



ET DANSK ESTIMAT FOR
VALUE OF LOST LOAD

Marts 2023

RESUMÉ OG INDHOLD

Resumé

Energistyrelsen har undersøgt, hvordan de danske elforbrugere værdisætter et strømafbud. Formålet med at værdisætte strømafbud er, at det kan anvendes til at vurdere, hvornår tiltag, der ændrer på elforsyningsikkerheden, er samfundsmæssigt fordelagtige. Danske husholdninger og virksomheder er gennem et spørgeskema blevet spurgt til deres omkostninger ved forskellige strømafbudsscenerier. Det samlede resultat er 174 kr./kWh, hvilket er lidt højere, end hvad der er fundet ved tidligere, lignende undersøgelser og undersøgelser fra andre lande i Europa (se Figur 13 på side 10).

I Danmark er der i dag et højt niveau af elforsyningsikkerhed, og elforbrugere oplever i gennemsnit kun cirka 20 minutters afbud om året. Det betyder, at en analyse som denne kan være behæftet med stor usikkerhed, idet forbrugere sjældent oplever strømafbud og derfor kan have svært ved at værdisætte det. Samtidig kan den høje elforsyningsikkerhed være noget af forklaringen på de høje rapporterede omkostninger, eftersom elforbrugere ikke nødvendigvis har gjort foranstaltninger mod afbud, samt fordi visse virksomheder bevidst kan have placeret sig i Danmark af den grund.

Tabel 1: Sektorvise VoLL-estimer og samlet VoLL-estimat

| | Vægt | VoLL-estimat i kr./kWh |
|--|-------|------------------------|
| Husholdninger | 0,372 | 99 |
| Store industrivirksomheder | 0,108 | 85 |
| Små industrivirksomheder | 0,163 | 306 |
| Handel og service | 0,236 | 274 |
| Offentlig sektor | 0,082 | 104 |
| Transport | 0,039 | 126 |
| Samlet VoLL vægtet med sektorens andel af forventet ikke-leveret energi (EENS) | | 174 |

Tabel 1 viser hovedresultaterne fra undersøgelsen for hver sektor og et samlet estimat for Value of Lost Load (VoLL)¹. Undersøgelsen er baseret på en metode for estimering af VoLL, som er udarbejdet af ENTSO-E og ACER² i 2020, som følge af artikel 23(6) i elmarkedsforordningen. Det medfører, at undersøgelsen har været bundet af nogle klare metodiske rammer, som i øvrigt giver mulighed for at sammenligne VoLL på tværs af EU-medlemsstater. Den statistiske behandling af datamaterialet er dog i overvejende grad op til den enkelte medlemsstat. Energistyrelsens tilgang hertil er beskrevet i denne afrapportering, samt i medfølgende bilag.

¹ I elmarkedsforordningen (EU) 2019/943 er value of lost load defineret som: *et overslag i EUR/MWh af den maksimale elpris, som kunder er villige til at betale for at undgå en strømafbrydelse.*

² ENTSO-E er det europæiske netværk af transmissionssystemoperatører og ACER er Agenturet for Samarbejde mellem Energireguleringsmyndigheder.

I metoden er det fastsat, at VoLL skal baseres på en spørgeskemaundersøgelse, hvilket både har sine fordele og sine ulemper. Spørgeskemametoden fanger elementer, som andre metoder ikke gør, men samtidigt er risikoen for skævvridninger større.

Indholdsfortegnelse

| | |
|--|----|
| Resumé..... | 1 |
| 1 Indledning..... | 2 |
| 1.1 Begrebet Value of Lost Load..... | 2 |
| 1.2 Formålet med estimatet..... | 2 |
| 2 Metode..... | 3 |
| 2.1 Europæisk metode..... | 3 |
| 2.2 Spørgeskemaundersøgelsen..... | 3 |
| 2.2.1 Willingness to pay eller willingness to accept..... | 4 |
| 2.2.2 Sektorer..... | 4 |
| 2.3 Estimering af elforbruget..... | 4 |
| 2.4 Statistisk behandling af data..... | 5 |
| 2.4.1 Inkonsistente svar..... | 5 |
| 2.4.2 Høje outliers..... | 5 |
| 2.4.3 Protestsvar..... | 5 |
| 2.4.4 Besvaret elforbrug eller gennemsnitligt elforbrug for husholdninger..... | 5 |
| 2.4.5 Statistisk model..... | 5 |
| 3 Data..... | 5 |
| 4 Resultater..... | 8 |
| 4.1 Det samlede VoLL-estimat..... | 8 |
| 5 Perspektivering..... | 9 |
| 5.1 Sammenligninger..... | 9 |
| 5.1.1 Danske VoLL-estimer..... | 9 |
| 5.1.2 Europæiske VoLL-estimer..... | 10 |
| 5.1.3 Maksimumprisen i elmarkedet..... | 11 |
| 5.2 Eventuelle skævvridninger og udeladte effekter..... | 11 |
| 5.2.1 Manglende kendskab til omkostninger..... | 11 |
| 5.2.2 Større tilbøjelighed til at besvare ved høje omkostninger..... | 11 |
| 5.2.3 Incitament til at over-/underrapportere..... | 11 |
| 5.2.4 Manglende mulighed for at angive negativ værdi..... | 11 |
| 5.2.5 Manglende kendskab til elforbrug..... | 11 |
| 5.2.6 Tidspunktet for udsendelsen af spørgeskemaet..... | 12 |
| 5.3 Erfaringer fra processen..... | 12 |
| 6 Konklusion..... | 12 |
| Bilagsoversigt..... | 12 |

BEGREBET OG FORMÅLET MED VALUE OF LOST LOAD

1 Indledning

Energistyrelsen har ultimo 2020 gennemført en spørgeskemaundersøgelse til brug for estimering af en dansk værdi for Value of Lost Load (VoLL), dvs. omkostninger ved strømafbrydelser. I denne afrapportering beskrives metoden og resultaterne af undersøgelsen.

1.1 Begrebet Value of Lost Load

Value of Lost Load kan overordnet set beskrives som værdien af den tabte samfundsøkonomiske aktivitet ved et strømafbryd. Det betyder, at det kan benyttes som et mål for de samfundsøkonomiske fordele ved at forbedre elforsynings sikkerheden i forhold til det nuværende niveau eller de samfundsøkonomiske omkostninger ved at forringe den.

Den tabte samfundsøkonomiske aktivitet kan eksempelvis være tabt produktion af varer og ydelser, eller tabet af muligheden for at have lyset og tv'et og andre elektriske apparater tændt i den private bolig.

Value of Lost Load (VoLL) defineres i EU- og dansk lovgivning således: *et overslag i EUR/MWh af den maksimale elpris, som kunder er villige til at betale for at undgå en strømafbrydelse*, jf. artikel 2, stk. 1, nr. 9, i Europa-Parlamentets og Rådets forordning om det indre marked for elektricitet (EU) 2019/943.

I en dansk kontekst kan det give mening at konvertere det til DKK/kWh, for at gøre det lettere at forholde sig til. Energistyrelsen regner derfor VoLL som en værdi i DKK/kWh.

Figur 1 viser, hvordan de totale samfundsøkonomiske omkostninger ved et strømafbryd kan underinddeles. Typisk vil det være svært at estimere de indirekte omkostninger, som derfor oftest udelades i VoLL-estimer.

