

Bidirectional Charging

EL-installatøruddannelsen
Zealand

Sjællands Erhvervsakademi

4. semester

Afsluttende Projekt

Anslag: 68.077

Martin Lynge – mart82r6
05/06/2024

Foto Kilde: <https://www.cars.com/articles/whats-bidirectional-charging-and-which-evs-offer-it-457608/>

Indhold

Forord	3
Problemstilling	3
Problemformulering	4
Metode og Teori	5
Bidirectional Charging.....	7
Introduktion.....	7
Typer af 2-vejs-ladning	9
Det rullende husbatteri	12
Den private husstandsløsning.....	12
Boliginstallationens udfordringer	14
Det økonomiske aspekt	17
Elnettets nye buffer	20
Frekvensregulering	20
Elnettets potentielle design.....	22
Bilfabrikanternes nye opgave	27
BiCh påvirkning af bilens batteri.....	27
Bilens nye rolle.....	28
Forsyningsikkerhed	29
Politisk påvirkning og terrorsikring.....	29
Elnettets udfordring.....	30
Sikkerhedsforanstaltninger	31
Konklusion	32
Kilde liste.....	34
Bilag	36

Forord

I min tid som elinstallatørstuderende har jeg flere gange stiftet bekendtskab med smarte og intelligente løsninger på bæredygtige energi- og forsyningsproblematikker. En af de mest iøjnefaldende løsninger for mit vedkommende, har været hvordan 2-vejs-ladning af elbiler, også kaldt Bidirectional Charging, har et stort potentiale for at løse mange af de udfordringer vi står over for, ved at fungere som en kapacitator for forbruget.

Eksempler på hvilke udfordringer Bidirectional Charging kan løse kunne f.eks. være:

- Opbevaring af overproduktion fra solceller, vindkraft og vandkraft
- Reducering af behovet for udvidelse af elnettet, der forsyner husstande ved at udligne forbruget over en længere periode, samt reducerer spidsbelastningen
- Reducering af transport afgifter på el
- Frekvensregulere elnettet

Alt dette har fået mig til at anskue Bidirectional Charging som en mulig løsning, på nogen af fremtidens problemer inden for el distribution. Dog undrer det mig, at der ikke er mere fokus på anvendelsen af Bidirectional Charging, samt hvorfor udviklingen inde for området går langsomt.

Problemstilling

I dette projekt vil det blive undersøgt, hvilke muligheder der pt. er for at anvende Bidirectional Charging i Danmark, med de produkter der er på markedet nu og i den nærmeste fremtid. Sideløbende med dette vil det blive undersøgt, hvilke forskellige typer af Bidirectional Charging der findes.

Herudover vil der blive set ind i hvorfor elbils-producenterne er tilbageholdende med at give adgang til brug af denne teknologi, men samtidig lover at deres biler er i stand til at kunne bruge teknologien i fremtiden, blot ved hjælp af en softwareopdatering. Efterfølgende vil det undersøges, hvad elbils-producenterne mener effekten af Bidirectional Charging har på deres biler, og hvordan de vil sikre sig at kunne leve op til den garanti, de som producent er påkrævet til at overholde.

Herefter vil der kigges ind i hvilke muligheder der er for private, virksomheder og foreninger, for at kunne anvende Bidirectional Charging til at frekvensregulere elnettet. Hvilke muligheder ser Energinet at Bidirectional Charging kan give dem, og er det overhovedet noget de er interesseret i. Yderligere vil det blive undersøgt hvilke konsekvenser/muligheder det kan give elnettets design. Afslutningsvist vil det blive undersøgt, om Bidirectional Charging kan udgøre en trussel mod det Danske elnet, da der er tale om softwarestyrede enheder, der muligvis kan være følsomme over for eventuelle hacker angreb, eller decideret cyper-warfare, og derved udgøre en trussel mod forsyningsikkerheden.

Problemformulering

Ud fra problemstillingen er der opstillet følgende problemformulering:

- Hvilke muligheder kan anvendes inden for BiCh (Bidirectional Charging)?
- Er der rentabel økonomi i benyttelse af BiCh?
- Hvilke udfordringer og fordele giver BiCh elnettet?
- Hvad er bilfabrikanternes udfordringer ved BiCh?
- Kan BiCh udgøre en trussel mod forsyningsikkerheden i Danmark?

Afgrænsning

Projektet er afgrænset med følgende punkter:

- Co2 aftryk og produktionen af bilbatterier undersøges ikke, og der tages udgangspunkt i eksisterende batteriteknologi
- Der undersøges kun anvendelse af BiCh til det danske net, og der vil højst blive nævnt referencer og eksempler fra udlandet, til eksemplificering af anvendelsesmetoder
- Rapporten vil blive begrænset til at bruge en til to forskellige bilproducenter til den dybdegående dataindsamling gennem interviews, og ikke anskue alle mulighederne fra forskellige producenter. Dog kan forskellige mærker bliver nævnte som eksempler
- Det primære undersøgelsesområde vil være den sekundære side af 10/04-nettet, og dettes påvirkning. Der fokuseres ikke på højspændingsnettet
- Der vil ikke blive udarbejdet løsninger til IKmin problematikker, men kun sættes fokus på udfordringen som prosumeranlæg kan medføre
- Frekvensregulering vil blive beskrevet overfladisk, og med få tekniske funktioner og betegnelser, da grundidéen omhandler BiCh mulighederne og ikke Frekvensreguleringen

Metode og Teori

Metode

Rapportopbygning:

- Bilag vil fremgå til sidst i rapporten, ligesom interviews og mailkorrespondancer vil være samlet i en bilagssamling (Bilag 1.0-1.4), der er vedlagt rapporten. Alle interviews er blevet transskriberet og samlet i denne bilagssamling, og mailkorrespondancer indeholdende spørgsmål og svar. Der vil løbende blive refereret til disse bilag i rapporten, ligesom interviewsreferencerne ligeledes vil være mærket med et "time stamp" eks. Bilag 1.2 (12:35), der henviser til sekvensen hvor det pågældende emne berøres.
- Tekniske forkortelser vil første gang de fremgår blive benævnt med fulde navn i en parentes, og derefter blive brugt i den forkortede form. Der vil blive brugt det metriske præfikssystem efter nogle af disse forkortelser, uden at de vil blive forklaret igen med dette tilhørsforhold. (f.eks. millimeter, kilo, mega).
- Der vil blive anvendt figurer løbende, som der vil blive refereret til som de benyttes. Disse figurer vil være navngivet under hver figur, samt have en billedtekst der beskriver billede og dens kilde. Hvis figuren er udarbejdet specifikt til rapporten, vil den være mærket: *Udarbejdet til rapporten*.
- Kilder til referencer og fagindhold vil fremgå til sidst i kilde listen. Yderligere vil den præcise side og/eller punkt fra bøger eller standarder og hjemmesider fremgå i fodnoten på den pågældende side.
- Der bruges Ohms lov som grundlag for elektriske beregninger.

Data håndtering og indsamling:

- Der vil blive udført semi-strukturerede interviews med interessenter inden for BiCh. Denne form anvendes for at give en struktur, samtidig med muligheden for fleksibilitet til at udforske nye emner og dykke dybere ned i respondenternes svar.
- Interviews vil blive målrettet bilproducenter og forsyningsnettet. Yderligere data indhentes fra artikler og bøger, samt mailkorrespondancer.
- Spørgsmål vil være udformet åbent, således det opfordrer informanterne til at dele deres oplevelser, holdninger og perspektiver om BiCh. – eksempelvis er Energinet kommet med flere udtalelser, der afdækker forsyningssektorens vidensområde.
- Data indsamlet fra interviews vil blive brugt løbende gennem hele rapporten, som en kvalitativ analysemetode der danner en rygsøjle i rapporten.
- Temaer og mønstre der kan sammenlignes på tværs af interviews og artikler, vil altid blive forlagt i forlængelse af hinanden, for at skabe en troværdighed og gennemsigtighed i data.

Teori

For udarbejdelse af rapporten er der valgt anvendelse af teori der vil kunne sammenlignes med Diffusion of Innovation Theory (Innovations spredningsteori).

Diffusion of Innovation teorien bygger på innovationsproces, adoptionskurver og faktorer, der kan påvirke adoptionsprocessen.

Teorien vil blive anvendt til at identificere og diskutere hvordan BiCh repræsenterer en innovation inden for transportsektoren, samt analysere hvordan forskellige segmenter (virksomheder og privatpersoner) vil kunne anvende denne teknologi.

Teorien vil bruges til at beskrive og analysere adoptionsprocessen af BiCh, samt de forskellige stadier i processen (f.eks. innovatorer, tidlige adoptanter og tidlig majoritet) og hvordan disse opstår, ud fra interviews med relevante fagpersoner.

Påvirkningsfaktorer der forlænger adoptionsprocessen vil blive undersøgt ud fra artikler, interviews og datablade. Dette omfatter teknologiske faktorer, økonomiske faktorer, politiske faktorer og sociale faktorer. Yderligere anvendes data fra artikler og interviews til udarbejdelse af regneeksempler.

Denne teori vil skabe rammen for indholdet i rapporten, og vil anvendes til indsamling af de nødvendige data, for at udarbejde en konklusion der besvarer problemformuleringen.

Bidirectional Charging

Introduktion

Opbevaring af elektrisk energi har været i fokus siden den første batteriteknologi blev udviklet. Efter Brundtlandrapporten i 1987, hvor fossile brændstoffer blev præsenteret som en af synderen for klimaforandringerne, blev der opfordret til at øge produktionen af vedvarende energi. I 2010 kom 20% af strømmen i Danmark fra vindmøller, og i 2015 udgjorde andelen 40%¹.

En af problemstillingerne ved vedvarende energikilder som vindturbiner og solceller, er evnen til at kunne kontrollere balancen mellem produktion og behov. Derfor har Danmark de sidste mange år været afhængige af naturgas, som den primære kilde til produktion af strøm, da den er nem at kontrollere og regulere i forhold til behovet. Dette har vist sig at have store konsekvenser, når den geopolitiske balance udfordres af krig og pandemier. Historisk har krig i verden altid ført til et spring i udviklingen på forskellige teknologiske områder, og i det 21. århundrede er dette ingen undtagelse. I 2023 blev der i Danmark udvidet med 514 MW (Watt) solcelleanlægskapacitet². Dette var en direkte konsekvens af prisen på el, der fulgte den stigende pris på naturgas.

Ud fra figur 1.1, kan det aflæses, at det primært er anlæg med et egetforbrug tilknyttet øjeblikafregning, der er voldsomt stigende. Dette vil typisk være private husstande og virksomheder med mindre anlæg, der primært dækker eget forbrug.

Tabel 1 Udvikling i registrerede nettilsluttede solcelleanlæg						
	30. september 2023		31. december 2023		Difference	
	MW	Antal anlæg	MW	Antal anlæg	MW	Antal anlæg
Total udbygning	3.490	140.417	3.529	143.272	39	2.855
Anlæg uden støtte og egetforbrug	1.826	75	1.825	72	-1	-3
Anlæg med et egetforbrug tilknyttet øjeblikafregning	467	43.787	509	46.708	42	2.921
Anlæg støttet via tidligere afholdte udbud	248	48	248	48	0	0
Anlæg tilknyttet tidligere ordninger for støtte og afregning	949	96.507	947	96.444	-2	-63

Figur 1.1

Antal og størrelse af solcelleanlæg i Danmark i perioden 30/9/2023 til 31/12/2023
Kilde: ens.dk/sites/ens.dk/files/Sol/solcelleopgoerelse_4._kvarstal_2023.pdf

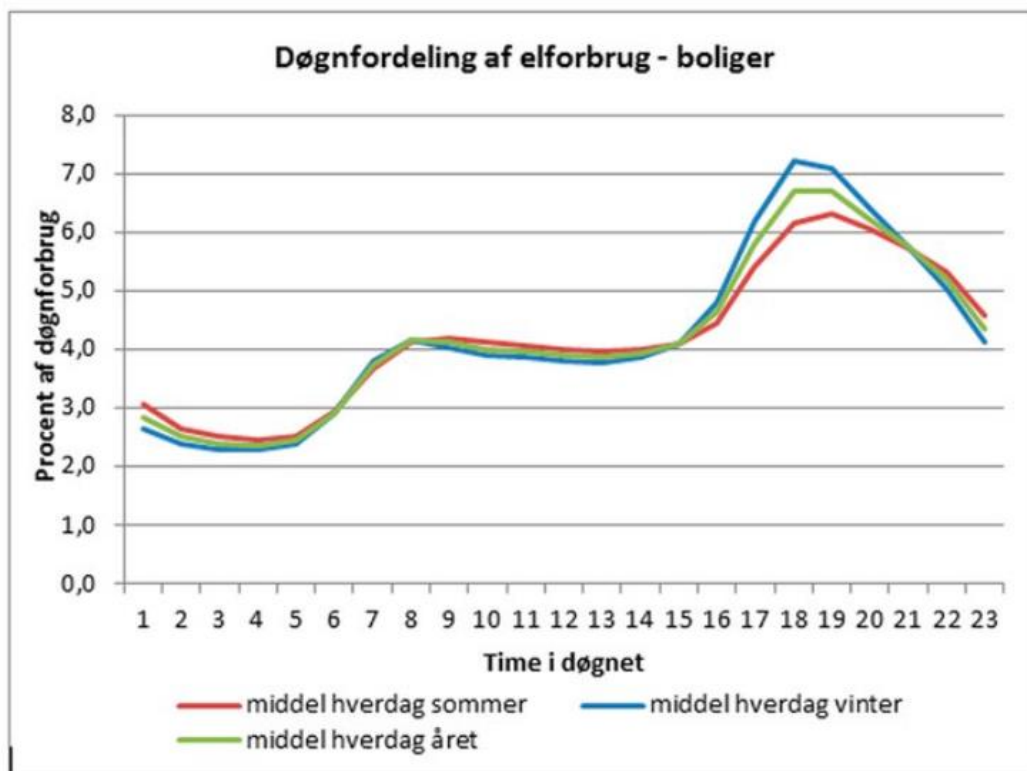
Dette har været en rentabel forretning for anlægsejerne, da langt størstedelen af nye solcelleejere har valgt at få etableret et anlæg med batterier, eller forbedret eksisterende anlæg til en batteriløsning.

