

Indledning

I dag er det svært at forestille sig en hverdag uden den, men det er 41 år siden, at den personlige computer (PC) revolutionerede vores verden. Den 12. august 1981 introducerede IBM PC 5150, en banebrydende innovation, der lagde grunden til de laptops og desktops, vi bruger i dag. Før denne milepæl var computere forbeholdt store virksomheder og kunne fylde en hel garage (Østergaard, 2021).

Det tog dog endnu et årti for computerspil at vinde indpas, da spil hovedsageligt var forbundet med konsoller som Atari 2600, Commodore 64 og Nintendo NES. Spil som Solitaire og Minesweeper appellerede til brugere i alle aldre og flyttede gaming fra børn og teenagere til ældre generationer. I løbet af 2000'erne blomstrede casual gaming, især med fremkomsten af smartphone-spil, mens hård konkurrence mellem Xbox, PlayStation og Nintendo Wii drev markedet. I 2010'erne fortsatte konsollerne med at dominere, men stigningen i pc-gaming blev tydelig med titler som Fortnite og PUBG. Tilgængeligheden af mus og tastatur tiltrak flere gamere til pc'er (school, n.d.).

Spilindustriens omsætning nåede 159,3 milliarder USD i 2020 og forventes at stige med 37% inden 2024 (Wijman, 2020). Denne vækst kommer dog med et øget energiforbrug, især til esportsbegivenheder, hvilket fører til miljømæssige bekymringer såsom CO₂-udledning fra elforbrug. For at imødegå dette har vores forskningsprojekt haft til formål at vurdere elforbruget og identificere grønne energikilder til at kompensere for LAN-eventenes energifodaftryk. Vi har bl.a. foretaget målinger på GameBox Festival i Herning fra den 22.-24. marts 2022, som er vært for op til 1000 deltagere. Disse data vil tjene som grundlag for at estimere det fremtidige elforbrug og bestemme de passende grønne energiløsninger til fremtidige esportsbegivenheder. Den indsamlede data er derudover testet efter og anvendt på en konkret event på Tadium i efteråret 2022.

Baggrund

I 1972 var Stanford University vært for den første e-sportsturnering, hvor studerende konkurrerede i videospillet Spacewar. Vinderen fik en eftertragtet præmie: et års abonnement på magasinet Rolling Stone (Winkie, 2019). Spol hurtigt frem til 90'erne, hvor teknologiske fremskridt banede vejen for online esports-konkurrencer, hvor den første begivenhed tiltrak omkring 2000 deltagere. 2000'erne indvarslede et mere effektivt internet, hvilket gjorde det lettere at udbrede esports og gaming. I denne æra opstod også de første esportsorganisationer, hvilket udløste en bølge af turneringer, præmier og deltagere.

I de senere år har esportsbranchen oplevet en eksponentiel vækst, som er blevet understøttet af online streamingplatforme som Twitch.tv og Nvidia Gaming. Danmark er kommet med på vognen og sender events og turneringer på nationale tv-kanaler som TV2Zulu og DR3 og slår konsekvent seerrekorder. Ifølge den nationale strategi for esports (Kultur & - Erhvervsministeriet. (2019)) repræsenterer esports en ny form for kulturforbrug og underholdning, der blomstrer i takt med digitaliseringen.

De økonomiske tal taler deres tydelige sprog om branchens udvikling. Fra en global omsætning på 3,3 mia. kr. i 2016 til 5,5 mia. kr. i 2018, med prognoser på 10,5 mia. kr. i 2024 for Esport alene (Dansk Erhverv, 2021). Danmarks Statistik (2022) rapporterer, at 56% af mænd og 51% af kvinder over 16 år spiller digitale spil, mens svimlende 96% af danske teenagedrenge (13-19 år) spiller computerspil (Christensen, Dennis: DR Medieudvikling, 2017). Men det handler ikke kun om at spille; seertallet er eksploderet med 398 millioner seere på verdensplan i 2019, og det forventes at stige til 577 millioner i 2024.

Denne voksende interesse betyder en spredning af events, både fysiske og online. Revisionsselskabet Deloitte (Deloitte, 2019) afslører således investeringer på over 1.352 millioner kroner i globale esportsbegivenheder og -turneringer (Dansk Erhverv, 2021). Momentum viser ingen tegn på at aftage. Statista (2020) rapporterer om en samlet omsætning i underholdningsindustrien på 208,4 milliarder dollars, hvoraf gaming tegner sig for 145,7 milliarder dollars, hvilket omfatter mobil-, konsol- og pc-platforme. Prognoser fra Wijman (2020) forudser en stigning til 218,8 milliarder dollars i 2024.

Problemstilling

Efterhånden som esport fortsætter sin hastige udvikling, bliver det bydende nødvendigt at granske den energi, der bruges inden for dette område. Ifølge Newzoos årsrapport fra 2021 om udviklingen inden for esport, anslås det, at 3 milliarder mennesker på verdensplan deltager i digital gaming. Desuden er der en konstant årlig vækstrate på 5,3 %, som ledsages af en stigning i energiforbruget. Denne stigning i aktivitet betyder en stigning i antallet af events, der er kendetegnet ved et betydeligt øget energiforbrug på grund af det mekaniske udstyr, der er en integreret del af digital gaming.

Tal fra Copenhagen Center on Energy Efficiency (2020) afslører, at det årlige energiforbrug for stationære high-end gaming-pc'er i gennemsnit ligger på omkring 1160 kWh/år, eksklusive periferiudstyr som skærme, tastaturer, netværk eller datacenterenergi. I modsætning hertil bruger "ekstreme brugere" af platforme som Xbox 360-konsollen ca. 320 kWh/år. Det er dog stadig en udfordring at kvantificere bekymringer vedrørende energiforbrug og miljøpåvirkning, især med hensyn til drivhusgasemissioner, på grund af det mangfoldige udvalg af platforme og den betydelige indflydelse af brugeradfærd (Mills et al., 2018).

Computer Games Journal (2019) fremhæver, at mellemklasse- og high-end-computere bidrager mest til energiforbruget, hvor en stor del tilskrives inaktiv brug. Derudover bemærker de en 40-60% stigning i energiforbruget ved Cloud Gaming, hvor eksterne servere, snarere end lokale pc'er, gengiver grafik og billeder. Det øgede energiforbrug til cloud gaming gælder også for stationære computere (40-60 %), bærbare computere (120-300 %), konsoller (30-200 %) og mediestreaming-systemer (130-260 %).