Figur 1: Inddeling af forskellige typer omkostninger ved strømafbryd

Eksempler:

| | | | |
|--|------------------------|---------------|--|
| Totale samfundsøkonomiske omkostninger | Indirekte omkostninger | Ikke-monetære | Førlighedstab i befolkningen som følge af ulykker opstået som konsekvens af strømsvigt. |
| | | Monetære | Tab som påføres afsætningsleddene og efterfølgende konsekvenser heraf, som følge af at et strømsvigt forsinkes eller helt forhindrer en leverance. |
| | Direkte omkostninger | Ikke-monetære | Husstande kan opleve tab af fritidsoplevelser ved strømsvigt. |
| | | Monetære | Virksomhed kan tabe indtægt som årsag af mistet produktion ved et strømsvigt. |

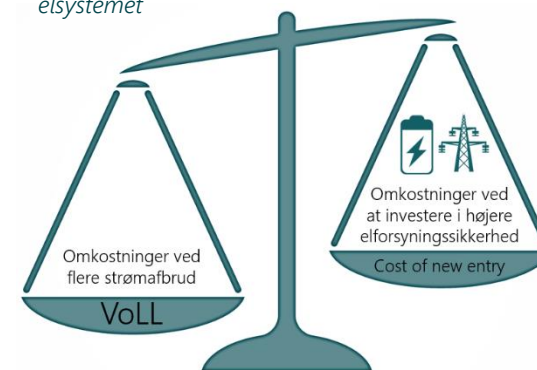
} Typisk VoLL-estimering

1.2 Formålet med estimatet

Da VoLL kan sige noget om, hvor meget det er værd at forbedre elforsynings sikkerheden, eller omvendt hvor meget det koster at forringe den, kan det anvendes til at foretage cost-benefit-analyser for elsystemet og bidrage til at skabe bedre beslutningsgrundlag for prioritering af tiltag, der ændrer på niveauet af elforsynings sikkerhed. Konkret kan det desuden anvendes i forbindelse med:

- Klima-, energi- og forsyningsministerens fastsættelse af planlægningsmålet for elforsynings sikkerheden. Det fremgår af systemansvars bekendtgørelsens § 47, stk. 5, at ministeren hvert år inden 15. februar skal udmelde et planlægningsmål for niveauet af elforsynings sikkerhed målt i afbrudsminutter. Her kan VoLL være relevant for at kunne vurdere økonomiske fordele over for udgifter til investeringer i elsystemet ved det udmeldte niveau.
- Energinets årlige udgivelse af Redegørelse for elforsynings sikkerhed, som blandt andet indeholder en fremskrivning af effekttilstrækkeligheden (se Figur 3) i Danmark. Her skal VoLL anvendes til vurdering af omkostninger ved relevante alternativer til prognosen for effekttilstrækkelighed.
- Beregning af en *reliability standard* (RS) (på dansk: pålidelighedsstandard – et mål for det nødvendige niveau af elforsynings sikkerhed, anvendt i EU-kontekst). RS skal efter EU-reglerne anvendes, hvis et medlemsland ønsker at etablere en kapacitetsmekanisme og skal derfor benyttes i forbindelse med en eventuel ansøgning om statsstøttegodkendelse hos Europa-Kommissionen af en kapacitetsmekanisme. En kapacitetsmekanisme kan fx være en strategisk reserve, hvor aktører kompenseres for at have ekstra elproduktionskapacitet eller elforbrugsfleksibilitet stående i reserve.

Figur 2: Balancerende af VoLL og investeringer i elsystemet



METODE

Figur 3: Definition af elforsyningsikkerhed og dens tre komponenter



Note: Definitionen af elforsyningsikkerhed fremgår af § 5 i lov om elforsyning.

VoLL-estimatet i denne undersøgelse har fokus på den del af elforsyningsikkerheden, som handler om effekttilstrækkelighed. Det vil sige, at det samlede estimat skal anvendes til at udtrykke omkostningerne ved potentielle strømafbryd forårsaget af effektmangel i systemet. Det kan i princippet adskille sig fra fx omkostninger ved strømafbryd forårsaget af problemer i elnettet, fordi det mest sandsynlige scenarie for, hvornår og hvordan afbruddet sker afhænger af årsagen, og omkostningerne varierer alt efter scenariet.

2 Metode

2.1 Europæisk metode

ENTSO-E har udarbejdet en metode, *Methodology for calculating the value of lost load, the cost of new entry and the reliability standard*³, som de havde til opgave efter artikel 23, stk. 6 og artikel 25 i elmarkedsforordningen⁴, og ACER har bidraget til og godkendt metoden. Energistyrelsens arbejde med estimering af VoLL i Danmark har taget udgangspunkt i denne metode. Metoden indeholder en række kriterier for, hvilken fremgangsmåde, medlemsstaterne bør benytte, herunder at der skal gennemføres en spørgeskemaundersøgelse, som skal danne grundlag for estimeringen.

ENTSO-E og ACERs metode lader flere metodiske valg være op til det enkelte medlemsland. Særlig er det ikke specificeret hvilken statistisk tilgang, der skal benyttes, når det kommer til at bearbejde data fra spørgeskemaundersøgelsen. Det fremgår blot at: *The surveys shall rely on a statistically representative sample of each consumer category (and subcategory), also in terms of the actual responses received, and apply appropriate statistical processing operations to the output data*, jf. artikel 6, nr. 3 i metodedokumentet.

³ Link til metoden: <https://acer.europa.eu/sites/default/files/documents/Decisions annex/ACER%20Decision%2023-2020%20on%20VOLL%20CONE%20RS%20-%20Annex%20I.pdf>

Metodedokumentet beskriver ud over VoLL-metoden, hvordan en reliability standard (RS) beregnes, samt hvordan cost of new entry (CONE) beregnes. RS afspejler teoretisk set det økonomisk optimale niveau af effekttilstrækkelighed baseret på balancen mellem omkostningerne ved strømafbryd (VoLL) og omkostningerne ved at øge elforsyningsikkerheden (CONE) jf. Figur 2. CONE afspejler prisen på at opsætte flere anlæg af elproducerende teknologier skaleret i forhold til, hvor meget teknologien kan bidrage til at producere el i mangelsituationer.

Der er flere årsager til, at Energistyrelsen har anvendt den metode, som er udarbejdet på europæisk plan af ENTSO-E og ACER til at foretage VoLL-beregningerne. For det første handler det om at anvende en metode, som er udarbejdet for nyligt, og hvor det er tilstræbt at anvende best practice på området, samt hvor alle medlemsstaterne i EU har haft mulighed for at komme med input til metoden (herunder har Energistyrelsen kommenteret på metoden). Anvendelse af en fælleseuropæisk metode giver desuden bedre mulighed for sammenlignelige undersøgelser og resultaterne landene imellem.

For det andet handler det om at sikre, at undersøgelsen kan bruges som grundlag for en eventuel ansøgning om statsstøttegodkendelse af en kapacitetsmekanisme, hvis dette skulle blive relevant for Danmark. Det fremgår af elmarkedsforordningen, at hvor det er nødvendigt for at fastsætte en pålidelighedsstandard, som gælder særligt, hvis medlemsstaten skal have en kapacitetsmekanisme, skal VoLL fastlægges efter den af ENTSO-E og ACER udarbejdede metode.

2.2 Spørgeskemaundersøgelsen

I tråd med ENTSO-E og ACERs metode har Energistyrelsen foretaget en spørgeskemaundersøgelse for en række forskellige sektorer og husholdninger. Spørgeskemaerne blev sendt ud til en stor stikprøve i november og december 2020 med hjælp fra Kantar Gallup.

Der blev via e-boks udsendt godt 27.000 invitationer til offentlige og private virksomheder til at deltage i spørgeskemaundersøgelsen, mens der for husholdningsdelen blev sendt invitationer ud via Kantar Gallups online panel. Kantar Gallup indhentede på den baggrund besvarelser fra 1.254 virksomheder og fra 1.029 husholdninger.

I spørgeskemaet blev respondenterne stillet over for en række strømafbrydsscenerier, som varierede med hensyn til varighed af afbruddet, tidspunkt for og varsling af afbruddet (se

⁴ Link til forordningen: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0943&from=DA>

METODE

Figur 4). Scenarierne blev varieret med udgangspunkt i et grundscenarie. For husholdningerne var grundscenariet givet ved et strømafbud af 4 timers varighed mellem kl. 16 og 22 på en hverdag i vinterhalvåret, uden forudgående varsling.

Afbrudsscenerierne, som respondenterne blev stillet overfor, blev varieret i forhold til grundscenariet ét parameter ad gangen mht. varighed, tidspunkt samt varsling. Fx blev varigheden på 4 timer skiftet ud med 1 time i et scenarie, mens resten forblev som i grundscenariet. Ligeledes var der fx et scenarie, hvor der blev spurgt til sommerhalvåret frem for vinterhalvåret, mens resten forblev som i grundscenariet, osv.

Virksomhederne er spurgt til stort set de samme scenarier som husholdningerne, bortset fra, at tidspunktet på døgnet, de blev bedt om at forholde sig til, som udgangspunkt var mellem kl. 8 og 16, og varierede i aften-scenariet til at være mellem kl. 16 og 22 (for husholdninger er alternativet et nat-scenarie). Spørgeskemaerne er beskrevet nærmere i bilag 1.