¹ <https://www.experimentarium.dk/energi/climate-minds-energiens-danmarkshistorie-2-fra-industri-til-nutid>

² <https://www.ens.dk/ansvarsomraader/solenergi/fakta-om-solenergi>

Ifølge bilag 1.4, hvor en El-installatør virksomhed blev forespurgt hvad tilbagebetalingstiden normalt er på et solcelleanlæg, udtalte de, at et solcelleanlæg med batteri har en kortere tilbagebetalingstid på omkring 8 år, frem for et anlæg uden batteri, da mere af den producerede strøm kan anvendes internt i prosumer installationen.

Batterianlæg giver yderlige muligheden for at anvende sin strøm når transportafgiften er høj. Ifølge figur 1.2, bruger danskerne mest strøm mellem 17:00 og 21:00. Dette korresponderer derfor også med prisen på transport af strømmen. De fleste hybridsolcelleanlæg er udstyret med software, der kan oplade og aflade batterierne i de ønskede tidsrum, også selv om solen ikke skinner. Dette har givet solcelleanlægget en ny funktion, og fungerer derved som et husbatteri.



Figur 1.2

Forbrugsmønster for almindelig bolig over 24 timer

Kilde: <https://www.bolius.dk/faa-stoerst-udbytte-af-dine-solceller-5044>

Opbevaringen af energi i private husstande er allerede en realitet, og derfor er der inden for de seneste år blevet kigget på elbilerne, som et alternativt til husbatteriet. Teknologien i BiCh vil skabe nye anvendelsesområder for bilen, og på den måde ændre opfattelsen af hvad en bil kan bruges til. Samtidig vil det medføre nogle attraktive fordele ved at vælge en elbilen, frem for de fossile brændselsmotorer.

Den første officielle udmelding om BiCh kom i 2012, hvor Nissan præsenterede deres Vehicle-to-Building teknologi. Efterfølgende har de fleste elbils-producenter givet udtryk for at understøtte denne teknologi i den nærmeste fremtid, og enkelte har allerede understøttet det i et vist omfang i dag. Dog er der stadig ikke sket et stort gennembrud på det private marked, men ifølge flere udtalelser i interviews og artikler, som bl.a. indgår i denne rapport, forventes gennembruddet at ske inden for få år.

Typer af 2-vejs-ladning

Der findes i dag flere forskellige typer af BiCh, som oversat til dansk betyder "2-vejs ladning". De mest anvendte typer og betegnelser på markedet i dag er som følge:

V2X

Vehicle-to-X, oversat til køretøj-til-X, er ikke en specifik form af BiCh, men en general betegnelse der bruges om alle typer BiCh samt fremtidige anvendelser. Betegnelsen er blevet mere anvendt de senere år, i forbindelse med en stigende omtale af Power-2-X, der potentielt kunne være Power-2-vehicle, men oftest anvendes i forbindelse med brintproduktion ved brug af overskudsproduktion fra vindmøller og solceller.

V2L

Vehicle-to-load, oversat til køretøj-til-brugsgenstand, er den mest almindelige og simpleste form for BiCh på markedet i dag. Typisk findes den som en adapter (figur 1.3) der sættes i lade-stikket på bilen, eller som et fast etableret AC-udtag i bilen. V2L opererer typisk med fase-nul spænding på omkring 230 V (volt). V2L er designet til at fungere selvstændigt som en stor "Power Bank" og ikke som fast installation.



Figur 1.3

Adapter til V2L i bil

Kilder: <https://www.drive.com.au/caradvice/how-a-vehicle-to-grid-system-could-offset-your-rising-energy-prices-this-winter/>

Det primære design, kan f.eks. være forsyning af midlertidige brugsgenstande som hækkeklipper, støvsuger, elkoger og kaffemaskine på skovturen, men også til en forlængerledning til en fryser, i tilfældet af strømafbrydelse på forsyningsnettet. De fleste biler der tilbyder V2L, oplyser et output på op til 3,6 kW, med en spænding på 230 V, hvilket svarer til 16A 1-faset belastning. Typisk vil overbelastningssikring være indbygget i adapteren.

Dette betyder at V2L som udgangspunkt ikke har nogle indflydelse på elnettet, hverken positivt eller negativt, da de fleste elbiler med V2L afbryder muligheden for at oplade batteriet, samtidig med at en V2L brugsgenstand er tilsluttet. Derfor er V2L også den mest manuelle BiCh der findes, da det ofte kræver en fysisk omskiftning af adapter og lade-stikket.

V2H

Vehicle-to-Home, oversat til køretøj-til-hjem, er på flere punkter anderledes fra V2L. V2H fungerer på mange punkter på samme måde som et solcelleanlæg med et batteri. Der fortages typisk en effektmåling lige efter afregningsmåleren, hvor denne måling videregives til en V2H-lader, som er tilsluttet elbilen. Ud fra dette aflades elbilen korresponderende til det målte forbrug. Dette medfører at der ikke købes strøm, da forbruget udlignes med afladningen. Principielt kan der både anvendes en 1-faset og 3-faset V2H-lader, såfremt installationens afregningsmåler er en summationsmåler. Dog vil brugeren være begrænset til en effekt på 3600 W, hvis der anvendes en 1-faset V2H-lader. Dette er i henholdt til FR22³, der forskriver at belastningen på 1 fase ikke må overstige 16 A, for at undgå strømubalance i nettet. Ved anvendelse af en 3-faset V2H-lader er det stikledningen og tarifikringen samt installationen til V2H-laderne, der er afgørende for effektbegrænsningen. En 3-faset V2H-lader som fremgår i bilag 2.1, kan afgive en effekt på 11 kW. På figur 1.4 fremgår et Smart Meter, som illustrer udligning af køb og salg af strøm fra et 3 faset batteri anlæg.

Fordelen ved V2H er muligheden for både at kunne oplade og aflade i samme stik. Dette medfører derfor mange af de samme fordele som et husbatteri, hvor brugeren har muligheden for at kunne oplade bilen i de lave afgiftstimer, og aflade til husets forbrug i de høje afgiftstimer.

Desuden vil det kunne medføre muligheden for at anvende Ø-drift i husinstallationen, i tilfælde af udfald på elnettet. Dette kræver dog at installationen er udstyret med en TSE (impulsrelæ) i henhold til DS/HD 60364⁴.



Figur 1.4
SmartMeter der udligner forbruget
Kilde: privat foto

³ (Fællesregulativet 2022) punkt 9.4.1

⁴ (DS/HD 60364) punkt 536.4.2.3

V2G

Vehicle-to-Grid, oversat til Køretøj-til-Net, er stort set identisk med V2H. Den store forskel er muligheden for at kunne sende effekt tilbage til nettet i stedet for til hjemmet. Den fysiske installation vil være identisk til V2H-laderens installation, dog med en kommunikations enhed som giver mulighed for forsyningsnettet at kunne aflade bilens batteri igennem V2G-ladere, for at sælge strømmen eller frekvensregulere.

I september 2016 etablerede Frederiksberg Forsyning 10 stk. V2G-ladere som et forsøg. De 10 biler der blev anvendt i forsøget, var i gennemsnit tilsluttet elnettet 17 timer i døgnet. Nuværende, som stod bag software til køb og salg af strøm fra elnettet, opgjorde en fortjeneste på 12.000 kr. pr. bil mellem 2017 og 2018. Udover besparelsen angav forsøget også et meget nøjagtigt kørselsmønster, der hjalp yderligere med optimering af bilernes brug og deling mellem de ansatte⁵. Figur 1.5 er et billede af flåden som står tilsluttet via V2G-ladere. Her anvendes der CCS Stik (Combined Charging System), da stort set alle V2G-ladere før 2020 anvendte DC tilslutningen for at minimere energitab.



Figur 1.5

Mand tilslutter bil til V2G lader

Kilde: <https://www.frb-forsyning.dk/om-os/nyheder/fire-aar-med-v2g-elbiler>

V2V

Vehicle-to-Vehicle, oversat til køretøj-til-køretøj, er muligheden for at kunne oplade en bil med en anden bil. Principielt er der ikke den store forskel rent teknologisk, og vil typisk være en type af V2L, hvor on-board-lader bruges til at lade det andet køretøj. En udfordring der er opstået med denne type BiCh, er i den situation hvor der anvendes en abonnementsløsning, hvor brugeren betaler et fast beløb og kan lade ubegrænset på lade-udbyderens net. V2V kan her misbruges til at lade flere køretøjer ved brug af et enkelt abonnement. Dette vil være stort set umuligt for udbyderen at opdage, men fører til en suspension af abonnementet hos aktører som f.eks. Clever, og er blevet anvendt mere end en gang.

⁵ <https://www.frb-forsyning.dk/om-os/nyheder/fire-aar-med-v2g-elbiler>

Det rullende husbatteri

Den private husstandsløsning

Med udgangspunkt i de forskellige typer BiCh, er det V2G og V2H der er interessant for boliginstallationer. V2L løsninger skal anses som et generatoranlæg, der ikke er tilsluttet forsyningsnettet. I DS-60364⁶ beskrives det, at tilslutninger til alle strømforsyninger skal være i overensstemmelse med DS-60364⁷ punkt 551. Her fremgår det i Anneks ZC⁸ at separate strømkredse med et enkelt strømforbrugende materiale skal leve op til kravene i DS-60364⁹. Tilsluttes der mere end et stykke strømforbrugende materiale, skal installationen udstyres med en IMD (Isolationsovervågningsudstyr), og være udstyret med RCD (Residual Current Device) til automatisk afbryder. Hyundai beskriver selv at V2L skal ses som en transportabel generator, og må aldrig tilsluttes elnettet som "BackFeed", eller havde mere end 1 brugsgenstand tilsluttet¹⁰. Ud fra det kan V2L ikke anvendes som en del af en fast installation, eller anses som et prosumeranlæg.

I DS-60364¹¹ fremgår beskrivelsen af prosumer. Prosumer betyder, at der både bruges og produceres strøm. Dog anses en V2H og V2G installationer også som prosumer, da det medfører muligheden for at sende strøm tilbage på nettet.

I bilag 1.0 (2:06), forespørges Energinet hvordan de forskellige forsyningsselskaber håndterer V2G og V2H tilslutning til elnettet. Her fortæller de, at det er de enkelte forsyningsselskaber der skal udarbejde hvordan de vil gøre dette, men giver udtryk for at der på nuværende tidspunkt ikke ligger et specifikt skema til denne type installationer, men at de selvstændige forsyningsselskaber på sigt vil udarbejde det hvis behovet kommer. Tilmelder en El-installatør et V2G eller V2H anlæg i dag, vil det blive anset som et prosumer anlæg på samme måde som et solcelleanlæg med læringsakkumulator (batteri). Energinet besvarer yderligere, at de godt kan se en fremtid i V2H hvis bilproducenterne vil tilbyde det, og der kommer V2H-ladere på markedet, der er økonomisk rentable. De mener dog ikke at V2G kommer til at få en stor betydning i Danmark inde for den nærmeste fremtid.

Officielt er der på nuværende tidspunkt ikke V2H eller V2G-ladere på markedet i Danmark. Det skyldes blandt andet at det kun er meget få biler på vejene der understøtter V2H, og den lave efterspørgsel har medført at redueringen af omkostningerne ved produktion af V2H-ladere går langsomt. Producenterne af laderne har på nuværende tidspunkt opgivet priserne til at være 3 til 4 gange højere end en almindelig elbils-lader. Derudover har den første generation af V2H-ladere til det private marked primært været med 1-faset tilslutning. I henhold til FR22¹² begrænser det den danske aftager til 3600 W, og derved kan medføre en forlænget tilbagebetalings periode.

I bilag 1.2 (2:30) udtaler Polestar, at de i deres nye bil (Polestar 3) har indbygget deres on-board-inverter. Dette vil medføre at selve laderne til V2H/V2G bliver betydelig billigere at producere, da der anvendes AC til AC, og selve omformningen ligger i bilen. De udtaler dog at det har medført andre problemer, da kommunikationen mellem hus og bil stadig skal kunne overføres.

⁶ (DS/HD 60364) – Anneks 8-2-5.

⁷ (DS/HD 60364) – 5-55 punkt 551.

⁸ (DS/HD 60364) – 5-551- ZC.3.2

⁹ (DS/HD 60364) – 4-41 punkt 413

¹⁰ <https://www.hyundai.co.nz/v2l>

¹¹ (DS/HD 60364) - Anneks 8-2

¹² (Fællesregulativet 2022) punkt 9.4.1

En generel problematik ved V2G/V2H-ladere vil blive understøttelsen af de forskellige bilmærker og specifikke modellerne. Eksemplet fra Polestar vil højst sandsynligt medfører anvendelsen af en proprietær lade-boks, for at kunne anvende V2G/V2H funktionen. Dette vil medføre, at den enkelte husstand bliver begrænset i valg af bil fremadrettet, hvis de stadig vil udnytte V2G/V2H funktionaliteten uden at skulle skifte lader. Dette er allerede tilfældet hos Ford, hvor deres V2H løsning kun virker med deres egen bil og egen lader. I bilag 1.3 giver Kia Danmark udtryk for, at deres største udfordring er at de ikke har kunnet udføre test af V2H/V2G i Danmark, da de stadig mangler Kias AC lade-boks, der kan afvikle V2G/V2H. Disse 3 eksempler understøtter den proprietære udfordring, der kan opstå i et nyt marked med mange aktører og interessenter.

De fleste 1. generations V2G/V2H-ladere har brugt CCS Stik (se figur1.6) til tilslutningen. Derved overfører bilen DC-spænding til ladeboksen, der er udstyret med en inverter der konverterer det til AC på samme måde som et solcelleanlæg. De fleste biler der understøtter V2G/V2H i dag anvender CCS til V2G/V2H. På samme måde har de fleste 3.parts lade-producenter også satset på CCS standarden.



	J1772	Tesla	CHAdeMO	CCS	Type 2	CCS (2)	GB/T
N. America	AC/DC	AC/DC	DC	DC			
Europe	AC	AC/DC	DC		AC	DC	
Japan	AC		DC				
China							AC/DC

Figur 1.6
 Forskellige typer af elbils lade-stik
 Kilder: <https://www.mdpi.com/2079-9292/12/20/4295>

Grundlaget for at anvende V2G/V2H i den private husstand har principielt 3 cases:

Case 1: Ved brug af V2H vil en privat husstand eller virksomhed med en flåde af biler, kunne oplade bilerne i løbet af dagen fra elnettet eller andre prosumer-installationer som vindmølle eller solceller, og bruge den opladede strøm i tidsrum med høje elpriser og afgifter.