Samtidig oplever Danmark en stigning i esports-begivenheder. I 2018 var Royal Arena i København vært for en begivenhed, der tiltrak 12.000 tilskuere og tilbød pengepræmier på over 1,5 millioner kroner (Vækstfonden, 2019), hvilket er et symbol på den eskalerende udvikling af esport i landet.

Med udgangspunkt i ovenstående, vil vi i denne rapport beskæftige os med to undersøgelser vi foretog som en del af forskningsprojektet:

Undersøgelse 1:

- Undersøgelsen går i dybden med Gamestop Festival, en samling af 650 gamere, der deltog i turneringer hen over en weekend i foråret 2022. Analysen giver anbefalinger centreret om energiforbrug, med fokus på at integrere vedvarende energikilder.

Undersøgelse 2:

- Undersøgelse af bæredygtig e-sport event der blev afholdt på Tradium i weekenden 28. til 30. oktober 2022. Her blev dele af resultaterne fra Gamebox eventen afprøvet på en konkret event.

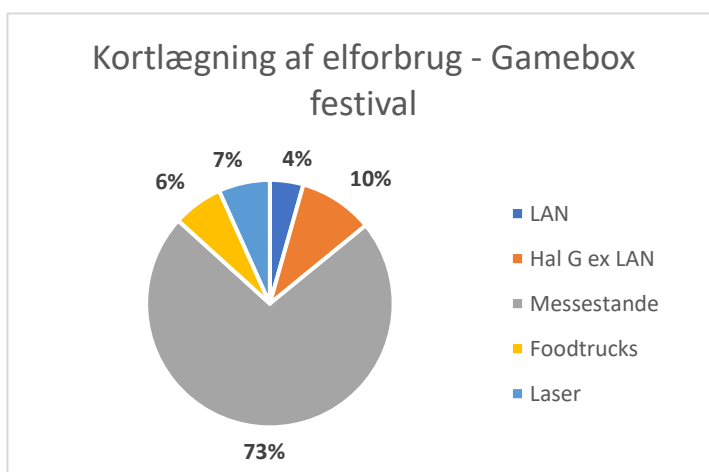
Resultaterne fra begge undersøgelser indgår desuden som en integreret del af den event manual, som er udgivet som et andet vidensprodukt, og som kan findes på Eaviden.dk

Undersøgelse af strømforbrug på Gamebox i Herning

2. Analyse af elforbrug

2.1 Kortlægning af elforbrug

Elforbruget for hele eventet på nær de to haller for overnattende gæster er i perioden 22-04-22 kl. 16:00 til D. 24-04-2022 kl. 18:00 målt til 23.361 kWh på i alt 9 forsyningsmålere. Som det fremgår af figur 4, er der mange andre væsentlige elforbrugere end selve LAN delen ved afholdelse af Gamebox Festival. Her ses tydeligt at den store scene og messestandene i hal F, L og M er den største forbruger med 73%, herefter fordeles de resterende 27% ud på 3 haller, herunder også den isolerede del til afvikling af LAN-delen i hal G.



Figur 1 - kortlægning af energiforbrug

De tre forsyningstavler for LAN delen i hal G er målt til 1.022 kWh, det giver en samlet nøgletal på 1,57 kWh pr deltager. Bordrække 31, har et samlet elforbrug på 27,2 kWh. Her er i alt plads til 30 deltagere, hvor der observeret maksimum 13 deltagere ved besøg fredag og lørdag. Det samlede nøgletal for bordrække 31 er således 2,09 kWh, svarende til 133% af nøgletallet for hele eventet. Individuelle målinger på fem deltagere ved bordrække 31, har et samlet forbrug på 17,05 kWh hertil kommer deres andel af elforbruget, værende ca. 0,24 kWh pr deltager. Dette giver tilsammen et samlet forbrug for fem deltagere på 18,2 kWh og et samlet nøgletal på 3,65 kWh/deltager ekskl. mus, tastatur, skærme, lader mm. Der er således ikke nogen videre sammenhæng mellem de tre nøgletal.

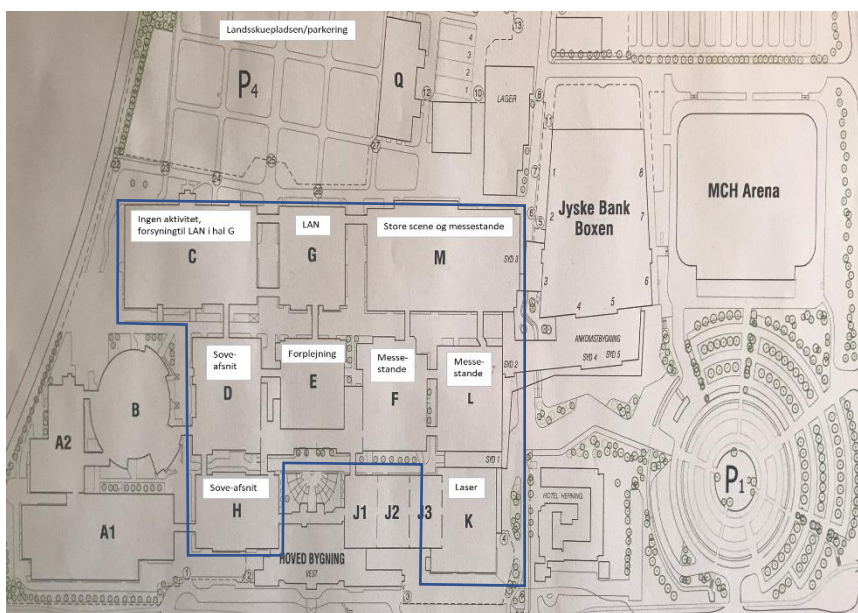
Tabel 1 - Nøgletal

Hvad	kWh	Deltagere	kWh/deltager	Index %
Tavle forbrug	1022	650	1,57	100%
Bordrække 31	27,2	13	2,09	133%
Individuelle målinger*	18,2	5	3,64	232%

*Elforbrug for pc'en alene tillagt forbrug på switchen for de fem deltagere

2.2 Hovedmålere

Hes ses en oversigt over de involverede hovedmålere i forbindelse med Gamebox Festival. Vi har modtaget timeværdier svarende til et år fra den 1. maj 2021 til den 1. maj 2022 på i alt 9 afregningsmålere ud af 11 relevante. De 2 målere som ikke er medregnet er henholdsvis hal D og H som blev brugt som soveafsnit til overnattende deltager hen over weekenden. Hal D, deler forbrug med den nye del af Hal E og landsskuepladsen, hvor Hal H3 deler forbrug med hovedbygningen, hvor blandt andet køkken og et større serverrum har en stor andel af forbruget.



