



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY  
DENMARK

## Strategier til forlængelse af produktlevetider som del af cirkulær økonomi

Jørgensen, Michael Søgaard; Remmen, Arne; Olesen, Sofie Nygaard Rønnov; Hólmarsdóttir, Hildur Maria; Lindeburg, Alexander

*Creative Commons License*  
CC BY-NC-SA 4.0

*Publication date:*  
2022

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

*Citation for published version (APA):*

Jørgensen, M. S., Remmen, A., Olesen, S. N. R., Hólmarsdóttir, H. M., & Lindeburg, A. (2022). *Strategier til forlængelse af produktlevetider som del af cirkulær økonomi*. Department of Planning, Aalborg University.

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at [vbn@aub.aau.dk](mailto:vbn@aub.aau.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# **Strategier til forlængelse af produktlevetider som del af cirkulær økonomi**

Michael Søgaard Jørgensen, Arne Remmen,  
Sofie Nygaard Rønnov Olesen, Hildur Holmarsdottir  
& Alexander Lindeburg

Institut for Planlægning, Aalborg Universitet

December 2022



AALBORG UNIVERSITET



## Indholdsfortegnelse

Forord.....	1
1. Introduktion til projektets baggrund og formål .....	3
1.1 Forlænget produktlevetid og bedre forståelse af brugspraksis .....	4
1.2 Hvad er og hvordan undgås produktforældelse?.....	5
2. Review af litteraturen om produkters holdbarhed .....	7
2.1 Introduktion og definition af holdbarhed som begreb .....	7
2.2 Strategier og design af holdbare produkter .....	8
2.3 Holdbarhed og levetid.....	9
2.4 Pålidelighed og holdbarhed.....	10
2.5 Pålidelighed og reparation .....	12
2.6 Holdbarhed – hvilke faktorer spiller ind? .....	12
2.7 Ændringer i væsentlige miljøpåvirkninger over tid .....	14
2.8 Komplexitet og dynamikker i samfundet - forbrugerens og producenters rolle .....	17
2.9 Hvordan vurderes og måles holdbarhed? .....	20
3. Forbrugerelektronik .....	23
3.1 Miljøproblemerne ved "fast electronics" .....	23
3.2 Fairphone – modularitet og holdbarhed af mobiltelefoner .....	26
3.3 DELL Technologies – design strategier og forretningsmodeller .....	27
3.4 Bang & Olufsen – holdbarhed via klassisk design og modularitet.....	28
3.5 Forbrugerelektroniks levetider i Danmark .....	33
3.5.1 Reparation af mobiltelefoner .....	34
3.5.2 Reparation af computere .....	34
3.5.3 Reparation af køkkenudstyr .....	34
3.5.4 Reparation af TV-apparater, hårde hvidevarer og værktøj .....	34
3.5.5 Årsager til at elektronik reparerer eller ikke reparerer.....	34
3.5.6 Aktører der reparerer forbrugerelektronik .....	35
3.5.7 Anskaffelse af brugt og ny forbrugerelektronik .....	35
4. Industrielle elektriske og elektroniske produkter .....	37
4.1 Festool – design og forretningsmodel for professionelt værktøj.....	37
4.2 Danfoss – klima og cirkularitet .....	41
4.3 Grundfos – pumper til styring af vand, opvarmning, køling m.m. ....	45
5. Centrale teknologier i den grønne energiomstilling.....	51

5.1 Batterier til elbiler og deres "andet liv" .....	51
5.2 Solcellepaneler .....	53
5.3 Siemens Gamesa Renewable Energy.....	54
6. Tværgående analyse og opsamling .....	59
6.1 Samspillet mellem produktdesign og forretningsmodel omkring holdbarhed .....	59
6.2 Ecodesign forordningen og krav om holdbarhed og reparationsvenlighed .....	61
6.3 Holdbarhed – opmærksomhedspunkter og de politiske virkemidler.....	64
6.3.1 Produktgrupper og -systemer er forskellige.....	64
6.3.2 Holdbarhed og levetider er for nedtonet i vurderingsmetoderne .....	65
6.3.3 Miljøvaredeklarationer medtager ikke nødvendigvis holdbarhed og levetider .....	65
6.3.4 Manglende viden om hvordan holdbarhed indgår i miljømærker og offentlige indkøb.....	66
6.3.5 Udvidet producentansvar blot for affaldet frem for hele produktets livscyklus.....	67
6.3.6 Holdbarhed og den danske handlingsplan for cirkulær økonomi .....	67
6.3.7 Ecodesign Sustainable Product Regulation (ESPR) .....	68
6.3.8 Holdbarheds- og reparationsindeks som forbrugerinformation .....	68
6.3.9 Science-Based Targets initiative (SBTi).....	68
6.3.10 Fra affaldshierarki til et brugs- og affaldshierarki .....	69
7. Elementer i strategi for forlænget produktlevetid.....	71
7.1 Potentiale for længere levetid ved dialog med brugere .....	71
7.2 Virksomheders analyse af service- og reparationserfaringer.....	71
7.3 Strategier for lang produktlevetid.....	72
7.3.1 Design af holdbare produkter .....	72
7.3.2 Design af produkter, hvis levetid kan forlænges.....	72
7.4 Hvordan skal forretningsmodel og intern organisering tilpasses cirkulær økonomi?.....	73
Bibliografi .....	75

## Forord

Denne rapport er resultatet af projektet ” *Strategier til forlængelse af produktlevetider som del af cirkulær økonomi*”, der er gennemført ved Institut for Planlægning, Aalborg Universitet i 2021-2022. Projektet har været finansieret af Miljøstyrelsen og Institut for Planlægning ved Aalborg Universitet.

Formålet med projektet var gennem litteraturstudier og interviews med virksomheder at analysere muligheder og barrierer for strategier for forlænget produktlevetid i virksomheder inden for både det professionelle marked og forbrugermarkedet.

I projektet er gennemført en række analyser af virksomheders cirkulære indsats inden for forskellige produktområder med fokus på

- cirkulært design
- forretningsmodellens betydning for produkters levetid
- produktholdbarheds og produktlevetids betydning for virksomhedens værdikæderelationer
- udfordringer og muligheder ved forlænget produktlevetid.

En særlig stor tak til følgende som har stillet sig til rådighed for dybdegående interviews:

- Mads Kogsgaard Hansen, B&O
- Michael Petræus, Festool
- Jesper Jerlang, Danfoss
- Christian Rasmussen, Allan Hjarbæk Holm, Anna Pattis og Erik Albrechtsen, Grundfos
- Jonas Pagh Jensen, Siemens Gamesa Renewable Energy

Desuden har en række personer svaret velvilligt på henvendelser via mails, telefonopkald og online møder. En stor tak herfor gælder til blandt andet Peter Melchior fra Solar Lab, Rikke Dreyer fra Forum for Bæredygtige Indkøb, Heidi Bugge fra Miljømærkning Denmark, Kim Christiansen, Louise Koch fra Dell, Magnus Schulz-Mönninghoff fra Daimler-Benz/AAU, Henrik Fred Larsen, samt Jeppe Nothlev Nørtoft og Gert Hansen, Miljøstyrelsen.

Rapporten er opbygget således:

I **kapitel 1** præsenteres projektets fokus og metoder. **Kapitel 2** indeholder et omfattende litteraturreview med fokus på begreberne ”produktholdbarhed” og ”produktlevetid”. Ved hjælp af cases samt litteraturen analyseres i **kapitlerne 3, 4 og 5** betydningen af produktlevetider inden for forbrugerelektronik, industrielle elektriske og elektroniske produkter samt teknologier, der indgår i bæredygtig omstilling af energiproduktion og -forbrug.

I **kapitel 6** analyseres samspillet mellem produktdesign og forretningsmodel i relation til produktholdbarhed og produktlevetid på baggrund af caseanalyser af virksomhederne. Desuden beskrives en række opmærksomhedspunkter i fremtidig offentlig regulering af produktholdbarhed og produktlevetid, inspireret af casestudierne samt de hidtidige erfaringer med virkemidlerne til regulering af produkter, deres holdbarhed og levetider i Danmark og udlandet.

I det afsluttende **kapitel 7** præsenteres en række elementer, der kan indgå i udvikling af en virksomheds strategi for forlænget produktlevetid, herunder potentialet i dialog med brugere samt analyse af service- og reparationserfaringer. Desuden præsenteres forskellige produktdesignstrategier samt forslag til, hvordan virksomheders organisering kan tilpasses et øget fokus på cirkulær økonomi og forlænget produktlevetid.

Michael Søgaard Jørgensen & Arne Remmen

## 1. Introduktion til projektets baggrund og formål

Regeringens Advisory Board for cirkulær økonomi nævnte i sin rapport fra 2017 forlænget produktlevetid som en af strategierne inden for cirkulær økonomi, men hidtil har analyser af erfaringerne hermed været relativt begrænsede – især i en dansk sammenhæng. Derimod er der stor fokus på genanvendelse af affald (Miljø- og Fødevareministeriet, 2017). Givet de store udfordringer med at opnå væsentlige reduktioner af miljøpåvirkninger og ressourceforbrug gennem genanvendelse er det centralt at få større fokus på og erfaring med længere produktlevetider. EU's ecodesign direktiv har og vil i stigende grad indeholde krav til forlænget produktlevetid bl.a. krav om holdbarhed og reparationsvenlighed.

Formålet med projektet er gennem litteraturstudier og interviews med virksomheder at analysere muligheder og barrierer for strategier for forlænget produktlevetid i virksomheder inden for både det professionelle marked og forbrugermarkedet, herunder den rolle som tillægges EU's ecodesign direktiv og CEN/CENELEC's udvikling af standarder inden for cirkulær økonomi.

I projektet gennemføres analyser med fokus på:

- *Cirkulært design*: Produktlevetidens betydning i produktudvikling og herunder hvilke interne og eksterne forhold, der spiller en rolle
- Betydning af *forretningsmodeller* for produkters levetid
- Produktholdbarheds betydning for virksomhedens *værdikæderelationer*
- *Udfordringer og muligheder* ved forlænget produktlevetid for forbedret konkurrenceevne, kompetenceudvikling samt reduceret miljøpåvirkning, klimabelastning og ressourceforbrug.

Som led i en anden undersøgelse for Energistyrelsen er det blevet vurderet, hvordan kravene om holdbarhed i ecodesign direktivet bliver defineret samt kan testes og verificeres, herunder procedurerne til at kontrollere og markedsovervåge disse krav (Bundgaard, et al., 2021).

En række forhold af teknisk og designmæssig karakter bestemmer mulighederne for forlængelse af produktlevetider så som holdbarhed af materialer og komponenter, opgraderingsmuligheder, modulært design, samt hvor nemt produktet er at reparere, vedligeholde, istandsætte, mv. Produkternes levetid er derudover betinget af forretningsmodeller og kontraktmæssige forhold så som garantiperiode, servicekontrakter, brugervejledninger samt leasingordninger, osv. (Bundgaard, et al., 2017).

En udfordring ved forlænget produktlevetid er umiddelbart, at en virksomhed derved sælger færre produkter, men samtidig kan virksomheden generere indtægter fra service og reparation, som f.eks. vindmølleproducenterne har gjort i en del år.



En tese i projektet har været, at holdbare produkter, der muliggør en længere produktlevetid, kræver ændringer i forretningsmodellerne, og der må derfor forventes at være forskelle mellem produktgrupper og mellem forskellige markeder. En yderligere tese er, at virksomhederne får brug for en mere fremadrettet og kontinuerlig interaktion med brugerne med indhentning og analyse af bruger- og serviceerfaringer som grundlag for re-design af produkter og forretningsmodeller.

### Valg af cases

Projektet undersøger ovenstående tese med inddragelse af cases indenfor forskellige produktgrupper. De udvalgte produktgrupper omfatter virksomheder med produktion og/eller salg og service af produkter i Danmark, og som samtidig er omfattet af ecodesign direktivet:

- Forbrugerelektronik (fx mobiltelefoner, og IT-udstyr) (B2C: business to consumer)
- Industrielt udstyr som fx professionelle pumper (B2B: business to business)
- Centrale teknologier i en grønne energiomstilling, fx solceller og vindmøller (B2B og B2C)

Projektet undersøger følgende, med fokus på forhold som har indflydelse på produkters levetid:

- Analyse af tekniske og designmæssige faktorer med betydning for holdbarhed, mv.
- Analyse af hvor virksomhederne har eller vil indføre nye forretningsmodeller
- Vurdering af, hvordan ecodesign krav til holdbarhed og reparérbarhed kan understøtte hinanden, herunder i relation til forskellige produktgrupper og markeder

## 1.1 Forlænget produktlevetid og bedre forståelse af brugspraksis

Længere produktlevetider har store potentialer som strategi for cirkulær økonomi, idet der bevares mest miljømæssig og økonomisk værdi gennem vedligehold, reparation og istandsættelse. I modsætning hertil vil materialelegnanvendelse af udtjente produkter indebære et nyt energiforbrug, et tab af ressourcer og et tab af økonomisk værdi (Jørgensen, 2022a).

Hvis forlænget produktlevetid skal spille en rolle i en virksomheds strategi for cirkulær økonomi, er det nødvendigt at interessere sig for samt forstå den lineære økonomis dynamikker, herunder forbrugeres eller professionelle brugeres erfaringer med virksomhedens produkter og services. Virksomheder kan skabe grundlag for længere produktlevetider ved at arbejde fremadrettet med viden og erfaringer fra brugspraksis, kundeklager, service og reparation.

Hvis produktions- og detailvirksomheder selv systematisk opsamler brugererfaringer og erfaringer fra service, kundeklager og reparation, kan denne viden bruges proaktivt i udvikling af en strategi for cirkulær økonomi baseret på forskellige indsatser, eksempelvis: mere holdbare produkter, bedre interface mellem produkt og bruger, bedre brugsanvisninger, bedre muligheder for reparation, værdiskabende services som opgradering af produktet og retursystemer for "udtjente" produkter.

## 1.2 Hvad er og hvordan undgås produktforældelse?

Der er forskellige former for produktforældelse, som en virksomhed bør interessere sig for i sin udvikling af en strategi for cirkulær økonomi. Den tyske miljøstyrelse brugte i en rapport om en strategi mod produktforældelse (Oehme, et al., 2017), følgende opdeling i former for forældelse:

- **Mekanisk forældelse:** Komponent eller materiale er af dårlig kvalitet eller går let i stykker, f.eks. bevægelige plastdele i billige motorer i husholdningsapparater, der slides hurtigt.
- **Funktionel forældelse:** Hardware og software i et produkt kan ikke længere arbejde sammen på grund af softwareopdateringer. Eller et produkt kan ikke opgraderes med funktioner, som nye produkter er "født" med.
- **Psykologisk forældelse:** Et produkt virker stadig, men brugeren er utilfreds med det på grund af nyere, og måske bedre modeller, som man gerne vil have og anskaffer i stedet for.
- **Økonomisk forældelse:** Et produkt har brug for reparation, men det kan ikke betale sig på grund af for høje omkostninger sammenlignet med at købe et nyt produkt.

Forskellige **strategier** kan medvirke til at undgå disse former for forældelse. Fælles for strategierne er, at dialog med brugere og andre aktører i værdikæden kan give en virksomhed viden til udvikling af en strategi for at undgå produktforældelse (Jørgensen, et al., 2018).

**Mekanisk forældelse** kan undgås, hvis de mest udsatte komponenter eller dele udskiftes til en bedre kvalitet. Hvis det fordyrer produktet, må virksomheden forklare, at fordyrelsen skyldes et ønske om at opnå længere produktlevetid, hvilket betyder at det ud fra en såkaldt totaløkonomisk vurdering vil blive billigere for brugerne at anvende produktet.

**Funktionel forældelse** kan undgås, hvis virksomheder anvender mere tidløst design og anvender opdaterbar software og modulært design, så nye funktioner kan tilføjes gennem udskiftning eller tilføjelse af komponenter, opdatering af software m.m. Dette er en langsigtet innovationsstrategi.

**Økonomisk forældelse** kan undgås, hvis producent og forhandler tilbyder gode reparationsmuligheder ved at garantere reservedele i en lang periode og tilbyde reparation gennem interne eller eksterne værksteder til en rimelig pris. En undersøgelse af danskernes reparationserfaringer fra 2021 (Jørgensen, 2021b) viser, at det først og fremmest er økonomiske overvejelser ved reparation sammenlignet med nyindkøb, der afgør om et produkt bliver repareret eller kasseret.

**Psykologisk og emotionel forældelse** kan bl.a. undgås ved, at virksomheder gennem udvikling af opgraderbare produkter undgår, at brugerne oplever funktionel forældelse af deres produkter.



## 2. Review af litteraturen om produkters holdbarhed

Det følgende er et litteraturreview om produkters holdbarhed med henblik på at skabe overblik over a) hvordan holdbarhed forstås, b) hvad der er skrevet om holdbarhed, c) centrale begreber samt d) væsentlige problemstillinger.

### 2.1 Introduktion og definition af holdbarhed som begreb

Lang produktlevetid opnået gennem mere holdbare produkter er en vigtig del af omstillingen til en cirkulær økonomi og som en af flere strategier på produktniveau, der kan minimere brugen af ressourcer, ved at produkterne kan bruges længere og samtidig muliggøre, at forbrugere kan spare penge ved ikke at skulle udskifte produkter lige så ofte (Maitre-Ekern, et al., 2016).

Produkters holdbarhed er undersøgt af en række forfattere gennem forskellige metodiske tilgange og kontekster. Fælles for litteraturen er, at den anerkender holdbarhed som et komplekst begreb som følge af de mange forskellige faktorer, der påvirker et produkts holdbarhed samt usikkerheden ved at vurdere ud fra fremtidige scenarier for brug (Ardente, et al., 2014).

Holdbarhed defineres på mange forskellige måder og der mangler en fælles definition på begrebet (Maitre-Ekern, et al., 2016; European Commission, 2015b). Tabel 1 viser forskellige definitioner på holdbarhed i litteraturen.

Tabel 1 Definitioner på holdbarhed identificeret i litteraturen

Kilde	Definitioner på holdbarhed
(Iraldo, et al., 2017)	<i>"Durability refers to the ability of a product to endure to its lifetime"</i>
(Ardente, et al., 2014)	<i>"Durability is generally related to the conservation of its properties"</i>
(den Hollander, et al., 2017)	<i>"Durability is a type of design for product integrity focused on ensuring long use (resisting obsolescence)"</i>
(Mora, 2007)	<i>"Durability is the characteristics of those objects or materials that maintain their properties over time"</i>
(Dansk Standard, 2020a)	<i>"Durability is the ability to function as required, under defined conditions of use, maintenance and repair, until a limiting state is reached"</i>
(European Commission, 2015b)	<i>"Durability is the ability of a product to perform its function at the anticipated performance level over a given period (number of cycles – uses – hours in use), under the expected conditions of use and under foreseeable actions. Performing the recommended regular servicing, maintenance, and replacement activities as specified by the manufacturer will help to ensure that a product achieves its intended lifetime."</i>

Ud fra ovenstående definitioner ses, at holdbarhed omhandler produkters evne til at opretholde deres egenskaber, funktioner og performance over tid. Holdbarhed er yderligere påvirket af den forventede brug og af produktets servicebetingelser (European Commission, 2015b).

Definitionerne varierer i detaljeringsgrad, i hvorvidt de refererer til et produkts levetid, og hvilke relaterede begreber og aktiviteter, der inddrages.

Der refereres mest hyppigt til definitionerne fra (Dansk Standard, 2020a) og (European Commission, 2015b), og her er der forskel i hvilke aktiviteter, der relaterer sig til et produkts holdbarhed. I (European Commission, 2015b) inkluderer definitionen ikke reparationer af produkter, da der argumenteres for at sådanne aktiviteter er reaktioner på uforudsete handlinger, som gør dem svære at forudsige og tage højde for i livscyklusvurderinger.

Ifølge (Maitre-Ekern, et al., 2016) er holdbarhed og reparationer to aspekter af samme problemstilling, og de argumenterer derfor, at disse skal adresseres sammen. Dette understøttes af definitionen af (Dansk Standard, 2020a), hvori reparationer indgår som en af de mulige aktiviteter til at øge holdbarheden. Udover reparationer omtales pålidelighed, robusthed, opgraderbarhed samt vedligeholdelse i relation til et produkts holdbarhed (ADEME, 2021; European Commission, 2015b).

Umiddelbart er det lidt pudsigt, at standarden for holdbarhed inkluderer reparation, da der også en selvstændig standard (DS/EN 45554:2020) for reparation og genbrug (Se i øvrigt afsnit 2.4 og 6.3 om standarderne). Et produkts levetid er selvfølgelig betinget af både holdbarhed og reparationsvenlighed, så det taler for kommissionens snævre definition. I daglig tale vil der være tale om en sammenblanding af disse begreber, og i afsnit 2.3 vender vi tilbage til denne diskussion.

## 2.2 Strategier og design af holdbare produkter

At designe holdbare produkter kan ses som en form for design med henblik på produktintegritet, der skal sikre langvarig anvendelse og dermed modstå forældelse (den Hollander, et al., 2017). Holdbarhed kan forstås som både en fysisk og emotionel holdbarhed, hvor sidstnævnte er mindre udbredt i litteraturen og tager et mere brugerorienteret perspektiv.