Case 2: Ved brug af V2G vil brugeren kunne indgå i frekvensregulering, hvor der ydes understøttelse til nettet når der er behov for dette.

Case 3: Ved brug af V2G vil brugeren kunne indgå i en lagringsordning, hvor brugeren aftager strøm fra nettet efter aftale med solcelle og/eller vindmølleparker, og sælge strømmen ud på nettet når der er mangel. På denne måde vil man begrænse brug af fossiltbrændstof til elproduktion, da lagringsmuligheden af vedvarende energi er større.

I bilag 1.1 (7:38) udtaler Nissan, at der ligger en udfordring i at der i dag skal betales en afgift hver gang brugeren tilslutter sig elnettet, og vil sælge strøm tilbage til nettet. Dette vil ikke være relevant i en husstand, da afregningen vil gå gennem forbrugers måler.

Boliginstallationens udfordringer

I DS-60364¹³ beskrives kravene til en prosumer-installation. Her beskrives PEI (Peak Efficiency Index) som er en betegnelse for spidseffektivitetsindeks. Her lægges vægt på, at anbefalinger og krav gælder inden for anvendelsesområder af hele IEC 60364, og at det både gælder nye installationer og ændringer i eksisterende installationer. Dette skal der tages hensyn til, da der med stor sandsynlighed foretages ændringer i installationer, ved etablering af en V2G/V2H-lader.

Når der etableres V2H/V2G som en prosumer-løsning, er der behov for måling af effektforbruget i installationen. Dette er nødvendigt for at lader/bilen ved hvornår den skal aflade til nettet, for at udligne forbruget. Typisk vil denne måling ske ved hjælp af et SmartMeter, som er en tavlekomponent der etableres som det første led i installationen efter afregningsmåleren. Alternativt anvendes der CT-coils, som er små strømtrafoer. CT-coils er ofte begrænset af en maks. længde på 30 meters kabel fra tavle til lader. Yderligere fylder CT-coils relativt meget i en boligtavle, og kræver en god afstand mellem forsyningslederne for at kunne placere coilsne korrekt.

Da smart-meteret er en komponent, medfører det ofte store ændringer i tavlen eller etablering af en helt ny tavle. Dette skyldes, at smart-meteret skal være første led i installationen, hvor der ofte sidder en RCD. Det vil derfor medføre omrokering af tavlens eksisterende komponenter. I bilag 1.4, som er en udtalelse fra en EI-installatør virksomhed, har de i 4 ud af 6 installationer, hvor der skulle etableres CT-coils eller smart-meter, måtte skifte hele tavlen for at opnå plads til det nye udstyr. Disse ændringer er en del af prosumer-installationen, og skal leve op til IEC 60364. Et smart-meter bruger typisk RS485 kommunikation via et data kabel, der også skal leve op til DS-60364¹⁴ krav om kvadrat på min. 0.1mm². Figur 1.7 er en installation med CT coils. Figur 1.8 er en installation med et smart-meter.



Figur 1.7
CT-coils monteret på gruppe
Kilde: Privat foto



Figur 1.8
Smartmeter monteret i tavle
Kilde: Privat foto

¹³ (DS/HD 60364) - Anneks 8-2-1

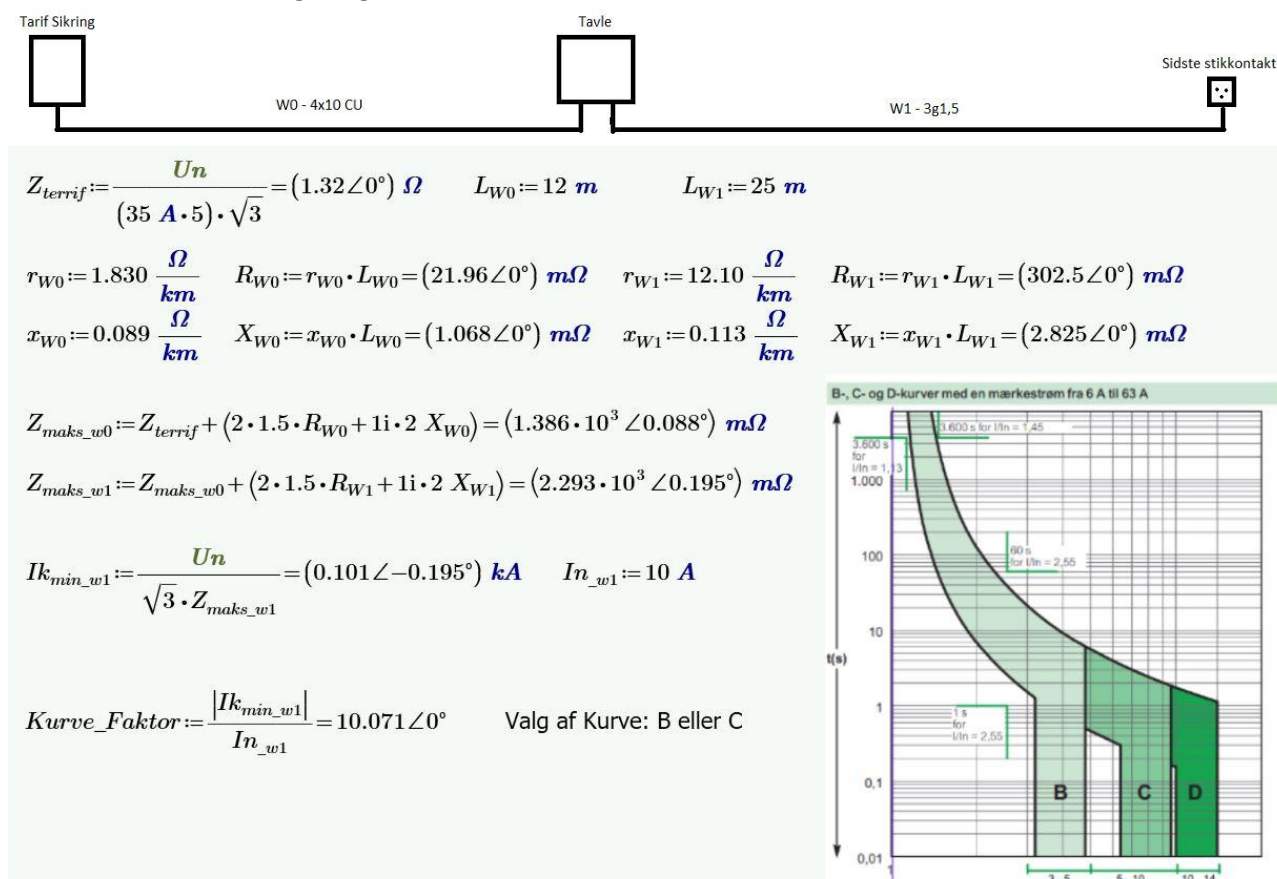
¹⁴ (DS/HD 60364) – Tabel 557.1

I DS-60364 del 8-2 er beskrevet de forskellige tilslutningsmetoder. De to mest anvendte til en V2H/V2G-lader vil være den individuelle PEI og Ø-drift via TSE-omskiftning.

Individuel PEI anlæg vil være forbundet på sådanne en måde, at den ikke kan sende strøm tilbage ud på nettet, hvis spændingen fra nettet falder. Sikkerhedsudstyret til sådanne en installation skal i henhold til DS-60364¹⁵ være en type B RCD, for at undgå mulighed for DC-fejlstrømme, som kunne komme fra batteriet. Dog behøves dette ikke hvis producenter af V2G/V2H-laderne kan garantere, at der ikke kan overføres DC fejlstrømme. Da anlægget kræver spænding fra nettet for at sende strøm tilbage, vil kortslutningsniveauet fra nettet altid være udgangspunktet for MCB-udkobling (Miniature Circuit Breaker), og der skal derfor ikke anvendes yderligere beregning af denne.

Ved anvendelse af Ø-drift, hvor anlægget er isoleret fra den offentlige forsyning, eller omskifter ved hjælp af TSE, anvises der i DS-60364¹⁶ at der skal tages hensyn til kortslutningsniveau fra anlægget, samt sikres at jordforbindelsen er aktiv, og en fejlstrøm kan udkoble RCD'en eller andet beskyttelsesudstyr.

FR22¹⁷ oplyser at IKmin (mindste kortslutningsniveau) i en bolig, er 5 gange tarifsikringsstørrelse. I en bolig med 35 A sikringer medfører dette en IKmin på 175A. For at skabe visualisering i problematikken, kan der udregnes hvilken type MCB der kan anvendes. Se figur 1.9, som er en udregning og kontrol af en MCB installeret i en almindelig bolig.



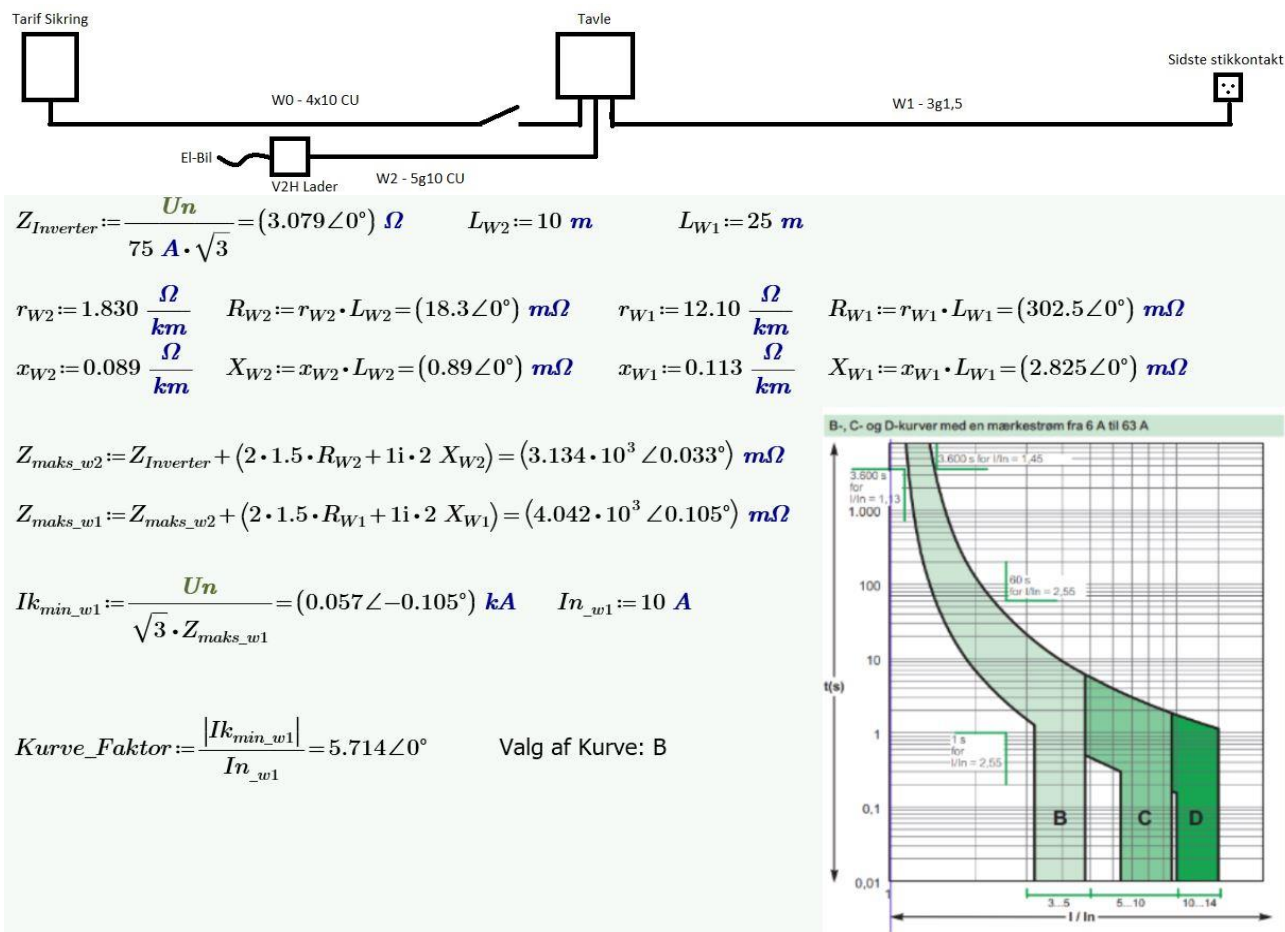
Figur 1.9
Et-steps-skema af bolig installation efterfulgt af udregning af kurve faktor
Kilde: Udarbejdet til rapporten

¹⁵ (DS/HD 60364) - punkt 712.530.3.101

¹⁶ (DS/HD 60364) – 8.1.2.1 / 8.1.1.3

¹⁷ (Fællesregulativet 2022) – punkt 14.2

Udfordringen ved Ø-drift anlægget opstår ved, at IKmin typisk vil blive betydeligt lavere og derved stille yderligere krav til MCB'en, såfremt den kan anvendes. Det er på nuværende tidspunkt svært at få oplyst disse data fra lade-producenterne, men sammenlignes der med en hybridinverter til et solcelleanlæg, kan dette illustrere problematikken. I bilag 2.2 fremgår det at det maksimale kortslutningsniveau fra denne type inverteren er 75A, hvilket er 100A mindre end den normale IKmin i det foregående eks. Se figur 1.10, som er en udregning og kontrol af den samme MCB-installation, men nu med inverterens kortslutningsniveau.



Figur 1.10
Et-steps-skema af bolig med Ø-drift installation efterfulgt af udregning af kurve faktor
Kilde: Udarbejdet til rapporten

Som det fremgår i figur 1.10 kan valg af MCB blive en udfordring, da den mindste kortslutning bliver betydeligt lavere. Dette kan være et problem for mange boliginstallationer, hvis der ønskes mulighed for Ø-drift.

Denne illustration af kortslutningsproblematikken fra en hybridinverter vil være de samme udfordringer, som V2G/V2H-ladere vil skulle håndtere, såfremt de understøtter Ø-drift. Dog fremgår kortslutningsværdierne meget sjældent på det offentlige tilgængelige materiale. I bilag 1.2 (5:58) ønskede Polestar ikke at udbyde nogle tekniske data om deres on-board-lader, ud over en effekt på op til 22kW, og ej heller be- eller afkræfte om den understøtter Ø-drift. Det samme siger Kia Danmark i bilag 1.3, da de ikke kan komme med specifikke data om deres AC-lader, og kan heller ikke be- eller afkræfte om den vil understøtte Ø-Drift.

