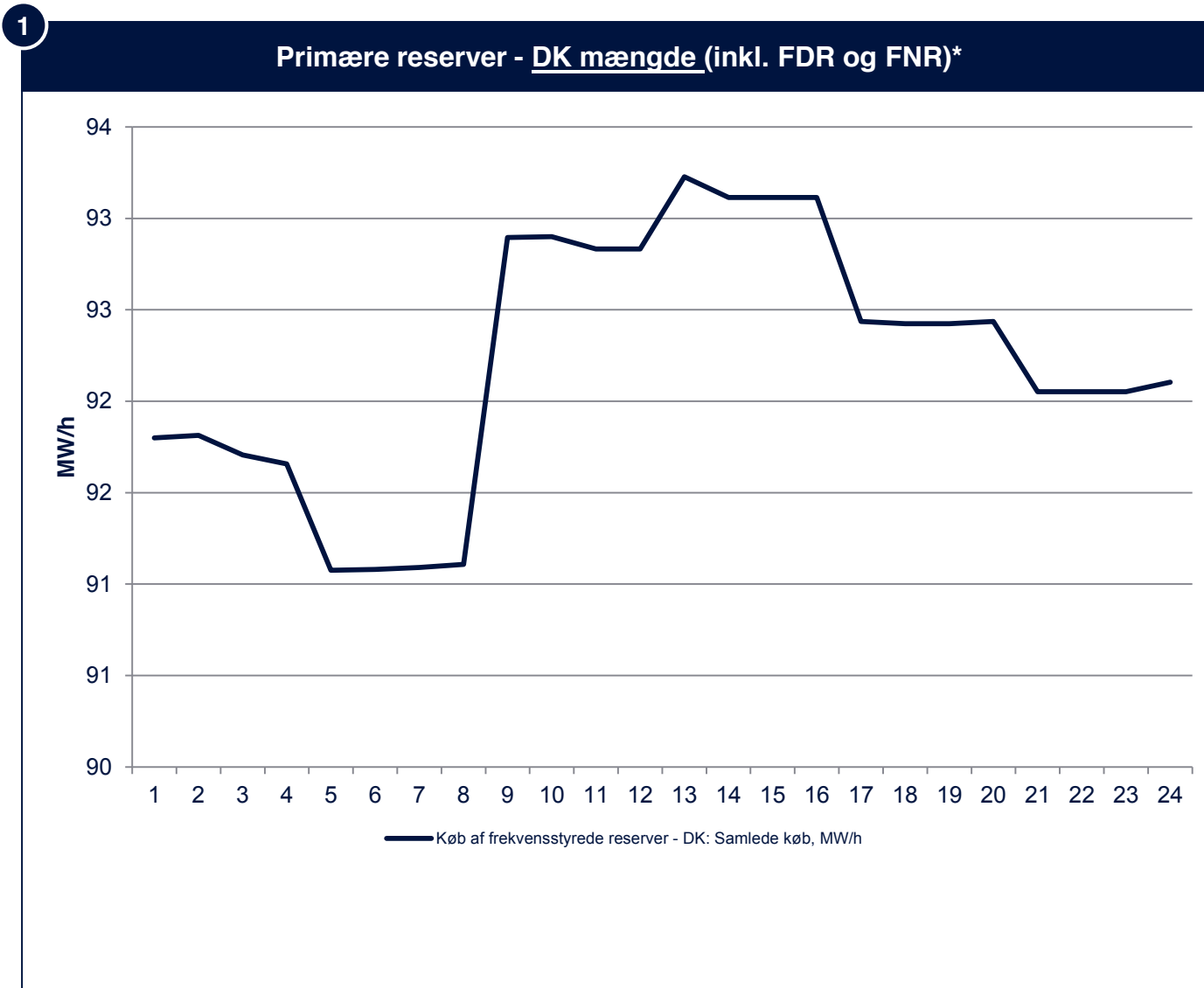
Primære reserver

Systemydelser || Mængde || Primære reserver (inkl. FNR og FDR)

1

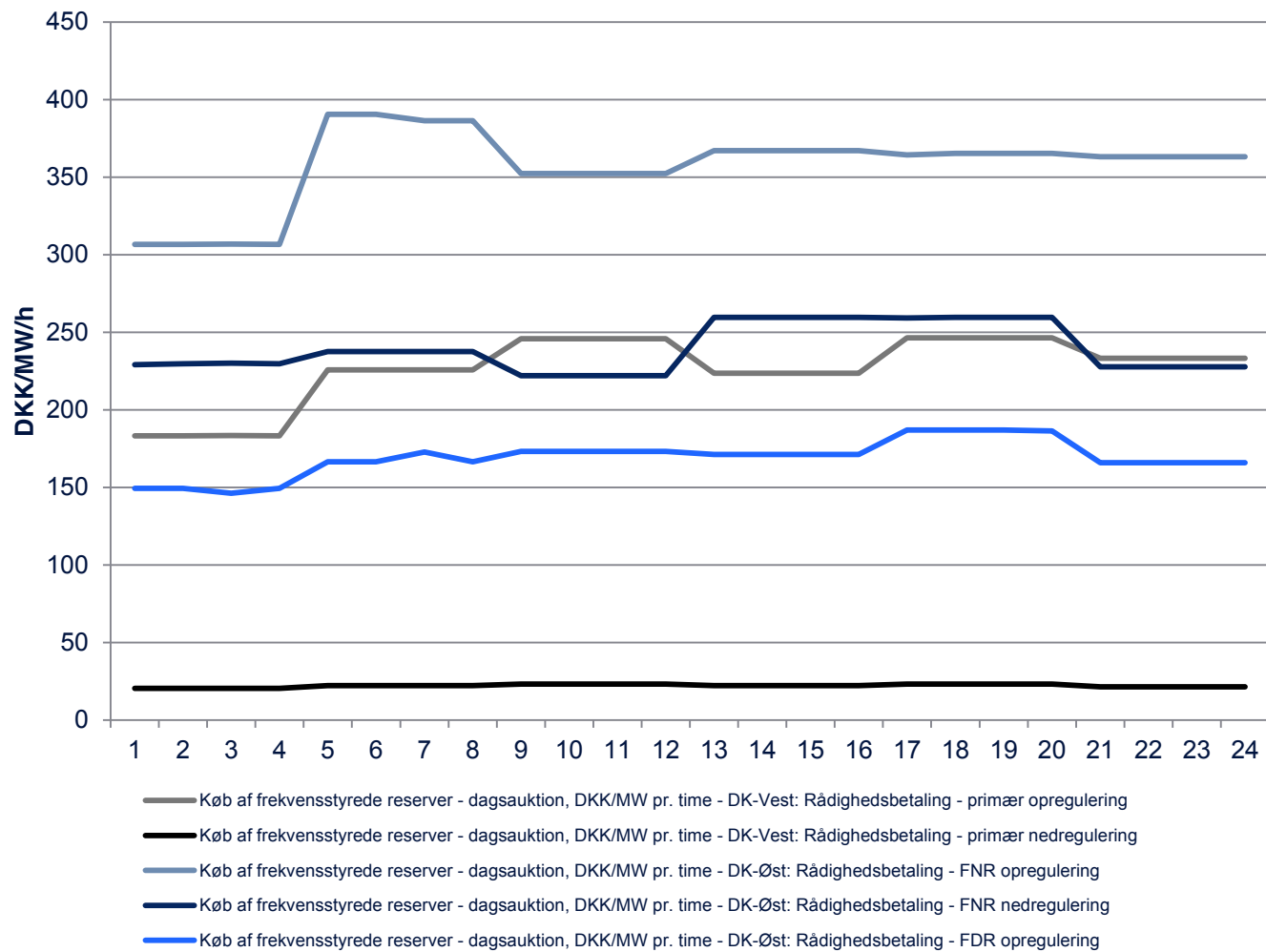
Primære reserver - segmenteret gns. mængde (inkl. FDR og FNR)*