Forældelse af et produkt er svært at fastslå på et objektivi grundlag, da der indgår en del subjektive forhold i vurderingen af levetiden. Det er derfor en svær opgave for designere at forudsige og fastslå hvilken designstrategi der er bedst, hvilket yderligere kompliceres af mange forskellige strategier og designs. Når strategien og design er bestemt, er forretningsperspektivet også vigtigt, således at de forskellige strategier understøttes af et tilsvarende mindset og forretningsmodel (den Hollander, et al., 2017).

Der findes forskellige strategier til at øge og forbedre holdbarhed og reparationsmulighederne på produkter. (Remmen, et al., 2016) opstiller en liste på baggrund af gennemgang af litteratur samt empiri fra nordjyske virksomheder, mens (EEB, 2019b) og (European Commission, 2015b) udpeger forskellige strategier for at øge holdbarheden baseret på studier af forskellige produktgrupper.

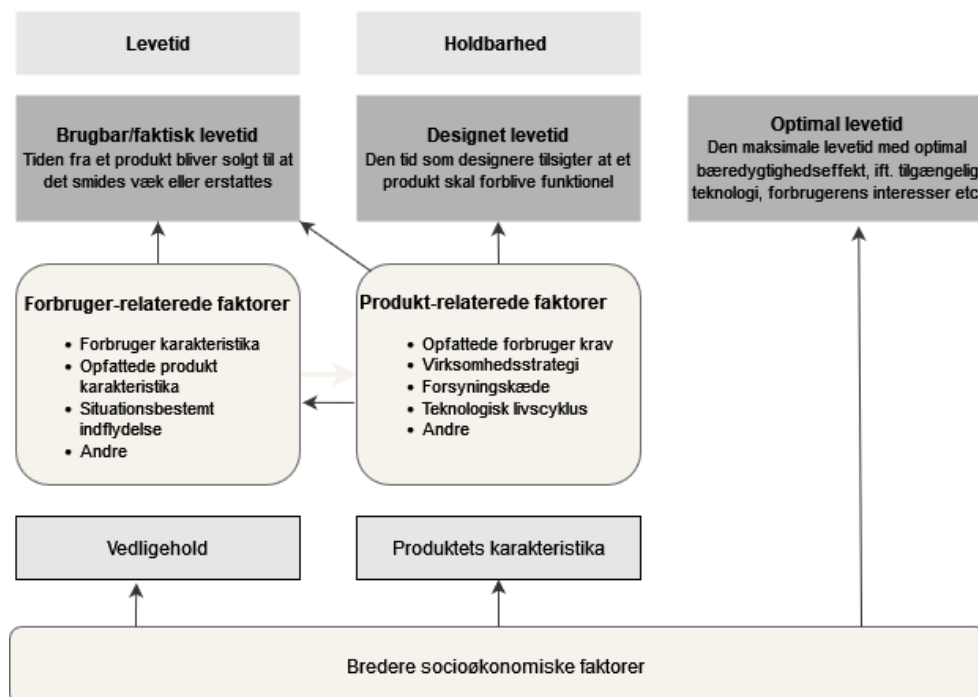
Nedenstående liste er tiltag for forbedret holdbarhed baseret på den anvendte litteratur:

- Modulært design
- Standardiserede komponenter
- Reparations service og/eller information
- Vedligeholdelses service og information
- Let adskillelse med almindelige værktøjer
- Ingen brug af lim og svejsning
- Højkvalitets og robuste materialer
- Opgraderingsmuligheder

### 2.3 Holdbarhed og levetid

I litteraturen om produkters holdbarhed er der fokus på forlængelse af levetiden og de to begreber 'holdbarhed' og 'levetid' beskrives ofte som værende synonyme (Bobba, et al., 2016; European Commission, 2015b). Det at designe holdbare produkter kan forstås som en måde at forlænge et produkts levetid (Ardenete, et al., 2014). Levetiden på et produkt beskrives på forskellige måder. Ifølge (Alfieri, et al., 2018) kan der skelnes mellem teknisk- og funktionel levetid, hvor den tekniske levetid bestemmes ud fra de iboende kvaliteter i produktet, hvorimod den funktionelle levetid også afhænger af de gældende forhold omkring anvendelsen af produktet.

I en rapport fra det Europæiske Miljøagentur (EEA, 2020a) præsenteres en ramme med tre forskellige former for levetid, henholdsvis optimal levetid, designet levetid og brugbar/faktisk levetid. Disse tre forskellige former for levetid er illustreret på figur 1.



Figur 1 Tre forskellige former for levetid. Inspireret og oversat fra (EEA, 2020a)

Den **brugbare/faktiske levetid** på et produkt bestemmes i høj grad af de forbruger-relaterede faktorer og forbrugerens adfærd, inklusiv den individuelle pleje af produktet. Der er både tale om sociale og kulturelle trends, normer og værdier, der sammen med et produkts materielle kvaliteter, har indflydelse på et produkts faktiske levetid. Den faktiske levetid på et produkt bliver positivt påvirket af forbrugerens alder, husstandens indkomst og uddannelsesniveau (EEA, 2020a).

Den **designede levetid** er den maksimale levetid, hvori producenten tilsigter at et produkt er funktionelt. Denne bestemmes ud fra produkt relaterede faktorer tæt sammen med forretnings-relaterede faktorer såsom virksomhedens forretningsmodel. Den designede levetid påvirkes også af forbruger- og socioøkonomiske faktorer såsom forbruger forventninger, markedsstruktur og betingelser og teknologiske livscyklusser. Som vist på figur 1 relaterer den designede levetid sig til et produkts holdbarhed, hvorved et produkts natur bestemmes gennem design.

Den **optimale levetid** er den levetid hvori et produkts livscyklus har opnået optimal miljø-, social- og økonomisk effekt. I praksis er denne svær at identificere og kompleks at definere da den påvirkes af mange forskellige påvirkninger og faktorer. Disse faktorer omfatter blandt andet, forbrugerens adfærd, villigheden til at betale, teknologiske innovationer og socioøkonomiske faktorer (EEA, 2020a).

Levetiden på et produkt bestemmes både af producenten og i høj grad af forbrugerne gennem deres normer og vaner (van Nes, et al., 2006). Den normale enhed for at måle levetid er i høj grad holdbarhed angivet i år, men for nogle produktgrupper såsom støvsugere og vaskemaskiner giver det også mening at se på operationscyklusser relateret til brugsintensiteten (Cooper, 2016).

Et nyere studie undersøgte fire forskellige produktgrupper (mobiltelefoner, fjernsyn, vaskemaskiner og støvsugere) og deres faktiske levetid sammenholdt med den designede levetid (levetid hvor producent forventer at produktet er funktionelt) og den ønskede levetid (gennemsnitslevetid baseret på hvor længe forbrugere ønsker produktet skal vare) (EEA, 2020b). Studiet viste, at alle fire produktgrupper har en faktisk levetid, der er mindst 2,3 år kortere end både deres designede- og ønskede levetid.

Levetidsforlængelse er ikke ensbetydende med et mere holdbart produkt, da det ikke er givet at det bibeholder dens performance eller funktioner (Bobba, et al., 2016). Det at forlænge et produkts levetid er endvidere ikke nødvendigvis den optimale strategi for alle produktgrupper (beskrives yderligere i afsnit 2.6 "Holdbarhed – Hvilke faktorer spiller ind?").

## 2.4 Pålidelighed og holdbarhed

Der er forskel på et produkts pålidelighed og holdbarhed. *DS/EN 45552 – Generelle metoder til vurdering af holdbarhed for energirelaterede produkter* omtales også som holdbarhedsstandard, og definerer de to centrale begreber pålidelighed og holdbarhed (Dansk Standard, 2020a).

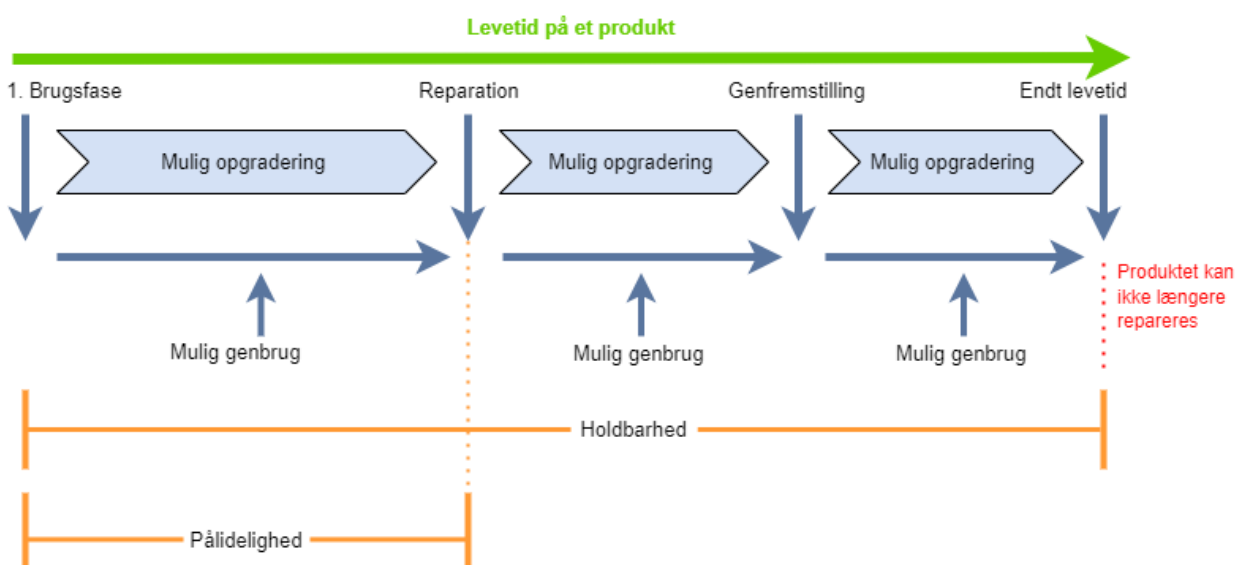
Pålidelighed er i standarden defineret som sandsynligheden for, at et produkt fungerer som påkrævet under givne forhold, inklusive vedligeholdelse af produktet i en given tid uden en begrænsende begivenhed. En umiddelbar forskel mellem pålidelighed og holdbarhed er derfor, at definitionen på pålidelighed omtaler en begrænsende begivenhed, hvorimod holdbarhed omtaler en begrænsende tilstand.

- **En begrænsende begivenhed** skal forstås som en begivenhed, hvor et produkts primære eller sekundære funktion ikke længere kan levere (fx fejl og afvigelse/afbrydelse i signal)
- **En begrænsende tilstand** kan defineres som et produkts tilstand efter en eller flere begrænsende begivenheder (når reparation eller vedligeholdelse ikke længere er muligt grundet tekniske eller socioøkonomiske årsager)

Begge begreber beskriver således et produkts evne til at fungere som påkrævet under givne forhold, og begge omfatter aktiviteter for at vedligeholde et produkt (enten forbruger eller serviceudbyder) i en tilstand, hvor det kan fungere som påkrævet.

Pålidelighed omfatter ikke aktiviteter, hvor et produkt repareres, hvilket i holdbarhedsstandardens forklarer med at reparationer hindrer og gør det komplekst at sammenligne med andre lignende produkter. Pålidelighed kan mere direkte kobles til sandsynligheden for fejl under normal miljømæssige og operationelle forhold (Dansk Standard, 2020a).

Holdbarhed omfatter derimod potentielle reparationer og genfremstilling indtil det punkt, hvor produktet når en begrænsende tilstand ved endt levetid. Holdbarhed kan ses som den mest sandsynlige, normale anvendelse af et produkt frem til, at produktet når endt levetid. Figur 2 viser relationen mellem de to begreber i forhold til et produkts levetid.



Figur 2 Oversigt over relationen mellem holdbarhed og pålidelighed. Inspireret af (EEA, 2020a s. 11)



Fra et teknisk ståsted er det blandt andet muligt at lave holdbare produkter ved at forbedre pålideligheden på et produkt – altså reducere sandsynligheden for fejl, og/eller ved at forbedre muligheden for reparationer, herunder genskabe pålideligheden i tilfælde af fejl.

## 2.5 Pålidelighed og reparation

Både pålidelighed og mulighed for reparation kan give miljømæssige fordele, hvor potentialet er større ved pålidelighed, da påvirkningen fra at reparere eller erstatte undgås eller udskydes (Cerulli-Harms, et al., 2018).

Begge kvaliteter appellerer til forbrugerne, men ifølge (Cerulli-Harms, et al., 2018) er pålidelige produkter lidt mere eftertragtet end muligheden for at kunne reparere et produkt. Dette kan kobles til resultaterne af en undersøgelse af (TNS, 2014) som viser, at 77 % af europæiske borgere siger, at de gerne vil reparere deres produkter fremfor at købe nyt, men hvor 39 % dog mener at det er svært eller økonomisk urentabelt at reparere et produkt.

Et studie af (Cordella, et al., 2021) understøtter, at pålidelighed er den foretrukne strategi ud fra et design, forbrugs- og miljømæssigt perspektiv. Pålidelighed som fokus i produktdesign kan blandt andet indebære produkter der, i) er mere resistente overfor ukorrekt anvendelse og miljømæssig belastning, ii) bruger holdbare materialer, iii) kan tilpasses fremtidige forbrugstrends, funktionalitet og behov i forhold til både hardware og software. Dog understreges det samtidigt, at muligheden for reparationer også er en eftertragtet kvalitet, da det øger produkters fleksibilitet. Denne fleksibilitet kan muliggøres ved at designe produkter modulært, opgraderbare og ved brug af standardiserede komponenter, samt understøttes ved at tilbyde reparationservices, tilgængelighed af reservedele, og information.

Der er ifølge (Cordella, et al., 2021) nogle situationer med et teknologisk trade-off mellem designstrategier for pålidelighed og reparation. Dette sker eksempelvis, når øget pålidelighed potentielt er i konflikt med muligheden for reparation (robusthed fremfor modulært design), eller når bedre reparationsmuligheder reducerer teknisk holdbarhed, for eksempel når brug af samling af produkter ved brug af lim bliver undgået.

En Survey om forbrugeres reparationsbehov- og erfaringer i perioden 2019-2020 udarbejdet som del af projektet "Affald og ressourcer på tværs" har vist, at det ikke er reservedeles tilgængelighed, der hindrer omfanget på reparationer i Danmark. Det skyldes i højere grad, at det er forholdsvis dyrt at reparere et produkt sammenholdt med prisen på et nyt (Jørgensen, 2021b).

## 2.6 Holdbarhed – hvilke faktorer spiller ind?

Holdbarhed som begreb kan anvendes på alle produktgrupper fra tekstiler over bygninger til elektronik. Der er en relation mellem holdbarheden på et produkt og ressourceforbruget i form af materialer og energi samt de udledte emissioner over dets levetid. Hvis mobiltelefonen holder dobbelt så lang tid, vil ressourcetrækket til materialer blive halveret for den givne periode, og udledningerne vil også blive reduceret - bortset fra udledningerne relateret til brugsfasen.

Der er imidlertid en kompleks årsag-virknings relation, hvor mange forskellige faktorer påvirker et produkts miljøpåvirkninger, og effekten af øget holdbarhed varierer derfor afhængigt af produktgruppe (Iraldo, et al., 2017).

Nogle produktgrupper bliver hurtigt forældede grundet teknologisk udvikling eller forbrugsvaner, såsom mobiltelefoner og fjernsyn. Mobiltelefoner har en høj erstatningsrate, hvor de skiftes ud hyppigere end hvert andet år (Cordella, et al., 2021). Årsager hertil kan bl.a. være introduktion af nye modeller i kombination med introduktion af nyt software, der ikke kan anvendes på tidligere modeller (Jørgensen, 2021a).

For andre produktgrupper såsom vaskemaskiner, komfurer og andre produkter med stabile teknologier og lange levetider, kan holdbarheden påvirkes af en bevidst forældelse i forhold til nogle modeller (European Commission, 2015b), som udtrykt i følgende citat:

*“ ... the issue of designed obsolescence is a key feature in the discussion on durability... there are other product groups where planned obsolescence may be a feature of some designs, generally technology stable, long life products, such as washing machines or ovens.”*  
(European Commission, 2015b s. 37)

En af grundene til, at holdbarhed er kommet i fokus, er de potentielle miljømæssige, økonomiske og sociale fordele som kan opnås ved længere levetid på et produkt (Bobba, et al., 2016). Fordelene handler miljømæssigt om forebyggelse af affaldsgenerering, reduceret klimabelastning og et reduceret behov for materialer og ressourcer i løbet af et produkts livscyklus. Det at producere mere holdbare produkter kan dog føre til brug af flere materialer, materialer af højere kvalitet eller brug af mere komplekse processer, hvilket tilsammen kan indikere en højere påvirkning fra produktionen, både økonomisk og miljømæssigt (Okumura, et al., 2001)

Der er altså i litteraturen forskellige opfattelser af, hvilke fordele der kan opnås ved holdbare produkter, også afhængigt af hvilken produktgruppe der er i fokus. Ligeledes er der identificeret forskellige faktorer, der påvirker de potentielle fordele ved at øge et produkts holdbarhed (Iraldo, et al., 2017; European Commission, 2015b):

- Praksisbegrænsninger fra nuværende fremstillingsmetoder
- Omkostninger ved at ændre materialer, komponenter og fremstillingspraksis for produktet
- Innovationsraten på nogle produktgrupper medfører hurtig forældelse
- Forbrugernes købsvaner og forventninger til et produkts performance
- Hovedkomponenters indvirkning på et produkts samlede levetid
- Den mulige påvirkning af holdbare produkter ift. potentialet i deres næste liv
- Tilgængelighed og accept af standarder og metoder til at øge holdbarheden

## 2.7 Ændringer i væsentlige miljøpåvirkninger over tid

I den tidlige litteratur om de miljømæssige fordele ved holdbare produkter fokuseres der på levetidsforlængelse som en strategi, der gør det muligt at reducere ressourceforbruget og minimere affald (OECD, 1982). Gennem tiden har en del litteratur om produkters holdbarhed omhandlet udfordringen i at vide, hvorvidt der opnås størst mulige miljømæssige og økonomiske fordele ved at forlænge et produkts levetid, eller ved at erstatte det med et nyere og mere energieffektivt produkt (Iraldo, et al., 2017; van Nes, et al., 2006). Denne debat om energieffektivitet har især relateret sig til produkter, der anvender energi i brugsfasen.

(Ardente, et al., 2014) konkluderede på baggrund af en komparativ miljømæssig vurdering på vaskemaskiner med forskellige holdbarheder, at levetidsforlængelse kan bidrage til miljømæssige fordele i et livscyklusperspektiv, selv i situationer hvor dette udsætter en udskiftning med et mere energieffektivt produkt. Men undersøgelsen konkluderede også, at relativt små forbedringer i energieffektiviteten på et produkt X gør det muligt at opnå en miljømæssig forbedring ved udskiftning til produkt Y. Det afgørende er, at de mulige miljømæssige forbedringer vil variere og vil helt afhænge af følgende: valg af impact kategorier, effekt af reparation, levetidsforlængelse, og effektiviteten på det substituerede produkt.

Ovenstående resultater understøttes af (Iraldo, et al., 2017), der på baggrund af en livscyklusvurdering (LCA) og en analyse på levetidsomkostningerne (LCC) konkluderede, at det holdbare produkt næsten altid er den foretrukne løsning ud fra et økonomisk perspektiv for forbrugeren. For at det holdbare produkt skal være mest fordelagtigt ud fra både en økonomisk og miljømæssig betragtning, så skal miljøpåvirkningen fra produktion og endt levetid være høj sammenlignet med miljøpåvirkningen fra brugsfasen. I en undersøgelse fra 2018 konkluderer (Oeko-Institut e.V., 2018), at det klimamæssigt kan være fornuftigt at udskifte husholdningsapparater med de dårligste energimærkninger B, C og D med et nyt produkt med den højeste energimærkning.

En af de væsentlige tematikker igennem tiden har således været den miljømæssige dualisme mellem at forlænge og forkorte et produkts levetid. Dette er beskrevet i et litteratur review om de miljømæssige fordele ved holdbare produkter, og fremgår af følgende citat:

*“ ... occasionally it is better to refrain from extending product lifetime. This is when a much more eco-efficient product has come to the market. In these occasions a shortening of product lifetime seems environmentally desirable... This environmental dualism between lengthening and shortening of the lifetime has led to the introduction of the term ‘product lifetime optimization.’” (van Nes, et al., 2006 s. 1309)*

En analyse af (WRAP, 2010) sammenlignede resultater fra livscyklusvurderinger og lignende studier på 15 forbrugerelektronik produkter med fokus på deres respektive miljøpåvirkninger og identifikation af hvilken fase af produktets livscyklus, der havde størst påvirkning samt hvilke faktorer, der spillede en rolle.