Figur 4: De forskellige varigheder, tidspunkter og varslinger anvendt i scenarierne

| Varighed | | Tidspunkt og varsel | |
|----------|------------|-------------------------|------------------------|
| 2 min. | 1 time | Hverdag/ weekend | Vinter/ sommer |
| 4 timer | En hel dag | Dagstimer/ aften/nat | Varsel/ ikke varsel |

2.2.1 Willingness to pay eller willingness to accept

Der blev udsendt to forskellige typer spørgeskemaer med forskellige spørgeformer tilfældigt fordelt til respondenterne. Respondenterne er blevet spurgt til enten, *hvor meget de ville være villige til at betale for at undgå strømafbudsscenerierne (willingness to pay, WTP)*, eller *hvor meget de skulle kompenseres med for at acceptere samme række af afbrudsscenerier (willingness to accept, WTA)*. Ca. 60 % fik tilsendt WTP-spørgeskemaet og ca. 40 % fik tilsendt WTA-spørgeskemaet.

Det fremgår af metoden, at medlemsstaterne som udgangspunkt skal anvende WTP til det samlede VoLL-estimat. Besvarelserne for WTA viser sig desuden at være ganske høje, hvilket kan skyldes, at respondenterne har overestimeret deres omkostninger ved strømafbud ved denne spørgeform, måske fordi den giver elforsyningsikkerhed mere karakter af at være en rettighed, end noget, respondenterne selv skal betale for. Dertil kræver WTA heller ikke, at respondenterne forholder sig til husstandens budgetbegrænsning og den implicite stillingtagen til alternativomkostningen ved svaret, hvilket er tilfældet for WTP.

2.2.2 Sektorer

Der blev sendt spørgeskemaer ud til husholdninger, samt til fem forskellige sektorer (handel og service, offentlig sektor, store industrivirksomheder, små industrivirksomheder, og transport). Spørgeskemaerne varierede alt efter, om de blev sendt til husholdninger eller virksomheder - men ikke fra sektor til sektor.

I det samlede VoLL-estimat vægtes hver sektor med sektorens andel af det forventede ikke-leverede energi (Expected Energy Not Served, EENS). Dette er udregnet ved at tage en tidsrække for EENS i 2035 beregnet på Energistyrelsens stokastiske model for fremtidig effekttilstrækkelighed (Sisyfos), og gange det sammen med en tidsrække for sektorernes andel af elforbruget i 2020 hentet fra Energi Data Service.

2.3 Estimering af elforbruget

For at kunne omregne omkostningsbesvarelser for scenarierne til omkostninger pr. energiinput, dvs. DKK/kWh, er det nødvendigt at kende det forventede elforbrug i et givent sce-

Boks 1: Omregning af scenarieomkostninger til omkostninger pr. mistet energi

- Spørgeskemaer → sektorspecifikke værdier i DKK/strømafbud
- Sektorspecifik forbrugsprofil → andel af årligt forbrug i afbrudsperioden
- Respondentens årlige elforbrug · andel → elforbrug/afbrudsperiode
- → DKK/strømafbud/elforbrug/afbrudsperiode → DKK/kWh

narie, hvis ikke der var strømafbud. For at finde frem til dette anvendes der forbrugsprofiler for de forskellige sektorer. Omregningsprocessen er beskrevet kort i boks 1 og uddybet i bilag 3.

Data til brug for at udregne sektorspecifikke forbrugsprofiler er hentet fra Energi Data Service, som har tidsrækker for elforbruget i Danmark fordelt på sektorer. Data for respondentens årlige elforbrug findes i datasættet fra spørgeskemaundersøgelsen, da respondenterne er blevet bedt om at oplyse dette.

Respondenterne er både bedt om svar på årligt elforbrug i kWh - dog frivilligt at svare på - og årlige omkostninger til elforbrug i kr. - ikke frivilligt. Hvis der er uoverensstemmelse mellem de to tal, kan respondenterne have misforstået noget. Vi vurderer dog, at det ikke har indflydelse på de angivne omkostninger ved strømafbud, og anvender deres angivne elforbrug i kr. i beregningen. Omregning fra årligt forbrug i kr. til årligt kWh-forbrug er beskrevet i bilag 5.

METODE OG DATA

2.4 Statistisk behandling af data

Energistyrelsen har foretaget en række metodiske valg for at tilpasse datasættet, så det giver det mest retvisende VoLL-estimat. Overvejelser om hvilke valg, der skulle foretages, er beskrevet kort i dette afsnit og uddybet i bilag 4.

2.4.1 Inkonsistente svar

Energistyrelsen har valgt at frasortere observationer i tilfælde, hvor respondenterne har svaret inkonsistent på spørgeskemaet ved at angive højere omkostninger for scenarier af kortere varighed end scenarier af højere varighed. Fx er der blevet identificeret en række svar, hvor en 4-timers afbrydelse værdiansættes højere end en heldagsafbrydelse. Hvis en respondent ikke svarer konsistent igennem spørgeskemaet, kan det være udtryk for, at scenariet er blevet misforstået, eller at respondenterne ikke har taget sig tid til at sætte sig ind i spørgeskemaet, og derfor er besvarelserne frasorteret i det endelige datasæt.

2.4.2 Høje outliers

Det kan være svært at vurdere, hvorvidt besvarelserne med meget høje omkostninger er reelle eller ej, og derfor er det som udgangspunkt svært at argumentere for at fjerne dem som outliers, særligt for virksomhederne. Energistyrelsen har dog valgt at frasortere besvarelser, hvor det vurderes at respondenterne burde investere i et reserveanlæg, frem for at den kollektive forsyning skal understøtte deres høje betalingsvillighed for høj elforsynings-sikkerhed. Grænsen for, hvornår et reserveanlæg vil kunne svare sig at investere i, kan være svært at fastsætte uden at kende behovet hos den enkelte, men Energistyrelsen har sat en generel grænse på 284 DKK/kWh. Den sat ud fra at man ved denne pris kan købe et Li-Ion-batteri, som er en nogenlunde veletableret, skalérbar teknologi (prisen er beregnet på baggrund af tal fra Energistyrelsens Teknologikatalog for energilagring). Der er dog sat en minimumspris for et batteri på ca. 2.000 DKK svarende til en lagerkapacitet på minimum 7 kWh.

2.4.3 Protestsvar

Der er relativt mange respondenter, som har angivet at have nul omkostninger ved alle scenarier (mere end 35 % af WTP-besvarelserne). I litteraturen på området karakteriseres dette oftest som protestsvar. Energistyrelsen vurderer dog, at det er plausibelt ikke at have nogle reelle omkostninger ved et strømafbud, og derfor bibeholdes besvarelserne i datasættet. Det er vist i bilag 4, hvad det betyder for resultaterne.

2.4.4 Besvaret elforbrug eller gennemsnitligt elforbrug for husholdninger

Der er nogle husholdninger, der angiver urealistisk lave elforbrug eller høje elforbrug, formentlig fordi husholdningerne ikke kender størrelsen på deres elforbrug. Det er derfor blevet overvejet at anvende en gennemsnitsværdi for husholdningers elforbrug, ud fra en antagelse om, at det ikke varierer så meget fra husstand til husstand, hvor meget el der forbruges. I

praksis viser der sig dog at være betydelige variationer i elforbruget, hvorfor der fjernes relevant information ved ikke at have det med i beregningerne. Den valgte tilgang er derfor at sætte forbruget målt i kr. til 2.000 kr. årligt, hvis respondenterne har angivet lavere værdier end det, samt at anvende respondenternes besvarelser for årligt forbrug i kr. (7 % af svarene ændres) og omregne forbruget i kr. til kWh ved en simpel gennemsnitlig kWh-pris på 2,1 kr./kWh, idet respondenterne forventes at have bedre overblik over deres omkostninger end deres forbrug af kWh. Denne kWh-pris er sat på baggrund af Forsyningstilsynets elprisstatistik for 2020. Anvendelsen af en gennemsnitspris tager ikke højde for nogle af de lokale forskelle i elpriser, men vurderes ikke skabe yderligere usikkerhed ved kWh-tallene i øvrigt.

2.4.5 Statistisk model

Energistyrelsen har valgt at udregne det endelige VoLL ved at tage gennemsnittet af besvarelserne, da det er vurderet at være den mest hensigtsmæssige beregningsmetode. Det har været til overvejelse om dette var tilfældet eller om andre modeller kunne være relevante at anvende, blandt andet fordi fordelingen af svar klumper sig om nul, og er meget højreskæv (relativt få høje svar trækker gennemsnittet op). Der er dog ikke nogle særligt gode forklarende variable i datasættet, der kan bruges til at opstille en passende (og signifikant) model. Andre modeller der har været overvejet kræver desuden forskellige antagelser overholdt, som kan være svære at retfærdiggøre i dette tilfælde. Det har derfor ikke været muligt at finde en statistisk model at anvende på data, som er mere passende end et gennemsnit.