Systemydelser || Mængde || Primære reserver (inkl. FNR og FDR)

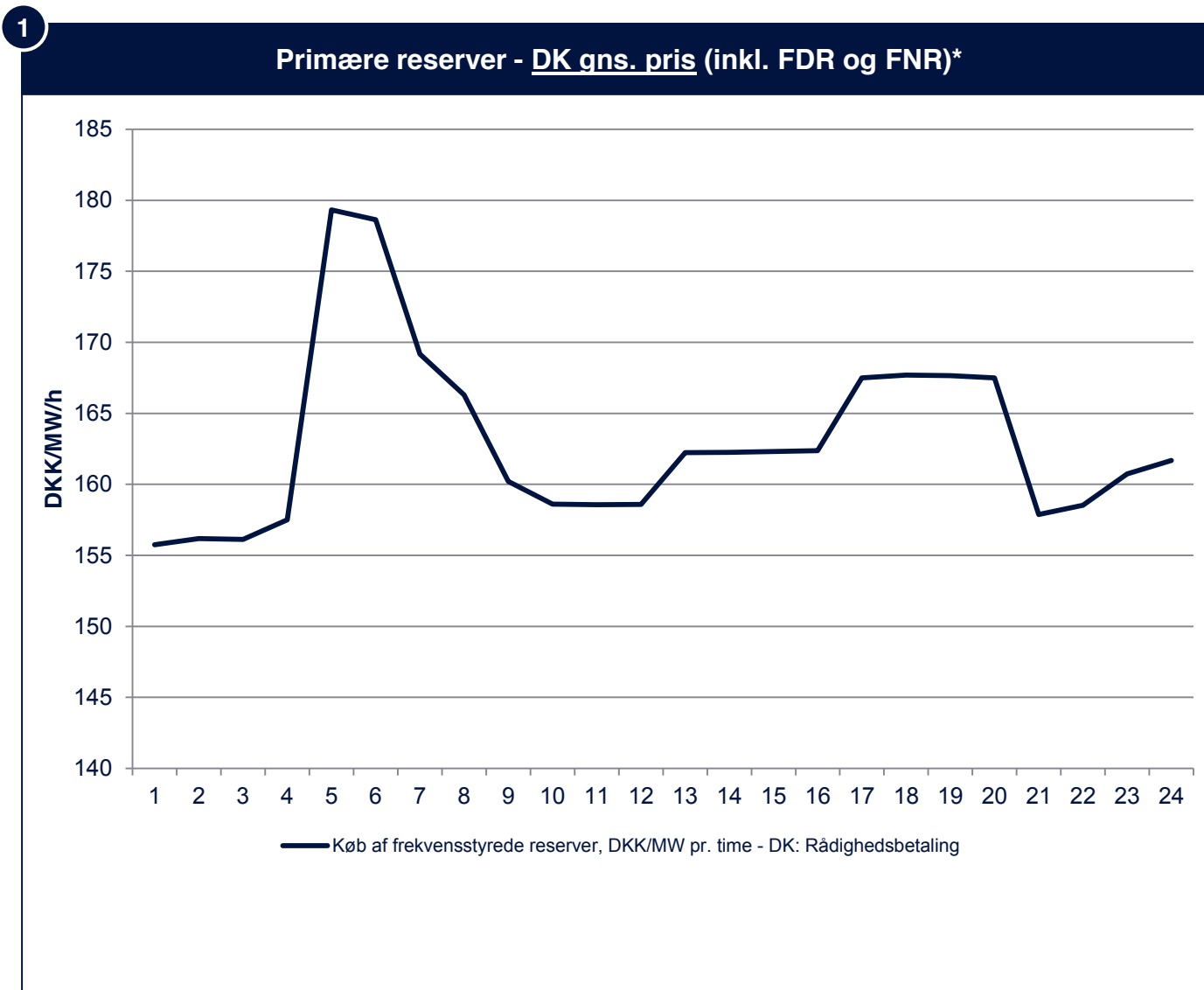


Værdi af systemydelse || Pris || Primære reserver (inkl. FNR og FDR)

1

Primære reserver - segmenteret gns. pris (inkl. FDR og FNR)*

Værdi af systemydelse || Pris || Primære reserver (inkl. FNR og FDR)