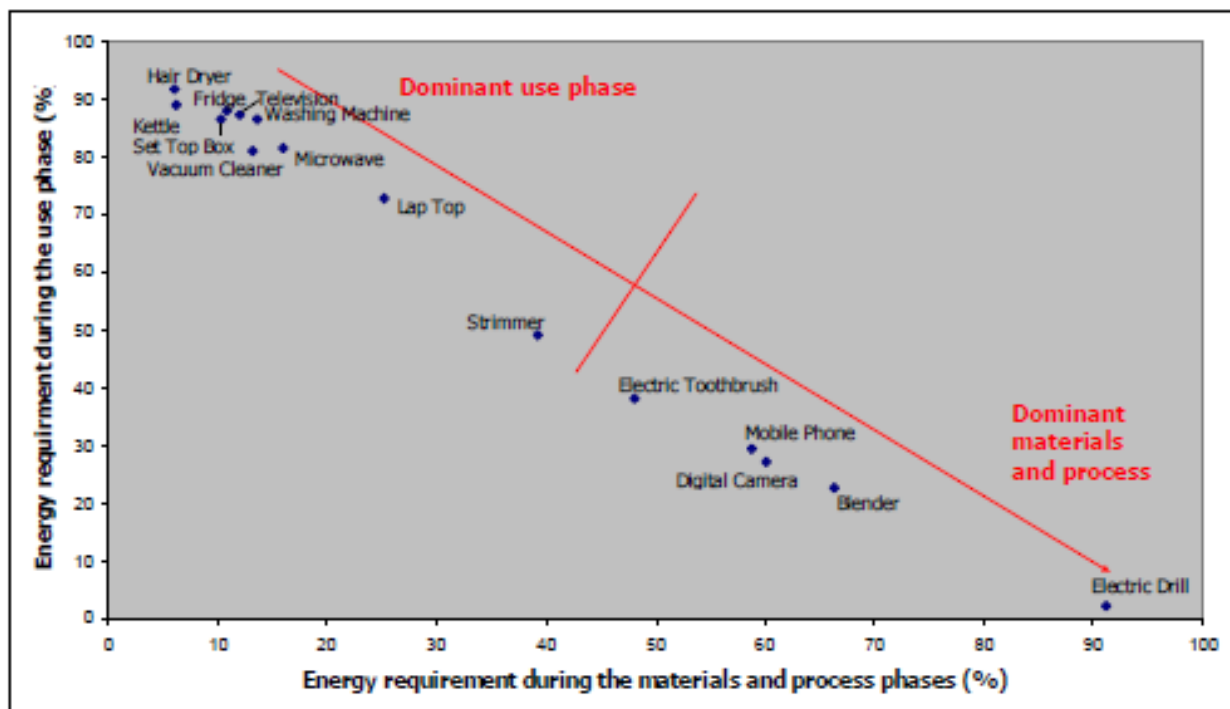
Analysen af (WRAP, 2010) viste, at energiforbruget (og dermed klimapåvirkning) fra elektroniske produkter i varierende omfang stammer fra materiale- og produktionsfasen samt drift- og brugsfasen. Fem faktorer spiller ind på hvilken af de to faser, der har størst bidrag til et produkts klimapåvirkning:

- Mængden af materialer i produktet
- Andelen af elektroniske komponenter
- Behovet for elektricitet
- Brugshyppigheden
- Hvor længe et produkt bruges

(WRAP, 2010) resultaterne viste at drifts- og brugsfasen har størst miljøpåvirkning for de fleste produkter, og at denne påvirkning bestemmes af i) behov for strøm, ii) brugshyppighed og iii) hvor længe produktet bruges. De produkter der havde en høj klimapåvirkning i driftsfasen (mellem 48-90 % af totale påvirkning) var blandt andet støvsuger, elkedel, bærbar computer og hårtørrer.

Næsthøjeste miljøpåvirkning var fra materialevalg og produktionsfasen, hvor fem ud af 15 produkter i denne analyse havde størst påvirkning i denne fase, blandt andet mobiltelefon, blender og boremaskiner. Påvirkningen fra denne fase bestemmes af både i) mængden og typer a materialer og ii) andelen af elektriske komponenter.

Figur 3 viser fordelingen mellem energiforbrug for henholdsvis brugsfase samt materiale- og produktionsprocessen.



Figur 3 Produkter angivet ud fra energiforbrug i brugsfasen sammenholdt med materialer/procesfasen (energiforbrug i % over total livscyklus) (WRAP, 2010)

Som det fremgår af figuren, så havde drifts- og brugsfasen i 2010 størst miljøpåvirkning for almindelige forbruger produktgrupper så som fjernsyn, fryser og vaskemaskiner (WRAP, 2010). Studiet konkluderede også, at der i 2010 var ved at ske et mærkbart og signifikant skifte på mere end halvdelen af de undersøgte produkter hen imod materialeudvinding og produktion som værende de livscyklusfaser med størst påvirkning. Allerede WRAP-studiet pegede også på holdbare produkter og øget opmærksomhed omkring valg af materialer som måder til at mindske påvirkningerne fra materialeudvindingen og produktionen.

Der er i de sidste 10-15 år sket en forøgelse af energieffektiviteten på nogle produktgrupper som følge af energimærkningen og minimumskraverne hertil i Ecodesign direktivet (European Commission, 2015a), hvilket har medført en ny forståelse og fokus i litteraturen. Et nyere studie fra Aalborg Universitet i samarbejde med Aalborg Kommune og Aalborg Forsyning viser, at for vaskemaskiner og tørretumblere bør forbrugeren fokusere på at købe maskiner med ekstra lang levetid og i mindre grad fokusere på energimærket (Hovgaard, 2022). Hovedkonklusionen fra studiet fremhæves i følgende citat af Lektor på AAU Søren Løkke: *"Konklusionen er klar: Jo længere tid en maskine lever, jo mindre er den belastning der stammer fra produktionen af maskinen..."* (Hovgaard, 2022 s. 2).

Ud fra en miljø- og klimamæssig betragtning vurderes det derfor bedst at bruge penge på reparation og levetidsforlængelse på eksisterende og mere energitunge maskiner, da hovedparten af belastningen kommer fra materialevalg og produktionsprocesserne og ikke længere fra elforbrug i brugsfasen (Hovgaard, 2022). Ud over klimaeffekten fra elforbruget skal forbruget af knappe ressourcer i produktionen af produkter ses som en effekt i sig selv.

Baseret på en analyse af eksisterende LCA-litteratur på fire tidligere omtalte produktgrupper (vaskemaskiner, computere, støvsugere og mobiltelefoner) undersøgte (EEB, 2019b) både forskellige produktfaser klimaeffekt samt hvorvidt det giver mening at købe nyt eller reparere et produkt, så det holder længere. For alle fire produktkategorier gjorde det sig gældende, at klimaeffekten fra udvinding af ressourcer og produktion af produktet var væsentlig. For støvsugere var det mellem 10-31 % af klimaeffekten, der kom fra produktionen, for vaskemaskiner 18-31 %, for computere 40-64 %, mens det for mobiltelefoner var 51-92 %. Rapporten undersøgte effekten ved at forlænge hver produktgruppes levetid ud over de nuværende produktlevetider, som var 11 år for vaskemaskiner, 4-5 år for computere, 5-8 år for støvsugere og 3 år for mobiltelefoner fremfor at erstatte dem. Studiet bekræfter andre nyere studier i, at det under normale omstændigheder altid giver mening at levetidsforlænge produkter ud over deres typiske levetid.

For hver af de forskellige produktgrupper viste rapporten (EEB, 2019b) yderligere, hvor længe et produkt skulle levetidsforlænges ud fra en klimamæssig betragtning. For vaskemaskiner var dette 25-40 år for at kompensere for de udledte GHG-emissioner i produktion, distribution og bortskaffelse, for støvsugere 18-48 år, mens computere samt mobiltelefoner burde levetidsforlænges så mange år som overhovedet muligt.

## 2.8 Komplexitet og dynamikker i samfundet - forbrugeres og producenteres rolle

Forbrugerne spiller også en stor rolle i forhold til at påvirke et produkts levetid og holdbarhed. Flere studier tydeliggør, at det er vigtigt ikke kun at fokusere på produktionsprocesser og producentansvar, da forbrugernes adfærd og brug af et produkt samt efterfølgende håndtering ved endt levetid også spiller en stor rolle (Iraldo, et al., 2017; van Nes, et al., 2006).

**Forbrugere** har en stor indvirkning på produkters holdbarhed når de køber, bruger og skiller sig af med et produkt. Forbrugernes generelle overbevisning er, at produkter af høj kvalitet holder længere, men forbrugerne formår ikke at tage højde for det, når de foretager et køb. Begrebet '*product durability neglect*' betegner dette aspekt (Sun, et al., 2021). Forbrugere tilstræber altså at købe flere produkter af lav end af høj kvalitet grundet førnævnte negligering af holdbarheden. Flere studier omhandler holdbarhed som en karakter i kvalitetsprodukter, der understøtter og skaber et mere bæredygtigt forbrug, både inden for mode og tekstil (Sun, et al., 2021) og elektronik (Bundgaard, et al., 2019). Begge studier konkluderer, at det at købe luksus- eller kvalitetsprodukter understøtter et forbrug, der indebærer et relativt lavere ressourceforbrug.

(Sun, et al., 2021) argumenterer for, at holdbarhed har strategisk relevans og gør kvalitetsprodukter mere appellerende, og at det yderligere understøtter udbredelse af en deleøkonomi. (Bundgaard, et al., 2019) fandt at der ud fra et teoretisk perspektiv er et link mellem kvalitetsprodukter og cirkulær økonomi grundet kvaliteter såsom holdbarhed, høj kvalitet, serviceydelser, udvidede garanti perioder og et stort gensalgsmarked. Forfatterne konkluderer ud fra et casestudie af Bang & Olufsen, at der er et link mellem den høje pris og kvalitet samt mellem holdbarheden på kvalitetsprodukter og de "inderste cirkler" af en cirkulær økonomi, dvs. vedligeholdelse, reparation og genbrug.

Det er ikke kun de iboende karakteristika ved et produkt, der skal ændres for at forlænge levetiden og gøre et produkt mere holdbart, men også vaner og adfærd hos forbrugeren. Dette er beskrevet således "*... durable products need to overtake fashion trends*" (Bobba, et al., 2016 s. 764). Dette stiller store krav til produktudvikling og design (European Commission, 2015b), da forbrugernes adfærd og behov ændres over tid.

Holdbarhed bør indtænkes i produktudviklingen ved at skabe dynamiske og fleksible produkter, blandt andet gennem produkttilknytning, variationer, mulighed for reparation eller opgradering af dele (van Nes, et al., 2006). Udfordringen er her at forudse fremtidige muligheder, trends og behov for at muliggøre langvarig tilfredshed hos forbrugerne.

Ændringer i forbrugeradfærd og behov sker ikke af sig selv men i tæt samspil med industriens produktudvikling. Hartmut Rosa har udviklet en forståelse, der beskriver dette samspil og dynamikkerne i samfundet, som gør, at et moderne samfund kan karakteriseres ved tæt kobling mellem tre forskellige accelerationsprocesser; 1) teknologisk acceleration, 2) acceleration af social forandring og 3) acceleration af livstempoet. Det moderne samfund, inklusiv de tætte relationer mellem de forskellige processer, kan betegnes som 'accelerationssamfundet' (Jørgensen, 2021a).

Den markante forøgelse i produktionshastigheden har grundlæggende ændret relationen mellem forbrugeren og dennes materielle omgivelser, til en mere overfladisk forbindelse (Rosa, 2014).

En væsentlig udfordring i accelerationsfundet er, at de hyppige skift i holdning, værdi, livsstil og sociale relationer samt det accelererede teknologiske innovationstempo forælder produkter hurtigere end deres fysiske levetid – blandt andet fordi reparation af produkter ikke kan forøges lige så meget i effektivitet som produktionen (Jørgensen, 2021a). Manglende synkronisering mellem forskellige accelerationsprocesser i samfundet kan skabe spændinger mellem de forskellige processer og de demokratiske institutioner der har ansvaret for regulering af innovationerne.

Udover at indtænke forbrugeren i design- og udviklingsfasen er det også vigtigt, at forbrugerne i højere grad end tidligere tilbydes den fornødne information og incitament til at træffe holdbare og oplyste valg (Oldyrevas, et al., 2020; European Commission, 2015b). Denne information skal være let tilgængelig, forståelig og pålidelig og bør omfatte anvendelse, vedligeholdelse, reparation og bortskaffelse af et produkt (Cordella, et al., 2021), hvilket også hænger sammen med producentens rolle og indflydelse.

**Producenter** har ligeledes en central rolle for at producere holdbare produkter, hvilket allerede indledningsvist blev introduceret gennem definitionen på holdbarhed fra (European Commission, 2015b), hvor producenten angiver specifikationer, der understøtter, at produktet når dets forventede levetid. Producenternes incitament og mindset varierer i høj grad afhængig af deres forretningsmodel.

Nogle producenter vælger aktivt, at de ikke vil fokusere på reparation og holdbarhed på produkter, andre reducerer ligefrem levetiden gennem planlagt forældelse for at fremme og stimulere et øget forbrug (Maitre-Ekern, et al., 2016). Producenter har førhen ofte været af den overbevisning at lang holdbarhed, opgradering og lignende strategier vil have negative konsekvenser for virksomhedens omsætning (Remmen, et al., 2016).

Baseret på resultaterne af en undersøgelse på fire forskellige produktgrupper kommer (EEB, 2019b) med forskellige anbefalinger, hvor en af dem er at producenter i højere grad skal bidrage til, at produkter holder længere ved at fokusere på at designe for øget holdbarhed, muliggøre lang eftersalgsservice og udvikle forretningsmodeller, der fokuserer på leasing eller produktservice-systemer. Dette taler for at producenter genovervejer og aktivt reflekterer over deres rolle og mulighed for at understøtte at produkter holder længere. Hertil kommer, baseret på projektsamarbejder mellem Aalborg Universitet og forskellige virksomheder gennem tiden, at der blandt virksomheder er stigende interesse for at udvikle nye bæredygtige og cirkulære forretningsmodeller med nye services (Remmen, et al., 2016).

Der er også de producenter der producerer kvalitetsprodukter. Disse differentierer ofte deres produkt enten via holdbarhed og klassisk design, som eksempelvis B&O, eller ved at tilbyde forlænget garanti og serviceperioder, som for eksempel Miele (Remmen, et al., 2016; Bundgaard, et al., 2019). Nogle producenter har således skabt en konkurrenceparameter og forretningsmodel omkring holdbare kvalitetsprodukter.

Væsentlige services som producenten kan udbyde, er mulighed for opgradering, reparation, garantiperioder og andre ordninger i form af produktservice-systemer. Sådanne services gør det muligt at knytte forbrugeren tættere sammen med producenten, og kan derigennem øge incitamentet til at producere produkter, der er holdbare og nemme at reparere (Remmen, et al., 2016).

Konkurrencen på markedet for mange husholdningsapparater har været centreret omkring energimærker i mange år, men i dette årti ses en udvidelse af konkurrenceparametrene, hvor levetider og holdbarhed ligeledes begynder at blive mere centrale. Eksempelvis har Samsung netop offentliggjort, at de nu giver 20 års garanti på deres digitale inverter-teknologier i Europa og USA, hvilket understreger et øget fokus på kvalitetsprodukter med lang levetid. Dette er en markant stigning fra de tidligere ti års garanti, der før har været tilbudt af diverse producenter (Balogun, 2022).

Producentens ansvar går altså udover design og produktion af holdbare produkter og relaterer sig i høj grad også til at sikre tilgængelighed på information, reservedele og support i form af vedligehold og reparation, som yderligere fremmer en lang levetid (Oldyrevas, et al., 2020).

På baggrund af ovenstående giver tabel 2 en oversigt over, hvor og hvordan henholdsvis producent og forbruger spiller ind på et produkts holdbarhed.

*Tabel 2 Oversigt for overordnede aspekter hvor hver aktør har stor indvirkning*

<b>PRODUCENTER</b>	<b>FORBRUGERE</b>
Design (materialevalg, komponenter, sammensætning og fremadrettede muligheder)	Krav til produkt når det købes
Sikre at reservedele er tilgængelige og produkter kan repareres	Anvendelse og brug
Produktion	Forbrugsmønster (trends, smag, hyppighed)
Information (tilgængelighed, vejledning)	Evne og vilje til at vedligeholde og reparere
Garantiperioder	Personlig tilknytning
Standardisering	Håndtering ved endt levetid
Forretningsmodel, herunder hyppighed i lancering af nye produkter, og hvorvidt gamle produkter stadig kan fungere	



## 2.9 Hvordan vurderes og måles holdbarhed?

Holdbarhed defineres med varierende detaljeringsgrad, og mange definitioner er overvejende konceptuelle, hvilket gør dem svære at konkretisere og måle ud fra i praksis (European Commission, 2015b). Væsentlige aspekter er relateret til, hvordan holdbarhed bliver vurderet og målt, og omhandler både datakvalitet, tilgængelighed af produktinformation (data), og de modelleringsvalg og parametre, der fokuseres på i vurderingen.

I rapporten (European Commission, 2015b) konkluderes der på effekten af at kræve mere holdbare produkter med udgangspunkt i en analyse af to forskellige produkttyper: køleskabe og elektriske ovne. En væsentlig udfordring var, at der ikke var tilstrækkelig produktinformation tilgængelig på komponentniveau, og rapporten anbefalede derfor at fremtidige undersøgelser udarbejdes med direkte producentinvolvering. I analysen (WRAP, 2010) konkluderes det, at der er begrænset eller ingen LCA-data tilgængelig på små elektronikprodukter som blender, elektrisk tandbørste, digitalt kamera m.m., hvilket de anbefaler som fokus i yderligere undersøgelser.

En komparativ analyse er foretaget af to energiintensive produkter med brug af LCA og LCC (life cycle costs) (Iraldo, et al., 2017), om hvor vidt produkters holdbarhed er bedre ud fra en miljømæssig og økonomisk betragtning med brug af datasæt fra litteratur og fra producent. Analysen konkluderer, at når data fra litteraturen benyttes på det almindelige og det holdbare produkt, så har det holdbare produkt en lavere miljømæssig konsekvens i fire kategorier for miljøpåvirkning. Når data bruges fra producenten, så har det holdbare produkt færre konsekvenser end det almindelige produkt i tre kategorier. Det holdbare produkt er således at foretrække, og samtidig fremhæves det, at valg af modellering og påvirkningskategorier spiller ind på resultaterne.

I rapporten fra EEB argumenteres der desuden, at når andre kategorier end klimaeffekten inkluderes i vurderingen, så skal levetiden på et produkt øges yderligere før det miljømæssigt giver mening at erstatte det. Dette skyldes, at disse andre miljøkategorier er mest prominente i ressourceudvindingen og produktionen af et produkt. (EEB, 2019b)

Praksis har været, at den enkelte producent udfører interne protokoller og tests på deres produkter. For at designe mere holdbare produkter er der brug for yderligere metoder til at vurdere og verificere holdbarhedsrelaterede aspekter af produkter, og som samtidigt gør det muligt at sammenligne produkter på markedet (Alfieri, et al., 2018). Andre forskere påpeger en mangel på standardiseringsmetoder, som gør det muligt at sammenligne produkter på markedet (Tecchio, et al., 2017). Disse standardiseringsmetoder har været under udvikling siden 2015.

I 2019 vedtog den franske regering en lov, der gør det obligatorisk at fremvise klar information til forbrugeren om reparationsmuligheden på elektriske og elektroniske produkter. Frankrig har sidenhen, som det første land i Europa udviklet og implementeret et reparationsindeks fra 1. januar 2021 (Right To Repair, 2021).

Reparationsindekset gælder ind til videre kun på fem forskellige produktgrupper (mobiler, bærbare computere, fjernsyn, vaskemaskiner og elektriske plæneklippere) og har til formål at tilskynde forbrugeren til at vælge produkter, der kan repareres og samtidig få producenten til at øge fokus på mulighederne for reparation i design og produktion. Producenterne skal selv deklare deres produkter og det er forhandlernes ansvar at gøre indeksscoren synlig for forbrugeren (Jørgensen, 2022b).

Reparationsindekset giver produkter en score for deres reparationsmulighed og denne vurderes for hver produktgruppe ud fra følgende fem kriterier (Right To Repair, 2021):

- Dokumentation (tilgængelighed og klar information om produktets brug)
- Adskillelse (beskrivelse af produkt adskillelse med henblik på reparation)
- Reservedele (information om tilgængelighed og leveringstid)
- Pris på reservedele (sammenholdt med køb af nyt produkt)
- Produkt-specifikke krav

Hvert af de ovenstående kriterier kan scores med op til 20 point, der samles og aggregeres til en score mellem 0-10 som inddeles i 5 intervaller med respektive farvekoder fra rød til grøn. Mulige begrænsninger ved reparationsindekset er ifølge (Right To Repair, 2021), at det er for let at opnå en høj score, at producenter kan komme med en selverklæret score, og at der har manglet sanktioner frem til 2022. Et lille studie i en fransk telebutik sommeren 2022 viste, at en iPhone 13 mini havde en score på 6,2, og fremhæver, at det keramiske cover gav modstand mod stød, mens en Fairphone 5 havde en score på 9,2 med fremhævelse af det modulære design.

Den franske regering har bestemt, at reparationsindekset fra 1. januar 2024 bliver udvidet med et holdbarhedsindeks, der kommer til at omfavne både reparations- og pålidelighedsrelaterede krav. I denne forbindelse udarbejdede den franske styrelse for bæredygtig omstilling (ADAME) et forberedende studie i samspil med relevante interessenter, hvori de analyserede og identificerede produktkarakteristika, principper og guidelines, der bør indgå i et holdbarhedsindeks (ADEME, 2021). En af konklusionerne er, at de overordnede kriterier for at vurdere et produkts holdbarhed bør være reparationsmulighed, pålidelighed, robusthed og opgraderingsmulighed, og hvor vægtningen heraf vil afhænge af den respektive produktgruppe.