Det økonomiske aspekt

Den økonomiske del af V2H/V2G, skal vurderes i forhold til flere punkter:

- **Udgift ved etablering.** Hvad koster det at etablere en lader, og evt. ændringer i installationen?
 Ud fra Bilag 1.4 udtaler El-installatør virksomheden, at selve etableringen vil kunne variere mellem 8.000 kr. til 20.000 kr., alt efter omstændighederne. For regneeksemplet der udarbejdes her i kapitlet, regnes der med 8.000 kr. i installations- og tilmeldingsomkostninger.
 Hvad angår V2G/V2H-ladernes pris er det her svært at prissætte, da de på nuværende tidspunkt ikke findes på det danske marked.

I Bilag 1.2 (20:30) udtaler Polestar en forventet pris fra 3. parts selskaber på omkring 2-3.000 Euro. Hertil skal tillægges moms og evt. afgifter, transport osv. Et realistisk bud er 25.000 kr. leveret uden montering og tilmelding.

- **Udgifter til bilen.** Er en V2G/V2H-klar bil dyere end en almindelig bil?
 Da der på nuværende tidspunkt kun findes meget få biler på markedet med V2H/V2G, er dette svært at finde evidens for eller imod. I bilag 1.2 (19:10) udtaler Polestar at deres On-Bord-lader er meget dyr, og vil blive hæve bilens prisen, uden de vil informere om hvor meget mere det er. Dog er de biler som understøtter V2G, f.eks Nissan Leaf, en af de billigste elbiler på markedet lige nu. Dette fremgår af en prislister fra Andersen Biler¹⁸. Ud fra dette pålægges der ikke en yderligere udgift til dette regneeksempel, da det ikke kan dokumenteres, at V2G/V2H-klar biler skulle være dyere at anskaffe.

- **Besparelser ved brug af V2G/V2H mellem 17 til 21 for at spare afgift.**
 I bilag 2.4 kan det aflæses, at det samlede forbrug i tidsrummet 17-21 er omkring 24,4 procent af forbruget på et døgn. Ud fra bilag 2.3, som er et eksempel på en årlig elregning, kan der laves en udregning med disse 24,4 procent, for at illustrere hvor stor en del af transportafgiften der kan spares. Se figur 1.12 for udregningen.

Transportafgift besparelse V2H

Total forbrug	10.103 kWh	17-21 forbrug	24,40%	2465 kWh	
Total afgift	5128,35 DKK	17-21 afgift	117,32 øre	2892,03 DKK	afgift pris 17-21
		Sommer 25%*	59,23 øre		
		Vinter 75%*	136,68 øre		
		02-06 afgift	15,19 øre	374,45 DKK	afgift pris 0-6
Total besparelse				2517,58 DKK	Besparelse

Note *Der er korrigeret for højere forbrug i vinter periode, med henholdsvis 75% af det årlige forbrug i vinterperiode og 25% i sommerperioden.

Figur 1.12
 Beregning af afgiftsbesparelse
 Kilde: Udarbejdet til rapporten

¹⁸ <https://www.andersenbiler.dk/nyheder-kampagner/2024/priserne-for-elbiler-2024/>

- Besparelse ved brug af V2G/V2H mellem 17 til 21, ved at indkøbe strøm til en lavere spotpris om natten. I bilag 2.5 fremgår et priseksempel for en dag i oktober 2023. Ved at aflæse data for samtlige dage kl. 2:00 og kl. 19:00, er der blevet udarbejdet en gennemsnitspris for disse to tidsrum. Med udgangspunkt i at det vil være i disse tidsrum der vil blive afladt og opladt, kan der udføres følgende beregning. Se figur 1.13. Det er valgt at bruge data fra oktober måned, da denne måned udgør den bedste median af en måned, set ud fra et årsforbrug.

El pris besparelse V2H

Total forbrug	10.103 kWh	17-21 forbrug	24,40%	2465 kWh	
Total spot pris	8844,91 DKK	19:00 pris*	89 øre	2193,97 DKK	afgift pris 17-21
		2:00 pris*	36 øre	887,45 DKK	afgift pris 00-06
Total besparelse				1306,52 DKK	Besparelse

Note *Der er regnet med en gennemsnitspris over 31 dage, Data fra October 2023 kilder:<https://elberegner.dk/elpriser-time-for-time/>

Figur 1.13

Beregning af elpris besparelse

Kilde: Udarbejdet til rapporten

- Indkomst & salg af strøm, og frekvensregulering.
Med udgangspunkt i artiklen¹⁹ fra Frederiksberg forsyning, var det muligt at opnå en fortjeneste på 12.000 kr over 2 år, ved køb og salg af strøm. Dog er det i dette regneeksempel en udfordring, da tidspunktet der aflades til eget forbrug, typisk også vil være der hvor der skulle sælges, da det er her prisen er højest. Yderligere vil bilen heller ikke være tilsluttet hele dagen i en privat bolig, men oftes kun fra kl. 16:00 til kl. 8:00.
Ud fra dette vil det ikke anses som en stor gevist at tilslutte sig en køb/salg ordning igennem en ekstern virksomhed, der kunne formidle sådanne en service, og dette er derfor ikke medregnet i dette regneeksempel.
Frekvensregulering vil fremgå senere i rapporten, men vil ej heller medtages som en økonomisk faktor i dette regnestykke.

¹⁹ <https://www.frb-forsyning.dk/om-os/nyheder/fire-aar-med-v2g-elbiler>

Ud fra disse punkter kan der ved brug af V2H/V2G i en husstand med et årligt forbrug på omkring 10 MW, udregnes følge udgift, besparelse og tilbagebetalingsperiode. Se i figur 1.14

Udgift	Etablering & Tilmelding	8.000,00 kr.
	V2G/V2H Lader	25.000,00 kr.
sum		33.000,00 kr.
Årlig Besparelse	Afgift besparelse	2.517,58 kr.
	Spot pris besparelse	1.306,52 kr.
sum		3.824,10 kr.
Tilbage betaling	Udgifter	33.000,00 kr.
	Besparelser årligt	3.824,10 kr.
tid		8,63 År



Figur 1.14
Illustration og udregning af tilbagebetalingen af en V2H lader
Kilde: Udarbejdet til rapporten

Ud fra denne beregning vil tilbagebetalingsperiode af en V2H/V2G-installation ligge på 8,6 år. Den årlige besparelse er her blevet udregnet til 3.824 kr. med etableringsomkostninger på 33.000 kr.

Elnettets nye buffer

Frekvensregulering

V2G har indgået i flere forskellige forsøg og tests over de seneste år. Forsøgsordningen hos Frederiksberg Forsyning var med henblik på at købe og sælge strøm, mens en anderledes måde at anvende V2G kunne være frekvensregulering.

Målet med at tilbyde frekvensregulering er for at hjælpe nettet, når frekvensen uventet ændres, f.eks. ved pludselig højere belastning af nettet. Før i tiden var dette typisk når større industrier startede op, eller et stort udfald på nettet, der kunne medføre frekvensujævnheder. I dag kan det også være en stor udfordring hos solcelleparker, der kan blive ramt af en sky, og derved pludselig reducerer produktionen voldsomt, og derved påvirkes frekvensen på nettet. Derfor har frekvensregulering været en nødvendighed, og er det stadig. I bilag 1.0 (19:17) udtaler Energinet at der er flere udfordringer ved at anvende V2G til frekvensregulering.

Energinet udtaler, at for at kunne yde frekvensregulering, kræver det som minimum at der kan aftages eller tilbagegives en vis mængde effekt. Samtidig skal ydelsen ske i henhold til de aftalt responstider, som kan svinge fra 1 sekund til flere minutter. I Danmark er det Energinet der bestemmer hvilke krav der skal opfyldes, for at kunne komme i betragtning til frekvensregulering. På Energinet.dk²⁰ fremgår udbudsbetingelserne, samt en årlige oversigt over hvad der bliver udbetalt for de forskellige ydelser.

Der er som udgangspunkt to typer frekvensregulering, der kan være relevant i forhold til V2G.

Den ene type vil være den hurtigt regulerende, hvor frekvensen kun dykker lidt, og anvendes ofte til at stabiliserer nettet indtil en større buffer, som f.eks. et kraftværk, kan overtage stabiliseringen. Denne regulering skal have en responstid på få sekunder, og varer typisk ikke længere end 15 minutter. Når Energinet indkøber ydelsen, vil det som minimum være i en kapacitet på 0,3 MW, men som dog gerne må komme fra flere mindre anlæg for at opfylde ydelsen.

Udfordringen for en V2G-lader ville være responstiden, grundet beskyttelsesprocedurer forbundet med en opladning og afladning. Normalt når en ladning starter, bliver der fortaget flere målinger mellem bil og lader inden overførslen starter, som en del af et "sikkerhedstjek". Derfor vil den typisk ikke kunne nå at reagere på et ydelses-kald til hurtig frekvensregulering.

Den anden type frekvensregulering er den længerevarende med større kapacitet. Her er responstiden typisk flere minutter, men derimod sættes der krav til enheder med begrænset energibeholdning, også kaldt LER-anlæg. LER står for Low Energy Ressource, hvor den enkelte batteri/bil ikke kan levere hele ydelsen, men er afhænge af flere batterier/biler, og derved kaldes den samlede portefølje af batterier/biler et anlæg. De fleste frekvensydelse af denne slags kræver, at anlægget altid skal have minimum 20% af den totale kapacitet til rådighed, og kunne afgive den fulde effekt i minimum 20 minutter.

Det vil som udgangspunkt ikke anses som en mulighed at den private V2G-ladejer vil kunne yde hele frekvensregulering alene, da kapaciteten der skal anvendes vil kræve flere biler og V2G-ladere. Samtidig er den almindelige husstand begrænset af hvilken tarifikring der anvendes, og vil typisk kun være i stand til at sende omkring 25 kW tilbage i en længere periode. Dog vil en fælles løsning, hvor flere V2G-ladejere går sammen og fungerer som "et" LER-anlæg, være en realistisk mulighed i fremtiden.

²⁰ <https://energinet.dk/media/3blfwrcg/udbudsbetingelser-for-systemydelse-til-levering-i-danmark-1-2-2024>

Såfremt en løsning som denne skal fungere i fremtiden, vil det kræve en udbyder som er interesseret i at skabe en løsning der anvender V2G-ladeejere. Hvis det antages at der indgår 100 biler i en "fællesløsning", skal der også tages højde for, at ikke alle 100 biler vil være tilsluttet i alle døgnets 24 timer. Dernæst er det kun biler der har mere end 20% tilbage på deres batteri, der indgår som "tilsluttet". Af denne type frekvensregulering er den mindste indkøbssum dog kun 0,1 MW i DK2 i henhold til (Energinet)²¹.

I figur 1.15 ses en tabel for indkøb og priser på frekvensreguleringsydelse for 2022. FCR-D vil formodes at være den type, der vil passe bedst til en fælles reguleringsmodel. Som det fremgår, udbetales der 4 millioner kr. for 1 MW opregulering, samt 1 million kr. for 1 MW nedregulering. Med fokus på opreguleringen, blev der leveret 21 MW i hele 2022.

NØGLETAL FOR ÅRET 2022

Produkt	Indkøbt i antal timer	DK-levering Gns. MW	Gns. pris kr/MW/h	Årsbetaling for 1 MW (kr)
mFRR (DK1) – dag	8760	297	11	92.750
mFRR (DK2) – dag	8760	257	149	1.309.508
mFRR (DK2) – måned	8760	346	96	842.956
aFRR symmetrisk (DK1)	5328	100	1.091	5.814.000
aFRR opregulering (DK2)	480	0	708	339.723
aFRR nedregulering (DK2)	480	4	535	256.949
FCR symmetrisk (DK1)	8760	1	991	8.680.004
FCR-N symmetrisk (DK2)	8760	5	483	4.232.274
FCR-D opregulering (DK2)	8760	21	470	4.119.712
FCR-D nedregulering (DK2)	3240	24	331	1.072.545
FFR-opregulering (DK1)	1534	6	2.412	3.700.194
Special nedregulering (DK1)	2562	729	-34	87.108
Special nedregulering (DK2)	2095	143	-17	35.615

Figur 1.15
Udbetalings priser for frekvensydelse 2022
Kilde: årlig-statistik-for-reserver-2022.pdf

Hvis det i et eksempel med 100 biler, der alle er tilsluttet og hver bidrager med 1 kW time, der i alt skal sende 0,1 MW ud på nettet, så får den samlede portefølje en årlig udbetalt på omkring 400.000 kr. til deling. Her vil det formodes at udbyderen, der står for software og administration, nok tager halvdelen. Derfor får hver af V2G-ladeejerne der indgår i "anlægget" omkring 2.000 kr. udbetalt for deres ydelse. Dog skal der tages højde for perioden på omkring 6 timer hvor bilen lades op, hvor den ikke indgår som en del LER-anlægget, og heller ikke i løbet af dagen hvor bilen ikke er hjemme, og derfor ikke tilsluttet. Yderligere vil den heller være en del af anlægget såfremt der er under 20% af batterikapaciteten tilbage ved hjemkomst, og derved skal bilen lade op til 20% før den indgår. Derfor vil det som minimum halvere antallet af tilsluttede timer på døgnet, og medfører derfor en halveret udbetaling på omkring 1.000 kr. på et år.

²¹ <https://energinet.dk/media/0vdd41vi/udbudsbetingelser-for-systemydelse-til-levering-i-danmark>

Dette er dog et meget klinisk eksempel, og det må formodes at en fællesløsning nok vil kræve mange flere biler med V2G-lader, for at være konkurrencedygtigt på ydelsesmarkedet. Derved vil det yderligere reducere indtjeningen voldsomt for den enkelte V2G-ladeejers. I dette eksempel er der heller ikke taget højde for om der evt. skulle være en merudgift i forbindelse med etablering til frekvensregulerings systemet hos den enkelte V2G-ladeejers, som ville påvirke rentabiliteten på V2G-laderen yderligere.

I bilag 1.0 (21:36) udtaler Energinet at de ikke ser den store fremtid i frekvensregulering for private. Især ikke idet flere store lade-selskaber i Danmark, som f.eks. Clever med over 34.000 ladere, allerede yder frekvensregulering ved at skruer op eller ned for belastningen på deres almindelige elbils-ladere. På denne måde har Clever ikke nogen underleverandører som i V2G eksemplet, der skal betale for køb og salg af effekten, og har derfor ikke nogle store omkostninger forbundet med ydelsen. Det vil derfor også medføre, at de vil kunne presse priserne på denne type frekvensreguleringsydelse meget.