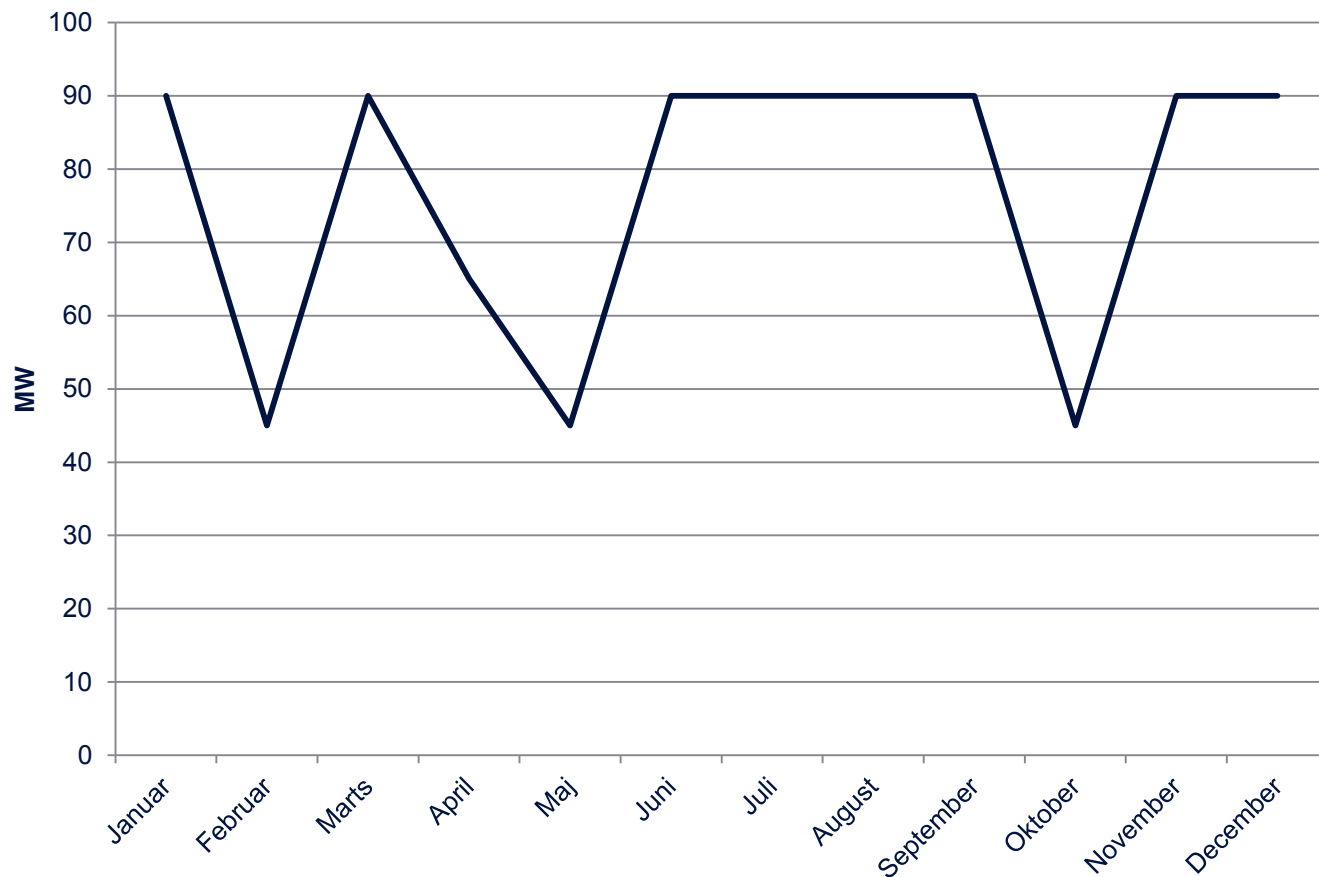


Sekundære reserver

Værdi af systemydelser || Mængde || Sekundære reserver

2

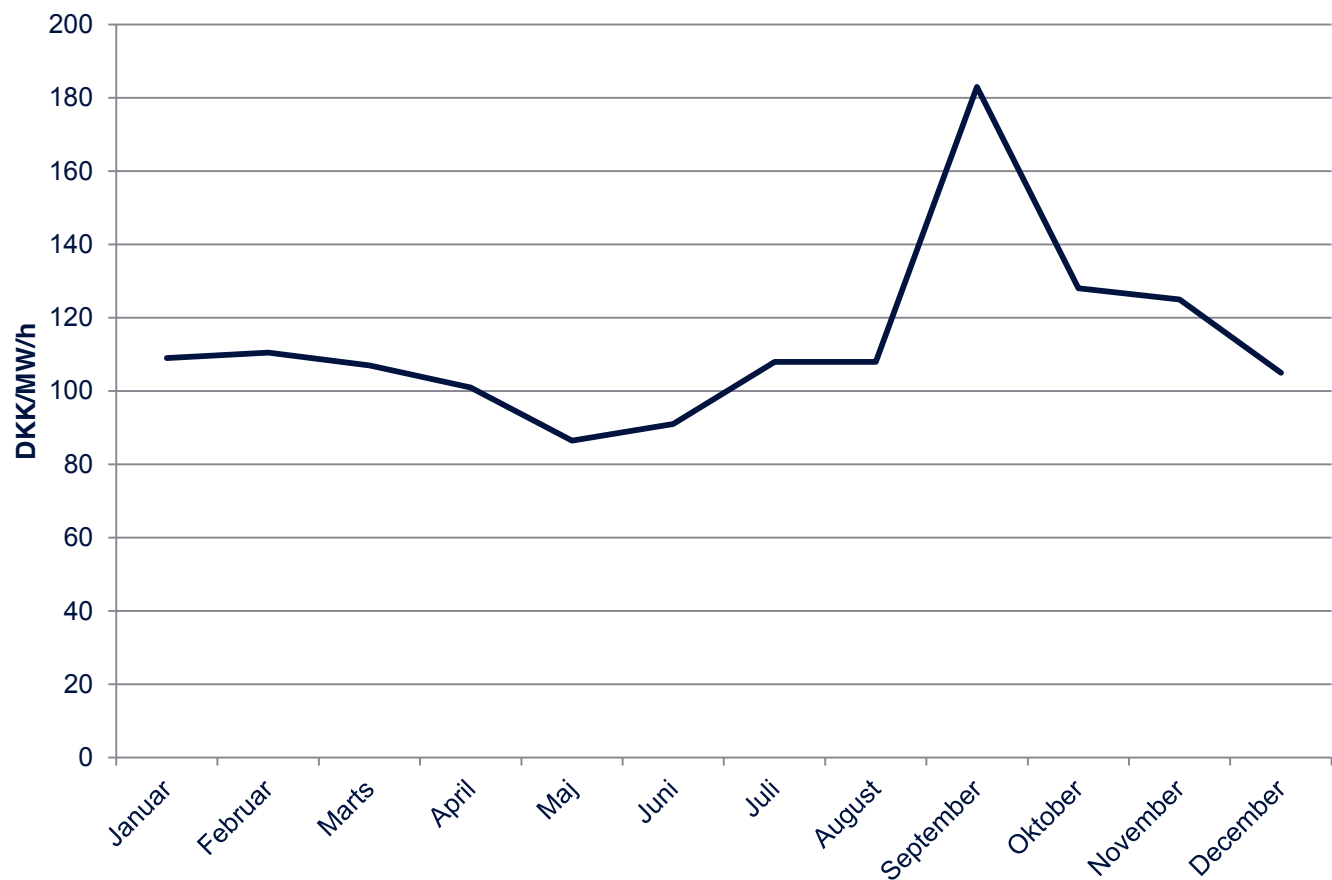
Sekundære reserver – DK mængde (+/- MW)*



Værdi af systemydelse || Pris || Sekundære reserver

2

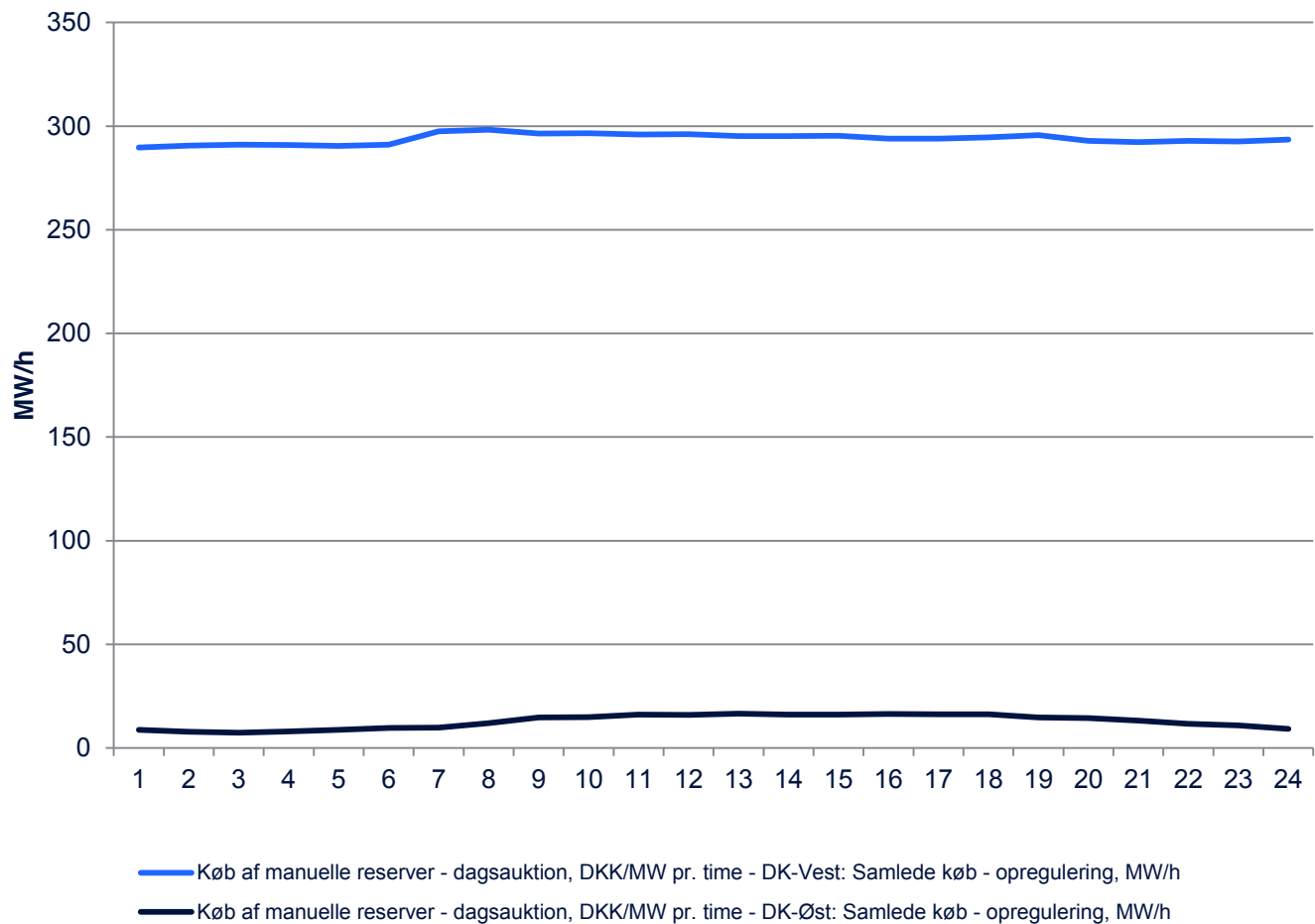
Sekundære reserver – DK pris (DKK/MW/h)*