Væsentlige konklusioner (ADEME, 2021) i forhold til videre udvikling af et holdbarhedsindeks er endvidere, at metodologien skal fokusere på objektive, pålidelige, klare, kontrollerbare og verificerbare kriterier, der effektivt kan kontrolleres for at sikre troværdig og brugbar information til forbrugeren og samtidig sikre en fair konkurrence mellem de forskellige producenter. Endvidere var der blandt de involverede interessenter konsensus om, at holdbarheden skal formidles som en score fremfor en forpligtelse til en bestemt levetid. I det forberedende studie blev der ikke opnået konsensus om scopet på indekset, men det er vigtigt, at det er progressivt og revideres efter få år.

Både holdbarheds- og reparationsindekset er en information direkte til forbrugeren med henblik på at påvirke valget i købsituationen og er således forskelligt fra de tidligere omtalte standarder om holdbarhed og reparation, som vil udgøre grundlaget for at udvikle minimumskrav til disse forhold ved de enkelte produktgrupper under ecodesign forordningen. Begge initiativer er i sin vorden og vil understøtte et fokus mod "de indre cirkler" i cirkulær økonomi, og principielt set kan der tænkes den samme dynamik her, som der har været mellem energimærkningen og minimumskravene til energieffektivitet i ecodesign direktivet.

### 3. Forbrugerelektronik

Forbrugerelektronik dækker en bred vifte af produkter fra mindre husholdningsapparater som blendere og kaffemaskiner over IT-produkter som mobiltelefoner og computere og til større produkter så som køleskabe og vaskemaskiner. Indledningsvis i dette kapitel opridses nogle af problemer ved korte levetid på nogle elektronikprodukter. Derefter gives der eksempler på producenter som har ændret designstrategier og forretningsmodeller, hvor der især bliver gået i dybden med B&O. Afslutningsvis bliver det vurderet, fra forbrugernes perspektiv, hvad der betinger forbrugerelektronikkens levetider i Danmark.

#### 3.1 Miljøproblemerne ved "fast electronics"


Forbrugerelektronik er et felt, hvor produkternes holdbarhed kombineret med forbrugernes brugsmønster har medført en kortere levetid af eksempelvis mobiltelefoner og mindre elektronikprodukter i husholdningerne.

Forbrugerelektronik er langt fra cirkulært endside bæredygtigt på den måde som materialeudvinding, produktion, brug og affaldsbehandling sker i dag. Kritiske og værdifulde materialer udvindes og indgår i en produktion med et højt ressource- og energiforbrug; ligesom der er markante udfordringer med arbejdsforholdene i Kina og Sydøst Asien. Dertil kommer det direkte energiforbrug i brugsfasen af elektronik samt et stadig større indirekte energiforbrug i datacentre, som følge af streamingtjenester og en digitalisering af services og tjenesteydelser. Ligesom genanvendelsen af de værdifulde og kritiske råmaterialer i elektronikken er forholdsvis begrænset, mens genbrug foregår på et gråt marked via e-bay og tilsvarende.

FN anslog i 2020, at der globalt blev genereret 53,9 millioner tons elektronikaffald, og opgjort pr. capita blev mest e-waste genereret i Europa med 16,2 kg. pr borger, og i sammenligning var det væsentligt lavere i Asien (5,6 kg) og i Afrika (2,5 kg). Dette er en stigning på 21% over de sidste fem år. E-waste er dermed den hurtigst voksende affaldsstrøm, som følge af et større forbrug, kortere levetider og for få muligheder for reparation (Forti, et al., 2020). Under 20% af elektronikaffaldet bliver indsamlet og genanvendt globalt set. I Europa er indsamlingsraten i 2020 lige omkring 45% af den markedsførte elektronik (gennemsnitlig vægt over de tre foregående år), og for Danmarks vedkommende er det faktisk en smule under indsamlingsmålet på 45% (Eurostat, 2022).

Opgjort i kilo er elektronikprodukter den mindste affaldsfraktion, men opgjort i CO<sub>2</sub> fodaftryk er det den største. For Region Hovedstaden vejer elektronikaffald 24.700 tons, mens CO<sub>2</sub> fodaftrykket er opgjort til 326.000 tons. Til sammenligning vejer byggeaffaldet 1.029.500 tons, og CO<sub>2</sub> fodaftrykket er på 301.000 tons (Metabolic, 2020).

I undersøgelsen for Region Hovedstaden er der identificeret fem hotspots, hvor elektronikaffaldet alene har et større CO<sub>2</sub> fodaftryk end sammenlignet med de tre sidste hotspots: mad i restaffaldet, storskrald samt plast og emballage.

Affaldsstrøm		Udfordring	Anbefaling
 <b>Elektronikaffald</b>	Masse: 24.700 ton  CO <sub>2</sub> -fodaftryk: 326.000 ton	Elektronisk affald har en af de største CO <sub>2</sub> -påvirkninger og indeholder sjældne metaller. Komplexiteten af elektroniske produkter gør dem vanskelige at håndtere i affaldssystemet, og de mister følgelig næsten al deres høje værdi under demontering.	Undgå at elektronik overhovedet kommer ind i affaldssystemet. Løsninger kan være reparation, genbrug og bedre design.
 <b>Bygge- og anlægsaffald</b>	Masse: 1.029.500 ton  CO <sub>2</sub> -fodaftryk: 301.000 ton	Byggeri og nedrivning har den største affaldsstrøm og et af de største miljømæssige fodaftryk. Det meste bygningsaffald genanvendes, men desværre med meget lav funktionel værdi, hvilket fører til et markant økonomisk tab.	Langt større mængder af bygge- og anlægsaffaldet skal genbruges direkte eller genanvendes til sekundære (bygge)materialer, hvilket vil lede til nye økonomiske gevinster og reducere forbruget af primære ressourcer.

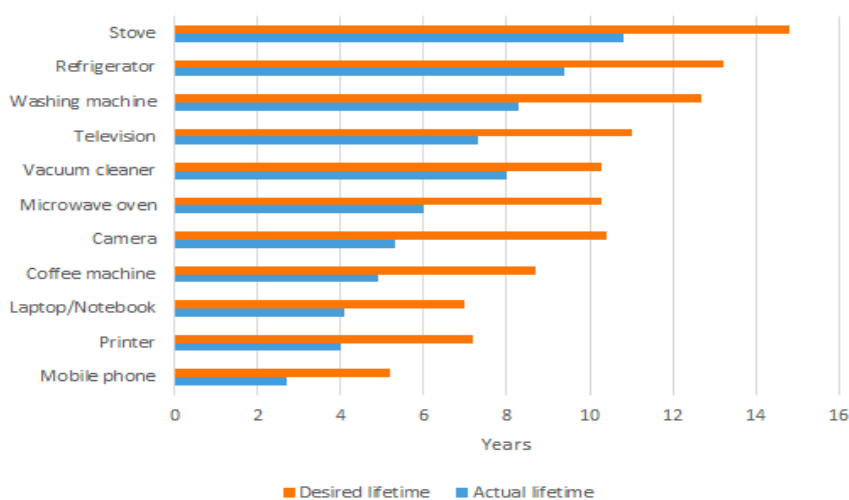
Figur 4 Vægt og klimaaftryk af elektronikaffald samt bygge- og anlægsaffald (Metabolic, 2020).

Ud over at illustrere at vægt ikke kan være den eneste målestok i en cirkulær omstilling af det nuværende affaldssystem, så er dette også en indikator på, at materialeudvinding og produktion af elektronik medfører en markant klima- og miljøpåvirkning. Vægt er den normalt anvendte indikator for de indsamlede affaldsmængder, og understøtter således genanvendelse, men derimod ikke nødvendigvis en bredere cirkulær tankegang. CO<sub>2</sub> fodaftrykket henfører til hele produktets livscyklus, herunder klimabelastning fra udvinding og forarbejdning af materialer og ressourceproblematikken ved forskellige råvarer, og peger således på behovet for en bredere cirkulær indsats, herunder med fokus på produktets holdbarhed.

Levetiden på elektronikprodukter varierer en hel del i forskellige undersøgelser, og er i dansk sammenhæng forholdsvis lang for køleskabe og fryserne på 15-16 år, mens vaske- og opvaskemaskiner har lidt kortere levetid på 9-10 år (Mogensen, 2021).

I 2005 blev et TV opgivet til at have en levetid på 10 år, mens levetiden i dag forventes at være 5-7 år ved intensiv brug og 6-9 år ved mindre brug. I praksis holder de færreste TV nok op med at virke ud fra en teknisk betragtning. Udskiftningen sker nærmere som følge af en løbende billigørelse, større skærme og nye funktionaliteter, samt et ønske hos forbrugeren om større, fladere og smartere TV.

Det europæiske miljøagentur har sammenstillet oplysninger om forskellige elektronikprodukters ønskede og aktuelle levetid i figur 5 (se kapitel 2 for gennemgang af de to begreber). For de større produkter som køleskabe og vaskemaskiner er levetiden her angivet til mellem 8 og 12 år; mens især mindre husholdningsprodukter som kaffemaskiner og mikrobølgeovn har en levetid på 4-6 år. Elektronikprodukter som PC og printere har en kort levetid på ca. fire år, mens mobiltelefoner har den korteste med blot lidt over to år (EEA, 2020b).



Figur 5 Forventet og aktuelle produktlevetider på elektronikprodukter (EEA, 2020b)

En rapport fra European Environmental Bureau i 2019 fremhæver, at for bærbare computere kommer 40-64% af CO<sub>2</sub> udledningerne fra andet end brugsfasen, og den gennemsnitlige levetid sættes til 4,5 år, men hvor levetiden burde være mellem 20-44 år ud fra en klimabetragtning. For smartphones gælder tilsvarende, at mellem 51-92% af CO<sub>2</sub> udledningerne kommer fra andre livscyklusfaser end brugsfasen, og den gennemsnitlige levetid sættes her til tre år; mens den ud fra en klimabetragtning burde være på mellem 25-234 år (EEB, 2019a). Med andre ord, klimabelastningen er især knyttet til udvinding af materialer og produktion af IT-udstyr, mens brugsfasen har relativ mindre betydning. I Danmark forstærkes dette yderligere i takt med, at vedvarende energi indgår med en større andel i elektricitetsforsyningen.

De relativt korte levetider på især almindeligt IT-udstyr som labtops, printere og mobiltelefoner gør det nødvendigt at overveje, hvad der kan gøres at forlænge levetiden på især disse produkter, og hvor både designere, producenter, forbrugere, institutioner og politikere har en rolle af spille.

Baseret på erfaringerne fra et EU støttet projekt om Circular Public Procurement (Morales, 2021), så kan en produktlevetidsforlængelse ved den første bruger bl.a. ske ved:

- at stille krav til levetid og holdbarhed i købsituationen,
- at skabe bedre mulighed for vedligeholdelse og reparation, herunder via sikring af tilgængelighed til originale reservedele,
- at produkterne kan opgraderes fx via software, og at disse er bagudkompatible
- modulært design = nemt at reparere og opgradere også på hardware
- forlænget garantiperiode på især vitale dele

I større private og offentlige organisationer kan levetidsforlængelsen yderligere ske ved at

- sikre genbrug internt i organisationen via bedre registrering af udstyr og krav hertil
- åbne mulighed for køb af brugt og/eller istandsat udstyr

- udnytte eksisterende udstyr og ressourcer bedre
- kræve ikke-destruktiv datasletning, så udstyret kan genbruges
- undgå mærkning af udstyret der forhindrer genbrug
- service- og vedligeholdelsesaftaler omkring reparation og levetidsforlængelse
- cirkulære forretningsmodeller, herunder leasing og produkt-service systemer.

Der findes eksempler på producenter, der har taget disse udfordringer op.

### 3.2 Fairphone – modularitet og holdbarhed af mobiltelefoner

Fairphone blev oprindeligt skabt med henblik på at undgå de såkaldte blodminerale udvundet i lande som DR Congo under kummerlige forhold, og som medvirkende til at finansiere borgerkrig. Fairphone har siden arbejdet en del bredere med cirkularitet, herunder med modularitet og holdbarhed af produkterne.

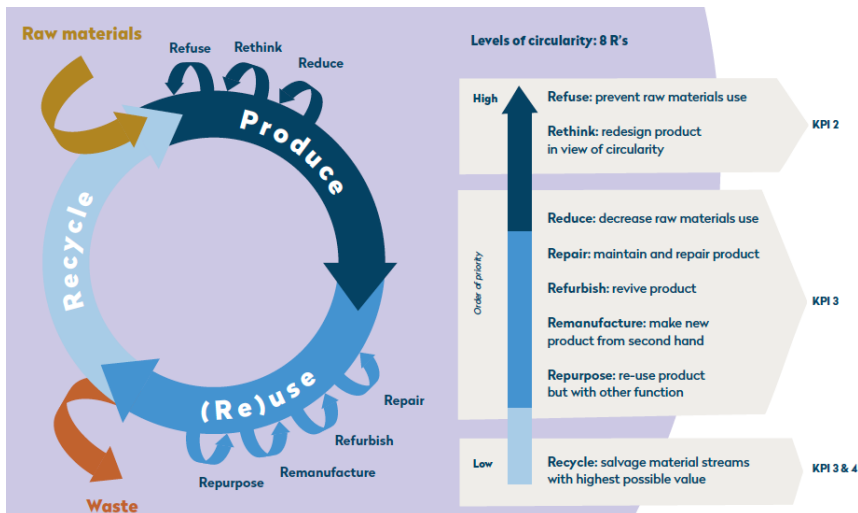
Firmaet omtaler sig selv som "undtagelsen, der bekræfter reglen", og opgør i deres årsrapport den forventede levetid på deres smartphone til 4,5 år, hvilket også var baseline i 2020 mens den aktuelle levetid i 2021 opgøres til 5,5 år – altså omkring dobbelt så længe som det gængse. Som en mindre og relativt nystartet virksomhed er det vanskeligt at opgøre levetiden, som indtil videre er fastlagt via brugerinterviews. Desuden giver de en 5 års garanti, og yder software support i en tilsvarende periode – på deres ældste model indtil nu i 7 år, ligesom operationssystemet er open source (Fairphone, 2021).



*Figur 6 Modulopbygning af Fairphone muliggør gør-det-selv reparationer (Fairphone, 2021).*

Fairphone har designet telefonen modulopbygget, se figur 6, og med henblik på, at brugeren selv kan udskifte modulerne med et enkelt klik. Gør-det-selv reparation kan nedbringe omkostningen herved, og det nye modul kan blive sendt med posten.

Fairphone har udregnet hvor mange dage brugeren skal bruge det nye modul for at modvirke påvirkningerne herfra, og det strækker sig fra 19 dage med selfie kamera, højttaler, mv. over 55 dage med batteriet og til 120 dage med det bagud vendte kameramodul (Fairphone, 2021).



Figur 7 Den cirkulære strategi hos Fairphone (Fairphone, 2021, p. 21)

Ovenstående figur 7 illustrerer det helhedsorienterede i Fairphones cirkulære strategi, samt at der er et hierarki af cirkulære strategier, hvor de forebyggende vægtes højest, mens genanvendelse betragtes som en strategi med en lav grad af cirkularitet.

### 3.3 DELL Technologies – design strategier og forretningsmodeller

DELL Technologies er eksempel på en større elektronikvirksomhed, som også arbejder med cirkularitet, og ser det som et "business imperative". I deres cirkulære satsning fremhæver DELL fire indsatsområder (Dell Technologies, n.d.):

- designe så affald og produktforældelse reduceres
- anvende fornybare kilder af energi og materiale
- tilbyde kunderne nye måder til at fremme deres egen cirkulære udvikling
- indgå partnerskaber bredt til at accelerere denne omstilling i økonomien.

I forhold til design arbejder DELL med at minimere materialeforbruget, forebygge affald og gøre det nemt at reparere, genbruge og genanvende. Med det formål er der udviklet design guidelines for at fremme en reduktion i størrelse og antal af komponenter, samt i det hele taget en reduktion i kompleksiteten i samlingen af systemkomponenter. Herved nedbringes produktets carbon footprint, men denne forenkling kan også fremme reparation. Som designprincipper fremhæves nemt at reparere, modularitet, standard værktøjer, og en præference for klik låse eller ensartede skruer frem for limning, da det øger levetiden på produkterne ved at gøre det nemmere for teknikere og kunder at udskifte komponenter (Dell Technologies, n.d.). I Concept Luna er disse design principper anvendt på PC og erfaringer peger på, at klimaaftrykket kan halveres, og at tidsforbruget ved reparation kan nedsættes med 1,5 time ved at reducere antallet skruer og komponenter (Robson, 2021).

I relation til forretningsmodeller arbejder Dell med forskellige muligheder som leasing via deres finansielle servicekontor og med "PC som en service" for at maksimere brugen af produktet. Disse



forretningsmodeller muliggør takeback ordninger og derved også istandsættelse og gensalg af produkter eller komponenter, samt når disse muligheder er udtømte i sidste ende en ansvarlig genanvendelse. For en global virksomhed af DELLs størrelse er det nemmere at få skala på denne slags ordninger.

DELL arbejder også på at øge levetiden på hardware ved at bruge kunstig intelligens til at forudsige performance udfordringer, udføre vedligeholdelse samt på at gennemføre digitalt understøttede reparationer. Endelig arbejdes der med, hvordan hardware kan have flere reinkarnationer ved kaskadebrug af komponenter fra top performance sammenhænge i industri og indenfor spil til mindre krævende opgaver i hjemmet (Dell Technologies, n.d.).

### 3.4 Bang & Olufsen – holdbarhed via klassisk design og modularitet

God kvalitet og lang produktlevetid er en del af Bang & Olufsens DNA og har været det igennem mange årtier. Dette afsnit bygger især på et interview fra november 2021 med **Mads Kogsgaard Hansen**, Senior Global Product Manager for Product Circularity ved B&O.

B&Os produkter ligger i et luksussegment på markedet med tilhørende pris, men mange kunder giver udtryk for, at de heller vil købe færre ting, som så holder i længere tid. I de senere år er der generelt kommet mere fokus på lang produktlevetid, ligesom der forventes i lovgivningen fremover.

B&Os produktdesign har været påvirket af radikale **teknologiske skift**, både fra det analoge til det digitale for musik men også indenfor skærmteknologien. Der er forskellig modenhed på tværs af deres produktkategorier, hvor nogle produkter har været en del af B&O's forretning i årtier, mens eksempelvis in-ear høretelefoner stadig er en ret ny produktkategori. Den hastige teknologiske udvikling på hardware påvirker stadig B&O, men fremskridt inden for softwareudvikling åbner en række muligheder. Et eksempel er trådløse højttalere til hjemmet, hvor softwaren betyder mere og mere. Højttalerens egenskaber kan på den måde blive opgraderet via software, hvilket giver muligheder for at bibeholde kompatibilitet med diverse tjenester fra fx Google og Apple. Det er dog en udfordring, idet B&O er afhængige af den dagsorden, som de store tech-giganter sætter.

B&O fokuserer særligt på to områder inden for levetidsforlængelse, som er med til at give dem et strategisk løft. Det første er **påvirkning af brugeradfærd**, hvilket handler om at gøre det attraktivt at tage sig af sine produkter over længere tid. Det inkluderer både service og reparation men også opgradering, og dette kan gøres relevant for kunden gennem design og produktarkitektur.

Det andet er at **styrke værdiopfattelsen**, hvilket også er et område med en positioneringskraft for B&O. Sammenlignet med mainstream brands på markedet er B&O væsentlig dyrere. Til gengæld er B&O på en rejse, hvor de synliggør værdien af deres produkter over længere tid, herunder at kommunikere den lange levetid og se prisen i den sammenhæng. Derudover er der potentiale i at

faciliterede et gensalgsmarked, som viser at produktets værdi holder sig over tid. Industrien har dog i mange år brugt kræfter på at kommunikere, at produkterne ikke kan holde, så dette skift bliver udfordrende for markedet.

I februar 2021 lancerede B&O den ny højttaler **Beosound Level**. Det særlige ved denne højttaler er, at den er **modulopbygget** med henblik på at forlænge levetiden. Med dette produktdesign har B&O opnået en **Cradle to Cradle Bronze** certificering, som sætter standarder for produktindhold fx af kemi samt om udskiftelige komponenter. Højttaleren er designet, så brugeren selv har mulighed for at skifte batteriet, og de har også mulighed for at skifte fronten på højttaleren, hvis der er brug for en stilændring. Ydermere er højttaleren designet med fremtidig udvikling for øje, blandt andet via det udskiftelige streamingsmodul, som både kan forbedres via software opdateringer og udskiftes, hvis streamings teknologien bliver forældet.

Højttaleren er designet med henblik på nem adskillelse, og mulighed for genanvendelse af materialerne efter en forhåbentlig lang brugsfase.