Elnettets potentielle design

V2G's oprindelige design funktion var tænkt til at supplere nettet. Den innovative udvikling inden for V2G, samt energiudfordringer forbundet med krig og pandemi, har siden hen skabt nye brugerfunktionaliteter. Green Power Denmark beskriver i en artikel²², at ønsket om elektrificering frem mod 2035 vil være i et udfaldsrum på mellem 28 til 58 TW timer. Her beskrives også, at transmissionsforbindelserne samt backup elproduktionskapacitet vil kræve store investeringer, hvis det skal leve op til dette ønske. Teknologien i V2G og V2H vil derfor muligvis kunne hjælpe med at opnå disse ønskede kapaciteter, ved at reducere spidsbelastningerne.

Med henblik på designet af den sekundære side af 10/04 nettet, anvendes der typisk en udregning kaldet Valander formen, for at estimerer forbruget. Herfra vælges transformerstørrelse og OCPD (overbelastnings beskyttelse). Værdierne brugt til udregning af denne formel bestemmes ud fra målinger på forskellige typer af bygningerne, samt forskellige forbrugsmønstre, indsamlet over tid. Disse målte værdier er beskrevet som K1 og K2. Yderligere anvendes et estimeret årligt forbrug.

For illustration af valg og design af en 10/04 transformer, bruges her en case med 100 parcelhuse. I en artikel fra FDM²³ anslås det, at der i 2030 vil være 1,4 millioner elbiler i Danmark, og derved medregnes det at 25% af boligerne vil have elbils-lader installeret. I samme artikel fremgår en forventet ekstra belastning på 6 kW timer om dagen til opladning af elbilen. K-værdierne til denne case, er taget fra bogen (Anvendt Elektroteknik Forsyningsanlæg)²⁴. Figur 1.16 er en illustration af en Valander-udregning, som angiver transformerens belastningsbehov.

²² <https://greenpowerdenmark.dk/udgivelser/elektrificering-eller-ej-stort-udfaldsrum-elforbrug>

²³ <https://blog.bilbasen.dk/hvor-meget-strom-bruger-en-elbil-377051/>

²⁴ (Anvendt Elektroteknik Forsyningsanlæg) side 285 punkt 17.1.1.

Valander Formel - Parcel huse

Parcelhus uden elbil

$$k_{1_parcelhus} := 0.249 \quad k_{2_parcelhus} := 2.486 \quad W_{1_parcelhus} := 4.5 \text{ MWh} \quad n_1 := 75$$

$$P_1 := k_{1_parcelhus} \cdot n_1 \cdot W_{1_parcelhus} + k_{2_parcelhus} \cdot \sqrt{n_1 \cdot W_{1_parcelhus}} = 129.708 \text{ kW}$$

Parcelhus med elbil

$$W_{2_parcelhus} := 4.5 + 365 \cdot 0.006 = 6.69 \text{ MWh} \quad n_2 := 25$$

$$P_2 := k_{1_parcelhus} \cdot n_2 \cdot W_{2_parcelhus} + k_{2_parcelhus} \cdot \sqrt{n_2 \cdot W_{2_parcelhus}} = 73.795 \text{ kW}$$

$$P_{Elbil_procent} := \frac{W_{2_parcelhus} - W_{1_parcelhus}}{W_{2_parcelhus}} = 32.74\%$$

Parcelhus sum

$$n_3 := n_1 + n_2 \quad W_3 := \frac{W_{1_parcelhus} \cdot n_1 + W_{2_parcelhus} \cdot n_2}{n_3} = 5.048 \text{ MWh}$$

$$P_3 := k_{1_parcelhus} \cdot n_3 \cdot W_3 + k_{2_parcelhus} \cdot \sqrt{n_3 \cdot W_3} = 181.535 \text{ kW}$$

$$\text{Strøm forbrug 100 parcelhuse med 25\% elbils brugere} \quad \frac{P_3}{\sqrt{3} \cdot 0.4 \text{ V}} = 262.023 \text{ A}$$

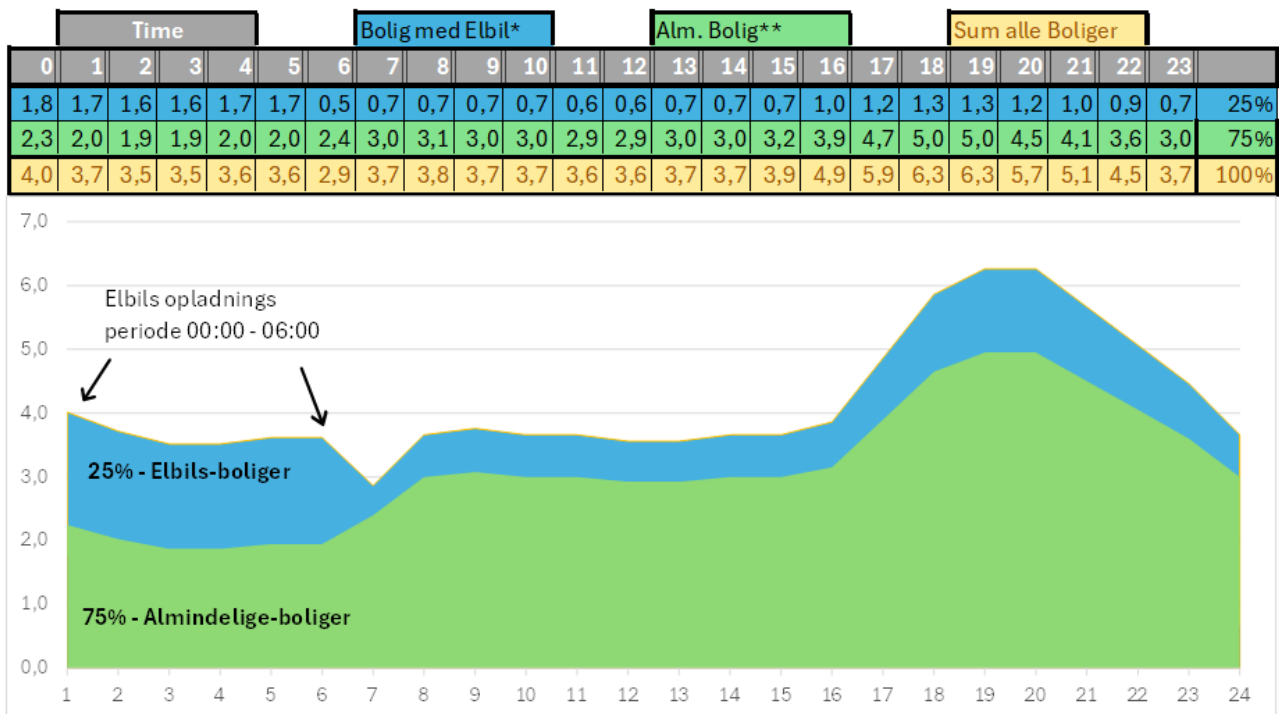
Figur 1.16

Valander formels udregning af 100 boliger med 25% elbilsejere

Kilde: Udarbejdet til rapporten

V2G ideologien har potentialet til at reducere transformerbelastning, såfremt det udføres korrekt. Med udgangspunkt i den samme case med 100 parcelhuse og 25 elbils-ladere, kan V2H beregningen med henblik på afgiftbesparelse tilbage i figur 1.12, anvendes som et udgangspunkt. Her flyttede V2H-laderne forbruget mellem 17:00 og 21:00, til mellem 2:00 og 6:00 om natten for at undgå den forhøjede afgift. For at opnå højere nøjagtighed adskiltes her de 25 boliger med elbil fra de 75 boliger uden, for at kunne præcisere de forskellige forbrugsmønstre, da elbils-boligerne bruger 32,74% mere strøm på opladning i henhold til beregningen i figur 1.16.

I figur 1.17 fremgår den samlede belastning i procent for de 25 huse med elbil (Blå område). Disse 25 boligers forbrugsmønster er udregningen med udgangspunkt i en almindelig bolig, hvor der efterfølgende er blevet tillagt 6 kW timer mellem 00:00 og 6:00, da dette antages som den typiske opladningsperiode. Dernæst fremgår de 75 almindelige boliger (Grønt område), der er beregnet ud fra et almindeligt forbrugsmønster. Linjen i toppen af figuren (Gul linje), er summen af alle 100 boliger og derved transformerens belastning i procent over et døgn.



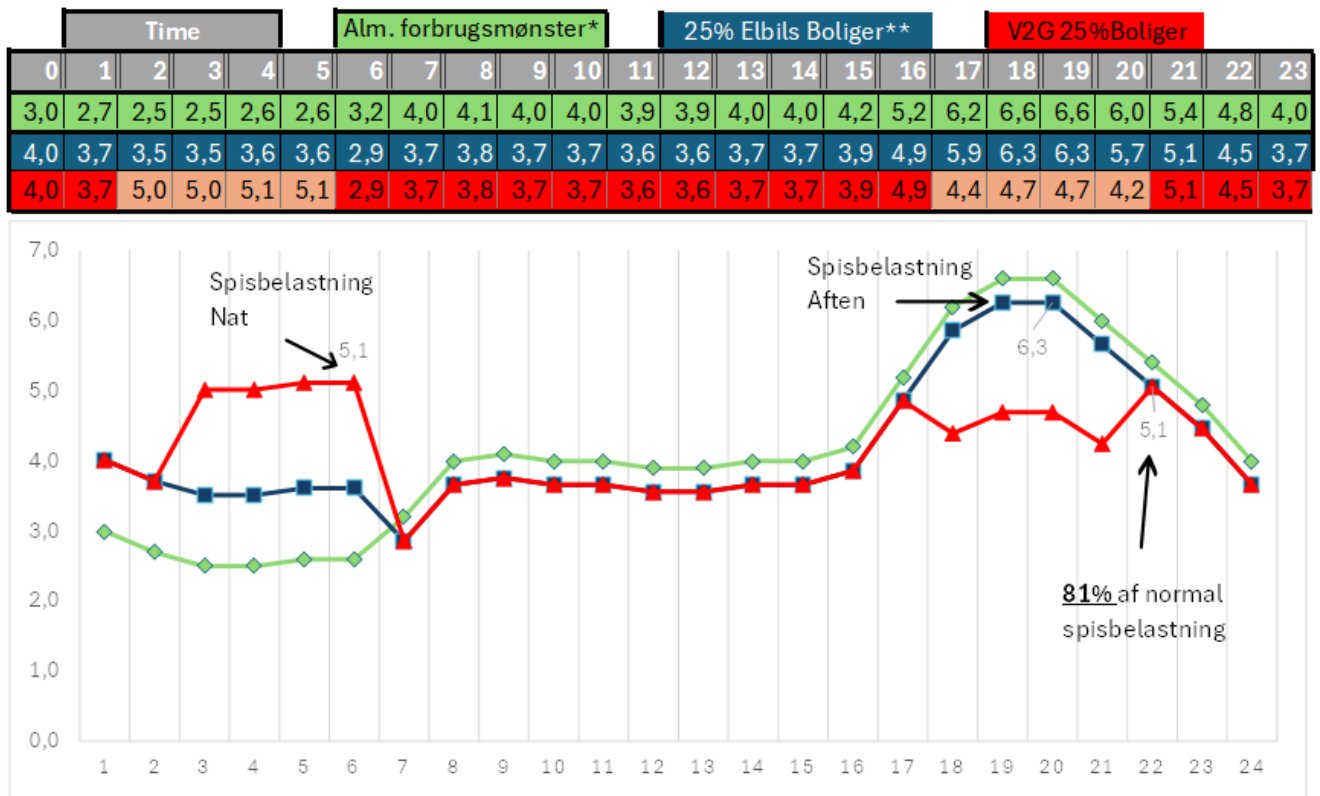
Note* Kilde for Elbil energi forbrug: <https://blog.bilbasen.dk/hvor-meget-strom-bruger-en-elbil-377051/>

Note** Kilde for normal % data : <https://www.bolius.dk/faa-stoerst-udbytte-af-dine-solceller-5044>

Figur 1.17
Transformer belastnings over 24 timer i %
Kilde: Udarbejdet til rapporten

Som figur 1.17 illustrer, er den største belastning hos boligerne med elbil allerede i området hvor V2H casen fra tidlige flytter forbruget til. På trods af dette, fremgår belastningen om natten stadig betydelig lavere end om aftenen, hvilket potentielt stadig giver mulighed for at anvende V2H til reducere af spidsbelastningen.

I figur 1.18 illustreres 3 forskellige forbrugsmønstre. Den første (Grøn) er et helt almindeligt forbrugsmønster for en bolig. Det andet (Blå) er det mere nøjagtige forbrugsmønster, med 25% elbilsboliger fra figur 1.17. Den sidste (Rød) er forbrugsmønsteret fra figur 1.17, men hvor forbruget mellem kl. 17:00 og 21:00 flyttes til mellem kl. 2:00 og 6:00, hos 25% af boligerne ved anvendelse af V2H.



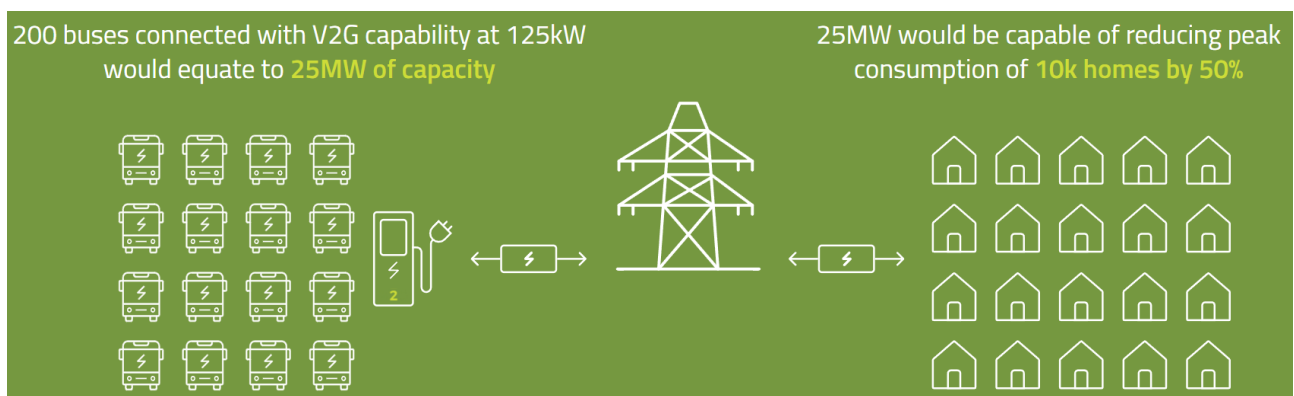
Figur 1.18
3 forskellige belastningsmønstre af en transformer over 24 timer i %
Kilde: Udarbejdet til rapporten

Ud fra denne case kan der illustreres et kollektivt forbrugsmønster, hvor V2H reducerer spidsbelastningen til 81% af den normale belastning. I denne case medfører det en reduktion fra 262 A til 112 A belastning i transformeren.