Tertiære reserver

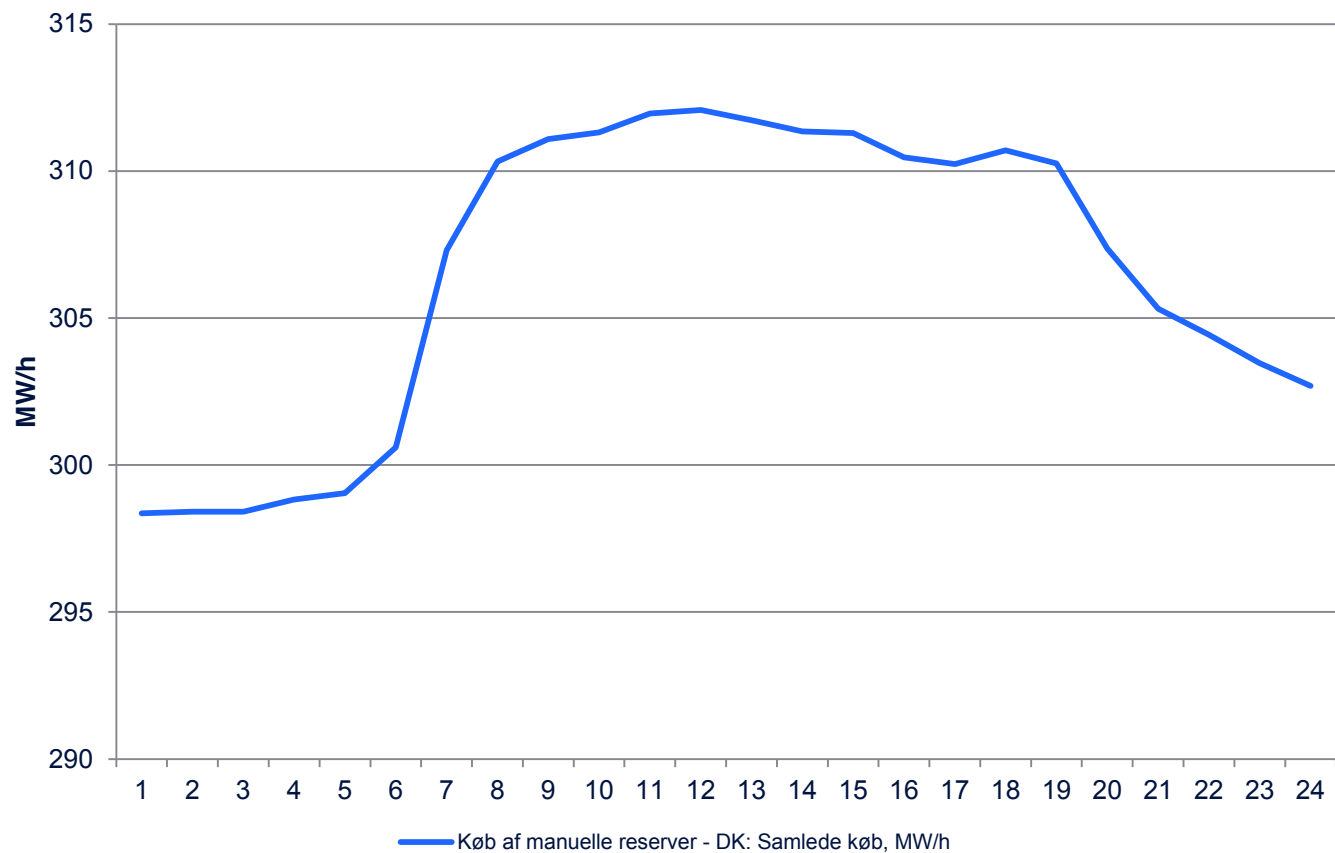
Værdi af systemydelse || Mængde || Tertiære reserver

3

Tertiære reserver – segmenteret gns. mængde (ekskl. DK-Øst langtidsaftale)*

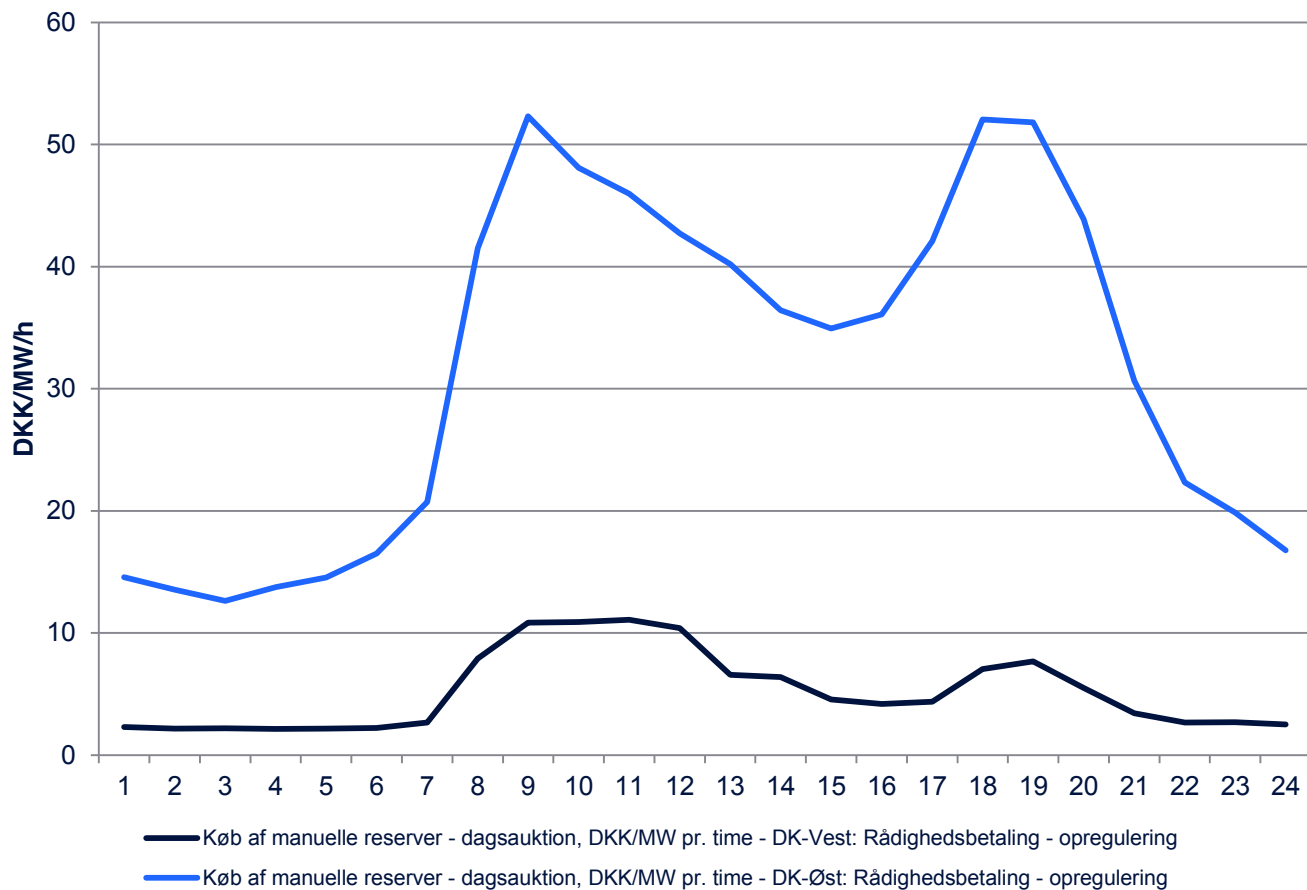
Værdi af systemydelse || Mængde || Tertiære reserver