Ved lanceringen af højttaleren blev de levetidsforlængende aspekter ikke særligt fremhævet. Det var en mere traditionel lancering, hvor der primært blev fokuseret på højttalerens funktioner. Senere på året begyndte de at sætte fokus på den lange holdbarhed. Det var vigtigt for B&O ikke at gå på kompromis med lyd kvalitet, design, forbindelsesmuligheder, mm., selv om de fokuserer på lang holdbarhed. Det skabte en vis diskussion i branchen – på tværs af produktgrupper. I september kunne de så præsentere den C2C certificering. Denne **kommunikationsstrategi** har fungeret godt, da der i begyndelsen opstod mange spørgsmål, som de så kunne underbygge ved hjælp af certificeringen. Opmærksomheden omkring produktet holdt samtidigt længere, frem for traditionelt blot at rykke videre til næste lancering af et nyt produkt. Der kan fint gå længere tid mellem produktlanceringer, hvilket har været en vigtig intern læring. Disse erfaringer er også med til at forme designet på deres fremtidige produkter, og lige nu ser de på hvordan dette kan overføres til andre produktgrupper.

Nu B&O har fået en bronze C2C certificering er der stadig rige muligheder for videre forbedringer. Et led er at indsamle endnu flere informationer om produktets komponenter, blandt andet de kemiske stoffer i materialet. Før i tiden fremstillede B&O hver eneste komponent selv, hvorimod de nu er en del af en global supply-chain, hvilket gør det mere kompliceret at få de specifikke informationer. B&O arbejder dog på at indskrænke antallet af leverandører, og de udvælger deres samarbejdspartnere omhyggeligt.

Cirkularitet giver B&O nogle efterfølgende muligheder over tid, men det primære fokus er lige nu **lang levetid**. Det er vigtigt for B&O at skabe **troværdighed** omkring deres indsats med holdbarhed, og dette gøres bedst med en tredje part involveret. C2C certificeringen har været et vigtigt redskab til at skabe netop den troværdighed.

Et andet initiativ B&O har igangsat er **Re-Created Classics** som handler om at skabe et nyt liv til vintage B&O produkter. Dette viste sig at være ikke blot attraktivt men også konkurrencedygtigt og har skabt stor opmærksomhed. Dette er også et eksempel på den **troværdighed**, som B&O forsøger at opbygge – at de selv viser at levetidsforlængelse af deres produkter fungerer.

**Standarder om holdbarhed og reparationsvenlighed** går direkte ind i et fokus på at skabe troværdighed omkring lang levetid af deres produkter. Alt der kan dokumentere produktets værdi giver en mere transparent positionering samt hjælper forbrugeren. En udfordring er manglen på viden omkring brugsvaner. Levetiden er afhængig af disse **brugsvaner** – hvor meget og hvordan produktet bliver brugt, hvor højt bliver der spillet, osv. Nogle af disse data kan indsamles via wi-fi adgang til deres produkter men ikke helt tilstrækkeligt. Det er derfor svært at anslå en forventet levetid. En Beosound Level burde kunne holde i omkring 10 år under bestemte betingelser, men samtidigt kan den holde kortere eller længere under andre betingelser. Derfor kan de godt se meningen med en brugsrelateret standard, og at det vil være en styrke for industrien.

I forhold til viden om brugsvaner, så er det også vigtigt at indsamle viden om, hvad typisk går i stykker i produkterne. Denne viden får de, hvis fejlene opstår indenfor garantiperioden, men udenfor den har de svært ved at indsamle disse data. Det vil være spændende at kunne indsamle disse data, og at udvikle en teknologi, der kunne real-time monitorere **restlevetiden**.

Den nye højttaler *Beosound Levels* blev designet med fokus på **modularitet**. Med det design forsøgte de at være så ambitiøse som muligt, men læringen herfra viser, at modularitet på sigt kan udvides yderligere. Modulfokuseret design giver fremtidsmuligheder, og som brugeren først får glæde af senere. Det er centralt ikke at gå på kompromis med produktets egenskaber. Højttaleren er også flytbar, og det giver produktet ekstra muligheder på sigt. Nogle begynder med én højttaler, som deres primære højttaler i stuen, men med tiden og ændrede behov kan den så få en ny rolle i andre rum i hjemmet.



Figur 8 Modulopbygning af B&O Beosound Level højttaleren (BANG & OLUFSEN, 2022)

Et batteridrevet produkt giver yderligere udfordringer. Litiumbatterier har nogle begrænsninger, da de taber funktion over tid. Udskiftning af batteriet på højttaleren er gjort nemt, så brugeren selv kan skrue dækslet af og udskifte batteriet. B&O vil endvidere tage det gamle batteri tilbage.

Den trådløse teknologi er under hastig udvikling og via **softwareopdateringer** kan de tilpasse sig de ændringer, der måtte forekomme. Til gengæld er nogle ændringer umuligt at forudse. For at imødekomme dette har de i designet indbygget mere fleksibilitet.

Igennem det modulære design er der adgang til en chip som styrer streamingteknologien. Denne chip er udviklet med en leverandør, der garanterer at have denne chip tilgængelig i mindst 10 år. Den er standardiseret, så det er muligt at designe en ny chip med flere muligheder, og som stadig er kompatibel 10-15 år ud i fremtiden. For ikke at gå på kompromis med lydoplevelsen, har der ikke været vægt på at forenkle antallet af komponenter. Dette område kan udvikles yderligere.

Et aspekt i designprocessen var at fastlægge, hvilke dele brugeren selv skal være i stand til at reparere eller udskifte, samt hvilke elementer der fordrer en professionel service.

Ved højttalerens udseende har de givet brugeren mulighed for at udskifte frontdelen – alt efter skiftende smag og indretning – ganske enkelt og uden brug af værktøj. Dette kendetegner i øvrigt også flere af deres tidligere produkter.

Batteriudskiftning kan brugeren også selv klare, mens udskiftning af streamingmodulen er egnet til professionelle servicemedarbejdere. Dette skyldes blandt andet nødvendigheden af, at alle komponenter sidder helt fast i en højttaler, idet lydoplevelsen ellers forringes. Denne grænse mellem **professionel og ikke-professionel reparation** er stadig ikke helt fastlagt. B&O kan gøre nogle elementer tilgængelig for forbrugeren, men samtidigt skal de kunne stå på mål for kvaliteten. Ved mange reparationer kræves noget teknisk kunnen.

B&O har et ret udbredt **servicenetværk** med omkring 400 globale servicepartnere, samt en central serviceenhed, hvor komponenter er delt op efter produkttyper. Disse komponenter bliver så sendt rundt i verden, hvor der er brug for dem. Nogle produktkategorier er sværere at reparere end andre, for eksempel høretelefoner. B&O ser nu på, hvordan reparation af disse enheder kan styrkes. Service kan godt blive en del af købsoplevelsen, og kommunikationen omkring service vil blive styrket, herunder at give kunden mulighed for at vælge service til i fremtiden, hvis de prioriterer det. Det kan også bidrage til en god købsoplevelse, så kunden føler sig tryk ved sit valg af produkt.

Nogle komponenter kan **standardiseres** yderligere internt. Et større potentiale er dog at standardisere komponenter på tværs af brands og industrien. Så vil de kunne bestemme specifikke dele af deres produkter som de ikke konkurrerer på, hvilket også kunne bidrage til mere sporbarhed og transparens.

Lang holdbarhed er en **forretningsmodel** i sig selv og softwareopgraderinger som service kan ses som en del heraf. Leasingaftaler er også kommet på tale i B&O, for eksempel på de relativt dyre højtalere.

Endelig har B&O produkter en stor **gensalgsværdi**. *Re-Created Classics* er et eksempel, hvor de selv køber ældre produkter tilbage, genskaber dem og sælger dem videre. Dette er en ny indtægtsstrøm for B&O med potentiale for at opskalere yderligere. Derudover tager flere forhandlere imod ældre produkter og giver kunden en pris herfor. Nogle forhandlere har også et hjørne i deres butik hvor ældre produkter sælges.

Andre muligheder har været op at vende i B&O, såsom en buy-back garanti eller en **leasing** aftale for almindelige kunder. Der er et potentiale på gensalg i luksus-segmentet og det kan B&O også sætte større fokus på. Samtidigt skal den traditionelle forretningsmodel og nyskabende forretningsmodeller med tilbagetagning eller leasingaftaler sameksistere. Leasingaftaler vil formentlig fylde mere over tid.

De væsentlige indsatser i B&O's strategi for levetidsforlængelse på deres produkter er:

- **Holdbare** produkter og høj kvalitet lyd er den del af B&O's DNA
- **God kvalitet og klassisk design** understøtter lang levetid af B&O produkter
- B&O vil gerne påvirke **brugeradfærd** ved at gøre reparation og vedligehold attraktivt
- **Værdiopfattelsen** af B&O's produkter skal omfatte lang levetid og høj gensalgsværdi
- Opdatering af software giver et potentiale for at **forlænge levetiden** på deres produkter
- **Modulær design** er i centrum i den vugge-til-vugge certificerede højttaler Beosound Levels og herved bliver **reparation og vedligehold** nemmere
- **Stor gensalgsværdi** af B&O produkter giver forbrugeren incitament til at købe høj kvalitet og holdbare produkter, og er blevet en ny indtægtsstrøm.

### 3.5 Forbrugerelektroniks levetider i Danmark

I forbindelse med projektet "Affald og Ressourcer på Tværs" blev en repræsentativ gruppe af borgere i Region Hovedstaden gennem et analysebureau spurgt om deres reparationsbehov og -erfaringer samt deres køb af henholdsvis nye og brugte forbrugerelektronik i 2019-2020 (Jørgensen, 2021b).

For elektronik blev forbrugerne spurgt om deres reparationsbehov og -erfaringer inden for:

- Mobiltelefoner
- Computere
- TV-apparater
- Tre grupper hårde hvidevarer: køleskabe og frydere, opvaskemaskiner samt vaskemaskiner og tørretumblere
- Køkkenudstyr (blender, brødrister, elkedel m.m.)
- Værktøj

Resultaterne ses i nedenstående tabel. Surveyen viser, at en væsentlig andel af defekterne hos elektriske og elektroniske produkter sker, når produkterne er mellem 2 og 5 år gamle. Tabel 3 viser omfanget af reparationsbehov, omfanget af reparationer af produkter med reparationsbehov samt andelen af reparationsbehovene, der opstod, da produktets alder var henholdsvis mindre end 2 år, 2-5 år samt 5-10 år gammelt.

*Tabel 3 Overordnede resultater fra survey om reparation af elektronik (Jørgensen, 2021b)*

Produktkategori	Andel husholdninger med reparationsbehov 2019-2020 (pr. år)	Andel af defekte produkter, der blev repareret	Andel reparationsbehov, når produkt er < 2 år gammelt	Andel reparationsbehov, når produkt er 2-5 år gammelt	Andel reparationsbehov, når produkt er 5-10 år gammelt
Mobiltelefon	18%	45%	32%	56%	9%
Computer	10%	50%	16%	41%	32%
TV-apparat	4%	14%	9%	17%	40%
Køleskab og fryser	6%	24%	6%	18%	31%
Vaskemaskine og tørretumbler	7%	37%	9%	19%	35%
Opvaskemaskine	5%	26%	7%	19%	36%
Køkkenudstyr	11%	13%	22%	35%	27%
Værktøj	3%	14%	13%	23%	37%

Surveyen viser, at 50-87% af den defekte elektronik inden for de forskellige produktkategorier **ikke** reparerer. De største reparationsproblemer i form af omfanget af droppede reparationer ses for mobiltelefoner, computere og elektrisk køkkenudstyr som følge af korte produktlevetider, når de går i stykker, produkter der går i stykker i størst omfang og en stor andel defekte produkter, der ikke reparerer.

Erfaringerne fra disse tre produktgrupper samt TV-apparater, hårde hvidevarer og værktøj beskrives i det følgende.

### 3.5.1 Reparation af mobiltelefoner

For mobiltelefoner oplever 18% af husholdningerne i løbet af et år, at en mobiltelefon bliver defekt og har behov for reparation. 88% af disse defekter indtræffer inden produkterne er 5 år gamle. Trods mange reparationsmuligheder for mobiltelefoner hos bl.a. nye, specialiserede butikker er det kun knapt halvdelen (45%) af de defekte mobiltelefoner, der bliver repareret.

### 3.5.2 Reparation af computere

For computere oplever ca. 10% af husholdningerne i løbet af et år, at en computer bliver defekt og har behov for reparation. Mere end halvdelen af disse defekter (57%) indtræffer inden produkterne er 5 år gamle. Trods mange reparationsmuligheder for computere er det kun halvdelen af computerne, der bliver repareret.

### 3.5.3 Reparation af køkkenudstyr

Ca. 11% af husholdningerne oplever i løbet af et år at noget elektrisk køkkenudstyr går i stykker. Mere end halvdelen af disse defekter (57%) indtræffer inden produkterne er 5 år gamle. Meget lidt defekt køkkenudstyr reparerer – kun 13% af de defekte produkter reparerer.

### 3.5.4 Reparation af TV-apparater, hårde hvidevarer og værktøj

TV-apparater, hårde hvidevarer og værktøj har lige så lave reparationsprocenter som køkkenudstyr - 13-14%. Forskellen til køkkenudstyr er, at TV-apparater, hårde hvidevarer og værktøj er noget ældre, når de går i stykker, Hvor 57% af defekterne på køkkenudstyr indtræffer inden udstyret er 5 år gammelt, er det tilsvarende tal for TV-apparater 26%, for hårde hvidevarer 24-28% og for værktøj 36%.

### 3.5.5 Årsager til at elektronik reparerer eller ikke reparerer

De to væsentligste årsager til at et elektrisk eller elektronisk produkt reparerer er, dels at det ville være dyrere at købe et nyt tilsvarende produkt, dels at borgeren vil undgå at generere affald ved at kassere produktet.

Høje reparationsomkostninger angives for mobiltelefoner som den vigtigste årsag til, at defekte produkter **ikke** reparerer, og det samme er tilfældet for computere.

Endvidere er den hyppigste årsag til, at elektrisk køkkenudstyr ikke bliver repareret, at udstyret ikke kunne reparerer. Dvs. en del køkkenudstyr er designet således, at det ikke kan reparerer - måske fordi det er samlet med snapfix, så det ikke kan adskilles uden at blive ødelagt, eller fordi reservedele ikke er til rådighed.

For de produktgrupper, der har den relativt set højeste alder, når de går i stykker - TV-apparater, hårde hvidevarer og værktøj - er det lige som for mobiltelefoner og computere de høje reparationsomkostninger, der er den primære årsag til, at produkterne ikke reparerer.

### 3.5.6 Aktører der reparerer forbrugerelektronik

Tabel 4 viser hvilke to typer aktører, der i surveyen af (Jørgensen, 2021b), hyppigst nævnes som reparatører af de forskellige typer forbrugerelektronik:

Tabel 4 To typer af aktører som hyppigst nævnes som reparatører for de forskellige typer af forbrugerelektronik (Jørgensen, 2021b)

Type forbrugerelektronik	Aktører
Mobiltelefon	Repareret hos virksomhed som borgeren kontaktede; repareret hos repair café
Computere	Reparerede selv; repareret hos virksomhed som borgeren kontaktede
Fjernsyn	Repareret hos forhandler; repareret inden for garantiperioden
Køleskab og fryser	Reparerede selv; repareret inden for garantiperioden
Vaskemaskine og tørretumbler	Reparerede selv; repareret hos virksomhed som borgeren kontaktede
Opvaskemaskine	Repareret hos virksomhed som borgeren kontaktede; reparerede selv
Køkkenudstyr	Reparerede selv; repareret inden for garantiperioden
Værktøj	Reparerede selv; repareret inden for garantiperioden

Tabel 4 viser, at en række forskellige aktører er involveret i reparation af forbrugerelektronik. For flere typer er det hyppigt borgeren selv, der reparerer produktet. En del reparationer er foretaget gennem forhandleren inden for garantiperioden og en del hos en reparationsvirksomhed, som borgeren selv har kontaktet. Kommercielle reparationsvirksomheder er sammen med repair cafeer de hyppigste aktører for mobiltelefoner. Mobiltelefoner er den eneste produktgruppe, hvor repair cafeer er en af de hyppigst anvendte reparationsaktører.

### 3.5.7 Anskaffelse af brugt og ny forbrugerelektronik

I surveyen blev borgerne spurgt, om de i husstanden i 2019-2020 havde anskaffet sig et nyt produkt, et brugt produkt eller **ikke** havde anskaffet sig det pågældende produkt. Anskaffelse af et produkt skal forstås bredt. Der kan også være tale om, at man har fået et nyt eller brugt produkt forærende. Respondenterne har kunnet angive flere svarmuligheder til begrundelsen for at anskaffe sig et nyt eller et brugt produkt (Jørgensen, 2021b).

Sammenholdes procentdelen af nye produkter med andelen af brugte produkter kan det beregnes, hvor stor en del af de anskaffede produkter, der var brugte. F.eks. for mobiltelefoner: 11% ud af de 64%, der anskaffede en mobiltelefon i 2019-2020, anskaffede sig brugte telefoner. Det svarer til at  $11 \times 100/64 \% = 17\%$  af de anskaffede mobiltelefoner i 2019-2020 var brugte.



Inden for forbrugerelektronik er mobiltelefoner og køkkenudstyr de to produktgrupper, der hyppigst er anskaffet i løbet af et år (ca. 35% af husholdningerne). For de fleste typer forbrugerelektronik udgør de brugte produkter ca. 15% af de anskaffede produkter. De hyppigste årsager til **ikke** at købe et brugt produkt er, at man er nervøs for et brugt produkt, ikke holder så længe, samt et ønske om at anskaffe den nyeste model af et produkt. Dette gælder ikke kun for mobiltelefoner, men også for køkkenudstyr. De hyppigste årsager til at anskaffe sig et brugt produkt er, at et brugt produkt var billigere, at man fik et brugt produkt forærende samt, at et brugt produkt kunne dække husstandens behov.

## 4. Industrielle elektriske og elektroniske produkter

Kapitlet fokuserer på produkter, der sælges B2B, og det kan være enten værktøj og maskiner til professionelle håndværkeres arbejde, eller komponenter som pumper, frekvensomformere, gearmotorer, systemmoduler m.v., der indgår i systemer til pumpning, opvarmning, køling m.m. Kapitlet analyserer tre eksempler på virksomheder, der sælger sådanne produkter: Festool (værktøj), Danfoss Drives (frekvensomformere, gearmotorer m.m.) og Grundfos (forskellige former for pumper). Festool er en udenlandsk virksomhed med en dansk afdeling, mens Danfoss Drives og Grundfos er danske virksomheder med både produktion og salg i Danmark og i andre lande.

### 4.1 Festool – design og forretningsmodel for professionelt værktøj

Festool er en tysk værktøjsproducent grundlagt i 1925. Værktøjet sælges primært til **professionelle håndværkere**, som forventer det absolut bedste af deres værktøj. Værktøjet er for mange håndværkere helt essentielt for at de kan udføre deres arbejde og tjene penge. Pålidelighed er derfor i højsædet, da ”down-time” på et vigtigt stykke værktøj kan have store økonomiske konsekvenser for Festools kunder. Dette afsnit bygger på et interview foretaget med **Michael Peträus** fra Festool i 2021.



*Figur 9 Batteridrevet bore- og skruemaskine samt støvsuger som værktøj kan forbindes til (Festool, 2022)*

Oprindeligt beskæftigede virksomheden sig ikke med produktion af værktøj, men derimod reparation af værktøj i form af diverse træbearbejdningsmaskiner, der skulle holdes funktionsdygtige og pålidelige så længe som muligt gennem reparationer og opgraderinger, fx udskiftning af glidelejer til kuglelejer (Festool, n.d.). I dag, næsten 100 år senere er funktionsdygtighed og pålidelighed stadigvæk væsentlige elementer i Festools forretningsmodel.

Festools produkter ligger prismæssigt i den høje ende af værktøjssegmentet, hvis man sammenligner med en del andre virksomheder - prisen kan være ca. 50% højere. Festools kunder betaler denne højere pris, fordi mange af dem ser værktøjet som en investering.

Festool er en producent med relativ lav volumen. Der er omkring Festool omkring 50.000 registrerede Festool-kunder i Danmark og omkring 250.000 stykker Festool-værktøj i omløb på det danske marked.

Ud over de obligatoriske to års reklamationsret er Festool pioner i forhold til at tilbyde tre års fuld garanti på alle deres produkter. Festool begyndte med det for 15 år siden, og det er sidenhen blevet standard i branchen. I løbet af de første tre år garanterer Festool, at deres produkter yder som nye. Det betyder, at Festool ud over at foretage de forventelige reparationer og service også udskifter sliddele som kuglelejer og tætningsringe. Garantien omfatter også stjålne produkter mod en selvrisiko på 700 kr. Hvis et produkt sendes til reparation, bortfalder garantien, hvis kunden selv har adskilt produktet.

Festool's **produktudvikling** foregår i følgende trin:



Festool tager sig god tid til at **udvikle og teste** deres produktdesigns, inden de kommer på markedet. Et greb på en boremaskine kan blive 3D-printet i mange formater, som herefter bliver testet internt og af professionelle håndværkere. Deres feedback er med til at styre hvordan en prototype bliver konstrueret, inden der kan laves en nulserie. Når en nulserie er produceret, bliver den testet på flere parametre med direkte reference til holdbarheden af produktet. Festools produkter bliver bl.a. udsat for en vandtest for at sikre, at de kan modstå vind og vejr, da de ofte bliver brugt udenfor. Derudover skal produkterne igennem en faldtest, som skal sikre, at de kan tåle at blive tabt på hårde overflader. Mange gange har Festool været nødt til at forstærke og redesigne hjørnerne på produkter, da det oftest er her fejlene opstår, når et produkt bliver tabt.