Figur 2 - Hal oversigt

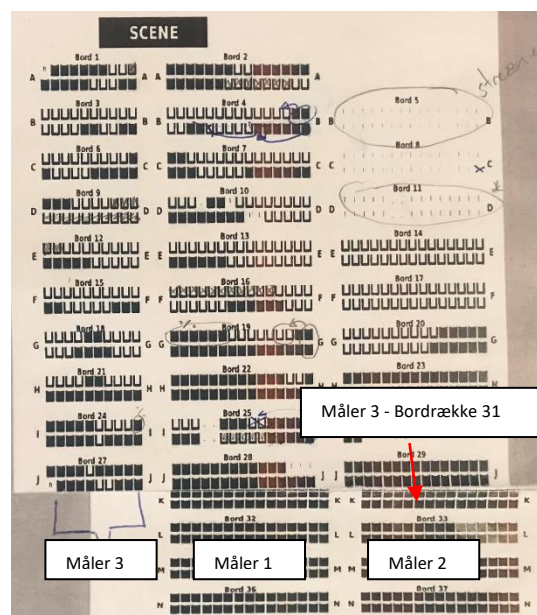
Det vil umiddelbart ikke være retvisende at medtages disse målinger da forbruget ikke kan opdeles og vil skævvride det samlede resultat. Der forekommer også andre målere med forbrug i flere området herunder hal K, som også forsyner hal J 1-3, men da disse var tomme og ikke var i brug under eventet, er disse også medtaget i regnskabet. Den sidste hal med særlig anvendelse er hal C som også stod tom og ikke var i brug under eventet, hvor fra 1 af 3 forsyningstavler for hal G er tilsluttet.

Type/anvendelse	MålepunktsID	Navn	Anvendelse ved eventet	Kilde	Frekvens	Periode fra	Periode til
Forsyningsmåler	571313135300040800	Hal C	LAN som ikke dækkes af hal G	Eloverblik.dk	timeværdier	01-05-2021 00:00	01-05-2022 00:00
Forsyningsmåler	571313135300040817	Hal J og K	Laser (hal K)	Eloverblik.dk	timeværdier	01-05-2021 00:00	01-05-2022 00:00
Forsyningsmåler	571313135300040879	Hal F	Messestande	Eloverblik.dk	timeværdier	01-05-2021 00:00	01-05-2022 00:00
Forsyningsmåler	571313135300040930	Hal G	LAN	Eloverblik.dk	timeværdier	01-05-2021 00:00	01-05-2022 00:00
Forsyningsmåler	571313135300398659	Hal E	Forplejning (foodtrucks)	Eloverblik.dk	timeværdier	01-05-2021 00:00	01-05-2022 00:00
Forsyningsmåler	571313135300420879	Hal J og K	Laser (hal K)	Eloverblik.dk	timeværdier	01-05-2021 00:00	01-05-2022 00:00
Forsyningsmåler	571313135300422262	Hal M Tavle 1	Scene og messestande	Eloverblik.dk	timeværdier	01-05-2021 00:00	01-05-2022 00:00
Forsyningsmåler	571313135300422279	Hal M Tavle 2	Scene og messestande	Eloverblik.dk	timeværdier	01-05-2021 00:00	01-05-2022 00:00
Forsyningsmåler	571313135300422859	Hal L	Messestande	Eloverblik.dk	timeværdier	01-05-2021 00:00	01-05-2022 00:00
Forsyningsmåler	Ikke med i kortlægning	Hal D	Soveafsnit	-	-	-	-
Forsyningsmåler	Ikke med i kortlægning	Hal H	Soveafsnit	-	-	-	-