3

Tertiære reserver - DK mængde (ekskl. DK-Øst langtidsaftale)*

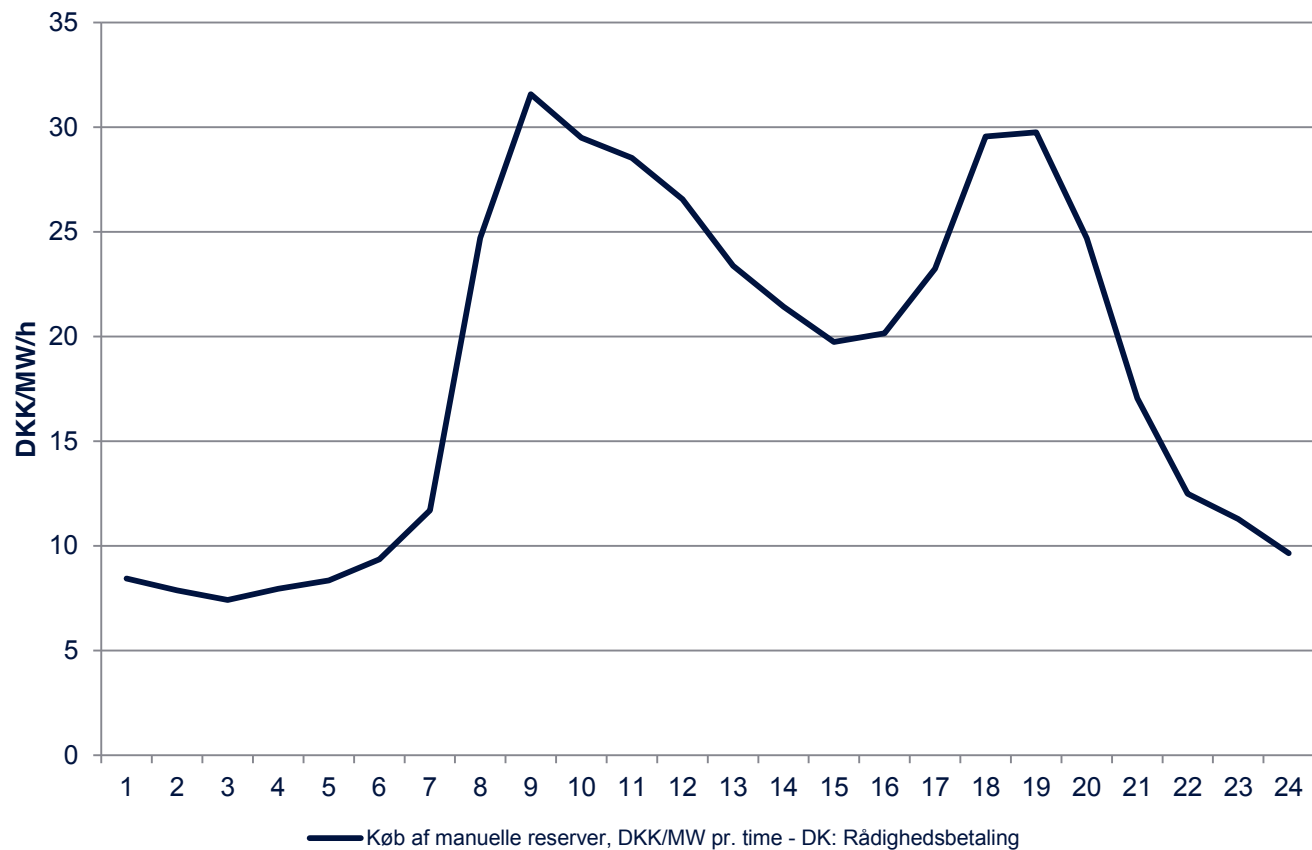
Værdi af systemydelse || Pris || Tertiære reserver

3

Tertiære reserver – segmenteret gns. pris (ekskl. DK-Øst langtidsaftale)*

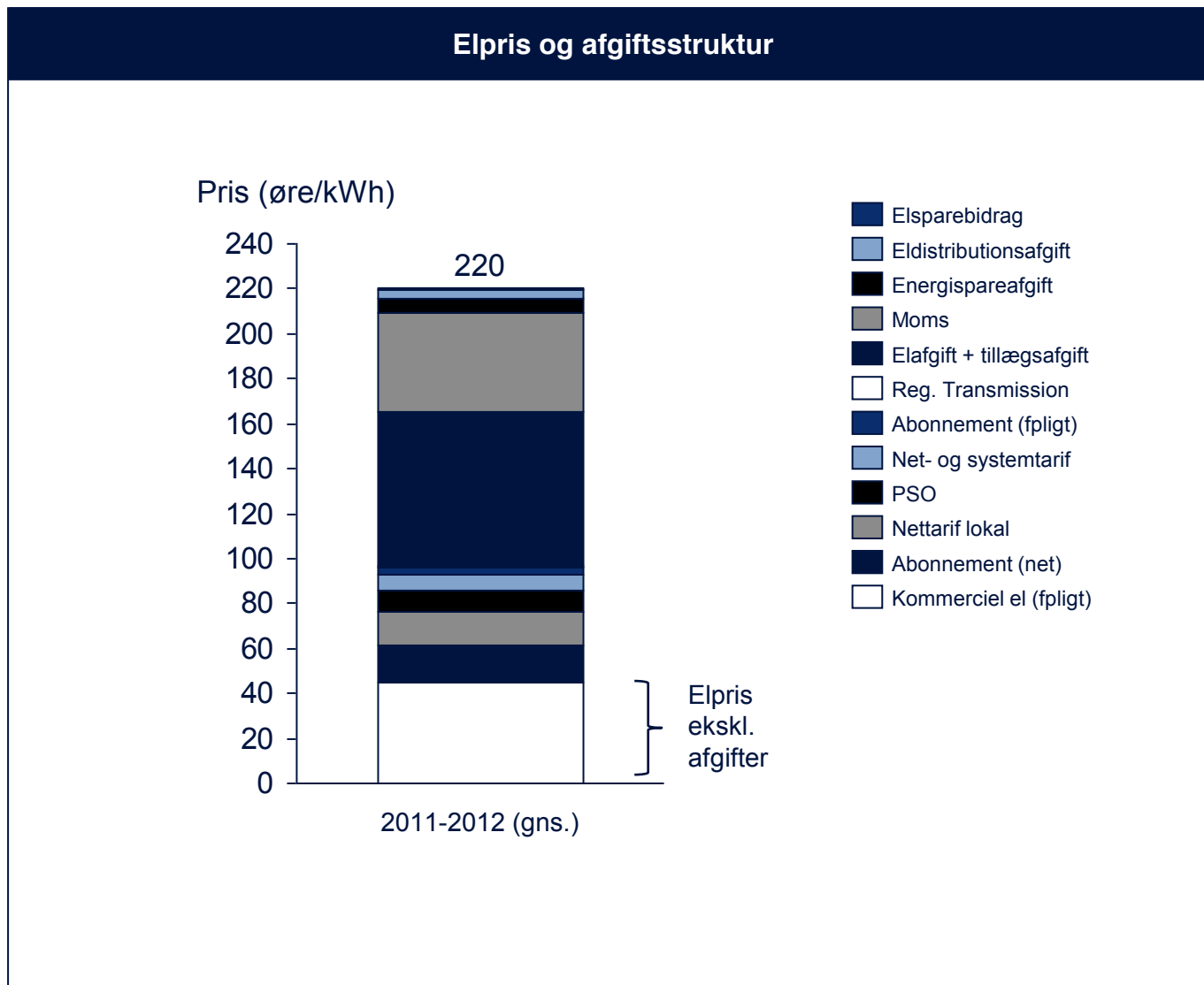
Værdi af systemydelse || Pris || Tertiære reserver