3 Data

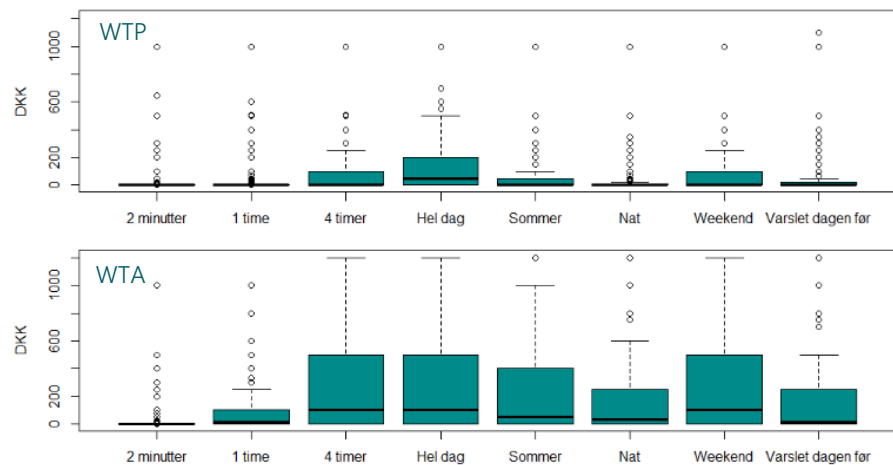
I dette afsnit præsenteres en række diagrammer, der skal illustrere de overordnede tendenser i datamaterialet fra spørgeskemaundersøgelsen. I Tabel 2 ses det samlede antal besvarelser. Derefter følger boksplot-figurer for hver sektor opdelt på WTP og WTA. De viser, at der er relativt store forskelle på omkostningerne, alt efter hvilket scenarie, respondenterne er blevet bedt om at forholde sig til. Det viser også at der er store forskelle mellem WTP- og WTA-svarene, samt at der over hele linjen er tale om meget højreskæve fordelinger.

Tabel 2: Antal besvarelser indsamlet ved spørgeskemaundersøgelsen for hhv. WTP og WTA

| | WTP | WTA |
|--|-----|-----|
| Virksomheder | 768 | 486 |
| Handel og service | 232 | 128 |
| Offentlig sektor | 171 | 111 |
| Små industrivirksomheder (<50 medarb.) | 256 | 172 |
| Større industrivirksomheder | 76 | 51 |
| Transport | 33 | 24 |
| Husholdninger | 546 | 483 |

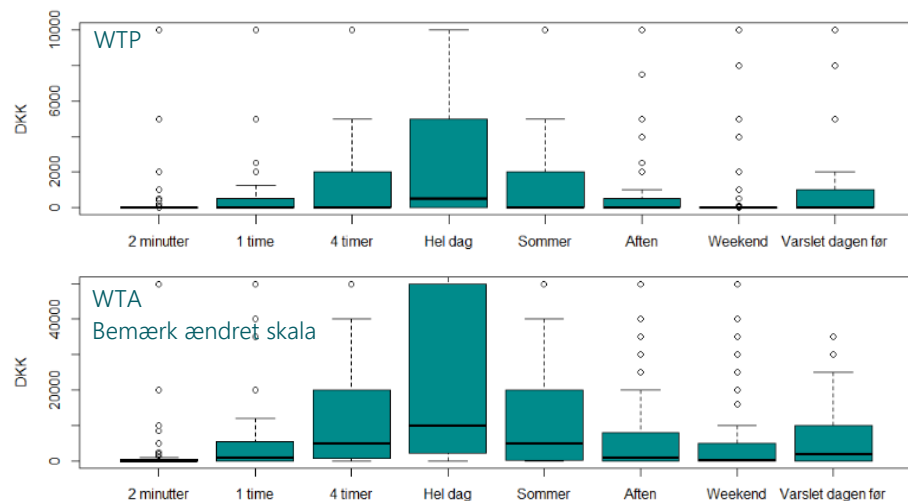
DATA

Figur 5: Boksplot for husholdningernes omkostninger ved de forskellige scenarier



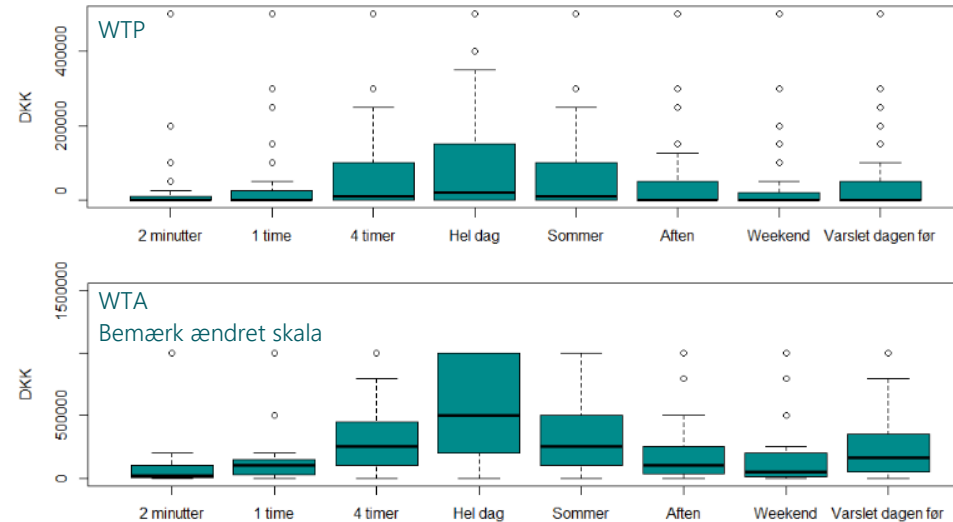
Note: Den tykke streg angiver medianen, top og bund af den grønne kasse indikerer 1. og 3. kvartilerne, mens de vandrette streger markerer en afstand på $1,5 \cdot IQR$ (interquartile range) fra kvartilerne. Bemærk at varigheden af scenarierne for sommer, nat/aften, weekend og varslet dagen før er 4 timer. WTP står for willingness to pay, mens WTA står for willingness to accept. Ved WTP er der spurgt til hvor meget vedkommende er villig til at betale for at undgå strømafbrydelsen, mens der ved WTA er spurgt til hvor meget vedkommende skulle kompenseres med for at acceptere strømafbrydelsen.

Figur 6: Boksplot for den offentlige sektors omkostninger ved forskellige scenarier



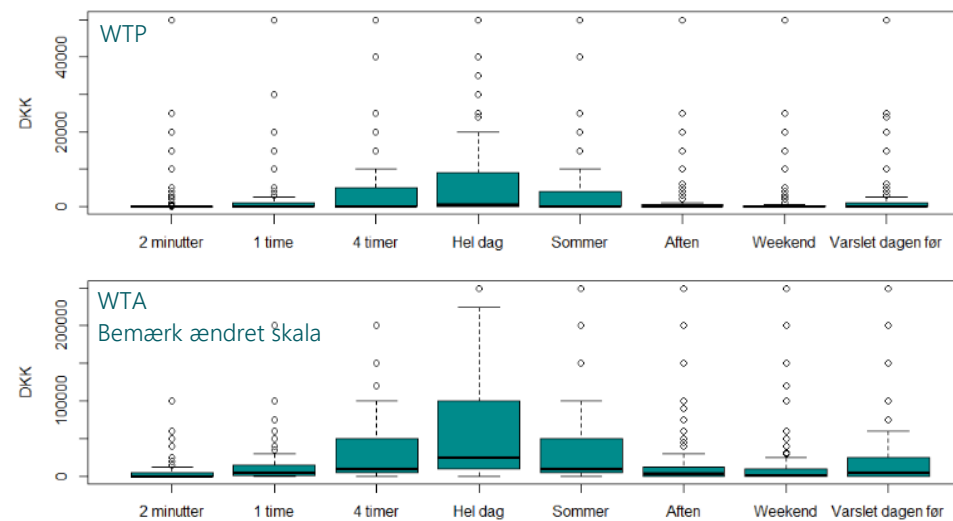
Note: Se note til Figur 5.

Figur 7: Boksplot for store industrivirksomheders omkostninger ved forskellige scenarier



Note: Se note til Figur 5.