Derved vil det i et kontrolleret miljø, hvor der anvendes BiCh til reduktion af spidsbelastningen, medføre muligheden for tilslutning af flere brugere på en eksisterende transformer. Dog vil det i praksis være svært at dimensionere transformere, koblingsudstyr og kabler, med udgangspunkt i anvendelse af V2G/V2H, da dette vil medføre nogle konsekvenser der vil give udfordringer for forbrugerne og forsyningselskaberne.

I bilag 1.0 (3:32) forlægges denne V2H konstellation for Energinet, og om de tror forsyningselskaberne ville kunne anvende en sådan løsning. De anerkender muligheden, men tror ikke på en realistisk løsning, da der er for mange faktorer der kan påvirke en sådan løsning for at reducere spidsbelastningen. Derudover vil det rent praktisk også være en ret stor udfordring, da V2H/V2G-laderne skal kunne fungere med mange forskellige biler hvis ejerne udskifter dem, og samtidig binder dem til at have elbil fremfor alternativer som f.eks. brint-biler, der kunne være attraktive i fremtiden. Derfor vil det i forsyningsnettet være svært at implementere en løsning, der kan leve op til forsyningskravende i Danmark.

Denne case vil som udgangspunkt også kunne overføres til større virksomheder eller kommuner, der har mange erhvervsanvendte biler, der kunne indgå i en V2H/V2G løsning. I en illustration på Nuvve.com²⁵ beskriver de V2H Hubs. Her forklares det, hvordan de ved hjælp af deres V2G-DC-ladere kan have 200 busser tilsluttet, som vil kunne levere en samlet effekt på 25 MW. Her beskriver de, at det vil kunne reducere spidsbelastninger for 10.000 hjem med op til 50%.



Figur 1.20
Illustration af V2H Hubs kapaciteten
Kilde: <https://www.nuvvev2ghubs.com/>

²⁵ <https://www.nuvvev2ghubs.com/>

Bilfabrikanternes nye opgave

BiCh påvirkning af bilens batteri

Der sættes ofte fokus på elbilers ydeevne, batterilevetid og effekt tab. I en artikel fra FDM.dk²⁶, oplyser de fleste bilproducenter en garanti på deres batterier på 8 år, eller 160.000 km. Der fremgår dog ikke nogen specifikke garanti oplysninger vedr. brug af V2X.

I bilag 1.1(2:57) bliver Nissan forespurgt hvordan de håndterer garantien på deres køretøjer der understøtter denne teknologi, og hvordan de holder øje med slitage. Her udtaler de, at det ikke er noget der har været behov for, og ikke er noget der rigtig har været på tale. De fortæller også, at ud fra de forsøg Nissan har medvirket i, har de ikke observeret nogle yderligere slitager på batterierne ved brug af V2X, hvilket også har været en af grundene til at der ikke er blevet etableret nogle ekstraordinære garantibetingelser med henblik på brug af V2X.

Det samme spørgsmål blev fremlagt for Polestar, i bilag 1.2 (5:49). Her udtaler Polestar, at de ikke vil udlægge deres præcise garanti system, men oplyser at det er noget der bliver undersøgt internt hos Polestar i skrivende stund. De fortæller at det er meget svært at fast sætte et præcist garantisystem, og italesætter blandt andet konkurrenter der begrænser deres batteri til at have en fast mængde der kan anvendes til V2X, og derefter skal batteriet kontrolleres, og der skal tilkøbes flere kW timer hvis brugeren forsat ønsker at bruge funktionen. Det handler især om, at batterikemien i de enkelte batterier kan ændre sig forskelligt over tid, og det derfor er svært at gætte på påvirkningen. Dog fortæller de, at deres undersøgelser ikke viser nogle stor slitage på batterierne ved brug af V2X. Dette skyldes blandt andet af deres biler er designet til at skulle levere 260 kW når bilen accelererer 100%, og derfor er V2X en meget lille belastning i forhold til når deres on-bord lader skal afgive 22 kW.

I bilag 1.3 udtaler Kia Danmark, at der PT ikke har været nogle af deres test, der indikerer at batteriet skulle blive udsat for yderligere slitage, ved brug af V2X. De mener derfor ikke at garantipolitikken bør ændres.

Tros bilproducenterne udtaler, er der stadig en skepsis fra selvstændige tænketanke og bilmagasiner som f.eks. Green Lancer²⁷, der mener at BiCh har en effekt på batteriet levetid, dog stadig i et mindre omfang ind almindelig brug af bilen.

²⁶ <https://fdm.dk/alt-om-biler/koeb-leasing-salg/garanti-reklamation/garantier-paa-bilmaerker>

²⁷ <https://www.greenlancer.com/post/bidirectional-charging>

Bilens nye rolle

I bilag 1.3 skriver Kia Danmark følgende:

”Vi sælger ikke længere bare biler, der kan bringe kunden fra A til B, men gennemtænkte mobilitetsløsninger, der kan være med til at forbedre kundens hverdag og økonomi.”

Yderligere informerer Kia Danmark om, at der testes en V2G/V2H løsning i Holland, som vil komme til det danske marked via en software opdatering, såfremt forsøget er en succes. Kia Danmark har et ønske om at deres køretøjer skal være mere end et transportmiddel, og give deres kunder muligheden for at anvende deres bil som en økonomisk besparelse på elregningen i deres dagligdag.

Nissan udtaler i bilag 1.1 (12:45), at de ikke nødvendigvis ser bilen som en del af elinstallationen, men ligger mere fokus på hvordan de håndterer og genbruger de brugte batterier. De beskriver her hvordan brugte batterier fra Nissan Leaf genbruges til at lave store container batterier, som tilkobles nettet og fungerer som spidsbelastningsreduktion, opbevaring af vedvarende energi, og frekvensregulering. Nissan giver også udtryk for, at deres V2G teknologi var forud for dens tid, og dette har også ledt til den konsekvens, at deres nye modeller ikke understøtter V2X i samme omfang som deres tidligere modeller har gjort.

Polestar giver i bilag 1.2 (20:30) udtryk for, at de havde håbet på en V2G løsning, der ville give mulighed for opbevaring af vedvarende energi, og på den måde ville bilen være en større del af den grønne omstilling. Dog ville denne model kræve, at en større aktør som f.eks. Nuvve, ville kunne formidle en sådan ordning til privatpersoner. Polestar ser stadig muligheder i at anvende sin bil til at forsyne sin ødegård i Sverige, eller en campingvogn langt fra offentlig tilslutning.

I en artikel på Nuvve.com²⁸ beskriver de samarbejdet med Wall Box, som er i gang med udviklingen af flere V2G ladere til det private marked. Nuvve er en lade-producent, der har lavet software til V2G løsninger i mange lande. Deres primære fokus har dog ligget på køb/salg løsninger, og opbevaring af solcelleproduktion til erhvervskøretøjer.

Nuvve har fornyelig igangsat projektet Fresno EOC²⁹, hvor de skal levere en løsning til 50 V2G køretøjer. Her skal deres V2G system anvendes til at opbevare produktionen fra et 2,5 MW solcelleanlæg, der er etableret på Fresno produktionsadresse, hvor de også skal reducere spidsbelastningerne til deres storkøkken. På denne måde bliver Fresno's køretøjers rolle ikke kun transporter af mad, medicin og mennesker, men lige så meget at opbevare vedvarende energi samt spidsbelastningsreduktion.

²⁸ <https://nuvve.com/nuvve-and-wallbox-chargers-announce-v2g-collaboration-in-iberia>

²⁹ <https://www.nuvvev2ghubs.com/project/fresno-eoc>

Forsyningsikkerhed

Politisk påvirkning og terrorsikring

I 2022 gik Rusland i krig mod Ukraine. I en artikel på EM.dk³⁰ beskrives det, hvordan den Ukrainske kritiske energiforsyning er blevet hårdt ramt under krigen, og hvordan Danmark har doneret 2,85 mia. kr. til genopbygningen af denne. Krigen har vist hvor sårbar elektrisk infrastruktur er, og har sat fokus på krig og terrorsikring af det danske elnet.

Tilbage i 2020 blev det kinesiske selskab Huawei udelukket i budet om etablering af 5G net i Danmark. I en artikel fra Information.dk³¹ begrundes udelukkelsen som et politisk magtspil mellem USA og Kina, og frygt for spionage fra den kinesiske stat. Det blev blandt andet opdaget, at Huawei i 2013 havde haft en bonusordning der belønnede medarbejderne for at stjæle fortrolige oplysning fra konkurrenterne.

I de sidste par år er Kina kommet ind på elbilmarkedet, og er ekstrem konkurrencedygtige. De fleste af de kinesiske biler understøtter også V2G, og har typisk bedre garantiperioder på deres batterier. Ud over elbiler, findes der flere elbils-ladere på det danske marked der er produceret i Kina, samt hybridinverterer der indeholder mange af de samme komponenter og funktioner som en V2H-lader, som ligeledes er til salg i Danmark og på "godkendt listen" over invertere fra Energinet. I bilag 1.0 (22:56) beskrives en case til Energinet. I denne case beskrives en oplevelse med en hybridinverter på 12 kW, der på trods af ændring af administratorkode, sikker netværksopkobling og firewall, alligevel lykkedes den Kinesiske producent at lave en firmware opdatering, kun med kendskab til serienummeret. Efter denne case er blevet fremlagt for Energinet, havde de følgende kommentar: *"Er det på nettet kan det hackes. Og der er ALTID en bagdør."*

Energinet gør det meget klart, at der de seneste år er blevet sat meget mere fokus på hvordan de kan garantere forsyningsikkerheden i Danmark, og cases som den forelagte er langt fra enestående. Terrorsikring er blevet en realitet på mange områder, og fra Energinets side ønskes det at innovere forsyningsnettet på en måde så det er "idiot sikkert". Designet af nettet skal udføres på sådanne måder, at enkelte aktører, store eller små, ikke må kunne påvirke energibalancen i en sådan grad, at det kan true forsyningsikkerheden. De bruger yderligere begrebet "security by design", som en beskrivelse af elnettet.

I en anden case, der blev fremlagt for Energinet, var fokuset på hvordan forsyningselskaberne ville håndtere V2G, med udgangspunkt i baglæns overbelastning af transformere. I denne case gav Energinet udtryk for, at det ikke ville skabe en forsyningsmæssig trussel, da OCPD virker begge veje. Det anses ikke som et problem at en enkelt 10/04 transformer skulle koble ud. Når forsyningselskaberne skal håndtere terror sikring, omhandler det udelukkende kritisk infrastruktur, som vandforsyning, sygehuse osv., og ikke den almindelige husstand.

Med henblik på elektrificeringen af Danmark, og ønsket om en stigende produktion af vedvarende energi, har den energipolitiske aftale fra juli 2018³² givet mulighed for støtte til power-to-x anlæg, der omdanner vedvarende energi til brint. I bilag 1.2 (19:10) giver Polestar udtryk for, at opbevaring via V2G udviklingen desværre er gået i stå, og at de så muligheder i V2G som en løsning for at opbevarer vedvarende energi. Polestar tror ikke på at V2G kommer til at være en realitet, og tror mere på en V2H løsning. Dette understøttes også af Energinet, der heller ikke ser V2G som en realitet inde for de næste par år.

³⁰ <https://www.em.dk/aktuelt/nyheder/2024/apr/285-mia-kr-til-groen-kritisk-infrastruktur-i-ukraine>

³¹ <https://www.information.dk/udland/leder/2020/05/nej-tak-huawei>

³² <https://kefm.dk/media/6646/energiaftale2018>

Elnettets udfordring

De seneste år har det stigende etableringsantal af varmepumper, elbils-ladere og andre effektfulde innovationer, skabt problematikker i forsyningsnettet. En af disse er selve kabelinstallationen, transformere og koblingsudstyr, som ikke er stort nok til at følge det stigende behov. Derfor er mulighederne ved anvendelse af V2G umiddelbart en oplagt løsning, der kan reducere behovet for udvidelser, da der lokalt kan anvendes V2G til distribution i spidsbelastningsperioder. I bilag 1.0 (4:47) bliver Energinet forlagt denne case, og giver ret i muligheden for anvendelse af V2H til spidsbelastningsreduktion, men en decideret V2G løsning har for mange udfordringer på nuværende tidspunkt.

Et eksempel herpå, der blev givet af Energinet, er i vinterperioden, hvor effekten der bruges til opvarmning med varmepumper typisk vil være størst om natten, og derfor ligge en stor belastning samtidig med at V2G køretøjerne skal oplades, og derfor ikke vil kunne reducere samtidig med at den forbruger.

Samtidig udtaler Energinet, at det ville være svært for forsyningselskaberne at stille forsyningsikkerhed, hvis det er nødvendigt at et vist antal V2G-køretøjer skal være tilsluttet, for ikke at overbelaste transformere og koblingsudstyr.

Energinet læner sig mere op ad en løsning, hvor en aktør på størrelse med Clever eller Nuvve går ind og tilbyder en løsning på det privatmarked. Dog er det samtidig svært at spå om noget som helst, da Energinet stadig mangler data fra både lade-producenter og bilfabrikanter.

Yderligere giver Energinet udtryk for, at økonomien også skal hænge sammen, hvis en V2G løsning skulle blive aktuel, da det kræver et meget større styringssystem på landsplan, hvor en V2H løsning kun er lokal og kan fungere uden internet eller anden udefrakommende kommunikation.

Sikkerhedsforanstaltninger

I bilag 1.0 (28:40), bliver Energinet spurgt til, hvilke sikkerhedsforanstaltninger de anvender / vil anvende i forbindelse med at terrorsikre forsyningsnettet mod et hackerangreb på en prosumer-installation. Her fremlægger de, at det er noget de undersøger meget, og er i gang med at finde den rigtige løsning til det danske elnet. Dog kommer alle sikkerhedsforanstaltninger med udfordringer.