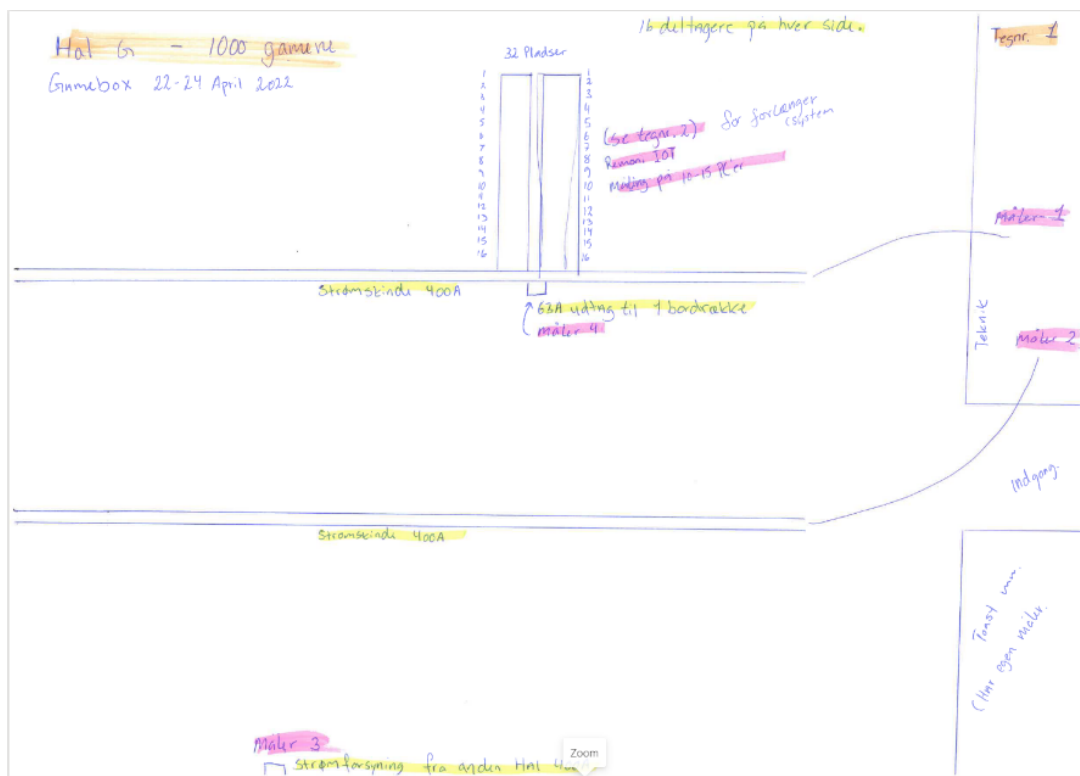
Figur 3 - Måler ID

2.3 Bi-målere

Eventet er indrettet med tre rækker borde lodret se figur 6, hvor hver række har deres egen elforsyning, det vil sige at måler 1 og 2 sidder i en lokal tavle i hal G, hvor den tredje række forsynes fra en tavle, som er midlertidigt placeret mellem hal C og G. Denne tredje tavle forsynes fra Hal C. For bordrække 31 er det placeret endnu en bi-måler som kun måler forbrug på de 32 pladser som hører til rækken inklusivt netværk. Måler 1-2 og bordrække 31 er forsynet med en CA Pel 103 [Manual PEL 103](#) hvor den sidste række måles via, Energilogger Kyoritzu 6300 ([Manual Kyoritzu 6300](#)). Alle målinger er behandlet for samme periode som forsyningsmålerne, hvilket afspejler Gamebox festivalens officielle åbningstider, værende fra fredag den 22. april 2022 kl. 16:00 til den 24. april 2022 kl. 18:00. Bi-måleren for række 3 med forsyningen hal C viste sig at være defekt på trods af grundig test før anvendelse, data herfra er således ikke behandlet videre i denne rapport. I figur 7 kan ses hvordan opsætning af bi-målere er udført.



Figur 4 - Bord oversigt hal G



Figur 5 - Måleropsætning

2.4 Individuelle målinger

For bordrække 31 var der opsat individuelt måleudstyr på i alt 14 af de 30 pladser i bordrækken, herunder også den switch som dækker netværket hertil. Hver deltager har deres egen 3 stikdåse og netværkskabel, hvor til der er målt på pc'en alene ved hver plads. Ved at kende det totale forbrug fra bi-målere (se ovenstående) sammenholdt med de individuelle målinger på pc'erne kan der udregnes en fordeling mellem pc'ens, switch'en (netværk) og det resterende forbrug som dækker mus, tastatur, skærme mm. Til denne måling er Remoni Power Moni Main anvendt ([Manual Power Moni Main](#)).

Figur 8 - Live datalogging - Remoni

Som det ses på målingerne, svinger energiforbruget pr. PC meget. Fra ca. 100W til ca. 380W ved aktiv gaming. Det mest interessante ses dog, ved standby, hvor forbruget svinger imellem ca. 80W og 240W. Der har dog i perioden fra fredag kl. 23 til lørdag kl. 02 været udfald på IOT-systemet. Det samme er gældende fra lørdag kl. 17 til kl. 18. Det vurderes dog at data er valide, og er derfor anvendt i analysen.

Delkonklusion

Dataindsamlingen er gennemført i fire niveauer for at sikre og forsvare hinanden, dvs. at vi ønskede at eftervise elforbruget på de fire niveauer (forsyning, tavle, bordrække og bruger) ved at holde dem op imod hinanden. Her er bl.a. gjort brug af nøgletal for belysning og analyse af historisk elforbrug og andre forbrugere under eventet for at forsøge at sandsynliggøre forbruget på tavlerne (1000 deltager og netværk) iht. forsyningsmåleren, hvilket i nogen grad er lykkedes. Derimod har resultatet af elforbruget til en enkelt bordrække (30 pladser) holdt op imod elforbrug målt på brugerniveau (Kun Pc'er) præget af større afvigelser, hvor der ikke umiddelbart er nogen videre sammenhæng imellem de målte forbrug. Vi har således ikke kunne eftervise forbruget på fire niveauer, og må i sidste ende sætte vores lid til forsynings- og tavlemåleren. Hvor til det vurderes at der er behov for yderligere målinger af andre gamingevents for at sammenligne og fastslå et endeligt nøgletal.

Eventet var opsat således at hver deltager fik udpeget en fast plads som fremgik af billetten. Ved ankomst til eventet, scannes billetten i bytte for et armbånd. Vi havde derfor ikke videre fokus på deltagerantallet da denne jo kunne opgøre ved at se på scannede billetter og der pladsanvisning. Det viser sig så ikke at være tilfældet, hvortil projektgrupper henviser til at der ca. har deltaget 650 personer og at pladsanvisningen ikke stemmer overens med de faktiske. Denne usikkerhed i deltagerantallet påvirker sammen med usikkerheden i det målte elforbrug i sidste ende troværdigheden af det beregnede nøgletal. Det vurderes således at deltagerantal løbende logges under fremtidig event med henblik på at udarbejde en retvisende nøgletal.

3.0 Løsningsforslag af forsyningsanlæg til Esport events.

Under arbejdet med at kortlægge energiforbruget til esport eventet i messecenter Herning, blev der anvendt energiloggere af typen PEL 103, som målte energiforbruget på sammenlagt 650 pc'er, samt vores lokale målinger på 5 enkelte Pc'er. Det målte energiforbrug under hele eventet er målt til ca. 1022 kWh og den højeste peak værdi målt kom op i 36 A. Ud fra indsamlede empiri vil der i dette afsnit bliver diskuteret hvilke løsninger der kan levere grøn energi til eventet, med fokus på at dække energiforbruget udelukkende for tilslutning af Pc'erne i LAN afsnittet. Grunden til at der ikke vælges at kigge på løsninger der kan dække hele eventet, er at de valgte løsninger skal ses mulige for anvendelse i alle facetter af LAN gaming. Det vil sige at projektet sigter efter at kunne anvende løsningerne direkte ved andre set-up som f.eks. et lokalt LAN party i Grenå Idrætshal, for at opnå et mere bæredygtigt udtryk ved afholdelse af energitunge events. Ligeledes fokuseres der på at vælge løsninger hvor økonomien kan bæres af f.eks. sponsorer, eller andre interessenter,

som har ønsket om at gøre events mere bæredygtige. I samarbejde vil der ud fra denne rapport blive udarbejdet en Event manual, som den danske Esports organisation "Tricked" (<https://www.tricked.dk/>) fremadrettet vil benytte når de skal deltage ved danske events.