Produkter med hjul (f.eks. støvsuger) bliver sat på et løbebånd, for at se hvor længe lejerne i hjulene holder med den relevante vægt. Alle motorer og batterier bliver testet for hvor længe de holder, og hvor mange lade-cykler de kan klare. Alle disse trin bruger Festool i deres strategiske produktudvikling, så det er gennemtestede og holdbare produkter, der bliver sendt på markedet. Derudover bliver alle informationer fra tests og chips logget. På de produkter, som bliver sendt på markedet, sidder der chips på vitale dele for at se, hvordan brugerne bruger produkterne. Når et produkt kommer på værksted, bliver batterichippen aflæst for at se, hvor stor degradering af kapaciteten har været, og hvilket opladningsmønster batteriet har været udsat for.

Alle disse faktorer medvirker til, at produkterne bliver udviklet løbende, og den afledte effekt er derudover, at Festool tilbyder det samme produkt i mange år, hvilket gør at færre produkter bliver tilført markedet, og merproduktion kan undgås.

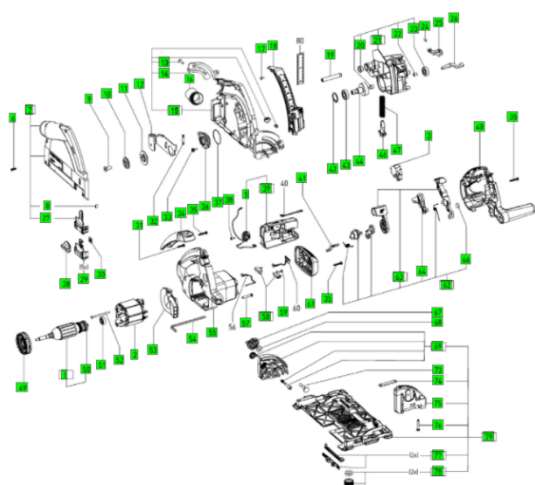
Basisprodukterne hos Festool har i gennemsnit været produceret omkring 10 år og er blot blevet opdateret med bagud-kompatible komponenter, så de enkelte produkter holdes brugbare i minimum 10 år. Festool anvender krydskompatible batterier, så de samme batterier kan bruges på alle produkter.

Når et Festool produkt skal til **reparation eller service**, sker det på Festools værksted i Sverige. Værkstedet dækker hele Skandinavien, og udfører omkring 10.000 reparationer årligt. Som nævnt yder Festool tre års fuld garanti, hvor komponenter og sliddele skiftes uden beregning. Skulle der være en kendt fejl på produktet, bliver dette også udbedret præventivt, selv hvis produktet ikke udviser symptomer på fejlen. Et eksempel er en serie af industri støvsugere, som blev udsat for en lidt alternativ brugspraksis. Når de ikke blev brugt til at støvsuge, blev de brugt som skammel, da de er forholdsvis høje. Dette resulterede i, at dets sorte plastikkappe ofte var knækket. Efter dette blev opdaget, blev produktionen af nye støvsugere rettet til, og de gamle støvsugere, som kom ind til reparation, fik også skiftet topstykket, så de kunne tåle at en 100 kg tung person sad på den.

Alle data, som bliver logget i produkterne, bliver aflæst på Festools værksteder. Dette gælder i særdeleshed batterierne, da disse er kritiske for produkternes funktion. Alt som bliver aflæst, lagrer Festool i en større database, så data kan bruges **i udvikling af nye produkter**.

For Festool er reparationer en af de primære måder, hvorpå virksomheden kan holde produkter i omløb så længe som muligt. Garantien dækker således kun en lille del af hele produktets levetid. De foretager bl.a. stadigvæk reparationer på støvsugere som er over 25 år gamle, fordi komponenterne på maskinerne i dag stadigvæk er kompatible med de gamle støvsugere. Der er derfor ingen grund til at købe et nyt produkt, hvis det gamle kan holdes funktionelt.

Ud over autoriseret reparation er det også muligt for Festools kunder at tilgå det komplette **reservedelskatalog**. Hvis en kunde selv har kompetencer og lyst til at reparere sit produkt, har Festool gjort kataloget **tilgængeligt**. Reservedelene er originale og bestilles gennem Festools egen hjemmeside eller gennem en af deres partnere.



Figur 10 Sprængtegnning af Festool dyksav (Festool, 2022)

For at lette processen med at identificere komponenter og samtidig se hvordan produktet er samlet, har Festool gjort tegninger med exploded-view tilgængelige for alle deres produkter, se figur 10. Reservedele tilbydes i minimum 10 år efter et produkt er udgået af produktion for at sikre, at produkter anvendes længst muligt.

Opsummerende, nedenstående karakteristika ved Festool's design og forretningsmodel understøtter en levetidsforlængelse af deres produkter:

- Udvidet **garantiperiode** i tre år (inkluderer sliddele)
- Produkter bliver **repareret** uanset alder
- **Brugsdata** indhentes fra produkterne for at forbedre udviklingen af nye produkter
- Forebyggende reparationer udføres baseret på **data og erfaringer**
- **Reservedele** er tilgængelige i minimum 10 år efter et produkt er gået ud af produktion
- Iterativ produktudvikling med mange forskellige **tests på holdbarhed og styrke**
- Lang **produktudviklingscyklus** på i gennemsnit 10 år, hvilket holder produkterne relevante længere
- **Krydskompatible** batterier, så de samme batterier kan bruges på alle produkter

## 4.2 Danfoss – klima og cirkularitet

Danfoss udvikler og producerer mekaniske og elektroniske komponenter og produkter, som bidrager til opvarmning og køling af boliger og kontorer samt til køling af fødevarer og styring af produktionslinjer. Mest kendte produkt er Danfoss termostaten, men Danfoss har tre forretningsområder nemlig Power solutions, Climate solutions (køle- og opvarmingsløsninger) samt Drives. Dette afsnit handler overvejende om Danfoss Drives, der laver frekvensomformere, gearmotorer, systemmoduler, mv. Afsnittet bygger på et interview med **Jesper Jerlang**, daværende Standardisation manager i **Danfoss Drive** fra december 2021.

Der har været en positiv udvikling i Danfoss over mange år i **bæredygtighedsarbejdet**, som i begyndelsen var centreret om produktionen og det primære energiforbrug. Siden 2007 har de haft ambitiøse mål om at forbedre energiproduktiviteten i produktionen, og derudover de klassiske miljøforhold så som vand og affald. Danfoss fik en ISO14001 certificering i 1990'erne, som viser et fokus på miljø gennem mange år. I dag arbejder Danfoss med klima og Science Based Targets initiative (SBTi) og har sat mål i år i overensstemmelse hermed.

Danfoss har således sat fokus på produksiden og på det cirkulære potentiale i deres produkter. Dette er begyndt som et bottom-up initiativ, men mange dele af organisationen er efterhånden inddraget. I deres arbejde med **scope 3 udledninger** har de erfaret, at i SBTi scope 3 opgørelser "straffes" for lang levetid. Mange af deres produkter kan holde i 50 år eller mere og ved scope 3 beregninger skal udledninger fra hele produktets levetid tages med, hvilket gør at CO<sub>2</sub>-e mængderne er højere end hvis levetiden var kortere. Med disse betingelser i CO<sub>2</sub>-beregningerne kommer holdbarhed dårligt ud for virksomhederne. Dette kommer dog ikke til at have indflydelse på deres valg omkring holdbarhed, da Danfoss i stedet vil kommunikere dette **paradoks** ud til kunder og stakeholders.

99,5% af deres samlede udledninger ligger i scope 3, så indsatsen bør sætte skarpt på disse udledninger. Derudover har de erfaret at brugsfasen, og herunder energiforbruget over levetiden, udgør den største del af udledningerne. Materialedelen er vigtig, men udgør meget lidt sammenlignet med udledningerne fra brugsfasen. I forbindelse med brugsfasen, så er der er altid noget **energitab**. De arbejder med at nedsætte disse så meget som muligt og i dag står det på 2-3% tab. De kan ikke nå det ned på 0 men de vil gerne prøve at få det ned under 2% - det vil betyde meget for hele systemet. Men det kræver nye og dyrere teknologier. Den største CO<sub>2</sub> effekt er dog ikke produkternes eget energitab, men den betydelige energibesparelse i motorsystemer, som produkterne kan give, og som typisk er på 15-40%. Danfoss må dog ikke regne energibesparelser de laver i motorsystemet med i deres samlede CO<sub>2</sub>-regnskab ift. SBTi. Disse "avoided emissions" bliver dog kommunikeret til kunderne.

Danfoss oplever også øget fokus på bæredygtighed fra deres kunder. Blandt andet nogle kunder som selv bruger SBTi og skal bruge data fra Danfoss, eller blot dem der vil gerne opgøre deres scope 3 udledninger.

Danfoss er nu i gang med en bredere ESG-strategi med tre spor: 1) Diversitet og inklusion, 2) klima og CO<sub>2</sub>-regnskab og 3) cirkulær økonomi. For CO<sub>2</sub> sporet præsenterer de, hvad de har gjort med scope 1 og 2. I den forbindelse har de også sat et mål om **klimaneutralitet** i 2030 og de udvikler en tilhørende roadmap. I dette spor fokuserer de ligeledes på upstream på produkterne og scope 3 udledninger. De arbejder nu på et initiativ som hedder "**low carbon products**". Fokus er her på, hvordan de kan lave en relativ hurtig vurdering af hvilke dele af deres produkt, som er afgørende for dets CO<sub>2</sub> aftryk, og hvordan de kan identificere værktøjer til at reducere det hos leverandøren. Derudover undersøges der hvilke omkostninger det har på systemniveau, og har fundet ud af at det er muligt at lave store CO<sub>2</sub> besparelser med en relativ lille omkostning. Nogle eksempler har vist at de kan reducere med omkring 90% CO<sub>2</sub> med en omkostning på 1-4%. Disse beregninger tager højde for hele kæden, fra materialeudvinding over til energiforbrug og bortskaffelse. Dette skal bruges blandt andet til at Danfoss kan forme deres ønsker til deres leverandører. Dette skulle fungere i teori, men nu må det vise, om det virker i praksis.

Som beskrevet arbejder Danfoss også med **energieffektivitet**. I den forbindelse har de sat et SBTi mål om 15% i 2030 i forhold til deres 2019 udledninger. Hvis den nuværende vækst skal fortsætte, vil de skulle reducere med 65% for at nå dette mål. Der er forskellige måder de kan opnå disse mål, blandt andet fylder softwareudvikling en del i den forbindelse.

**Cirkulær økonomi** sporet er stadig under udarbejdelse, hvor det ikke er helt fastlagt, hvad det kommer til at indeholde. De er ved at danne en ramme omkring disse emner og fastlægge "Danfoss tilgangen", de ved de vil kigge på hele spektret – **fra holdbarhed til genanvendelighed**. Det kommer til at afhænge af den specifikke produktgruppe, hvor fokus skal ligge – dvs. hvor det giver mening for det enkelte produkt. Holdbarhed er ikke nyt for Danfoss. Det har altid været en vigtig del af forretningen, da de per tradition har lavet produkter med lang holdbarhed.

Selvom de har arbejdet med holdbarhed længe, er det ikke noget de bruger særligt aktivt i **kommunikationen** til kunderne. Danfoss Drive enheden deklarerer ikke en levetid, heller ikke en designlevetid, da det afhænger meget af brugsmønstrene. Det gør sig særligt gældende for deres produktserie af frekvensomformere, da de kan sidde vidt forskellige steder og blive brugt på mange forskellige måder. Holdbarheden kan variere fra 5-25 år for et produkt, alt afhængigt af brugen, men de vil muligvis kommunikere om levetiden i fremtiden. Et kommende digitalt produktpas fra EU betyder, at Danfoss har sat fokus herpå – men der er ikke fastlagt et tidspunkt for, hvornår de vil introducere det.

En udfordring de har, er **mangel på data fra brugsfasen**. Garanti perioden er nu tre år, de har derfor data på retur produkter indenfor den periode, og af hvilke grunde de bliver tilbagesendt. Derudover får de også information om produkternes levetid, hvis de selv kommer ud og udskifter deres gamle produkter med nye – altså genkøb. Ud over det får de meget begrænsede informationer om brugsfasen.

Danfoss sælger ret begrænset direkte til forbrugeren og derfor er der ikke meget kontakt til slutkunden. Hvis de mangler data, får de den igennem deres mellemlid. En tættere kontakt til slutkunderne er der dog potentiale i. Data kan også komme fra sensorer, som de er begyndt at sætte i flere produkter efterhånden. Lige nu er det i en lille skala, men der kommer større fokus herpå.

Der er også kommet øget fokus på **systemtænkning**, da deres produkter er meget afhængige af kommunikation med andre produkter. Denne data-drevne fokus gør også, at de kan begynde at lave "condition based monitoring" med henblik på at kunne vedligeholde produkt og system, som jo ultimativt er en parameter for levetidsforlængelse. **Software** er også i centrum for systemtænkning – det har de mulighed for at tænke i systemer. Det har også vist sig at være en god historie at fortælle kunderne og derfor en god salgsparemeter.

Danfoss arbejder allerede meget med **modularitet** i deres produktdesign, og det er en del af designstrategien. Dette gør, at vedligehold, udskiftning og opgradering er nemmere. Med øget fokus på data ved de også hvilke komponenter, som er sårbare, og derfor skal placeres, så det er nemt at komme til at udskifte. Udfordringen er, at elektronikken bliver forældet hurtigst, men samtidigt er det den mest værdifulde del af produktet, hvor 80-90% af værdien ligger i det elektroniske. Ved at udskifte den har du også nærmest et nyt produkt.

I dag er **serviceforretningen** relativt lille, men ambitionen er øge den kraftigt – de ser et stort potentiale i at udbygge den. Lige nu arbejder de også med servicevirksomheder som specialiserer sig i at servicere disse enheder. Endvidere er det usikkert, hvor meget istandsættelse og tilbagetagning af produkter kommer til at fylde i forretningen fremadrettet. Lige nu er de i gang med at undersøge potentialerne, og det forventes at være fremtiden. Men lige nu kan de ikke lave en positiv business case på istandsættelse og tilbagetagning, men der kan være et potentiale i at kunne tage imod produkter og bruge dele og komponenter andre steder som reservedele.

Som i mange andre virksomheder er der stort fokus på oppetid. Danfoss producerer apparater der kører elevatorer, kraner, pumper osv., hvor det ikke tåles meget nedetid i brugssituationen. Det betyder også, at **pålideligheden** skal være på plads og kan kommunikeres til kunden og bruges som konkurrenceparameter.

Brugen af **genanvendte materialer** er helt nyt for dem, men dog noget der kommet mere på dagsordenen. Til gengæld kræver det meget da mange af deres materialer skal være certificerede materialer. Det betyder at hvis de skal skifte materialer skal de have nye godkendelser, hvilket kan være dyrt og besværligt.

I forbindelse med udvikling af deres **forretningsmodel** er produkt-servicesystemer stadig på overvejelsesstadiet. Deres servicekontrakter kommer i nærheden heraf, hvor de godt nok sælger produktet, men service følger med i et bestemt antal år. En anden måde er en udvidet garanti med en specifik definition på hvilken slags service, som de laver efter den traditionelle garantiperiode.



**Leasing** er også noget som stadig er i startfasen. De har endvidere en del kunder, hvor de laver noget kundespecifikt som for eksempel for elevatorfirmaet Kone, og dette vil ikke kunne fungere i et leasingsystem.

Danfoss forsøger at være på forkant med nye krav og **regulering** på området. På nogle områder kunne de komme i problemer, men de kunne også opnå en konkurrencefordel med andre områder. Men Danfoss oplever at de er forberedte på de nye EU-forordninger, og ser det som positivt, at miljø er på vej til at blive en forretningsparameter.

På baggrund af ovenstående gennemgang kan Danfoss' strategi og indsatser indenfor forlængelse af produkt levetid karakteriseres således:

- Øget fokus på **miljø og bæredygtighed**, herunder Science Based Targets
- **Scope 3 udledninger** er med i vurdering, men det er et paradoks at produkternes lange levetid fremtræder negativt i klimaregnskabet
- I initiativet "**low carbon products**" undersøger Danfoss forskellige bidrag til CO<sub>2</sub> aftrykket
- Mangler data omkring Danfoss produkters **brugsfase**
- Øget fokus på **systemtænkning**, hvor softwareudvikling er i centrum
- I designstrategien indgår **modularitet** og fokus på at komponenter nemt kan udskiftes
- Ambitionen er at udbygge **servicedelen** af Danfoss
- Brug af **genanvendte materialer** er prioritet, men materialerne skal være certificerede

### 4.3 Grundfos – pumper til styring af vand, opvarmning, køling m.m.

Grundfos har siden 1945 udviklet og produceret en lang række pumper i forskellige størrelser og til forskellige formål, herunder bl.a. til vand- og varmforsyning og spildevandshåndtering.

Virksomhedens væsentligste produktgrupper er i dag cirkulationspumper, dykpumper og centrifugalpumper. Inden for disse produktområder har **Grundfos** en global markedsandel på ca. 50% med ca. 20.000 ansatte fordelt på mere end 80 virksomheder i 60 forskellige lande. Dette kapitel er baseret på et interview med en række Grundfos-medarbejdere: **Christian Rasmussen, Allan Hjarbæk Holm, Anna Pattis og Erik Albrechtsen**, samt på materiale fra Grundfos' hjemmeside (Grundfos, 2022) og materiale fra hjemmesiden for den europæiske brancheforening for pumpeproducenter, Europump (Europump, 2022).

Inden for HVAC-området (Heat, Ventilation, Aircondition, Control) er Grundfos en OEM-virksomhed (Original Equipment Manufacturer), der sælger udstyr og pumper som komponenter til virksomheder, der leverer systemer med pumper til bl.a. kedler til opvarmning, køling, varmepumper, solvarme, brandslukning i bygninger m.m. Grundfos' produkter sørger for, at et ønsket flow eller tryk opnås i et system (Grundfos, 2022). Grundfos har flere udviklingsafdelinger, der udvikler nye pumpekoncepter, som Grundfos efterfølgende producerer.



Figur 11 Eksempel på Grundfos-pumpe: Cirkulationspumpe ALPHA 1 til opvarmning og køling (Grundfos, 2022)

Centralt i Grundfos' **forretningsmodel** er produktion af "**robuste konstruktioner**", hvilket nås ved udvælgelse af komponenter, der er robuste i levetidstests, som Grundfos selv udfører. Driftsdata viser at nogle pumper kører med væsentlig lavere flow end de er designet til. Denne form for data kan indsamles ved hjælp af software, som pumperne leveres med. **Software** er i dag en vigtig del af et produkt, fordi det giver kunder mulighed for at overvåge deres pumpesystem, herunder systemets opsætning og indkøring.

De fleste pumper sælges i en B2B-relation til andre virksomheder, men Grundfos sælger også produkter til forbrugere gennem detailforretninger inden for Do-It-Yourself markedet.

Grundfos' salgsfolk er involveret i udviklingsarbejde ved at lytte efter behov, der udtrykkes i salgssituationer. Ligeledes er kundechefer ude og snakke med kunder for at høre om deres produktbehov og bl.a. se hvordan brugere anvender pumperne. Der er fokus på brugerdesign i **produktudviklingen**, mens kvalitetsingeniører sørger for intern koordination af de forskellige hensyn i udviklingsarbejdet.

Grundfos anvender i større omfang end tidligere testsalg, som giver mulighed for gennem "real life tests" at vurdere om et nyt produkt kan klare de forventede driftsvilkår. Dette tiltag anvendes især ved anvendelse af nye teknologier på nye produkter. I forbindelse med produktudvikling udarbejder kvalitetsingeniører et pålidelighedsbudget for, hvordan produktets pålidelighed forventes at være ved et forventet driftsmønster. Sandsynligheden bliver vurderet for, at forskellige klasser af fejl kan indtræffe. Fejl, der kan betyde driftsstop og potentiel udskiftning af produktet, er kritiske.

Pumpesystemers **levetid** er et fokusområde i Grundfos' produktudvikling og produkttilpasning. Grundfos har ikke en egentlig strategi for lang produktlevetid, men har fokus på hvordan det sikres, at et system fungerer, herunder hvornår der er behov for en reparation, og hvornår et vist funktionstab er acceptabelt.

Grundfos har fokus på de første 30 måneders levetid for solgte produkter. Data fra **serviceopkald og garantisager** bliver indsamlet, herunder hvilken pumpedel der er ødelagt og skal repareres eller udskiftes. Endvidere indsamles viden om årsagen til den opståede fejl. Viden fra fejl valideres og fejlen klassificeres for at forstå data fra driften af Grundfos' produkter. Analyser af fejl formidles til Grundfos' produktudviklere til brug i produktudvikling.