3

Tertiære reserver - DK gns. pris (ekskl. DK-Øst langtidsaftale)*

Elpris og afgiftsstruktur

Elpris og afgiftsstruktur



Metode

Modelantagelser

- Året 2012 er repræsentativ for både spotprisprofiler samt reguleringsprofiler
- Der beregnes på én elbil og flere biler kan ikke influere på prisprofilerne
- For simplicitet regnes der ikke med dynamisk SOC profil

Modellen ses som en optimeringsmodel, der minimerer den samlede spotpris under givne begrænsninger. Inden vi kigger på den matematiske definition af modellen introduceres modelparametre

Som input til modellen ses $SP_{h,d}$, der er defineret ved spotprisen til en given time til en given dag. Det resulterer i en matrix med dimensionerne 24 x 365

$$SP_{h,d} = \begin{bmatrix} SP_{1,1} & \cdots & SP_{1,365} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ SP_{24,1} & \cdots & SP_{24,365} \end{bmatrix}$$

NC_h er defineret ved en 1-vektor. Derfor har NC_h i sin grundform ingen funktion, men når modellen introduceres skulle det gerne være klart, hvordan den benyttes

$$NC_h = \begin{bmatrix} NC_1 \\ \vdots \\ NC_{24} \end{bmatrix}$$

$X_{h,d}$ er en binær variable for hver time for hver dag. Det giver totalt 8760 beslutningsvariable

$$x_{h,d}$$

Endelige er p givet ved en skalar, der introduceres i modellen

$$p$$

$$\begin{aligned} \min_z \quad & z = \sum_h \sum_d x_{h,d} \cdot (SP_{h,d} \cdot NC_h) \\ \text{s.t.} \quad & \sum_h x_{h,d} = p \quad \forall d \end{aligned}$$

Modellen er delt i to forskellige dele. En objektfunktion og en begrænsning til objektfunktionen.

Objektfunktionen er givet ved en dobbelt summering over de binære variable $x_{h,d}$ multipliceret med produktet mellem spotpriser og en 1-vektor. Modellen er dernæst begrænset til kun et givet antal p timer må vælges per dag. Sættes $p = 2$ udvælges 2 timer per dag. Minimeringen i objektfunktionen betyder således at kun de 2 timer billigste timer bliver valgt per dag.

Værdierne 1-vektoren NC_h kan herefter ændres, hvis det ikke ønskes at en given time skal benyttes. Eksempelvis sættes time 8 i NC_h til en stor værdi, hvilket medfører at time 8 i spotpriserne bliver dyre, hvorfor de aldrig vælges i den overordnede minimering.

Modellen er kørt i et optimeringssoftware

$$\begin{aligned} \max_z \quad & z = \sum_h \sum_d x_{h,d} \cdot (PR_{h,d} \cdot NC_h) + \sum_h \sum_d y_{h,d} \cdot (TR_{h,d} \cdot NC_h) \\ \text{s.t.} \quad & \sum_h x_{h,d} + y_{h,d} = p \end{aligned}$$

Til at analysere balancemarkedet er den tilsvarende maksimeringsmodel opstillet. Yderligere er der introduceres ny binær variabel, $y_{h,d}$, der fungerer på samme måde som $x_{h,d}$. Men hvor $x_{h,d}$ vælger fra den primære reserve ($PR_{h,d}$) vælger $y_{h,d}$ fra den tertiære reserve ($TR_{h,d}$).

Parametre og skalarer er defineret analogt til tidligere.

Udtræk af markedsdata

Udtræk af markedsdata 1

Elspot - pris

” Elspot Pris, DKK/MWh – DK” er beregnet som gennemsnittet af:

- Elspot Pris, DKK/MWh - DK-Vest
- Elspot Pris, DKK/MWh - DK-Øst

Frekvensstyrede reserver - pris

Frekvensstyrede reserver består af tre typer reserver:

- Primære reserver
- FNR*
- FDR*

Primære reserver:

- Køb af frekvensstyrede reserver - dagsauktion, DKK/MW pr. time - DK-Vest: Rådighedsbetaling - primær opregulering
- Køb af frekvensstyrede reserver - dagsauktion, DKK/MW pr. time - DK-Vest: Rådighedsbetaling - primær nedregulering

FNR:

- Køb af frekvensstyrede reserver - fællesauktion med Sverige, DKK/MW pr. time - DK-Øst: Rådighedsbetaling – FNR
- Køb af frekvensstyrede reserver - dagsauktion, DKK/MW pr. time - DK-Øst: Rådighedsbetaling - FNR opregulering
- Køb af frekvensstyrede reserver - dagsauktion, DKK/MW pr. time - DK-Øst: Rådighedsbetaling - FNR nedregulering

FDR

- Køb af frekvensstyrede reserver - fællesauktion med Sverige, DKK/MW pr. time - DK-Øst: Rådighedsbetaling – FDR
- Køb af frekvensstyrede reserver - dagsauktion, DKK/MW pr. time - DK-Øst: Rådighedsbetaling - FDR opregulering

Udtræk af markedsdata 2

Frekvensstyrede reserver - mængde

Frekvensstyrede reserver består af tre typer reserver:

- Primære reserver
- FNR*
- FDR*

Primære reserver:

- Køb af frekvensstyrede reserver – dagsauktion - DK-Vest: Samlede køb - primær opregulering, MW/h
- Køb af frekvensstyrede reserver – dagsauktion - DK-Vest: Samlede køb - primær nedregulering, MW/h

FNR:

- Køb af frekvensstyrede reserver – dagsauktion - DK-Øst: Samlede køb - FNR opregulering, MW/h
- Køb af frekvensstyrede reserver – dagsauktion - DK-Øst: Samlede køb - FNR nedregulering, MW/h

FDR

- Køb af frekvensstyrede reserver – dagsauktion - DK-Øst: Samlede køb - FDR opregulering, MW/h

Udtræk af markedsdata 3

Sekundære reserver

Ikke beregnet eller beregnet som gennemsnit, da disse kun er opgjort på månedsbasis og ikke timebasis

Tertiære reserver - pris

"Køb af manuelle reserver - dagsauktion, DKK/MW pr. time - DK: Rådighedsbetaling – opregulering" er beregnet som gennemsnittet af:

- Køb af manuelle reserver - dagsauktion, DKK/MW pr. time - DK-Vest: Rådighedsbetaling – opregulering
- Køb af manuelle reserver - dagsauktion, DKK/MW pr. time - DK-Vest: Rådighedsbetaling – opregulering

"Køb af manuelle reserver - dagsauktion, DKK/MW pr. time - DK: Rådighedsbetaling – nedregulering" er beregnet som gennemsnittet af:

- Køb af manuelle reserver - dagsauktion, DKK/MW pr. time - DK-Vest: Rådighedsbetaling – nedregulering
- Køb af manuelle reserver - dagsauktion, DKK/MW pr. time - DK-Vest: Rådighedsbetaling – nedregulering