3.1 Mobil solcelleløsning.

Ud fra tidligere nævnte metoder og målinger vælges og dimensioneres første løsning som kommer fra firmaet Bredenoord, og som tilbyder et mobilt solcelleanlæg med tilhørende power bank, der kan yde følgende:

- Totalsystem 58 kW individuel ydelse; - 90 solpaneler, 150 m² (23 kW) - Smart Power bank (30 kW) - Generator (28 kW)
- Kan levere 50 A forsyning

Med denne løsning vil hele LAN-delen kunne forsynes med solcelle energi, der vil blive lagret i power bank og med en alm. diesel generator som backup hvis der skulle komme udsving på solenergien i form af længere varende skydække.



Figur 9 - Kombineret solcelleanlæg med batteri og kompressor fra www.bredenoord.com

Fordele:

Eventet vil kunne promovere sig ved at kunne forsyne deres LAN-del af eventet via grønsolcelle energi, og ved at lægge regningen for anlægget hos endte sponsorer eller ved deltagerbetaling, vil der kunne være en beskedent fortjeneste ved et sådan anlæg.

Ulemper:

Prisen er forholdsvis høj på de ca. 45.000,00 kr. ex. moms. samt arealet der kræves til solcellepanelerne (150 m²), er også betragtelig og skal tages med i den samlede vurdering af denne løsning. Dertil kommer den udfordring, at solcelleenergi er meget ustabil pga. af vejrforhold og det ville kunne resultere i at eventet delvis bliver forsynes af den diesel generator der medfølger som backup, hvilket vil resultere i et større CO₂ aftryk og være direkte modsvarende til målet i at reducere CO₂ aftrykket ved et gaming event.

Delkonklusion løsning nr. 1

Hvis målet er bæredygtighed, kan denne løsning ikke anbefales da eventet forløber over en kort periode og forbruger for lidt elektricitet til at det ville være en interessant løsning. Ses der isoleret set kun på CO₂ aftrykket ved at opsætte et så stort anlæg for en kort periode, skal tage med i sit CO₂ regnskab tillægge at anlægget skal fragtes frem og tilbage med lastbil fra Vejle til Herning. Dertil kommer det økonomiske aspekt, i at et anlæg koster for meget til at energibesparelsen kan

være økonomisk interessant, på blot en uges leje, og derfor kan man økonomisk set, ikke uden at placere omkostningerne hos andre interessenter, konkludere at det er en lukrativ løsning rent økonomisk. Kigger man derimod på PR-værdien kan det dog tænkes at være interessant som et "grønt" tiltag der vil kunne sætte fokus på nødvendigheden af bedre og mere bærer dygtige løsninger til disse events.

3.2 HVO Diesel

En anden løsning for at dække elforbruget til Esport eventet kan være at benytte diesel generatorer i udvalgt og specificeret størrelse som passer til det aktuelle event. Dertil skal generatoren benytte HVO diesel eller anden anvendeligt grønt brændstof.

- Generator 35 kVA (28 kW)
- Kan levere 45A forsyning

Med denne løsning vil hele eller dele af LAN-delen kunne forsynes med energi, direkte fra en alm. diesel generator med benyttelse af HVO diesel.



Figur 10 - Generator til HVO diesel

Fordele:

En vigtig fordel ved HVO i forhold til andre biobrændstoffer er, at dets egenskaber er meget lig dem for fossil diesel, og derfor kan HVO anvendes som direkte erstatning til almindelig diesel. HVO er en syntetisk dieselolie. Forskellige skadelige stoffer som f.eks. aromater og svovlholdige bindinger er ikke til stede. Dette er en vigtig forskel mellem HVO og fossil dieselolie, som indeholder disse skadelige stoffer. Deraf har HVO en lavere emission af skadelige stoffer end fossil diesel. Det er ikke kun ilt, der forsvinder under fremstillingen af HVO. Aromatiske stoffer, svovl og forurening fjernes også fra råmaterialerne, hvilket resulterer i et brændstof, der ikke blot er mere miljøvenligt, men som også reducerer generne i byerne og for beboerne i nærheden af eventet.

Som det ses i figur 7, er CO₂ udledningen markant mindre ved anvendelse af HVO frem for almindelig diesel. Polytropvirkningsgraden for en dieselmotor er teoretisk 60%, termisk virkningsgrad, men akseleffekten svarer nærmere til 10% og ved anvendelse HVO diesel kan vi altså opnå en udledning på ca. 15% fremfor almindelig diesel.

	Diesel B0	GTL	Diesel B7	Q8 HVO Biodiesel
Standard	EN 590	EN 15940	EN 590	EN 15940
Råvare	Fossil	Fossil	Blanding	BIO
Vægtfylde (kg/l)	0,84	0,78	0,84	0,78
Brændværdi (MJ/l)	35,90	34,00	35,70	34,00
Brændværdi (MJ/kg)	42,75	43,59	42,70	43,58
CO ₂ -belastning (kg/l)	3,41	3,23	3,25	0,48
CO ₂ -belastning (g/MJ)	95,10	95,10	91,10	14,00

Figur 11 - CO₂ belastning diesel kontra HVO

Ulemper:

Laver man samme sammenligning af CO2 belastning ved henholdsvis Energinet's miljødeklaration fra 2020, (Energinet), og figur 7, diesel og HVO, ser det at ved afbrænding af diesel i en generator vil afføde en CO2 udledning på 652 g/kWh, hvor i mod HVO har en udledning på 278 g/kWh. Disse to typer diesel bliver her holdt op imod Energinets miljødeklaration som efter 125% metoden er opgjort til 119 g/kWh. Ud fra ovenstående ses det at løsningen kun er aktuell vis der ikke er mulighed for at trække det ønskede energiforbrug på det lokale El net.

Delkonklusion løsning nr. 2

Denne løsning kan/skal kun anvendes vis det ikke er muligt at trække den ønskede energi fra det lokale Elnet. Er det ikke en mulighed kan man anvende denne løsning. Man skal dog ikke promovere det som værende bæredygtig, da CO2 udledningen er væsentligt højere end Energinets miljødeklaration pr. kWh.

3.3 Brintgenerator

En tredje løsning som kan dække eventets energiforbrug til Lan afsnittet er en Purify Brændstofcelle, som kan opstilles og levere energien. Da det er et begrænset marked, er valget faldet på Breedennord's aggregat.