I mange lande har Grundfos egne serviceteknikere, men Grundfos installerer ikke pumperne. I andre tilfælde udføres service af servicepartnere, der er autoriseret til at måtte servicere Grundfos' produkter. Disse servicepartnere har også konkurrerende produkter i deres sortiment. De eksterne servicepartnere har adgang til et omfattende manualsysteem på lige fod med Grundfos' egne serviceteknikere. Der kan dog være forsinket adgang for eksterne servicepartnere ved nye produkter.

I Schweiz har Grundfos etableret en model, hvor kunden får et års ekstra garanti, hvis de registrerer produktet hos Grundfos, og Grundfos får lov til at opsamle driftsdata.

Grundfos kan ikke softwareopgradere på meget gamle pumper. Inden for køleområdet vil Grundfos helst udskifte hele systemet, men et ældre system kan opgraderes ved at opbygge ny funktionalitet uden for pumpen. Økonomisk tjener Grundfos mere på at sælge en ny pumpe end på at opgradere en eksisterende pumpe.

Grundfos har stor viden om de forskellige **komponenters funktionalitet og levetid** og inddrager denne viden i produktudvikling og produkttilpasning. Nogle eksempler på komponenter og driftsforhold, der indvirker på pumpe levetid, er:

- Pumpehuset er støbt ind på pumperne, men pumpehovedet kan udskiftes
- En pumpe motor kan være indbygget eller sidde udvendig på pumpen. Hvis motoren sidder uden på produktet, kan akseltæthed være et problem
- Estimering af levetid på kuglelejer: I industri pumper certificeres og overvåges lejer og aksler
- Halvledere er ikke udsat for nedslidning
- Kondensatorer kan udtørre, så valget af materialer er meget vigtigt
- Lodningers holdbarhed er vigtig
- Vibrationer og temperatursvingninger belaster en pumpe. Vibrationer er størst i industri pumper
- Cirkulationspumper pumper varmt vand, hvilket kan give problemer med køling og med regulering af temperaturniveauet og kondensdannelse
- Dårlig styring i brugsfasen og dens start-stop cyklusser har betydning for et produkts levetid

Grundfos' strategi **for reparation og service** for pumper har ændret sig over de seneste årtier. Tidligere blev pumpe motorer ofte udskiftet som del af service, enten på et serviceværksted eller hvor pumpen var monteret. Små nye pumper er ikke designet til at kunne repareres, og det kan ikke betale sig for kunden at få dem repareret som følge af pumpe relativt lave pris sammenlignet med omkostningerne ved reparation.

Generelt serviceres større pumper hvor mindre pumper udskiftes. En række pumper kan repareres eller renoveres ved at sætte et nyt pumpehoved ind i et gammelt pumpehus. Grundfos arbejder med **bagud-kompatibilitet** således, at gamle pumper kan serviceres med nye komponenter. Modulopbygning af pumper og standardisering af produkterne og deres komponenter medvirker også til, at produkter kan repareres. På større pumper kan det være en lille komponent som et batteri, der er årsag til, at en pumpe ikke fungerer. Her vil udskiftning af komponenten kunne betale sig for kunden, men strategien er ikke formaliseret i Grundfos.

I regi af den europæiske pumpebrancheforening, Europump har Grundfos i mange år deltaget aktivt i **udviklingen af krav** til pumpe energieffektivitet og har støttet en udvidet produkttilgang med fokus på både pumpen og den elektriske motor. Ud fra en forståelse af at energieffektivitet også handler om hvordan de forskellige komponenter spiller sammen i brugssituationen, er der også arbejdet for en "systemtilgang". I regi af Energieffektivitetsdirektivet er der derfor indført frivillige krav om energiaudits, kompetencekrav til operatører samt udformet en standard ISO 14414:2017 om vurdering af pumpe systemer (Europump, n.d.).

Aktuelt deltager Grundfos i udvikling af **pumpespecifikke standarder** for bl.a. reparérbarhed med udgangspunkt i CEN/CENELEC's horisontale standarder for forskellige aspekter af cirkulær økonomi. En standard kunne komme til bl.a. at indeholde krav til hvilke former for værktøj, der skal kunne anvendes ved reparation og om det kan tillades, at der skal anvendes specialværktøj ved en reparation.

Grundfos registrerer mange data fra fejlhændelser, men ikke alle data bliver analyseret med henblik på fremadrettet anvendelse. Datene kunne anvendes til at identificere eksempelvis forskelle mellem **forventet og faktisk brugspraksis**, og give ideer til fremtidig videreudvikling af produktdesigns, brugervejledning m.m.

Et fokusområde er bl.a. på at skelne mellem produktfejl og fejl opstået i forbindelse med installationen. Forretningsmodellen afgør således, hvorvidt det er Grundfos eller den monterende virksomhed, der har en eventuel **garantiforpligtelse**. Kommissionering i form af indkøring og kontrolmåling af en pumpe tilbydes i stigende grad ved salg af pumper, hvilket indebærer, at kunden først overtager ansvaret for pumpen, når driften er stabil. Indkøringssfasen er vigtig, da der skal tages højde for en del driftsparametre (bl.a. tryk, fortryk og flow).

**Driftsdata** kan analyseres af produktteams ved fremtidig produktudvikling og -tilpasning. Softwaren hertil er udviklet over en del år. Driftsdata lagres i pumpens software. Ved fejl kan en servicetekniker forbinde til produktet og uploade driftsdata. Der foregår stadig et arbejde med at finde ud hvilke data, der er behov for at få registreret. Da det samme produkt kan køre ved forskellige temperaturmønstre, afhængig af den konkrete brugskontekst, kan driftsmønstret være forskelligt.

Grundfos forsøger i nogle tilfælde at **genbruge nyere pumper**. Det kan være pumper, der er beskadiget i mindre grad, fordi en palle er væltet, eller pumper der er udskiftet i forbindelse med en garantisag. Ved dyrere pumper vil Grundfos bruge mere tid på **fejlsøgning** end ved billigere pumper. Grundfos kan kun sælge pumper til genbrug, hvis der er fuld indsigt i brugshistorikken, hvilket ikke altid er tilfældet, hvis det er en ekstern installatør, der returnerer pumpen. Gennem analyser af erfaringerne med tilbagetagning af produkter vil Grundfos finde ud af, hvilke pumper der kan genbruges.

Et nyt produktkoncept er "**distributed pumping**", hvor centrale pumper i en bygning erstattes af mindre, decentralt placerede pumper, som muliggør en mere **effektiv og energibesparende styring** af f.eks. et klimaanlæg. Sammenlignet med tidligere koncepter erstatter decentralt placerede pumper ventiler, som er mere sårbare og lettere går i stykker. "Distributed pumping" kræver således et ændret systemdesign.

Det overvejes om service i fremtiden skal spille en større rolle i Grundfos' forretningsmodeller. I dag sælges produkt og service adskilt. **Serviceaftaler** kunne i fremtiden eventuelt indebære, at en servicepartner får en økonomisk gevinst, hvis det er muligt at styre et anlæg, så brugerens

driftsomkostninger reduceres eller baseres på en performanceaftale, hvor der skal leveres et bestemt volumen med en bestemt temperatur eller lignende. En sådan strategi vil indebære et større fokus på systemstyring i stedet for styring af den enkelte komponent. Barrierer for en sådan forretningsmodel baseret på serviceleverancer kan være, at den indebærer ændret organisering, betalingsmodel og salg og andre kunderelationer.

Grundfos' forretningsmodel og diverse indsatser bidrager på forskellig vis til at forlænge produkternes levetid. Disse kan opsummeres som følgende:

- **Serviceorganisation** med både interne og eksterne serviceteknikere
- **Kundeinvolvering** i produktudvikling
- Levetiden indgår i produktudvikling via bl.a. et **pålidelighedsbudget**, der angiver mulige fejl ved et forventet driftsmønster
- Reparationer fremmes gennem **modulopbygning** af pumper ved at gøre nye komponenter m.v. bagud-kompatible, så de kan anvendes på ældre pumper
- Ved **fejlfinding** skelnes mellem produktfejl og installationsfejl
- App kan downloade **driftsdata** ved nedbrud, når servicetekniker kommer ud
- Driftshistorik for pumpe skal kendes for at fastsætte **genslagsværdi** ved genbrug



## 5. Centrale teknologier i den grønne energiomstilling

I relation til den grønne omstilling er der lejlighedsvis en debat i medierne om knapheden på ressourcer så som kobolt, kobber, litium og andre råstoffer, da disse indgår i teknologier som for eksempel vindmøller, solceller, batterier til elbiler, mv.

Disse ressourcer er måske ikke så sjældne igen, men de er kritiske i den forstand, at de findes i relativt få lande med en ustabil politisk situation. Et overset aspekt er imidlertid, at der foregår en markant forøgelse af levetiden på de centrale teknologier i den grønne omstilling, hvorfor disse teknologier kan være i aktiv brug i mange flere år, end det hidtil har været forventet. Det er almindelig kendt, at levetiden på LED pærer er 15 til 50 gange længere end på en gammel glødelampe. Derimod er det mindre kendt hvad holdbarheden egentlig er på andre teknologier, som er centrale i den grønne omstilling. I det følgende gennemgås nogle eksempler, blandt andet batterier til elbiler og solcellepaneler primært baseret på litteraturen, og så bliver der gået i dybden med vindmøller.

### 5.1 Batterier til elbiler og deres "andet liv"

Forventningen til batterier til elbiler har været, at holdbarheden var omkring 150.000 km., men det har vist sig at være et konservativt estimat, efterhånden som der i praksis drift opnås meget længere levetid på batterierne. Hoekstra, et al., (2019) har en detaljeret diskussion af levetiden, og ender med at nedrunde til 250.000 km. og omkring 20 år, som en realistisk målestok og altså lig med de fleste bilers levetid på gennemsnitlig 255.000 km., før bilen bliver skrottet. De fremhæver samtidig, at nogle Tesla ejere har kørt over 1 million km., samt at forventningen til moderne batterier faktisk er på dette høje niveau – med andre ord forventes det på sigt at batteriet holder en del længere end bilen.

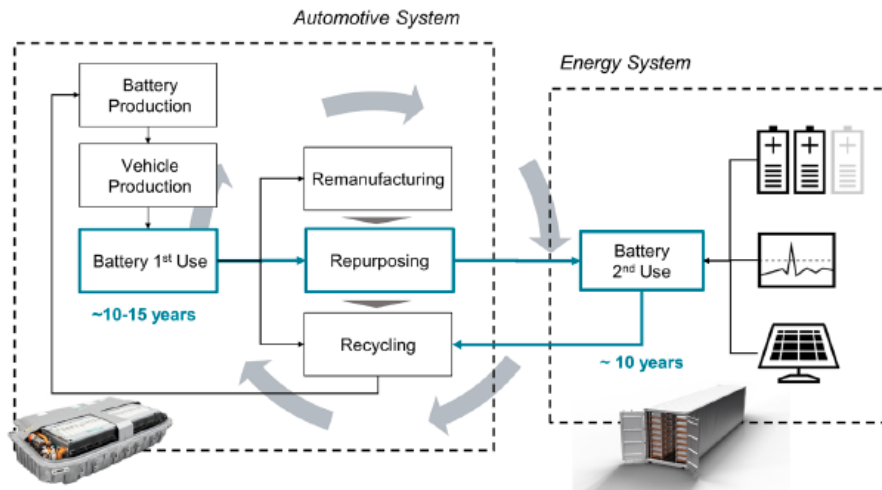
Hvis holdbarheden i stedet for kilometer og år opgøres i antal opladninger, så findes der igen pessimistiske opgørelser med 3.500 opladninger, mens 4.500-5.000 opladninger nu anses som en mere hensigtsmæssig antagelse (Schulz-Mönninghoff, 2022). Baseret på aktuelle målinger fremhæver (Hoekstra, et al., 2019), at der i gennemsnit sker en kapacitetsforringelse i batteriet på 2,5% over de første 25.000 km., og dernæst et tab på 2,5% over de næste 75.000 km., og endelig 1% for hver efterfølgende 50.000 km. Hvis der laves en antagelse om, at bilejeren ønsker at skifte når batteriet er nede på 80% af sin kapacitet, så vil batteriets levetid i bilen slutte ved 800.000 km (Hoekstra, et al., 2019).

Med 80% plus tilbage på de fleste batterier ved deres "end-of-life" som del af mobilitetssystemet, så bliver batteriernes "andet liv" interessant. Blandt andet Daimler-Benz har derfor udviklet containere, hvor batterierne kan indgå som energilager i energisystemet, hvor batterierne oplades når der er overskud af energi fra vindmøller og solceller, og så leverer strøm til elnettet når der er



brug for backup og i spidsbelastningssituationer med underskud af vedvarende energi. Dette andet liv for batterierne udvider levetiden med 8-10 år – afhængigt af den konkrete brugssituation (Schulz-Mönninghoff, 2022; Martinez-Laserna, et al., 2018)

Disse to liv for batterierne i henholdsvis bilerne og som en del af energisystemet er blevet illustreret som vist på figur 12.



Figur 12 Batterier fra el-biler, og deres "andet liv" i energisystemet (Schulz-Mönninghoff, 2022)

Til at understøtte vurderingen af batteriets restlevetid har blandt andet Audi udviklet en "helbredsscanner", som hurtigt kan afgøre batteriets "next life", hvor tre muligheder fremhæves (Audi, 2021):

- "recovering" som udskiftningsdel ved reparation af elbil;
- "second life" ved middel- til gode batterier med henblik på et nyt formål til mindre krævende opgaver og kan fx indgå i gaffeltruck, energilager, mv.
- Genanvendelse, hvor udtjente batterier via mekaniske processer skilles af i de enkelte bestanddele såsom aluminium, kobber, og andre stoffer (Audi, 2021).

Den forlængede holdbarhed og levetid af elbilernes batterier fra 10-15 år til 25-30 år betyder, at der tilsyneladende er etableret en overkapacitet af recycling faciliteter for disse batterier. En artikel i Bloomberg nævner, at der i 2025 vil være tre gange mere kapacitet på recycling fabrikkerne end der vil være skrottede batterier. Som forklaring skriver de, at de nuværende elbiler bliver på gaden i flere år, og når elbilerne skrottes, så bliver batterierne ofte solgt til genbrug til mindre krævende opgaver eller som backup i energisystemet (Bloomberg, 2022).

Opsummerende, så sker der en markant teknologisk udvikling i forhold til batterier og deres levetid, og hvor levetiden på hovedparten af bilbatterierne allerede overskrider den

gennemsnitlige levetid på bilerne. Dernæst kommer så flere anvendelsesmuligheder, hvor kapacitetskravet ikke er så vigtigt, herunder som lager i energisystemet.

## 5.2 Solcellepaneler

Dette afsnit bygger på forskellige undersøgelser, international litteratur samt et telefoninterview med **Peter Melchior** fra **Solarlab**. Ved solcellepaneler har levetiden hidtil være antaget til 25 år, men nogle miljøvaredeklarationer på solceller angiver levetiden til 30 år.

Der er lavet en undersøgelse af BUILD, AAU, der viser af solcellernes performance er yderst forskellig, og at deres klimaaftryk varierer betydeligt fra at de bedste er tjent hjem klimamæssigt på omkring 5-6 år. Hvorimod de allerringeste har et negativt klimaaftryk og ikke producerer nok strøm i deres forventede levetid på 25 år til at fortrænge det CO<sub>2</sub> aftryk, der opstod under fremstillingen heraf (Kanafani, et al., 2021). Der peges yderligere på, at den afgørende faktor for klimaaftrykket er kvaliteten af solcellerne, og især om de er produceret med energi baseret på kulkraft eller på vedvarende energi. Undersøgelsen fremhæver desuden, at det er yderst besværligt at fremskaffe data, og at den almindelige forbruger ikke har en chance for at vurdere disse forhold (Kanafani, et al., 2021). Egentlig undersøger BUILD rapporten forskellige måder til at reducere energiforbruget i bygninger, men i denne sammenhæng er det værd at fremhæve store betydning af materialevalg og produktionsfasen, samt at finde metoder til at synliggøre dette.

Der er ikke fundet nyere undersøgelser, der viser hvordan holdbarheden af solceller har udviklet sig over tid. Til gengæld viser en undersøgelse, at prisen på el fra store solcelleanlæg er faldet dramatisk med 89% fra 2009 til 2019 – fra 359\$ til 40\$ pr. MW., og at solceller i dag sammen med vindmøller på land er den billigste måde til at producere el (Roser, 2020). Solcellepaneler er gået fra at være et hightech produkt for rumfarten til at være en konkurrencedygtig vedvarende energiteknologi på jorden i løbet af et dusin år.

Generelt er levetiden på de forskellige dele af et solcellepanel ret varieret. Hvis der vælges rigtig gode materialer, vurderes levetiden at være 60-80 år, med den variation at glassets levetid nærmest er uendelig, mens selve solcellens er 40-50 år, og i bedste fald altså højere. Det svageste led er en inverter med en levetid på ca. 15 år (Solcelleguiden.dk, 2019). De tilknyttede elektriske komponenter der indgår i et solcellesystem, har betydeligt kortere levetid end selve solcellepanelerne. Halvledere (dioder, transistorer, mv.) er sliddele, og gode kvalitets-dioder i junction boxen kan holde 40-50 år, mens billige 'Kina-dioder' ofte kun holder 10 år. Prisforskellen mellem de gode og de billige dioder er bare få kroner per solcelle panel (Melchior, 2022). Garantiperioden er derfor også forskellig, hvor de fleste producenter yder en produktgaranti på 10 år, og en ydelsesgaranti på solcellerne på 25-30 år; mens garantien på en inverter er 5-10 år. Som ved batterierne sker der et effektivitetsfald over tid, og derfor er ydelsesgarantien vigtig og den er typisk på 90% ydelse efter 10-15 år, og 80% ydelse efter 25-30 år (Solcelleguiden.dk, 2019).

Den markante forskel i performance, den øgede udbredelse som en almindelig energiteknologi også for private samt den forskellige levetid på de enkelte komponenter i solcellepanelerne er alle faktorer, der peger på behovet for energimærkning samt for minimumskrav til performance og levetid i Ecodesign forordningen i EU-regi. Et forberedende studie af JRC gennemført om ecodesign krav og energimærkning af solcelle moduler, inverter og systemer (Dodd, et al., 2020). For første gang bliver et energi**producerende** produkt genstand for regulering med fokus på materialeeffektivitet, samt med en udvidet forståelse af produktet lige fra solcellemodul over inverter og til hele det elektriske system med kabling, osv. Den udførlige rapport på over 500 sider kortlægger den eksisterende viden om solcellebranchen, herunder de gennemførte LCA-studier, mv. På denne baggrund udarbejdede Kommissionen et dokument i 2021, som angiver flere mulige krav lige fra de traditionelle omkring energieffektivitet over til reparationsvenlighed og genanvendelighed af solcellerne. I annekset opremses en række holdbarhedskrav og syv fysiske tests, og disse holdbarhedskrav stiller yderligere krav til kvalitetskontrol i selve produktionen, som led i en overensstemmelsesvurdering (European Commission, 2021).

### 5.3 Siemens Gamesa Renewable Energy

Vindmøller er eksempel på en energiteknologi, hvor møllens levetid og holdbarhed er blevet forlænget gennem de senere år. Dette afsnit tager afsæt i et interview med **Jonas Pagh Jensen**, EHS Specialist hos **Siemens Gamesa Renewable Energy (SGRE)**.

Førhen var vindmøllernes **levetid** ofte betinget af økonomiske faktorer, altså at de statslige støtteordninger ophørte efter 15 år. I takt med at vindmøllerne er blevet større, teknologisk mere avancerede, og nu opføres uden statslige tilskud, så er holdbarheden og levetiden kommet meget mere i fokus. Den nuværende holdbarhed for hav- og landvindmøller er minimum 20-30 år.

Kunderne har fokus på **holdbarhed** i den forstand, at den lovede holdbarhed af vindmøllen indgår i certificeringen. Når de får en byggetilladelse for 25 år, så skal vindmøllen også holde i 25 år. I takt med at møllerne kan holde 30 år handler det derfor om at få opdateret byggetilladelserne til også at gælde i 30 år.

Kunderne efterspørger desuden **pålidelighed** i form af den såkaldte "**oppetid**", hvorfor kontrakterne indeholder en minimumsoppetid, hvor vindmøllevingerne snurrer rundt. Hvis oppetiden er over minimumsværdien, får begge parter en gevinst, og hvis den er under, betales der en kompensation. Så incitamentet til en høj grad af pålidelighed og oppetid er indbygget i kontrakterne. Kontrakternes udformning spiller således en stor rolle i forhold til udviklingen af forretningsmodellerne i vindmølleindustrien.