Tertiære reserver - mængde

"Køb af manuelle reserver – dagsauktion - DK: Samlede køb – opregulering, MW/h" er beregnet som summen af:

- Køb af manuelle reserver – dagsauktion - DK-Vest: Samlede køb - opregulering, MW/h
- Køb af manuelle reserver – dagsauktion - DK-Øst: Samlede køb - opregulering, MW/h

"Køb af manuelle reserver – dagsauktion - DK: Samlede køb – nedregulering, MW/h" er beregnet som summen af:







- Køb af manuelle reserver – dagsauktion - DK-Vest: Samlede køb - nedregulering, MW/h
- Køb af manuelle reserver – dagsauktion - DK-Øst: Samlede køb - nedregulering, MW/h

Elbas



Negligeret da den kun udgør ca. 1 % af forbruget og vil betyde en uforholdsmæssigt forhøjet kompleksitet*

Laderstander bilag

Level 2 Ladestanderkomponent – intelligensniveau 1

Type of Equipment	Function	Specification	Variation I omkostning	Gennemsnitlig omkostning	Udstyr
Stik og kabel	Til opladning af elbil	SAE J1772™ ladestik med tilhørende kabel	400 DKK til 500 DKK	450 DKK	
CCID-20 ground fault monitor	Protection against ground fault	15 - 20 mA Ground Fault Protection UL recognized under UL2231-2 , eg. RCMB 101		170 DKK	
LED	Information omkring nuværende drift for eksempel opladning, klar til at oplade osv,	3-5 LED lysbar		20 DKK	
VFD (Vacuum Fluorescent Display) /LCD	Skærm til instruktioner, beskeder osv	Grafisk LED skærm		100 DKK	
NEMA kontaktor	Indre komponent i ladestander der virker sammen med styreenheden	2 bens 90 A aux. kontakt	Cost varies from 25 to 30 USD for one pole to 65 to 80 USD for a four pole contactor	280 DKK	
Kabinet	Indeholder alle indvendige systemkomponenter i opladeren	NEMA 3R/ NEMA 4	Varies according to material and size - wall mount/pedestal etc.	525 DKK	
Printplade(ladestanderstyring) med tilhørende kabler	Printplade, ledninger osv for styreenheden	19 cm X 19 cm printplade		50 DKK	
8 bit styringsenhed	Styringsenhed til styring af funktioner og operationer			20 DKK	
Strømforsyning	Til opkobling på elnettet		6 to 20	85 DKK	
Sikringer og andre elektriske komponenter	Til beskyttelse af elektriske komponenter			60 DKK	
Montagekomponenter	Skruer, møtrikker osv			85 DKK	
Samlede omkostninger				1845 DKK	

SAE ladekonfigurationer og "Ratings" terminologi

Ladestander level		Specifikation	Estimeret ladetid	
	Vekselstrøm Level 1	120V, 1.4 kW (12 A) 120V, 1.9 kW (16 A)		PHEV: 7 timer (SOC*: 0% - 100%) EV: 17 timer (SOC: 20% - 100%)
	Vekselstrøm Level 2	240 V til 19.2 kW (80 A)	3,3 kW on-board lader	PHEV: 3 hrs (SOC*: - 0% - 100%) EV: 7 hrs (SOC: 20% - 100%)
			7 kW on-board lader	PHEV: 1.5 hrs (SOC*: - 0% - 100%) EV: 3.5 hrs (SOC: 20% - 100%)
			20 kW on-board lader	PHEV: 22 min. (SOC*: - 0% - 100%) EV: 1.2 hrs (SOC: 20% - 100%)
 Kombioplader til både jævn- og vekselstrøm(Approved by SAE in October, 2012)	Jævnstrøm Level 1	200-500 V jævnstrøm, 40 kW (80 A)	20 kW off-board lader	PHEV: 22 min. (SOC*: 0% - 80%) EV: 1.2 hrs. (SOC: 20% - 100%)
	Jævnstrøm Level 2	200-500 V jævnstrøm, 100 kW (200A)	45 kW off-board lader	PHEV: 10 min. (SOC: 0% - 80%) EV: 20 min. (SOC: 20% - 80%)

Ladestander-levels. Defineret af NEC

EV Charging Levels:

Level	Spænding (V)	Maks. Strømstyrke (A)	Frekvens (Hz)	Power (kVA)	Standard udtag	Estimeret ladetid
1	120	12	60	1.44	NEMA 5-15R	8 til 14 timer
2	208/240	32	60	6.7 / 7.8	SAE J1772/3	4 til 6 timer
3	480	400	60	192	SAE kombo-stik godkendt i oktober, 2012. CHAdeMO er den japanske specifikation, som er understøttet af flere bilproducenter.	

Lade Modes oversigt– IEC standard

Lade-Modes defineret I IEC 61851-1:

Mode	Beskrivelse	Specifikation	Kommentarer
Mode 1	Non-dedicated circuit and socket-outlet, charging without cable-incorporated RCD protection	max. 16A vekselstrøm 230/400V	On-board charger
Mode 2	Non-dedicated circuit and socket-outlet, charging with cable-incorporated RCD protection	max. 32A vekselstrøm 230/400V	On-board charger
Mode 3	Fixed and dedicated socket-outlet; defined in 2 configurations, either with a tethered cable or a dedicated socket-outlet.	max. 63A vekselstrøm 230/400V	On-board charger
Mode 4	Dedicated rapid charging, DC supply	max. 400A jævnstrøm 1000V	Off-board charger



Mode 3 Vægmonteret ladestander






Mode 3 Offentlig ladestander



Mode 4 Offentlig ladestander

Stikoversigt

Stikkonfigurationer til Mode 2 and 3; defineret i IEC 62196:

Type	Beskrivelse		
	Type 1	<ul style="list-style-type: none"> • En faset • Maks. strømstyrke :32A • Maks. spænding 250V • 5 ben 	Baseret på US SAE1772 standard
	Type 2	<ul style="list-style-type: none"> • En eller tre faset • Maks. Strømstyrke på 70A for en faset, 63A for tre faset • Maks. spænding 500V • 7 ben 	Mennekes Type 2 godkendt af European Commission
	Type 3	<ul style="list-style-type: none"> • En eller tre faset • Maks. strømstyrke: 32A • Maks. spænding: 500V • 5 eller 7 ben • Udviklet af EV Plug Alliance • Med tilskoddede stikben og stikkontakten kontakter 	Standard benyttet I Frankrig og Italien. De tilskoddede kontakter yder ekstra beskyttelse

Privat og offentlig ladestanderkonfiguration

Offentlig ladestander



Forsyningsbehov: 208-240 V AC på 30 A med tilhørende 40A overbelastningsbeskyttelse

- Jordforbindelse (UL 2231)
- Ladestander/EV kommunikation (NEC 625)
 - Connection Interlock
 - Personlig sikring
 - Automatic De-Energizing Device
 - Ventilation Interlock
- Tilslutning til stik og ledning (SAE J1772)
- LED lys og display
- Inde- og udekabinet (NEMA 3R)
- RFID brugergenkendelse (valgfri)
- Netværk Kommunikation (valgfri) – Ethernet CAT5, RS232

Privat ladestander



Forsyningsbehov: 208-240 V AC på 30 A med tilhørende 40A overbelastningsbeskyttelse

- Jordforbindelse ((UL 2231)
- Personlig sikring
- Tilslutning til stik og ledning (SAE J1772)
- Ledningsholder
- Monteringsbeslag
- Låsbar monteringsbeslag for at forhindre tyveri
- Inde- og udekabinet (NEMA 3R)

Sammenligning mellem ClipperCreek offentlig og privat ladestander intelligensniveau 1

Privat intelligent laderstander; Level 1



- 4.8 kW, 240 VAC
- Service Entrance: 208V til 240V – 25 A Circuit, en faset med jord
- Intet eksternt kontrolinput

Markedspris: 4500 DKK

Offentlig intelligent laderstander; Level 1



- 7.2 kW, 240 VAC
- 208V to 240V - 30 til 100 A, en faset med jord
- Eksternt kontrolinput: Tillader eksternt kontrol fra intelligent måler
- Cold Load Pickup: Time-delayed and randomized to allow re-energizing of unit following power outages.