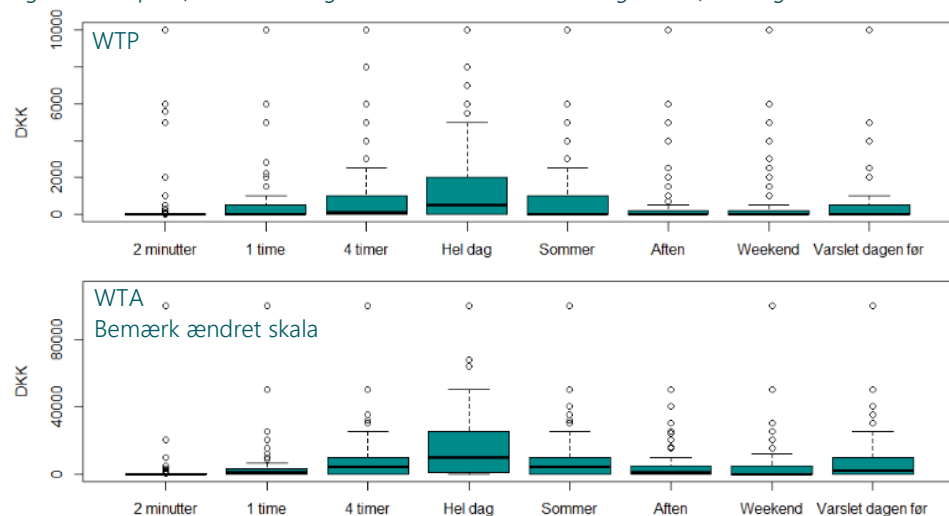
Figur 8: Boksplot for små industrivirksomheders omkostninger ved forskellige scenarier



Note: Se note til Figur 5.

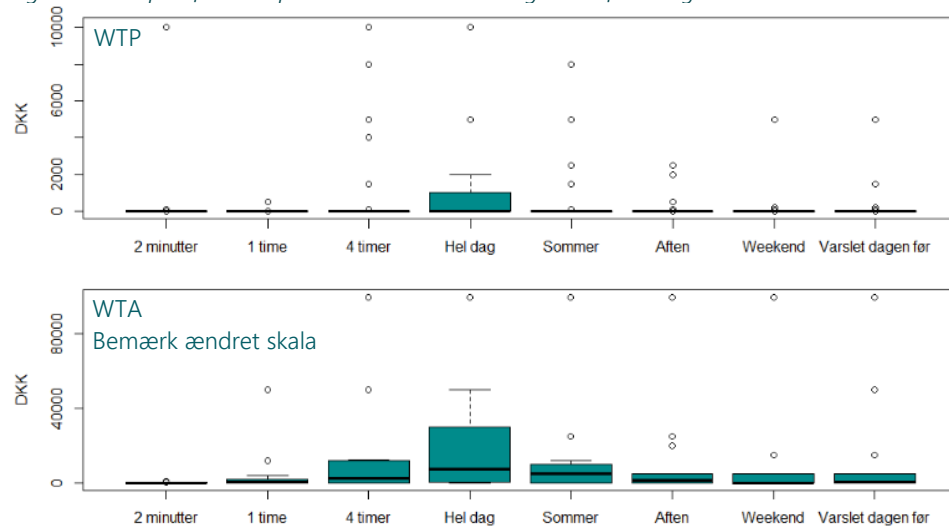
DATA

Figur 9: Boksplot for handels- og servicesektorens omkostninger ved forskellige scenarier



Note: Se note til Figur 5.

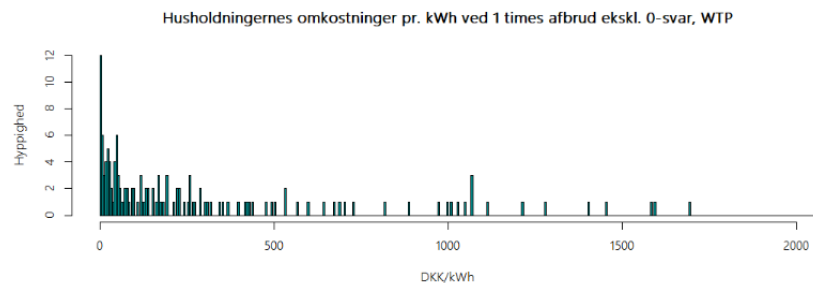
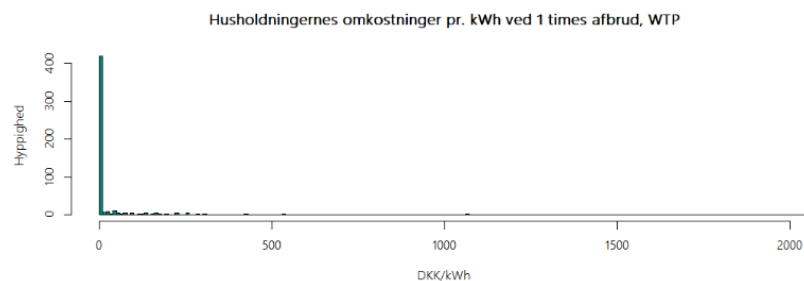
Figur 10: Boksplot for transportsektorens omkostninger ved forskellige scenarier



Note: Se note til Figur 5.

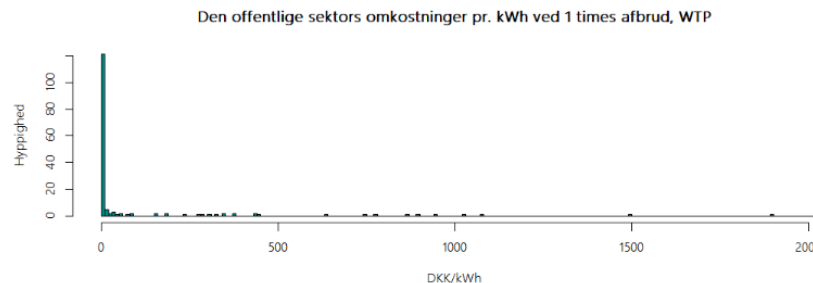
Histogrammerne neden for illustrerer fordelingen af besvarelser for omkostningerne givet ved et strømafbuds-scenarie på 1 time (samt for vinter, hverdag, aften timerne/dagstimerne og uden varsel) for de forskellige sektorer og for husholdningerne, for WTP-svarene. Omkostningerne er angivet i DKK/kWh, dvs. de er normaliseret, i forhold til hvor stort et energiforbrug den enkelte respondent forventes at have i scenariet, hvis ikke de blev afbrudt. Det ses blandt andet af figurerne, at der er mange respondenter på tværs af sektorerne, der angiver ikke at ville betale noget for at undgå afbruddet.

Figur 11: Histogrammer over husholdningernes omkostninger pr. kWh ved 1-times-scenariet



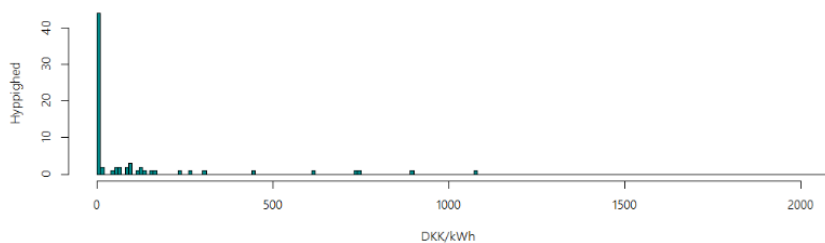
Note: Antal besvarelser over 2.000 DKK/kWh: 5.