- Purify 17,5 kVA (14 kW)
- Kan levere 25A forsyning



Med denne løsning vil dele af LAN-delen kunne forsynes med elektricitet

Figur 12 - Purify Brintcelleaggregat

Fordele:

Ved valg af dette aggregat kan der forsynes ca. 70 gamere der spiller på samme tid, med den gennemsnitlige effekt på hver PC på hver 180 W effekt. Det er selvfølgelig ikke en mulighed at dække hele eventet, men et estimat på CO2 besparelse vil være $119\text{g/kWh} \times 1,57\text{ kWh}$ (Gennemsnitligt forbrug pr. gamere) = 22134 g CO2 eller 22 kg CO2.

Ulemper:

Da Brintgeneratorer er dyre, vil de belaste eventøkonomien. Dertil kommer at det kan være en bekostelig, og ikke mindst besværlig opgave at sikre at den anvendte brint, er produceret på vedvarende og CO2 neutral energi. Med tiden vil denne metode sikkert være mere anvendelig end

i dens nutidige form. Bredenoord, som er valgt i dette tilfælde, køre stadig tests på ovenstående model, og har tænkt sig udelukkende at anvende den i markedsføringshenseende.

Delkonklusion løsning nr. 3

Denne løsning giver mulighed for at opnå CO2 neutralitet, på et begrænset antal af deltagere. Denne løsning vil dog være ideel til events hvor der ikke er mange deltagere, og hvor installationerne ikke er gearret til at levere den ønskede energi. Der kan dog stilles spørgsmål til om den leverede brint er CO2 neutral, og derfor skal der sikres at den er dette, ved indkøb.

Konklusionen på Gamebox eventen

Udgangspunktet for denne del af rapporten var at undersøge og finde frem til en mulig grøn energiløsning til forsyning af esports eventets LAN afsnit på Gamebox festival.

Energiniveauet (elektricitet) til eventet blev afdækket, via loggere og måleudstyr, til ca. 23.500 kWh, hvoraf 4% af dette blev udgjort af LAN-delen (Pc'erne). Der var forventninger om et deltagerantal på hele festivalen på 23.600 personer, hvilket blev reduceret til ca. 10.000 deltagere, allerede fredag eftermiddag af MCH. I forbindelse med de observationer der blev foretaget fredag, fik vi oplyst at de havde nedskrevet forventningerne fra ca. 1.000 deltagere til LAN eventet til ca. 650.

Der kan konkluderes at de løsninger der fremkom af dette projekt kun delvis eller slet ikke er rentable hvis man kigger på det økonomiske og CO2 besparende aspekt. Der er fundet frem til 3 mulige delvis grønne energikilder, der kan forsyne LAN-delen af eventet:

1. Mobil Solcelleløsning
2. HVO Diesel generator
3. Brint-generator.

Ud af disse 3 løsninger var der ingen klar løsning, da energiforbruget og varigheden af eventet var for kort til at det blev rentabelt både økonomisk og hvad angår CO2 aftrykket. Der kunne dog være tale om en PR-mulighed og der kunne evt. skabes fokus på bæredygtighed ved at opstille et område der blev forsynet af et mobilt solcelleanlæg, men her kunne der augmenteres for at det vil anses som greenwashing.

Den store overraskelse i projektet var at elforbruget for LAN-delen var langt mindre end først antaget. Det faktiske elforbrug gør det svært at augmentere for nogen af tidligere nævnte løsninger til energiforsyning, da det ikke kan være rentabelt, hverken set i forhold til økonomi eller CO2. Derfor ender konklusionen med at være at det ikke er på LAN-delen man skal sætte ind og det vil være langt grønnere at bruge den alm. net tilslutning. Dette skyldes særligt at den danske strøm/energi er forholdsvis grøn og en analyse fra 2020 (www.danskenergi.dk, 2022) viser at op i mod 80% af den danske energi kom fra vedvarende energikilder. Tages alle 3 Scopes med i CO2-

beregningen, af de løsningsforslag nævnt i dette projekt, kan man ikke konkurrere med den relative grønne energi der forsyner Danmark.

Afprøvning af resultater fra Gamebox i Herning på Tradium Esport event

4. Tradium eventen

Som en del af forskningsprojektet blev der afholdt et gaming-event på Tradium i weekenden 28.-30. oktober 2022. Formålet med denne event var både at teste den indsamlede viden fra Gamebox eventen, men også at udføre yderligere målinger.

Undersøgelsen har til formål at kaste lys over eventens miljømæssige fodaftryk, især med fokus på CO₂-udledningen fra elforbruget til at drive deltagernes computeropsætninger.

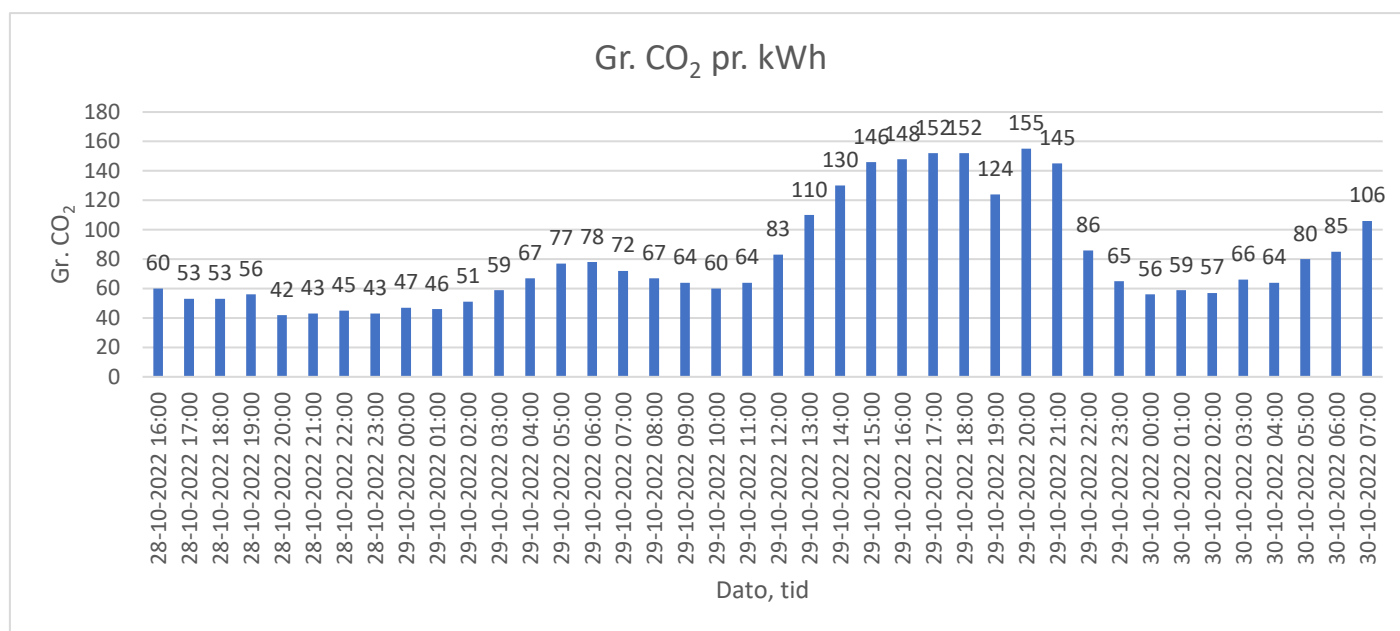
For at belyse dette punkt blev følgende trin gennemført:

- Der blev indsamlet data om strømforbruget på de enkelte gamingstationer.
- Oplysninger om CO₂-udledning fra dansk elproduktion blev indhentet fra Energinet.dk, svarende til hver time i hele arrangementets varighed.

Forbrugsdataene analyseres på timebasis og giver detaljeret indsigt. Andre data, der er nødvendige for beregningerne, er dog kun tilgængelige i timeintervaller. Det forventes, at en højere grad af indholdet i forbrugsdata ikke ville forbedre nøjagtigheden af resultaterne væsentligt. På samme måde er CO₂-emissionsdata fra elproduktion kun tilgængelige på timebasis og repræsenterer et nationalt gennemsnit for Danmark. Denne tilgang ser bort fra lokale variationer i vedvarende energikilder som vind- og solenergi. Derfor forbliver resultaterne gyldige, uanset hvor i landet eventen finder sted, hvilket sikrer sammenlignelighed.

CO₂-udledningen fra elproduktion svinger fra time til time på grund af den varierende produktion af vedvarende energi, der påvirkes af faktorer som vindhastighed, sollys og belastningen på elsystemerne i nabolandene. For eksempel kan danske vindmøller stoppe driften i blæsende perioder, hvor det tyske elsystem er under pres. I sådanne scenarier modtager danske mølleoperatører kompensation for ikke at producere vedvarende energi, hvilket hæmmer den samlede produktion af vedvarende energi og efterfølgende øger CO₂-udledningen. Desuden er andelen af vedvarende energi i Danmarks el afhængig af den aktuelle efterspørgsel i det indenlandske system.

Dataindsamlingen på Tradium fandt sted fra fredag den 28. oktober 2022 kl. 16.00 til søndag den 30. oktober 2022 kl. 7.00, hvilket faldt sammen med spidsbelastningen. Nedenfor er de registrerede CO₂-emissioner pr. kilowatt-time skitseret for hver time i dataindsamlingsperioden (Energinet.dk, 2022).

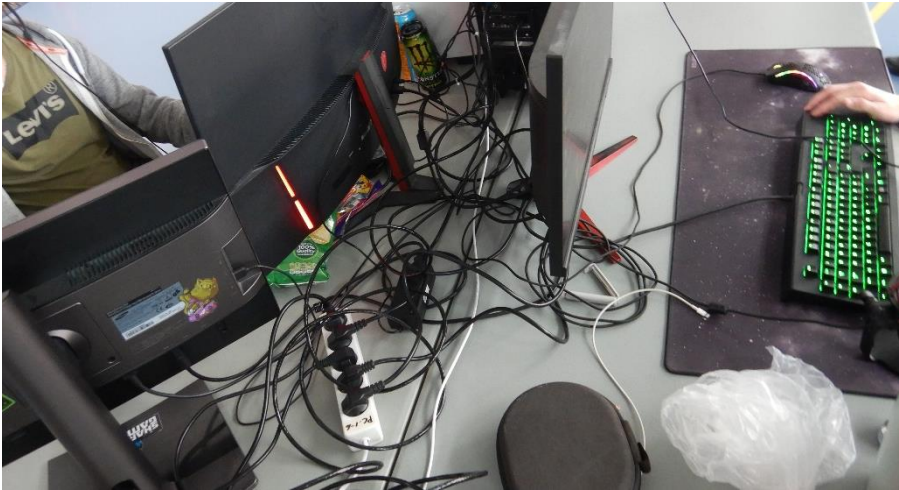


4.1 Indsamling af forbrugsdata

Opsætning:

Hver deltager fik tildelt et almindeligt 2-personers bord, som man normalt finder i klasseværelser. Der var en stikkontakt med plads til 5 stik på hvert bord. Måleudstyr blev forbundet til stikkene på 10 borde, hvor hvert stik og dets 5 stik fungerede som et enkelt målepunkt. I bund og grund registrerede ét målepunkt det samlede forbrug fra de 5 stik på hver stikkontakt på tværs af de 10 borde. Målet var, at hver deltager skulle tilslutte sit udstyr til stikkontakten på deres respektive bord. Det viste sig dog at være en udfordring at kontrollere udstyrets tilslutninger, hvilket resulterede i, at nogle stikkontakter med tilsluttet måleudstyr betjente 2 deltagere, mens andre forblev ubrugte. Erfaringerne fra denne oplevelse vil indgå i fremtidige arrangementer, og der er taget højde for dette i dataanalysen.

Diagrammet nedenfor illustrerer et tilfælde, hvor 2 gaming-setups er forbundet til det samme stik og dermed det samme målepunkt.



På trods af forbindelsesproblemer med spillernes enheder, kan der stadig udledes værdifulde tendenser fra de indsamlede data.

4.2 Sammenligning af energiforbrug: Stationær pc vs. bærbar computer

Under eventet deltog en af brugerne med en bærbar computer, der var forbundet til en ekstern skærm. På trods af at han rapporterede lignende spiloplevelser som dem, der brugte stationære pc'er, var denne brugers energiforbrug og CO₂-udledning betydeligt lavere. Det samlede energiforbrug og CO₂-udledning for syv målte stationære pc'er blev sammenlignet med laptop-brugerens:

Stationær pc:

Samlet energiforbrug: 4,6 kWh

Samlet CO₂-udledning: 362,5 gr.

Bærbar computer:

Samlet energiforbrug: 2,2 kWh

Samlet CO₂-udledning: 179,3 gr.