De fortæller om en afregningsmåler der anvendes i Holland, hvor der er en dedikeret udgang til prosumer-installationer. Denne udgang kan aktiveres til at udkoble, og er udstyret med en "mekanisk interlocks". En interlocks, eller låsebryder, kræver en fysik handling for at genindkoble bryderen, som f.eks. at dreje en nøgle eller trykke på en knap, og kan derfor ikke fjernstyres til at genindkobles. Dette vil give forsyningsgesellschaft mulighed for at lukke ned for områder og enkelte husstande, hvis der opstår unormal adfærd. Denne meget sikre løsning kommer dog med sine egne udfordringer.

Er det en 3-faset måler, hvor den ene fase er med interlocks prosumer funktion, vil det begrænse effekten der kan anvendes af prosumeren til 3,6 kW i Danmark. Omvendt vil en 3-faset måler med et helt separeret 3 faset udgang kræve et nyt målerdesign, og derfor tilføje en relativt stor omkostning, ved et målerskift. Denne udgift vil højst sandsynlig ligge hos aftageren, og kan påvirke beslutningen om etablering af prosumer anlæg negativt, hvis der pålægges en ekstra omkostning på mellem 3.000 til 5.000 kr., for at kunne sælge strøm.

Energinet udtaler dog, at der i Danmark ikke etableres noget, før man har analyseret alle udfordringer og vejret dem op mod fordelene. De lægger desuden vægt på, at de vil have de aut. el-installatør virksomheder til at være de ansvarlige for, at prosumeranlæg der tilsluttes elnettet, er udført i henhold til de retningslinjer Energinet og forsyningsgesellschafterne vil kræve, og på den måde vil kunne holde den enkelte virksomhed ansvarlig i tilfælde af brud på disse.

Konklusion

- **Hvilke muligheder kan anvendes inden for BiCh?**

Ud fra de indsamlede data gennem artikler og interviews, kan det konkluderes, at anvendelsesområdet inden for BiCh på nuværende tidspunkt ikke er specielt stort, men har potentiale til at skabe stor udvikling på prosumer og elbils-markedet, og ændre opfattelsen af hvad en bil er og kan bruges til.

Med fokus på hvilke muligheder der er i dag, er det relativt begrænset hvad BiCh kan anvendes til i den private husstand, og kan som udgangspunkt kun anses som en stor powerbank, eller i stedet for en transportabel dieselgenerator.

På et erhvervsmæssigt plan kan flere køretøjer indgå i en "BiCh Hub" hvor det ønskes at reducere spidsbelastninger, køb og salg af strøm, samt opbevaring af vedvarende energi til erhvervsmæssig brug i produktion eller i andre erhvervsbygninger. På nuværende tidspunkt kan det konkluderes, at det er meget få aktører der tilbyder disse service, og valg af køretøjer er meget begrænset.

I fremtiden vil de første V2H-ladere til det private marked blive sat til salg. Dette vil medføre muligheden for V2H-brugeren til at reducere sin elregning, opbevare overproduktion fra solcelle i sin bil og forsyne sit hus i Ø-drift tilstand. På trods af de tekniske udfordringer forbundet med installationen af denne type V2H-ladere, vil det kunne konkluderes, at det medfører flere fordele og besparelser end ulemper og udgifter, og at de fleste udfordringer er et spørgsmål om korrekt dimensionering og korrekt valg af komponenter.

Det må dog konkluderes, at frekvensregulering og generelle V2G ydelser for de private husstande ikke er en realitet i den nærmeste fremtid, før en større udbyder melder sig på banen på dette område.

- **Er der rentabel økonomi i benyttelse af BiCh?**

Ud fra det økonomiske udgangspunkt beregnet i denne rapport bygget på de indsamlede data, vil det kunne konkluderes, at BiCh er økonomisk rentabelt.

På tros af potentielle ændringer på både udgifterne og besparelserne, vil den årlige besparelse næste altid medføre en overkommelig tilbagebetalingsperiode på under 10 år.

Selv om tilbagebetaling skulle tag længere tid, eller besparelsen måske ville være mindre end de forventede 3-4000 kr. der var tilfældet i denne rapport, er der meget lidt slitage på udstyret der anvendes. En V2G/V2H-lader vil typisk også kunne blive dækket af en elektronikforsikring, og der vil formodentlig også være mulighed for at tilkøbe en udvidet garanti på V2H/V2G-ladere. Dette har været en mulighed med solcelleinvertere de sidste mange år, og derved kan garantiperioden udvides med op til 10-15 år. Således er hardwaren til V2G/V2H relativt sikret mod uforudsete fejl, hærværk og meromkostninger ved reparationer.

Derved vil en V2G/V2H-lader altid betale sig selv tilbage, så længe husstanden forsat anvender elbiler, der er kompatible med den V2G/V2H-lader der sidde hjemme på væggen.

Ud fra det erhvervsmæssige synspunkt kan det konkluderes, at det på nuværende tidspunkt er meget svært at fastsætte rentabiliteten, da der er meget få aktører i Danmark der udfører V2G service på andet end et "testniveau". Derudover er valg af køretøjer meget begrænsede.

- **Hvilke udfordringer og fordele giver BiCh elnettet?**

Ud fra spørgsmålet om fordele og ulemper for elnettet kan det konkluderes, at elnettet ikke får nogle ulemper ved brug af BiCh. Så længer der er klare regler og rammer for hvad der må monteres og installeres, vil elnettet ikke blive udfordret.

Udfordringen lige nu er en udvikling der går for langsomt, hvilket derfor forlænger implementeringen af den nye teknologi.

På samme måde vil det kunne konkluderes, at der ikke er nogle reelle fordele for elnettet, da der fra Energinets side har været givet udtryk for, at forsyningsselskaberne ikke tør gøre sig afhængige af BiCh for at kunne forsyne specifikke områder. Dog vil BiCh på sigt kunne indgå i frekvensreguleringen og på den måde påvirke prisen for ydelserne, der vil mindske omkostningerne til frekvensregulering for Energinet, hvilket må kunne konkluderes at være en økonomisk fordel.

Såfremt det bliver meget populært blandt private husstande at anvende BiCh, vil det også medføre en direkte reduktion af spidsbelastningerne på landsplan, som vil reducere omkostninger til vedligeholdelse af transformere, koblingsudstyr og kabler, da det vil belaste komponenterne mere jævnt, og derved potentielt forlænge deres levetid.

- **Hvad er bilfabrikanternes udfordringer ved BiCh?**

Ud fra dataindsamlingen fra interviews med bilfabrikanter og artikler, kan det konkluderes, at batteriets slitage, garanti og belastning ved brug af V2X ikke er nogen udfordring for bilfabrikanterne.

Derimod ligger den største udfordring i sammenspillet mellem BiCh lade-producenter, og de respektive bilfabrikanter, men i særdeleshed også mellem bilfabrikanterne internt. Det kan konkluderes, at flere fabrikanter allerede har udviklet deres egen V2H-lader, og hvis udviklingen skal forsætte i en forbrugervenlig retning, er der nødvendigt med en fælles standard for hvordan data og strøm overføres i V2G/V2H-ladere, og proprietærtendensen som ses nu kan undgås.

- **Kan BiCh udgøre en trussel mod forsyningssikkerheden i Danmark?**

Ud fra analyser af information om terrorsikring af elnettet kan det konkludere, at BiCh som udgangspunkt ikke kan udgøre en decideret trussel mod forsyningssikkerheden i Danmark.

Grundet det tekniske design af nettet og krav til prosumeranlægs tilslutning, vil der ikke kunne udføres et belastningsattentat fra V2G/V2H-ladere, der vil kunne påvirke den kritiske forsyningsinfrastruktur.

Kilde liste

Bekendtgørelse 1082. 2016. 07 2016. <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2016/1082> (senest hentet eller vist den 26. 05 2024).

Brask, Morten Helms, og Poul Høgh. *Anvendt Elektroteknik Forsyningsanlæg*. Akademisk Forlag: 1, 2023.

Denmark, Green Power. *greenpowerdenmark.dk*. u.d. <https://greenpowerdenmark.dk/udgivelser/elektrificering-eller-ej-stort-udfaldsrum-elforbrug> (senest hentet eller vist den 2024. 4 27).

Em.dk. *Em.dk*. u.d. <https://www.em.dk/aktuelt/nyheder/2024/apr/285-mia-kr-til-groen-kritisk-infrastruktur-i-ukraine-> (senest hentet eller vist den 25. 4 2024).

Energinet. *Energinet*. u.d. <https://energinet.dk/media/3blfwrcg/udbudsbetingelser-for-systemydelse-til-levering-i-danmark-1-2-2024.pdf> (senest hentet eller vist den 25. 04 2024).

ens.dk. 7. april 2024. <https://ens.dk/ansvarsomraader/solenergi/fakta-om-solenergi#:~:text=Den%20seneste%20version%20kan%20findes,mindre%20anl%C3%A6g%2C%20hovedsageligt%20p%C3%A5%20tage.> (senest hentet eller vist den 7. april 2024).

experimentarium.dk. 7. april 2024. <https://www.experimentarium.dk/energi/climate-minds-energiens-danmarkshistorie-2-fra-industri-til-nutid/> (senest hentet eller vist den 7. april 2024).

»Fællesregulativet 2022.« 2022.

FDM. *Fdm.dk*. u.d. <https://blog.bilbasen.dk/hvor-meget-strom-bruger-en-elbil-377051/> (senest hentet eller vist den 27. 4 2024).

FDM.DK. *FDM.DK*. u.d. <https://fdm.dk/alt-om-biler/koeb-leasing-salg/garanti-reklamation/garantier-paa-bilmaerker> (senest hentet eller vist den 2024. 4 26).

frb-forsyning.dk. 30. 09 2020. <https://www.frb-forsyning.dk/om-os/nyheder/fire-aar-med-v2g-elbiler?PID=18090&M=NewsV2&Action=1#:~:text=I%20september%202020%20er%20det,der%20er%20gjort%20p%C3%A5%20Frederiksberg.> (senest hentet eller vist den 04. 12 2024).

Hyundai. *Hyundai.co.nz*. u.d. <https://www.hyundai.co.nz/v2l> (senest hentet eller vist den 19. 4 2024).

Information.dk. *Information.dk*. u.d. <https://www.information.dk/udland/leder/2020/05/nej-tak-huawei> (senest hentet eller vist den 25. 4 2024).

kefm.dk. *kefm.dk*. u.d. <https://kefm.dk/media/6646/energiaftale2018.pdf> (senest hentet eller vist den 27. 4 2024).

Lancer, Green. <https://www.greenlancer.com/>. u.d. <https://www.greenlancer.com/post/bidirectional-charging#:~:text=Bidirectional%20charging%20can%20contribute%20to%20faster%20battery%20degradation%20due%20to,lifespan%20of%20electric%20vehicle%20batteries.> (senest hentet eller vist den 28. 4 2024).

Nuvve. <https://www.nuvvev2ghubs.com/>. u.d. <https://www.nuvvev2ghubs.com/> (senest hentet eller vist den 28. 4 2024).

nuvve. *www.nuvvev2ghubs.com*. u.d. <https://www.nuvvev2ghubs.com/project/fresno-eoc> (senest hentet eller vist den 28. 4 2024).

Nuvve.com. *Nuvve.com*. u.d. <https://nuvve.com/nuvve-and-wallbox-chargers-announce-v2g-collaboration-in-iberia/> (senest hentet eller vist den 28. 4 2024).

Standart, Dansk. »DS/HD 60364.« DS/HD 60364-1:2008+A11:2017 (SIK), 2023.

Bilag

Bilag 2.1 - Highbury DC Bi-directional



GENERAL

Efficiency

Charge Mode: >96 %

Export Mode: >95 %

ENVIRONMENTAL

Operating Range

-30 °C to +50 °C

≤ 90 %RH

Storage Range

-40 °C to +70 °C

≤ 95 %RH

Ingress Protection

IP44

Installation Environment

For indoor or outdoor use

AC Grid	1-Phase	3-Phase
Nominal Voltage	220, 230, 240 V _{AC} 3-wire (L+N+E)	380, 400, 415 V _{AC} 5-wire (3L+N+E)
Nominal Frequency	50, 60 Hz	
Maximum Current	±30 A _{AC} ¹	±16 A _{AC} ¹
Power Factor	Adjustable 0.8 leading – 0.8 lagging	
DC Output		
Maximum Power	±7 kW ¹	±11 kW ¹
Voltage Range	50 – 500 V _{DC}	
Rated Current	32 A _{DC}	
Connector Type	CHAdeMO or CCS type 1 per IEC 62196-3 or CCS type 2 per IEC 62196-3	

¹V2H/V2G limit may be reduced due to region or site specific requirements

MECHANICAL

Dimensions

H: 820 mm

W: 350 mm (without cables)

D: 123 mm

Weight

< 32 kg (approx.)