Figur 12: Histogrammer over virksomhedernes omkostninger pr. kWh ved 1-times-scenariet

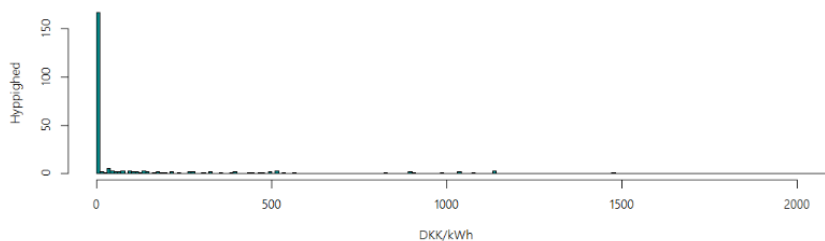


DATA OG RESULTATER

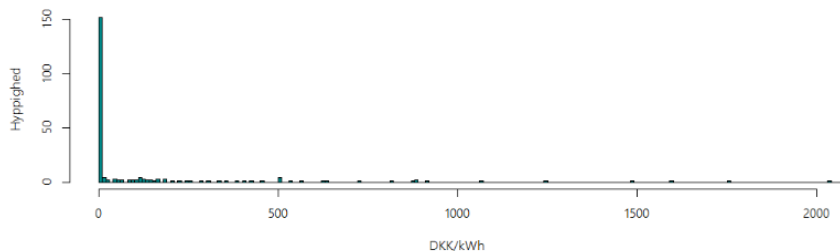
Store virksomheder i industrisektorens omkostninger pr. kWh ved 1 times afbrud, WTP



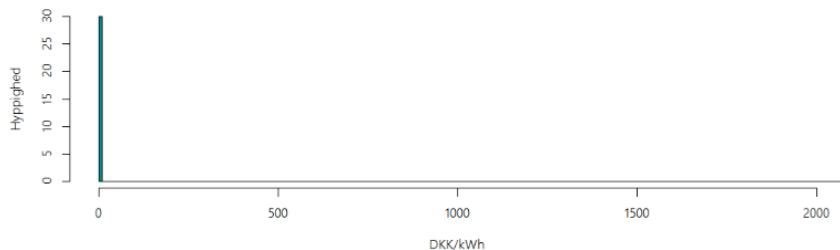
Små virksomheder i industrisektorens omkostninger pr. kWh ved 1 times afbrud, WTP



Handels- og service sektorens omkostninger pr. kWh ved 1 times afbrud, WTP



Transportsektorens omkostninger pr. kWh ved 1 times afbrud, WTP



Note: Antal besvarelser over 2.000 DKK/kWh for sektorerne er: Offentlig sektor: 8, Stor industri: 5, Små industri: 16, Handel og service: 12, Transport: 3.

4 Resultater

I dette afsnit præsenteres hovedresultaterne fra undersøgelsen, som er fremkommet efter gennemførelsen af den statistiske behandling af data. Resultaterne fremgår af Tabel 3. Der er flere resultater at finde i bilag 4, herunder resultaterne ved de forskellige metodiske tilgange.

4.1 Det samlede VoLL-estimat

Der skal beregnes ét samlet estimat for VoLL, som kan bruges i fx cost-benefit-analyser og til at udregne en pålidelighedsstandard for Danmark. Til det formål er det nødvendigt at finde den værdi, der bedst prissætter et potentielt strømafbud forårsaget af effektmangel.

Beregninger på Energistyrelsens Sisyfos-model til fremskrivninger af effekttilstrækkelighed i Danmark peger på, at det vil være mest sandsynligt at opleve afbrud af 1 times varighed (fx ved beregninger for 2030 eller 2035). Det vil også være mest sandsynligt, at det forekommer om eftermiddagen, i vinterhalvåret og på hverdage. Derfor baseres det samlede VoLL-estimat for Danmark ud fra besvarelserne på scenariet med afbrudsvarigheden på 1 time. Der er dog ikke korrigeret i virksomhedernes besvarelser for, at scenariet foregår i dagstimerne og ikke eftermiddags-/aftentimerne, da Energistyrelsen har taget udgangspunkt i det tidspunkt hvor virksomhederne er mest følsomme overfor strømafbud. Dette valg trækker VoLL lidt op, men det tager således også med i betragtning, at strømafbud ikke nødvendigvis sker om eftermiddagen, selvom det er mest sandsynligt. I det samlede estimat er sektorerne vægtet med deres andel af Expected Energy Not Served (EENS), hvorfor der derigennem er taget højde for, at det er mere sandsynligt, at afbruddet sker eftermiddag/aften.

Det bemærkes, at transportsektoren har et VoLL på 0 kr. for 1-timers-scenariet. I fastsættelsen af det samlede VoLL-estimat er tallet for 4-timers-scenariet anvendt, da det vurderes at være urealistisk at der ikke er nogle omkostninger i transportsektoren ved et strømafbud, og at resultatet til dels skyldes, at der kun indgår 24 observationer i beregningen. Baseret på en makrodata-udregning af transportsektorens omkostninger, hvor der også tages højde for passagerer, der sidder fast i stillestående offentlig transport, samt et notat som Energistyrelsen har fået udarbejdet af DSB om omkostninger ved strømafbud i togtrafikken, vurderes estimatet fra fire-timers-scenariet ikke urealistisk og er derfor anvendt i det samlede estimat.

Det samlede VoLL-estimat bliver således 174 DKK/kWh, jf. Tabel 3. Det er de små industrivirksomheder og handels- og servicesektoren, der trækker tallet op, da de har særligt høje omkostninger pr. energiinput, mens de store industrivirksomheder har de laveste omkostninger. Dette kan til dels forklares med, at omkostningen netop er angivet pr. energiinput, det vil sige at hvis en stor virksomhed bruger meget strøm, vil en stor absolut omkostning

RESULTATER OG PERSPEKTIVERING

Tabel 3: Hovedresultater for de forskellige scenarier samt for de forskellige sektorer i DKK/kWh

| | N | Andel af EENS | 2 minutter | 1 time | 4 timer | Sommer | Nat/Aften | Weekend | Varslet dagen før |
|-------------------------------|-----|---------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-------------------|
| Husholdninger | 478 | 0,372 | 48 | 99 | 57 | 66 | 49 | 48 | 35 |
| Store industrivirksomheder | 50 | 0,108 | 41 | 85 | 57 | 62 | 52 | 44 | 47 |
| Små industrivirksomheder | 198 | 0,163 | 69 | 306 | 246 | 249 | 138 | 161 | 134 |
| Handel og service | 176 | 0,236 | 32 | 274 | 294 | 291 | 46 | 46 | 236 |
| Offentlig sektor | 131 | 0,082 | 17 | 104 | 93 | 100 | 47 | 52 | 71 |
| Transport | 24 | 0,039 | 0 | 126 | 126 | 135 | 21 | 1 | 15 |
| Samlet, vægtet estimat | | | 42 | 174 | 149 | 154 | 62 | 64 | 102 |

Note: Vægtningen af sektorerne til et samlet VoLL for det givne scenarie er baseret på sektorens andel af Expected Energy Not Served (EENS), dvs. at der er ganget timeserier for fremtidige forventninger til EENS sammen med timeserier for sektorernes andel af elforbruget i 2020. N = antal observationer, som estimatet er baseret på.

Tabel 4: Resultat af beregninger for de forskellige scenarier og sektorer inklusive de respondenter, der burde selvforsikre sig, i DKK/kWh

| | N | Andel af EENS | 2 minutter | 1 time | 4 timer | Sommer | Nat/Aften | Weekend | Varslet dagen før |
|-------------------------------|-----|---------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------------|
| Husholdninger | 480 | 0,372 | 52 | 107 | 67 | 67 | 51 | 49 | 36 |
| Store industrivirksomheder | 55 | 0,108 | 179 | 258 | 97 | 105 | 99 | 106 | 74 |
| Små industrivirksomheder | 206 | 0,163 | 120 | 612 | 317 | 321 | 198 | 235 | 148 |
| Handel og service | 185 | 0,236 | 115 | 755 | 755 | 581 | 129 | 127 | 357 |
| Offentlig sektor | 137 | 0,082 | 54 | 239 | 175 | 201 | 63 | 79 | 99 |
| Transport | 26 | 0,039 | 27 | 251 | 183 | 196 | 87 | 81 | 77 |
| Samlet, vægtet estimat | | | 91 | 375 | 287 | 250 | 101 | 108 | 141 |

Note: Se note til Tabel 3.

for virksomheden kunne resultere i en mindre omkostning pr. kWh.

Husholdningernes andel af det samlede estimat udgør mere end en tredjedel, og derfor er det relativt udslagsgivende for resultatet, at det ligger på hele 99 DKK/kWh. En almindelig husholdning kan godt bruge tæt på 1 kWh i scenariet, der er anvendt, så man kan groft sagt tolke tallet, som hvad en husholdning i gennemsnit ville være villig til at betale at undgå et strømafbud.

Som beskrevet i afsnit 2.4.2 har Energistyrelsen valgt at fjerne besvarelser fra datagrundlaget til estimeringen af VoLL i det tilfælde, at respondenter har så høje omkostninger, at et reserveanlæg ville være mere rentabelt for dem at investere i, end at acceptere risikoen ved et strømafbud en sjælden gang i mellem. Det fremgår af Tabel 4, at hvis ikke der var foretaget denne frasortering af respondenter, der burde selvforsikre sig, ville VoLL-estimatet være væsentligt højere.