Dataene tyder på, at valget af en bærbar computer frem for en stationær pc kan reducere det individuelle energiforbrug og CO₂-udledningen betydeligt, hvilket stemmer overens med tidligere forskningsresultater.

Usikkerheder:

Begrænset kvantitativ sammenligning mellem individuelle spillere.

Antagelse om ensartede strømkrav til skærme.

4.3 Krav til strømforbrug:

For at reducere CO₂-udledningen og gøre e-sportsbegivenheder mere bæredygtige foreslås det at levere CO₂-neutral elektricitet. For at bestemme det minimale strømbehov blev data fra eventet analyseret:

Bærbar computer med ekstern skærm:

- Maksimalt strømforbrug: 100 watt

Stationær pc med skærm:

- Maksimalt strømforbrug: 250 watt

Til en begivenhed med 100 spillere:

- Bærbare computere med eksterne skærme: 10 kW, svarende til 44 ampere
- Stationære pc'er med skærme: 25 kW, svarende til 109 ampere

Konklusion på Tradium eventen

Desktop-pc'er har det højeste strømforbrug og elforbrug blandt gamingudstyr. For at fremme energimæssig bæredygtighed kan e-sportsarrangører håndhæve maksimale strømkrav for deltagernes udstyr. Hvis det samlede strømforbrug sænkes, kan det lette adgangen til alternative CO₂-neutrale energikilder. Det samlede energiforbrug varierer baseret på deltagernes adfærd under events, hvilket giver potentiale for fremtidig forskning, såsom implementering af nudging-strategier. Kortlægning af det samlede energibehov for forskellige typer gaming-udstyr hjælper med at planlægge alternativ CO₂-neutral energi integration. Den samlede CO₂-udledning påvirkes af blandingen af vedvarende energi, hvilket antyder potentielle udledningsgrænser for arrangører af e-sportsevents. Planlægning omkring tilgængelighed af vedvarende energi giver dog udfordringer på grund af vejrafhængighed. At sikre nøjagtig dataindsamling fra deltagernes udstyr kræver vejledning på stedet under opsætningen og løbende overvågning under begivenhederne.

Samlet konklusion på projektet

Som tidligere anført, er dette projekt del af et større forskningsprojekt på Erhvervsakademi Dania, som blev afsluttet i December. Formålet for det overordnede projekt var, undersøge hvordan man kunne lave esports events som vare mere bæredygtige, da netop esports – med den massive strømforbrug – anses som en af verdens mest CO2 tunge sportsgrene.

I første del af projektet opridsede vi banen ift esports og branchens betydning globalt set. Herefter analyserede vi nærmere energiforbruget på Gamebox festivalen i Herning gennem avanceret måleudstyr – både på gruppeniveau, og individ niveau. Herefter kom vi med konkrete løsningsforslag, som dog konkluderede at de løsningsforslag vi fremlagde ikke var økonomiske rentable eller en reel løsning på de udfordringer som findes.

I sidste del af rapporten præsenterede vi de erfaringer vi fik med fra afviklingen af Tradium eventen i Randers i efterår 2022, hvor vi bl.a. kunne konkludere at der var en væsentlig forskel på strømforbruget fra en bærbar computer og en stationær.

Begge dele i ovenstående er efterfølgende blevet integreret ind i den event manual, som var den endelige slutprodukt for det overordnede forskningsprojekt

Bibliografi

(2022). Hentet fra www.danskeenergi.dk: <https://www.danskeenergi.dk/nyheder/rekordaar-stroemmen-har-aldrig-vaeret-groennere>

Christensen, Dennis: DR Medieudvikling. (2017). *DR Medieudvikling*. DR Medieudvikling.

Copenhagen Centre on Energy Efficiency. (2020). *Reducing the energy use of video gaming: energy efficiency and gamification*. Copenhagen: Copenhagen Centre on Energy Efficiency. Hentet 29. 03 2022

Danmarks Statistik. (2022). *Andel af mennesker i Danmark der spiller digitale spil*. KBH: Danmarks Statistik. Hentet fra <https://www.statistikbanken.dk/statbank5a/selectvarval/saveselections.asp>

Dansk Erhverv. (16. April 2021). Global omsætning for eSport forventes at nå 10 mia. kr. i 2023. s. 2.

Energinet. (u.d.). *Miljørededegørelse 2020*. Hentet fra <https://energinet.dk/El/Gron-el/Deklarationer>

<https://esport.dk/>. (u.d.).

<https://www.tricked.dk/>. (u.d.).

Kultur & - Erhvervsministeriet. (2019). *National Strategi for Esport*. Kultur & Erhvervsministeriet.

Mills, E., B. N., R. L., M. J., S. A., & M. N. (2018). *A Plug-loads Game Changer: Gaming System Energy Efficiency without*. Lawrence Berkeley National Laboratory.

Newzoo. (Juni 2021). *Global games market report*. Newzoo: Newzoo. Hentet fra <https://newzoo.com/wp-content/uploads/2016/03/Newzoo-2020-Global-Gamers-1024x576.png>

skole, D. (u.d.). *dr.dk*. Hentet fra <https://www.dr.dk/dr-laer/webfeature/gamingshistorie>

Statista. (22. september 2020). Gaming: The Most Lucrative Entertainment Industry By Far. Statista. Hentet fra <https://www.statista.com/chart/22392/global-revenue-of-selected-entertainment-industry-sectors/>

The Computer Games Journal. (2019). *Toward Greener Gaming: Estimating National Energy Use*. The Computer Games Journal.

Vækstfonden. (2019). *Markedsanalyse esports*. Vækstfonden: Vækstfonden. Hentet fra chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fvf.dk%2Fmedia%2F1790%2Fmarkedsanalyse-esport.pdf

Wijman, T. (8. May 2020). The World's 2.7 Billion Gamers Will Spend \$159.3 Billion on Games in 2020; The Market Will Surpass \$200 Billion by 2023. Newzoo.com, s. 0. Hentet fra <https://newzoo.com/insights/articles/newzoo-games-market-numbers-revenues-and-audience-2020-2023/>

Winkie, L. (7. Februar 2019). The story of the first esports champion, undefeated since 1972. Pcgamer.com, 1. Hentet fra <https://www.pcgamer.com/the-story-of-the-first-esports-champion-undefeated-since-1972/>

Østergaard, M. S. (21. 8 2021). www.komputer.dk. Hentet fra <https://komputer.dk/computer/pc-en-fylder-40-aar>