Markedspris: 10.000 DKK

GE – Durastation specifikationer. Forskelle mellem USA og Europa

Type	USA	Europa
Compliance	Level II per J1772	Mode 3 per IEC 61851
Køretøjets interface	SAE J1772 EV stik	IEC 62196 EV type 2 connector
Spænding og strømstyrke	208-240 VAC på 30A	230b VAC på 16A eller 400 VAC på 32A
AC Power Input	208-240VAC kræver Line 1, Line 2 og jord	230 VAC kræver L1, N, og E jord 400 VAC kræver L1, L2, L3, N og E jord
AC Charging Power output	7.2kW (240VAC på 30A)	22kW (400Vac på 32A) eller 3.6kW (230Vac på 16A)
Service Panel Breaker	Pole, Wall, Single Pedestal: 2-pole 40A breaker on dedicated circuit. Double Pedestal: (Qty. 2) 2-pole 40A breaker on dedicated circuit	Pole, Wall, Compact pedestal: 1 x 4P-40A or 2P-20A MCB on dedicated circuit Back-to-back pedestal: 2 x 4P-40A or 2P-20A MCB on dedicated circuit
Jordbeskyttelse	Internal 20mA CCID med auto re-closure, kræver ikke et GFCI service panel	30mA RCCB med auto re-closure
RFID læser	ISO 15693	ISO 15693 og ISO 14443 compliant
LAN	CAT5 Ethernet	CAT5 Ethernet
Outdoor Rated	NEMA 3R	Enclosure IP54-IK10, socket-outlet IP44
Sikkerhedsstandarder	UL 2231, UL 2251, UL 2594, cUL 2231, cUL 2594, NEC 625, SAE J1772	IEC 61851 and IEC 62196 compliant
EMI Compliance	FCC Part 15 Class A	IEC 61851-22 compliant

Kilder

Kilder

Virksomhed/organisation	Forfatter	Titel	Årstal
Carbon Thrust	Imperial College London	Strategic Assessment of the Role and Value of Energy Storage Systems in the UK Low Carbon Energy Future	2012
Colorado State University, Fort Collins	Casey Quinn, Daniel Zimmerle, Thomas H. Bradley	The effect of communication architecture on the availability, reliability, and economics of plug-in hybrid electric vehicle-to-grid ancillary services	2009
Curtin University Sustainability Policy (CUSP) Institute	Dr Andrew Simpson	Environmental Attributes of Electric Vehicles in Australia	2009
Dansk Energi	Stine Grenaa Jensen	Regulerkraftmarkedet og kravene til fleksibilitet	2011
Dansk Energi, Energinet.dk	Quartz, Catalyst m.fl.	Smart Grid i Danmark	2010
Dansk Energi, Energinet.dk	Quartz, Catalyst m.fl.	Smart Grid i Danmark - Bilagsrapport	2010
Department of Energy & Climate Change DTU - bachelorprojekt	Anders Geisler Eriksen	Electricity System: Assessment of Future Challenges - Annex	2012
Electric Power Research Institute	M. Wakefield	Ancillary services and the integration of EVs in the power system	2010
GE Energy Consulting	Devon Manz, Nick Miller, Gene Hinkle	Methodological Approach for Estimating the Benefits and Costs of Smart Grid Demonstration Projects	2010
Grid for Vehicles	Imperial College London	Integrating Electric Vehicles into the Power System	2011
IEA		Report on the economic and environmental impacts of large-scale introduction of EV/PHEV including the analysis of alternative market and regulatory structures	2012
IEA	Shin-ichi Inage	Technology Roadmap Smart Grids	2011
IEA	TNO, RWTH, ECN	Modelling Load Shifting Using Electric Vehicles in a Smart Grid Environment	2010
IEEE	David P. Tuttle and Ross Baldick	RETRANS - Opportunities for the Use of Renewable Energy in Road Transport - Policy Makers Report	2010
Imperial College London, NERA		The Evolution of Plug-In Electric Vehicle-Grid Interactions	2012
Klima-, energi- og bygningsministeriet		Understanding the Balancing Power	2012
Meridian Energy		Smart Grid anbefalinger - Status på smart grid-netværkets arbejde	2012
Meridian Energy, Imperial College London		Smart New Zealand Energy Futures	2012
OECD, International Transport Forum	Trevor Morgan, Menecon Consulting	Smart New Zealand Energy Futures: A Feasibility Study	2012
Ohio State University, NREL	Ramteen Sioshansi, Paul Denholm	Smart Grids and Electric Vehicles: Made for Each Other?	2012
Project Merge		The Value of Plug-In Hybrid Electric Vehicles as Grid Resources	2009
Ricardo		Mobile Energy Resources in Grids of Electricity	2012
Ricardo Quarterly Review		Bucks for balancing: Can plug-in vehicles of the future extract cash – and carbon – from the power grid?	2011
Risø DTU	Lars Henrik Nielsen, Hans Ravn et al.	Electric synergy or future-shock: Can future EVs and power grids be made smart enough to co-operate and create a low carbon future for road transport?	2011
Risø DTU - speciale	Trine Madsen Engel	Electricity for Road Transport, Flexible Power Systems and Wind Power	2011
Smart Grid netværket - Arbejdsgruppe 2		Optimal udnyttelse af el-distributionsnettet - Metoder til anvendelse af restkapacitet til fleksibelt forbrug	2011
Sustainability First	Judith Ward, Maria Pooley and Gill Owen	Virkemidler til fremme af Smart Grid - Bilagsrapport	2011
U. S. Department of Energy (DOE)	Pacific Northwest National Laboratory (PNNL)	What Demand-Side Services Can Provide Value to the Electricity Sector?	2012
University of Michigan	Mark Leo, Kripal Kavi, Hanns Anders, Brian Moss	The Smart Grid: An Estimation of the Energy and CO2 Benefits	2010
Vindenergi Danmark	Jørgen Horstmann, Frank Nørgaard	Ancillary Service Revenue Opportunities from Electric Vehicles via Demand Response	2011
		Vindoptimeret opladning af elbiler	2012

Disclaimer

Disclaimer

Oplysningerne i dette dokument stammer fra nøje udvalgte kilder, som Catalyst Strategy Consulting vurderer er troværdige og pålidelige. Catalyst Strategy Consulting fraskriver sig dog ethvert ansvar med hensyn til nøjagtigheden, fuldstændigheden eller tilstrækkeligheden af disse oplysninger. Vi har intet ansvar for fejl eller mangler i oplysningerne. Eventuelle udtalelser i dokumentet afspejler forfatterens vurdering på nuværende tidspunkt baseret på de tilgængelige oplysninger og research. Læseren bærer det fulde ansvar for anvendelsen af materialet for at opnå de tilsigtede resultater, og Catalyst Strategy Consulting påtager sig intet ansvar for eventuelle erstatningskrav.

Disclaimer: The information in this document has been obtained from sources believed to be reliable. We disclaim all warranties as to the accuracy, completeness or adequacy of such information. We shall have no liability for errors or inadequacies in the information contained herein or for interpretations thereof.

This document is protected by copyright. Republication, reproduction or commercial use of the glossary and artwork, in whole or in part, is prohibited without the written permission of Catalyst Strategy Consulting ©