5 Perspektivering

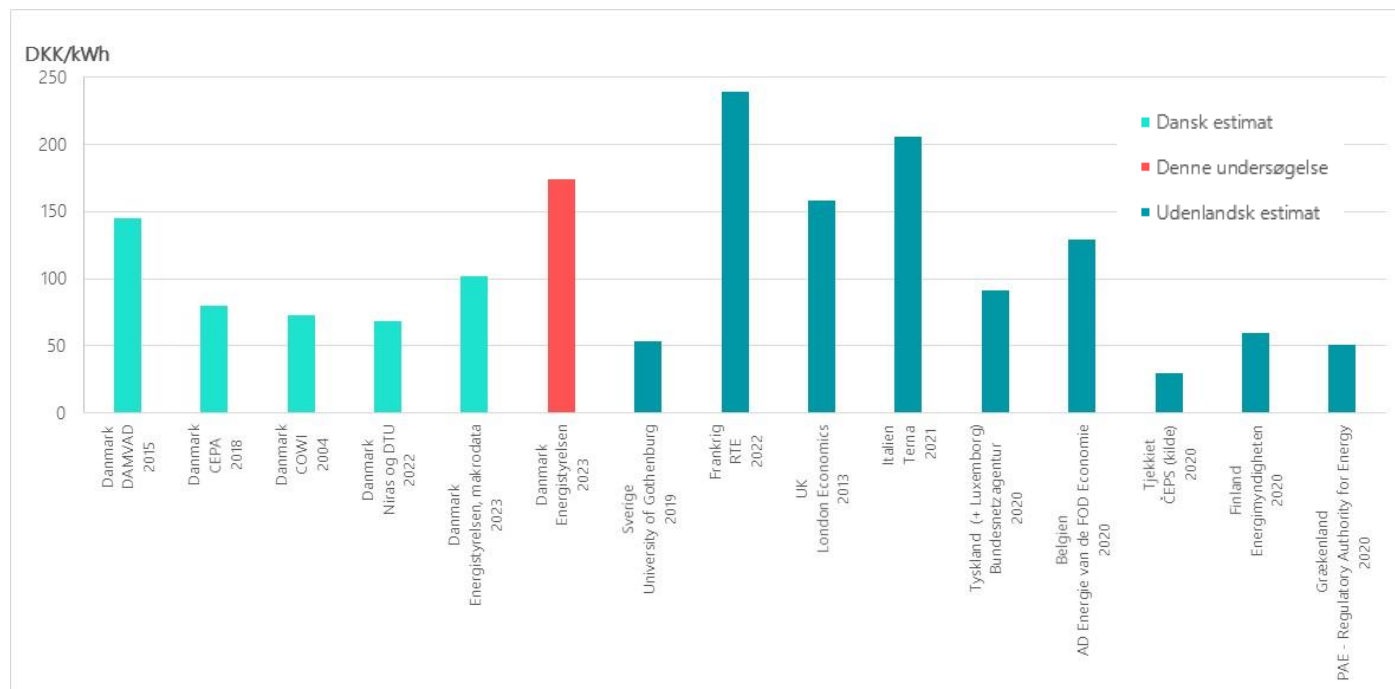
Dette afsnit udfolder nogle af de perspektiver, som resultaterne særligt giver anledning til at fremhæve. Først ses der på, hvordan tallet placerer sig blandt andre VoLL-estimer og i forhold til priserne i elmarkedet. Dernæst beskrives nogle af de elementer, som tallet ikke kan fange og hvilke potentielle fejlkilder, der kan være i kraft af den valgte metode.

5.1 Sammenligninger

5.1.1 Danske VoLL-estimer

De turkise søjler i Figur 13 viser andre VoLL-estimer for Danmark fra andre undersøgelser til sammenligning med det estimerede VoLL fra denne undersøgelse, som er vist ved den røde søjle i figuren. Det ses, at 174 DKK/kWh er lidt højere, men ikke så langt fra DAMVADs resultat fra 2015 på ca. 145 DKK/kWh, som også var baseret på en spørgeskemaundersøgelse.

Figur 13: VoLL-estimater i DKK/kWh omregnet til 2020-priser



Note: Kilder til de forskellige VoLL, der fremgår af figuren, er oplyst i skemaet sidst i bilag 6.

En international analyse fra 2018 udarbejdet af CEPA på vegne af ACER viser et noget lavere estimat. Estimatet er dog baseret på en såkaldt produktionsfunktionsmetode, hvor der bruges makrodata for de forskellige sektorer til beregningen. Der ses på bruttoværditilvæksten i forhold til det årlige elforbrug i sektoren, og ganger dette med en faktor, der siger noget om, hvor meget af produktionen i sektoren, der er afhængig af el. Produktionsfunktionsmetoden er nærmere beskrevet i bilag 6. Ved den metode regnes der kun på værdien af den tabte produktion, mens ødelagte ting og afledte omkostninger således ikke regnes med, hvilket kan forklare, at tallet er lavere ved brug af den metode end ved brug af spørgeskemadata. Det er samme metode, der ligger til grund for Energistyrelsens egen makrodata-beregning, som fremgår af den 4. søjle, som giver et resultat, der er lidt højere end CEPAs, men stadig væsentligt under estimatet på 174 DKK/kWh.

Et estimat udarbejdet af COWI i 2004 er baseret på reelle omkostninger registreret efter et stort strømafbød, der skete på Sjælland i 2003. COWIs estimat er noget lavere end estimatet

fra denne undersøgelse, men det er dog også efterhånden nogle år gammelt samt baseret på en omkostningsopgørelse, hvor der primært blev set på de direkte omkostninger og ikke folks betalingsvillighed for at undgå afbødningen.

Forsyningstilsynet har i 2022 udgivet et VoLL-estimat beregnet af Niras og DTU, som også viser et væsentligt lavere resultat. Det er særligt VoLL beregnet for virksomhederne, der er estimeret til et lavt niveau. Dette er beregnet på baggrund af en version af produktionsfunktionsmetoden, hvor det indregnes at nogle virksomheder vil have meget lave marginale omkostninger ved et strømafbød, da de besidder et nødstrømsanlæg.

5.1.2 Europæiske VoLL-estimater

I Figur 13 er der også vist en række VoLL-estimater fra andre europæiske lande, de fleste af dem udarbejdet efter ENTSO-E/ACER metoden, som for hovedparten også ligger lavere end estimatet fra denne undersøgelse. Italien har dog fastsat et VoLL, der ligger over de 174 DKK/kWh, hvilket kan forklares med, at tallet er baseret på et gennemsnit mellem en WTP-

PERSPEKTIVERING

værdi og en WTA-værdi, som typisk er højere end WTP. For Frankrig, hvis VoLL også er højere end estimatet fra denne undersøgelse, er tallet baseret på en direct cost-spørgeform, som for de franske resultater ligger mellem WTP- og WTA-værdierne. Modsat ses det, at både Sverige og Finlands estimater ligger væsentligt under det danske, på trods af at Danmark ofte sammenlignes med lande som disse.

Niveauet af elforsyningssikkerhed i Sverige og Finland er dog ringere end i Danmark, hvilket kan betyde, at respondenterne i de to lande har bedre foranstaltninger til at håndtere strøm-afbrud. Samtidig har den enkelte danske elforbruger i gennemsnit et lavere elforbrug, end de har i Sverige og Finland, hvilket kan betyde at tabet pr. kWh er større i Danmark. Desuden kan det relativt høje VoLL-estimat i Danmark, i forhold til de andre landes estimater, muligvis, til dels tilskrives, at virksomheder med gavn af høj elforsyningssikkerhed kan have valgt at placere sig i Danmark, netop på grund af det høje niveau af elforsyningssikkerhed.

5.1.3 Maksimumprisen i elmarkedet

I det europæiske elmarked er der fastsat en teknisk maksimumpris for alle budområder, der deltager i day-ahead-markedskoblingen. Det er et prisloft, der begrænser prisen, i tilfælde af at der ikke findes en ligevægtspris i markedet. Maksimumprisen var indtil maj måned i 2022 på 3.000 €/MWh, og er herefter hævet til 4.000 €/MWh, fordi der i det franske budområde i april var en situation, hvor prisen oversteg 60 % af maksimumprisen, hvilket efter europæiske regler giver anledning til en stigning på 1.000 €/MWh.