Mounting

Wall Mounted

STANDARDS

Features and Safety

IEC61851-1: 3rd Ed 2017 and IEC61851-23: 1st Ed 2014,
or UL 1741: 2nd Edition and UL 9741: 2nd Edition

EMC Emissions and Immunity

IEC 61851-21-2: 1st edition 2018

Vehicle Communications

CHAdeMO V2X,
or DIN 70121 and ISO15118: 2nd Edition

Grid Connection

VDE-AR-N 4105:2018-II,
or UL1741: 2nd Edition and IEEE 1547: 2018

Communication

OCPP 2.0

CONNECTIONS

AC Cable

Bottom entry in circular conduit

EV Output

Selected plug type with 4.0m cable,
secure plug holder

Communication Interfaces

Wi-Fi

Bluetooth (optional)

Cellular (optional)

RS485 MODBUS

for external power meters (optional)

Ethernet (optional)

User Interface

Smartphone app (Android and iOS)

Installation configuration by webpage



www.rectifiertechnologies.com

985-1106-03

Kilde: https://www.rectifiertechnologies.com/products_cats/chargers-systems/

Bilag 2.2 – Deye 12kW hybrid inverter

Technical Data

www.deyeinverter.com

Model	SUN-5K -SG04LP3-EU	SUN-6K -SG04LP3-EU	SUN-8K -SG04LP3-EU	SUN-10K -SG04LP3-EU	SUN-12K -SG04LP3-EU
Battery Input Data					
Battery Type	Lead-acid or Lithium-ion				
Battery Voltage Range (V)	40-60				
Max. Charging Current (A)	120	150	190	210	240
Max. Discharging Current (A)	120	150	190	210	240
External Temperature Sensor	Yes				
Charging Curve	3 Stages / Equalization				
Charging Strategy for Li-Ion Battery	Self-adaption to BMS				
PV String Input Data					
Max. DC Input Power (W)	6500	7800	10400	13000	15600
Rated PV Input Voltage (V)	550 (160-800)				
Start-up Voltage (V)	160				
MPPT Voltage Range (V)	200-650				
Full Load DC Voltage Range (V)	350-650				
PV Input Current (A)	13+13			26+13	
Max. PV I _{sc} (A)	17+17			34+17	
No.of MPP Trackers	2				
No.of Strings per MPP Tracker	1+1			2+1	
AC Output Data					
Rated AC Output Active Power (W)	5000	6000	8000	10000	12000
Max. AC Output Active Power (W)	5500	6600	8800	11000	13200
AC Output Rated Current (A)	7.6/7.2	9.1/8.7	12.1/11.6	15.2/14.5	18.2/17.4
Max. AC Output Current (A)	8.4/8	10/9.6	13.4/12.8	16.7/15.9	20/19.1
Max. Three-phase Unbalanced Output Current (A)	11.4/10.9	13.6/13	18.2/17.4	22.7/21.7	27.3/26.1
Max Output short circuit current (A)	75				
Max. Continuous AC Passthrough (A)	45				
Peak Power (off grid)	2 time of rated power, 10 S				
Power Factor	0.8 leading to 0.8 lagging				
Output Frequency and Voltage	50/60Hz; 3L/N/PE 220/380, 230/400Vac				
Grid Type	Three Phase				
Total Harmonics Current Distortion (THDi)	<3% (of nominal power)				
DC Current Injection	<0.5% I _n				
Efficiency					
Max. Efficiency	97.60%				
Euro Efficiency	97.00%				
MPPT Efficiency	99.90%				
Protection					
Integrated	Anti-islanding Protection, PV String Input Reverse Polarity Protection, Insulation Resistor Detection, Residual Current Monitoring Unit, Output Over Current Protection, Output Shorted Protection				
Surge Protection	DC Type III / AC Type III				
Over Voltage Category	DC Type II/AC Type III				
Certifications and Standards					
Grid Regulation	IEC 61727, IEC 62116, CEI 0-21, EN 50549, NRS 097, RD 140, UNE 217002, OVE-Richtlinie R25, G99, VDE-AR-N 4105				
Safety EMC / Standard	IEC/EN 61000-6-1/2/3/4, IEC/EN 62109-1, IEC/EN 62109-2				
General Data					
Operating Temperature Range (°C)	-40-60°C, >45°C Derating				
Cooling	Smart Cooling				
Noise (dB)	≤45 dB				
Communication with BMS	RS485; CAN				
Weight (kg)	33.6				
Cabinet Size (WxHxD mm)	422x702x281 (Excluding Connectors and Brackets)				
Protection Degree	IP65				
Installation Style	Wall-mounted				
Warranty	5 Years (10 Years Optional)				



Ningbo Deye Inverter Technology Co., Ltd.

Add: No. 26 South YongJiang Road, Daqi, Beilun, NingBo, Zhejiang, China. | Tel: 0086-0574-86120560 | E-mail: market@deye.com.cn

Kilder: <https://www.deyeinverter.com/product/hybrid-inverter-1/sun5-6-8-10-12ksg04lp3.html>

Bilag 2.3 – El regning 2023



[Redacted]
[Redacted]
[Redacted]
[Redacted]
Danmark

Kundenummer: [Redacted]
Regningsnummer: [Redacted]
Dato: 11. marts 2024
Betalingsdato: 2. april 2024

Din elregning (aftagenummer [Redacted])
Aftalen TimeEnergi med grøn timepris gælder for adressen [Redacted] (DK) Danmark.

Her kan du se, hvad din elregning består af.

Opgørelse af tidligere periode

Basis El	1. feb. 2023. - 30. nov 2023.		415,70 kr.
Dit faktiske elforbrug	1. feb. 2023. - 31. jan 2024.	10.103 kWh a 0,88 kr.	8.844,91 kr.
TimeEnergi	1. dec. 2023. - 31. jan 2024.		36,00 kr.
Elafgift	1. feb. 2023. - 31. jan 2024.	3.928 kWh a 0,52 kr.	2.060,94 kr.
Netabonnement	1. feb. 2023. - 31. jan 2024.		891,36 kr.
Nettarif C	1. feb. 2023. - 31. jan 2024.	10.181 kWh a 0,50 kr.	5.128,35 kr.}
Rabat på Cerius' nettarif	1. feb. 2023. - 31. jan 2024.	10.181 kWh a 0,00 kr.	0,00 kr.
Reduceret elafgift	1. feb. 2023. - 31. jan 2024.	6.175 kWh a 0,01 kr.	61,75 kr.
Systemabonnement	1. jan. 2024. - 31. jan 2024.		18,75 kr.
Systemydelse	1. feb. 2023. - 31. jan 2024.	10.103 kWh a 0,14 kr.	1.443,16 kr.
Opgørelse i alt			18.900,92 kr.

I alt til betaling inkl. moms **18.900,92 kr.**
Heraf moms **3.780,22 kr.**

Kilde: Privat Foto

Bilag 2.4 – El transportafgift/forbrug 2023

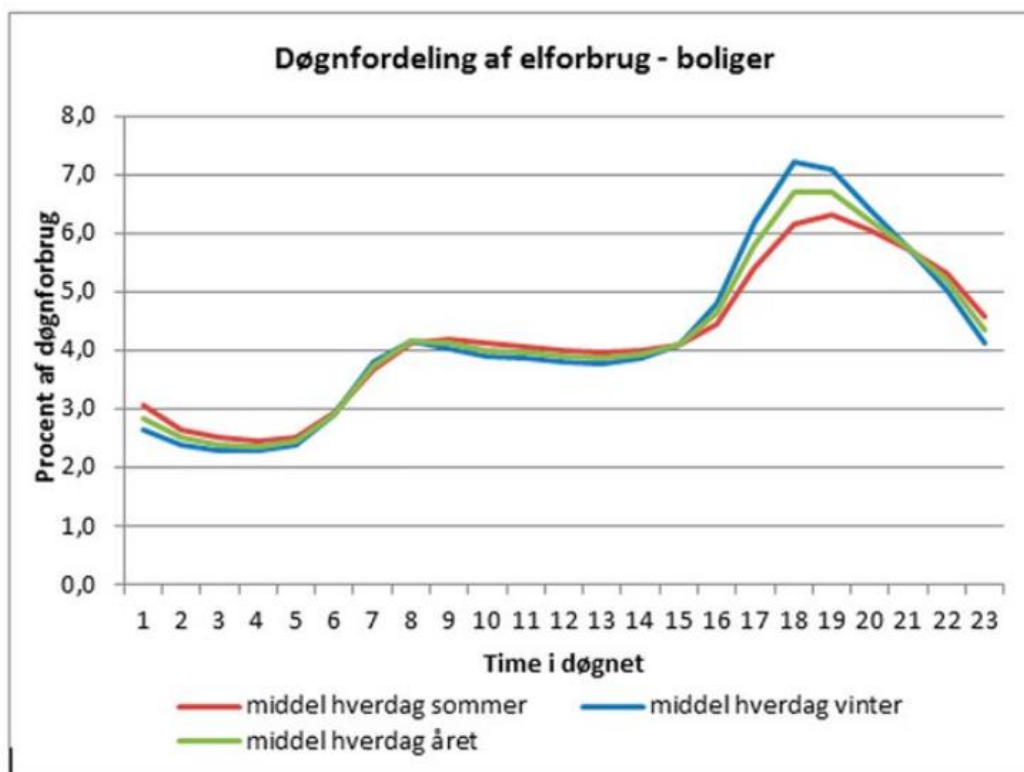
Så meget udgør betaling for transport af strømmen

Transportpriser med moms pr. 1. oktober 2023

	Lastperiode (klokkeslæt)	Transporttarif i øre pr. kWh
Vintertarif (oktober-marts)	Lavlast (00-06)	15,19
	Højlast (6-17 + 21-00)	45,56
	Spidslast (17-21)	136,68
Sommertarif (april-september)	Lavlast (00-06)	15,19
	Højlast (6-17 + 21-00)	22,77
	Spidslast (17-21)	59,23

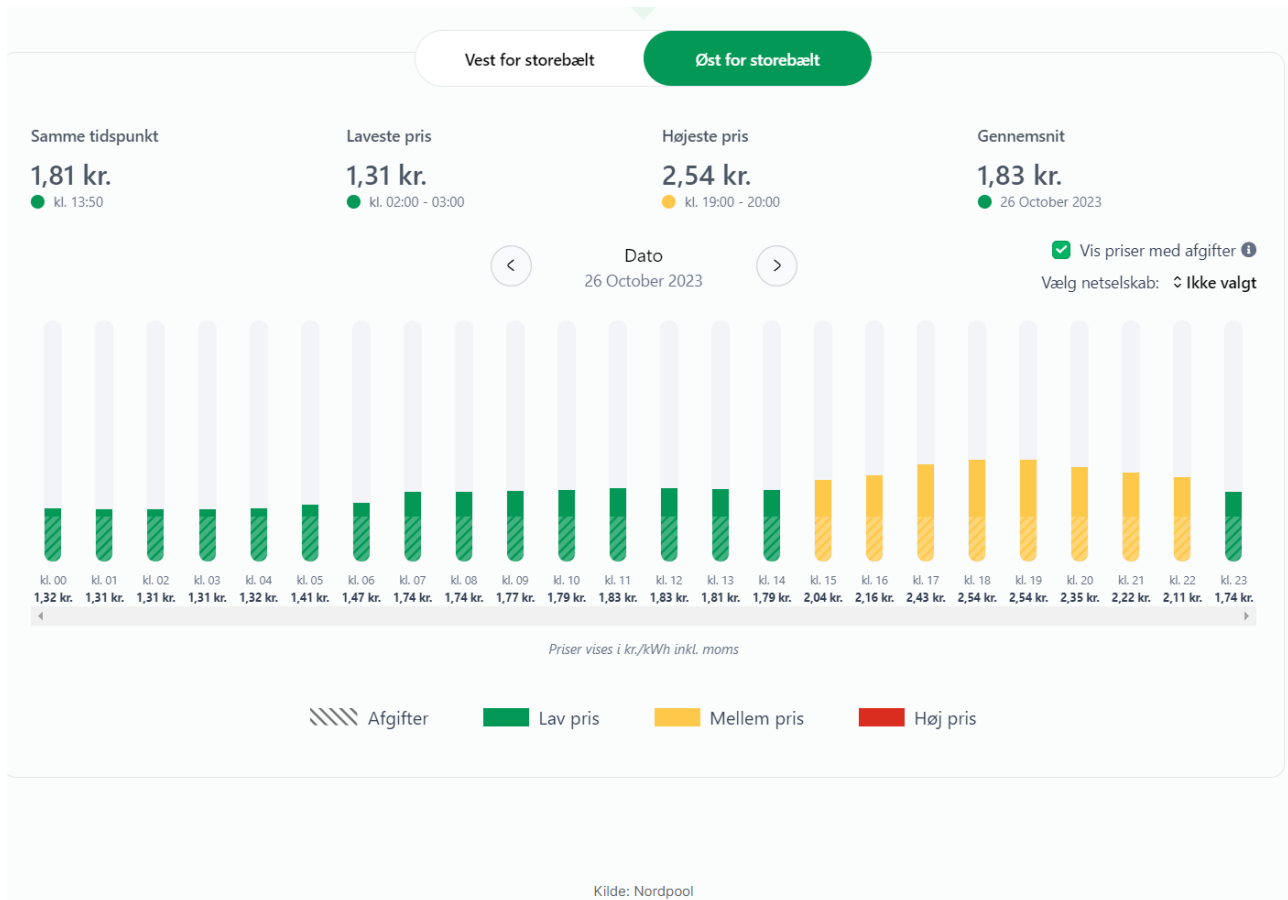
Kilde: Radius

Kilde: <https://www.bolius.dk/hoejere-afgift-om-vinteren-dyrere-at-lave-mad-om-aftenen-9847>



Kilde: <https://www.bolius.dk/faa-stoerst-udbytte-af-dine-solceller-5044>

Bilag 2.5 – Spot pris oktober



Kilde: <https://elberegner.dk/elpriser-time-for-time/>

	01/Oct	02/Oct	03/Oct	04/Oct	05/Oct	06/Oct	07/Oct	08/Oct	09/Oct	10/Oct	
Spot pris kl 2:00	0,83 kr.	0,87 kr.	0,67 kr.	0,01 kr.	0,01 kr.	0,10 kr.	0,01 kr.	0,27 kr.	0,77 kr.	0,93 kr.	
Spot pris kl 19:00	1,21 kr.	2,28 kr.	0,11 kr.	0,02 kr.	2,33 kr.	0,02 kr.	1,02 kr.	1,52 kr.	2,07 kr.	0,18 kr.	
	11/Oct	12/Oct	13/Oct	14/Oct	15/Oct	16/Oct	17/Oct	18/Oct	19/Oct	20/Oct	
Spot pris kl 2:00	0,01 kr.	0,01 kr.	1,00 kr.	0,01 kr.	0,01 kr.	0,01 kr.	1,01 kr.	0,07 kr.	0,02 kr.	0,06 kr.	
Spot pris kl 19:00	0,14 kr.	2,06 kr.	0,03 kr.	0,01 kr.	0,01 kr.	2,24 kr.	1,49 kr.	0,49 kr.	0,08 kr.	0,33 kr.	
	21/Oct	22/Oct	23/Oct	24/Oct	25/Oct	26/Oct	27/Oct	28/Oct	29/Oct	30/Oct	31/Oct
Spot pris kl 2:00	0,05 kr.	0,17 kr.	0,23 kr.	0,88 kr.	0,49 kr.	0,17 kr.	0,89 kr.	0,60 kr.	0,21 kr.	0,11 kr.	0,74 kr.
Spot pris kl 19:00	0,57 kr.	0,55 kr.	1,45 kr.	0,50 kr.	0,62 kr.	1,41 kr.	1,31 kr.	0,86 kr.	0,41 kr.	0,83 kr.	1,43 kr.
Sum pris kl 2:00	0,36 kr.										
Sum pris kl 19:00	0,89 kr.										

Kilde: Udarbejde ud fra data fra <https://elberegner.dk/elpriser-time-for-time/>