4.000 €/MWh svarer til ca. 30 DKK/kWh, hvilket således er langt under VoLL-estimatet fra denne undersøgelse. Principielt burde maksimumprisen være lig med VoLL ud fra en tese om, at det er den pris elforbrugerne er villige til at betale for strømmen. Der er således forskel på, hvad elforbrugerne reelt set kan komme til betale for den dyreste kWh, og hvad betalingsvilligheden er for den ifølge Energistyrelsens analyse, og dermed kan der opstå et underudbud. Det kan dog ændre sig med tiden, hvis vi flere gange oplever at overstige 60 % af maksimumprisen.

5.2 Eventuelle skævvridninger og udeladte effekter

Anvendelsen af en spørgeskemaundersøgelse som grundlag for estimeringen af VoLL, har sine fordele og ulemper, blandt andet set i forhold til produktionsfunktionsmetoden, som er det mest nærliggende alternativ. En væsentlig fordel er, at undersøgelsen fanger flere aspekter af betalingsvilligheden hos elforbrugerne, sammenlignet med produktionsfunktionsmetoden, hvor der kun beregnes værdien af tabt produktion. Estimering af VoLL med spørgeskemaundersøgelsen kan desuden foretages uden at skulle have et fysisk strømafbud at måle på, hvilket ellers ville være nødvendigt for at foretage et såkaldt blackout-studie, da

der spørges til hypotetiske scenarier i spørgeskemaet. Omvendt kan der være en række udfordringer ved brugen af spørgeskemaundersøgelser, som det fremgår af de følgende underafsnit.

5.2.1 Manglende kendskab til omkostninger

En af de største udfordringer med estimering af VoLL i Danmark ved brug af en spørgeskemaundersøgelse er, at danske elforbrugere har svært ved at vide, hvad strømafbud har af omkostninger for den enkelte, eftersom afbrud sker så relativt sjældent. Det viser sig da også, at hvis VoLL udregnes kun for de respondenter, som har svaret, at de har oplevet et strømafbud inden for de seneste to år, så er tallet signifikant lavere end for respondenter, der ikke har oplevet det. Det antyder, at forestillingen om et afbrud er værre end et faktisk afbrud.

5.2.2 Større tilbøjelighed til at besvare ved høje omkostninger

Der kan opstå et såkaldt selvselektionsbias, hvor de respondenter, der er særligt interesserede eller de respondenter, der berøres væsentligt af strømafbud, er overrepræsenterede i stikprøven, fordi de har større incitament til at gøre deres position gældende. Dette kan således lede til overestimering af VoLL. I fraværet af populationsdata har det ikke været muligt at teste omfanget af et evt. selvselektionsbias.

5.2.3 Incitament til at over-/underrapportere

Respondenter har incitament til at angive højere (lavere) omkostninger, end de reelt har, hvis de tror, at de ligger over (under) gennemsnit, for at trække gennemsnittet i den ønskede retning. Da respondenterne ikke kan angive lavere omkostninger end nul, er der en nedre grænse for underrapporteringer, hvorfor det er sandsynligt, at der kan opstå overestimering grundet dette incitament.

5.2.4 Manglende mulighed for at angive negativ værdi

Det viser sig i datamaterialet, at besvarelsene klumper sig om nul. Respondenterne kan ikke svare, at de har negative omkostninger ved strømafbud, da det ville være meningsløst, men det vides ikke, hvor mange der har en "negativ værdi" af højere elforsyningssikkerhed. På den måde kan mange af nul-svarene skyldes, at der netop er flere, som ville have større nytte af at skulle betale mindre for deres elforsyning end af at undgå et strømafbud i ny og næ. Denne negative værdi er således ikke repræsenteret i datasættet.

5.2.5 Manglende kendskab til elforbrug

For at normalisere respondenternes omkostninger pr. strømafbud til omkostninger pr. kWh er det nødvendigt at kende størrelsen af deres elforbrug. Heri ligger en ekstra fejlkilde, idet

PERSPEKTIVERING OG KONKLUSION

de rapporterede tal for elforbrug har vist sig at være relativt upålidelige, fordi forbrugerne ikke nødvendigvis ved, hvor meget strøm de bruger.

5.2.6 Tidspunktet for udsendelsen af spørgeskemaet

Spørgeskemaet er udsendt i slutningen af 2020. COVID-19-pandemien påvirkede stadig i høj grad danskerne på det tidspunkt, og selvom at respondenterne blev bedt om at se bort fra pandemien i deres besvarelser, kan det godt have haft betydning for deres svar alligevel. På den måde er tidspunktet for en spørgeskemaundersøgelse altid en faktor, der kan påvirke respondenterne. Flere spørgeskemaundersøgelser over tid, hvor der spørges til det samme, vil kunne give en indikation af, hvor meget tidspunktet for undersøgelsen har påvirket resultatet.

Ifølge artikel 11 i elmarkedsforordningen skal beregningen af VoLL gentages mindst hvert femte år, eller oftere hvis det forventes, at der er sket en væsentlig ændring i VoLL. Energistyrelsen forventer derfor at foretage endnu en estimering af VoLL senest om fem år.

5.3 Erfaringer fra processen

Næste gang Energistyrelsen skal gennemføre en undersøgelse af VoLL, kan en række erfaringer fra arbejdet med denne undersøgelse inddrages. Nogle af disse erfaringer kommer fra de to interessentmøder, Energistyrelsen har afholdt i forbindelse med udarbejdelsen af denne rapport: et møde, hvor de første foreløbige resultater blev fremlagt og drøftet, samt et møde umiddelbart inden offentliggørelsen af den endelige rapport. Møderne har bidraget med konkrete input til fremgangsmåden og resultaterne, samt med forslag til hvor metoden kan forbedres, når VoLL skal estimeres på ny.

Energistyrelsen har noteret sig følgende erfaringer, som med fordel vil kunne inddrages næste gang, der skal gennemføres en undersøgelse af VoLL:

Der bør være stort fokus på at indhente så mange besvarelser som muligt. Forskellige tiltag såsom at lade respondenterne indgå i lodtrækningen om en præmie eller lignende kan overvejes, samt at sætte længere tid af til at indhente besvarelser.

Det kan også være nyttigt med en finere inddeling af sektorer ved udsendelse af spørgeskemaer, og at være mere konkret om hvilken udstrækning af virksomheden (fx produktionsenheden eller hele koncernen) der skal besvares for. Nogle virksomhedstyper såsom hospitaler og forsyningssektoren (vandværker, varmegværker mv.) kan måske desuden med fordel få tilpassede spørgeskemaer, som tager højde for virksomhedstypens særlige karaktertræk.

Det kan desuden være gavnligt at indsætte en række kontrolspørgsmål i spørgeskemaet for at kunne forklare årsager til forskellige ulogiske eller interessante sammenhænge i besvarelserne. Derudover kunne der eksempelvis oplyses det gennemsnitlige elforbrug for en husholdning i husholdningsspørgeskemaet, så usikkerheden i besvarelserne af elforbrug mindskes.

6 Konklusion

Energistyrelsen har estimeret VoLL i Danmark til at ligge på 174 DKK/kWh. Dette er lidt over nogle af de andre VoLL-estimerer, der er at finde både for Danmark og andre europæiske lande.

Tallet er baseret på en spørgeskemaundersøgelse, hvilket kan være medvirkende til, at tallet ligger i den høje ende, idet spørgeskemametoden fanger flere indirekte effekter af strømafbud end andre metoder, og muligvis også fordi nogle skævvridningseffekter kan komme til at trække tallet opad. Dog skal det understreges, at omkostningsrapporteringer, som ligger over det, det koster at investere i et batteri til at sikre sin elforsyning ikke indgår i estimatet, hvilket må antages at have fjernet en del af disse effekter.

Tallet kan desuden være i den høje ende af sammenligningsgrundlaget, fordi danskerne er vant til at have en høj elforsyningssikkerhed – hvilket gør det mere uvist, hvad undgåelse af strømafbud er værd, det kan opleves som vanskeligere at håndtere strømafbud, og endelig tiltrækker en høj elforsyningssikkerhed de virksomheder, der har høj værdi heraf.

Bilagsoversigt

Bilag 1: Spørgeskemaerne og repræsentativitet i stikprøven

Bilag 2: Visualisering af datamaterialet

Bilag 3: Elforbrugsprofiler for sektorerne

Bilag 4: Udskillelse af data og statistisk model

Bilag 5: Fastsættelse af individuelle kWh-forbrug

Bilag 6: Produktionsfunktionsmetoden