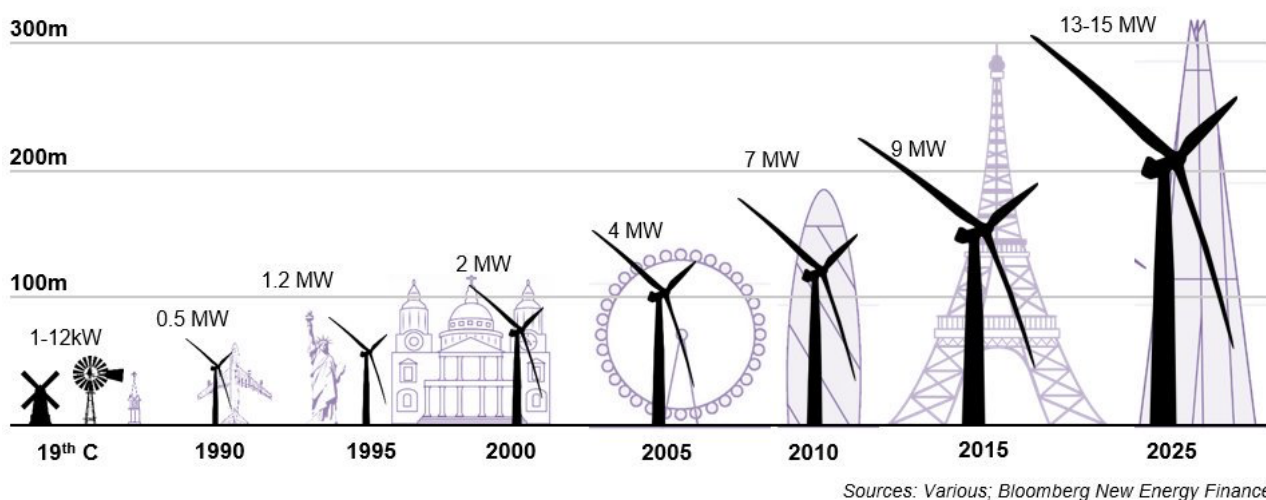


Dette understøttes desuden af en større fokus på **servicering og vedligehold** i kontrakterne. Senest har Siemens Gamesa i forbindelse med opførelse af en 455 MW vindmøllepark i Finland indgået en **servicekontrakt på 35 år**.

Efterspørgslen fra kunderne giver anledning til endnu større fokus på **miljøforbedringer**. Selv om prisen stadig er en primær faktor, vil flere og flere kunder også have kriterier omkring bæredygtighed med. Men de forskellige kunder bruger uensartede parametre i deres bæredygtighedsvurdering – nogle vægter livscyklusvurderinger, andre energiforbrug, mv. Etablering af en konsensus omkring de centrale måleparametre for bæredygtighed vil være en væsentlig forenkling, da det er tungt administrativt for Siemens Gamesa at svare på de forskelligartede henvendelser fra kunderne.

Der sker en løbende opgradering af **størrelsen på vindmøllerne**. I december 2021 opstillede Siemens Gamesa således verdens største vindmølle på 14MW, med 108 m lange vinger – i alt 271 m høj ved testcentret i Østerild.

I forhold til de større vindmøller så giver det på den ene side et øget CO<sub>2</sub> aftryk fra materialeforbruget, men på den anden side bliver **omkostningerne pr. produceret kilowatt** nedbragt via især de teknologiske forbedringer. Den længere holdbarhed af vindmøllerne er tilsvarende med til at øge materialeeffektiviteten.



Figur 13 Udviklingen i vindmøllernes størrelse og kapacitet (Landberg, 2017)

**Repowering** af ældre vindmøller foregår løbende i form af udskiftning med større og mere energieffektive møller. Men de gamle møller kan ikke nødvendigvis bare udskiftes med større, idet højere vindmøller ofte vil kræve en ny miljøvurdering (VVM). Desuden bliver ældre vindmøller ofte solgt til andre lande såsom Irland og England, hvor de kan indpasses i forhold til de gældende miljøkrav.

Ved opgradering af eksisterende vindmøller er det i øvrigt **styresystemer og elektronikken der opdateres**, og ikke fundament og den roterende del på vindmøllen. Der er stor fokus på IT relateret opdatering af vindmøllerne og **systemtænkning** i den sammenhæng. Smartere kontrolsystemer gør, at det er muligt at have mere last på.

Aktuelt har HOFOR igangsat et arbejde med at renovere og opgradere de 22 år gamle vindmøller ved Middelgrunden ud for Amager ved at installere automatiske smøresystemer samt nyt udstyr til styring og systemer til overvågning af temperatur på hovedlejerne. HOFOR har søgt om en 25 års forlænget produktionstilladelse (Ing.dk, 2022). I bedste fald kan der ske en fordobling af møllernes levetid, og på grund af restriktioner på møllehøjden på grund af indflyvningen til Kastrup Lufthavn, så har det ikke været på tale at erstatte møllerne med nye og større vindmøller.

Hovedparten af en vindmølle består af genanvendelige dele, men hidtil har vindmøllevingerne og magneterne udgjort et problem. Siemens Gamesa har derfor gennemført et udviklingsarbejde i form af **fuldt genanvendelige vinger**. En udfordring er dog, at de er dyrere end de konventionelle vinger og således kan være sværere at sælge til kunden. Business casen er derfor ikke helt på plads, og denne type vinger bliver derfor solgt som tilvalgsprodukt. Genanvendelige vinger har ikke været et direkte krav til industrien, men har været en forventning i offentligheden om, at der blev gjort noget ved dette problem. Lanceringen heraf har medført stor bevågenhed hos kunder og medier, samt andre producenter følger nu trop.

For genanvendelse af **magneterne** er teknologien på plads, og det er også økonomisk rentabelt. Men da de ældste møller med direct drive er 11 år gamle, så er der ikke volumen i at gøre dette endnu. Virksomheden ser nærmere på, hvordan de kan øge genanvendeligheden for andre komponenter, og hvor forskellige labels omkring genanvendelighed er på tale for blandt andet at give kunderne en valgmulighed.

**Tilbagetagning** af møller er ikke en del af deres forretning, da andre virksomheder har specialiseret sig heri. Det kunne være interessant på tidspunkt for Siemens Gamesa men ikke i øjeblikket. Generelt er SGRE bedre til de helt store projekter, hvor der er en kritisk mængde.

Miljødiskussionen i vindmøllebranchen har for tiden fokus både på dekarbonisering agendaen og på styrkelse af værdikæderne. Der er kommet mere pres herpå, da også kunderne taler om **klimapåvirkningerne i scope 3**, hvor langt hovedparten af udledningerne sker.

Eksempelvis kan SGRE nedskære deres scope 3 udledninger med 50%, hvis de får leveret stål produceret på energi fra vedvarende energikilder. De har kortlagt, hvordan de kan forbedre deres leverandørvalg, og har blandt andet vurderet 68 forskellige leverandører. Denne kortlægning bruger SGRE til sammenligning af leverandørerne og dermed bliver en miljøfaktor inkluderet i evalueringen oven i de nuværende pris- og kvalitetsfaktorer. SGRE udvider altså værdibetragtningen fra primært at fokusere på egne operationer til alle centrale **aktører i værdikæden**.

Desuden skal en ny indsats i indkøbsafdelingen fokusere på målbarhed sammen med en ekspert på området. Kunderne har interesse i dette fokus på miljø, og herunder på materialevalget. Vindmøllen består af 80% stål, og i SGRE-vindmøllen kommer 50% af CO<sub>2</sub> belastningen fra stålet. Andelen af **genanvendt stål** er ikke særlig højt på dagsordenen i stålindustrien, hvor der i højere grad fokuseres på optimering af produktionsteknologien, og graden af genanvendt indhold i stålet opgives således sjældent.

I takt med Siemens Gamesa har større fokus på systemtænkning er der koblet en ekstra faktor på, såkaldt **revenue-based availability**. Her bliver vindstille perioder taget med i betragtning og er blevet en del af opetidsstrukturen, så det nærmer sig et koncept, hvor kunden betaler for en funktion snarere end et produkt. Det kan derfor betale sig at få lavet service, når elprisen er lav. Dette område rykker hurtigt, og var for få år siden et tillæg, men er nu blevet en central del af kerneforretningen.

Der findes mange **sensorer** på hver vindmølle, som forsyner dem med vigtige data i forhold til at lave løbende forbedringer af møllen. Derudover har de forskellige komponenter hver en QR-kode for sporbarhedens skyld. Der er et **internt sporbarhedssystem**, men det er ikke rettet udadtil som en form for produktpas. Der er en grænse for, hvad de kan og vil fortælle. Selvom måske 99% af informationerne er kendte, så er der data vedrørende de nyeste teknologier, som er fortrolige. Det vil være forholdsvis nemt for Siemens Gamesa at implementere et **produktpas**, hvis det bliver et krav i EU.

Som opsamling på Siemens Gamesa Renewable Energy fokusområder og indsatser for at forlænge deres produkters levetid og holdbarhed er følgende karakteristika centrale:

- Førhen **økonomisk forældelse** grundet støtteordninger til VE i 15 år
- **Øget fokus på levetid** pga. større og teknologisk mere avancerede møller
- Nuværende holdbarhed er **minimum 20-30 år** for land- og havvindmøller
- **Pålidelighed** i fokus hos kunderne hvor "oppe-tid" indgår i kontrakterne
- **Servicering og vedligehold** er centralt i kontrakterne
- Forlængelse af levetid via **opgradering** af styresystemer
- Smartere **kontrol- og styresystemer** øger kapacitetsudnyttelsen
- Ny 455 MW vindmøllepark i Finland med 35 års **servicekontrakt**
- Danmarks første havvindmølle blev nedtaget 25 år gamle og **ydeevnen var stadig > 90 %**
- Ældre vindmøller bliver som regel **renoveret og "genbrugt"** i andre lande
- **Materialeeffektiviteten** er forøget væsentligt. Større møller er lig med et mindre materialeforbrug pr. MW



## 6. Tværgående analyse og opsamling

Året 2022 har budt på gentagne varmerekorder i forskellige dele af verden og ekstreme vejrhændelser lige fra tørke i dele af Afrika til voldsomme oversvømmelser i Pakistan. Desuden har krigen i Ukraine ført til markante prisstigninger på energi og fødevarer, samt store problemer med forsyningssikkerheden på energi og ressourcer. Kriserne i forhold til klima, ressourcer og biodiversitet er synlige og nærværende.

Denne situation har ført til at der er kommet fart over energibesparelser og skiftet til vedvarende energikilder. Men klima- og miljøpåvirkningerne fra de anvendte materialer og produkter kan stadig kaldes de **oversete emissioner**, som de blev benævnt i rapport til FN fra Ellen MacArthur Foundation (Ellen MacArthur Foundation, 2019).

Der er således brug for at sætte fokus på, at en forbedring af klima- og resourcesituationen i høj grad også handler om cirkulær økonomi, og om at forbedre **materialeffektiviteten** af alle typer produkter. Dette kræver, at virksomhederne går foran i relation til såvel design af mere holdbare produkter som understøttende cirkulære forretningsmodeller. Ligesom EU's forordning for Ecodesign Sustainable Product Regulation (ESPR) bliver et vigtigt virkemiddel til at fremme dette.

Aktuelt er de store danske virksomheder, herunder de medvirkende i denne undersøgelse, i gang med eller har opgjort deres klimapåvirkninger via **Science-Based Target initiative (SBTi)**. En generel erkendelse er, at klimapåvirkningen findes i det såkaldte scope 3, altså i virksomhedens værdikæde hos leverandører af materialer og komponenter samt hos kunderne i brugsfasen. Eksempelvis ligger 99,5% af de samlede klimaudledninger fra Danfoss i scope 3, og der findes en række eksempler på tilsvarende høj andel. Et problem i relation til holdbarhed i SBTi er, at et produkt som holder fx dobbelt så længe som et lignende produkt fra en anden virksomhed vil få tilskrevet den dobbelte udledning. 117 danske virksomheder er tilsluttet SBTi, og for nyligt er problemstillingen omkring denne "straf" af lang produkt holdbarhed blevet rejst i medierne af blandt andet Nilfisk. Centrale danske spillere foreslår at ændre dette næste år, og at give produkter med en lang levetid en form for "kredit" (Holt, 2022)

### 6.1 Samspillet mellem produktdesign og forretningsmodel omkring holdbarhed

Fast electronics og fast fashion er eksempler på, at holdbarhed og levetiden af produkter er blevet forringet i et samspil mellem producenternes lancering af nye produktdesigns med kortere intervaller, og forbrugernes "ønske" om anskaffe sig de nyeste modeller. I denne rapport har vi kun set nærmere på elektronik produkter, hvor der også findes modsatrettede eksempler som fx Fairphone og B&O. Men generelt for de undersøgte virksomheder i denne rapport gælder det, at de arbejder med flere initiativer både i relation til design og forretningsmodeller, som er med til at styrke et fokus på produkternes holdbarhed og en forlængelse af deres levetider.



I nedenstående oversigt er de fem centrale cases sammenfattet i form af deres karakteristika vedrørende:

- Fokus på holdbarhed og andre miljøhensyn i design og produktudvikling
- Forretningsmodel med hensyn til salg af produkter, service, garanti m.m.
- Tiltag til forlængelse af produktlevetiden
- Hvorvidt der opsamles viden om brugserfaringer og hvordan denne viden anvendes
- Hvorvidt og hvordan produkterne genbruges

*Table 5 Oversigt over strategi og tiltag med betydning for produktlevetiden ud fra de fem centrale cases i denne rapport*

	Miljøhensyn i produktudvikling	Forretningsmodel	Forlængelse af produktlevetid	Viden om brug	Genbrug
<b>Bang &amp; Olufsen: Radio, TV m.m.</b>	Høj teknisk kvalitet Klassisk design	Salg gennem forhandlere og egne butikker	Modulært design gør reparation og vedligehold nemt  Opdatering af software mulig		Høj gensalgsværdi
<b>Festool: Professionelt værktøj til håndværkere</b>	Høj teknisk kvalitet sikrer pålidelighed  Tests for styrke og holdbarhed  Krydskompatible batterier reducerer antal batterier  Produktforbedring i 10 år sikrer relevans for brugere	Høj produkt-pålidelighed vigtig for kunder for at undgå tabt driftstid  Salg gennem forhandlere  Egen service- og reparations-afdeling  3 års garanti	Produkter repareres altid  Reserve dele tilgængelige i minimum 10 år	Reparationer anvendes til produktforbedring	
<b>Danfoss Drives: Frekvensomformere o.l.</b>	Systemtænkning med fokus på softwareudvikling  Anvendelse af certificerede genanvendte materialer	Vil udbygge servicedel af deres forretningsmodel	Modulært design gør reparation let	Indsamler aktuelt ikke data om brug	
<b>Grundfos: Pumper</b>	Kundeinvolvering i produktudvikling  Pålidelighed vurderes i produktudvikling	Service-organisation med interne og eksterne serviceteknikere	Modulopbygning gør reparation let Bagud-kompatibilitet til tidligere versioner  Store pumper repareres. Mindre pumper udskiftes	Driftsdata downloades ved service og driftsproblemer med henblik på problemløsning	Gensalgsværdi afhænger af viden om driftshistorik i tidligere brug
<b>Siemens Gamesa: Vindmøller</b>	Øget fokus på holdbarhed  Større materiale-effektivitet i nye, større møller	Oppetid indgår i kontrakter  Servicekontrakt som central del af forretningsmodel	Opgradering af styresystemer forlænger levetid	Løbende monitorering af performance og forebyggende vedligehold	Nedtagne møller renoveres og genbruges i andre lande

Tabel 5 viser ligheder og forskelle mellem de fem virksomheders produkter og forretningsmodeller i forhold til produktlevetid. Vurderet på tværs af de fem virksomheders produkter kan der identificeres flere aspekter, hvor designparametre spiller sammen med forretningsmodellen og tilsammen fremmer en lang produktlevetid:

- a) Høj teknisk produktkvalitet er en af forudsætningerne for at sikre lang produktlevetid
- b) Modulært design muliggør nem udskiftning af komponenter og forlænger produktlevetid
- c) Høj teknisk kvalitet sikrer høj pålidelighed i drift og sikrer dermed samtidig brugernes økonomi
- d) Løbende produktforbedring kan ske gennem opsamling af brugserfaringer
- e) Bagud-kompatibilitet af nye komponenter og produkter kan sikre produktforbedring, samtidig med at tidligere produktversioner ikke forældes
- f) Genbrug og forlænget produktlevetid hos ny bruger kan sikres gennem høj teknisk kvalitet

## 6.2 Ecodesign forordningen og krav om holdbarhed og reparationsvenlighed

Generelt har ecodesign direktivet hidtil vægtet at forbedre produkternes energieffektivitet, men gennem de seneste 10-12 år er dette fokus gradvis blevet udvidet til at omfatte produkternes materiale- og ressourceeffektivitet.

Der findes tidlige eksempler på standarder for opgørelse af **holdbarhed** for slange og motor på støvsugere, og disse standarder har medført, at interessenterne i produktgruppen kunne nå til enighed om også at stille performancekrav. Tillige findes der ved lyskilder en del eksempler på testkrav, mv. I disse tilfælde er der opstillet performance krav til disse energirelaterede produkter allerede under det tidligere ecodesign direktiv (Bundgaard, et al., 2015)

Opdateringen af kravene til en række produktgrupper i 2019 førte også til flere eksempler på krav til **reparationsvenlighed** i form af tilgængelighed og leveringstid for reservedele, adgang til information herom, brug af almindelige værktøjer, og krav om at produkterne skal kunne adskilles, så det ikke forhindrer reparation og genbrug (Bundgaard, et al., 2021).

I 2015 med Circular Economy Action Plan blev der fra EU fremsat et Standardiseringsmandat M543 omkring **materialeffektivitet**, hvor der siden er blevet udarbejdet horisontale standarder, som skal fremme arbejdet med at lave de specifikke performance krav og informationskrav for de særskilte produktgrupper. Tre af disse standarder DS/EN 45552, DS/EN 45553 og DS/EN 45554 omhandler henholdsvis generelle metoder for vurdering af **holdbarhed** (durability), for vurdering af **istandsættelse** (remanufacture), og endelig for vurdering af **reparation, genbrug og opgradering** (repair, reuse and upgrade) (Dansk Standard, 2020a; Dansk Standard, 2020b; Dansk Standard, 2020c). Især disse tre standarder er rettet mod de indre cirkler af den cirkulære økonomi, og kan alle tre medvirke til at forlænge produkternes levetid – selvfølgelig afhængigt af hvordan kravene udformes konkret under de enkelte produktgrupper.

Standarderne omkring genanvendt indhold, kemiske stoffer og genanvendelse har i højere grad fokus på at skabe kvalitet i genanvendelsen, og har således mere fokus på **affalds**problemerne.

EU-kommissionen har i marts 2022 fremsat et forslag til forordning for **Ecodesign Sustainable Product Regulation** (ESPR) om at sætte ecodesign krav til bæredygtige produkter, hvor dels det hidtidige direktiv bliver til en forordning og dels at forordningen udvides fra energirelaterede produkter til stort set alle produktgrupper (minus fødevarer, foder og medicin) (European Commission, 2022a).

Allerede i artikel 1 er formålet fremhævet som at forbedre den miljømæssige bæredygtighed af produkter samt at sikre den fri bevægelighed af produkter på det indre marked. Dette vil ske ved at opstille ecodesign krav i delegerede retsakter, og følgende ni krav fremhæves (European Commission, 2022a):

- a) produkters **holdbarhed** og pålidelighed
- b) produkters **genbrug**smuligheder
- c) produkters muligheder for **opgradering, reparation, vedligeholdelse** og **istandsættelse**
- d) tilstedeværelsen af **problematiske stoffer** i produkter
- e) produkters **energi- og ressourceeffektivitet**
- f) **genanvendt indhold** i produkter
- g) **genfremstilling** og genanvendelse af produkter
- h) produkters **CO<sub>2</sub>-fodaftryk og miljøaftryk**
- i) produkters forventede generering af **affalds**materialer

Som hidtil opereres der med at stille både performancekrav (grænseværdier) og informationskrav. Derudover så skal reguleringen også etablere et digitalt produktpas, etablere obligatoriske kriterier for grønne offentlige indkøb, samt forebygge at usolgte og returnerede forbrugerprodukter bliver destrueret.

For EU-kommissionen, så er holdbarhed kommet for at blive – og er højt oppe på dagsordenen! Ovenstående ni punkter er yderligere uddybet og eksemplificeret via i alt 17 punkter til Annex 1 til udkastet til forordning (European Commission, 2022b). Traditionelt er produkters miljøforhold blevet defineret negativt som reducere af miljøpåvirkninger som fx mindre skadelige stoffer; mens de ovennævnte materialeeffektivitetskrav i højere grad vil give mulighed for en positiv definering af produkternes miljøegenskaber.

En nyskabelse i forslaget til ESPR-forordningen er **digitale produktpas**, som bliver et krav til alle produktgrupper med vedtagne delegerede retsakter. Europæiske udviklingsprojekter er igangsat

for at fastlægge, hvorledes disse digitale produktpas kan udformes i praksis. Artiklerne 8-13 i forordningen omhandler digitalt produktpas, og af art. 8, styk 3 fremgår hensigten som, at alle aktører i værdikæden kan få adgang til relevant produktinformation for dem. Ligeledes fremhæves specifikt verifikation af produktets overholdelse af krav, samt forbedret sporbarhed af produkter i værdikæden.

Umiddelbart vurderet, så vil et digitalt produktpas (DPP) kunne videregive en række informationer om materialer og sporbarhed, som er brugbare for aktører så som reparatører, istandsættere, brugere, mv. i forhold til at forlænge produkternes levetid, ligesom det også vil være nyttigt i forhold til at sikre kvalitet i genanvendelsen.

Disse forhold har allerede tidligt været fremhævet af den danske Erhvervsstyrelse, som i nedenstående figur illustrerer behovet for både materiale og sporbarhedsdata samt for produkt performance data. Det digitale produktpas er især velegnet til sporbarhedsdata, og vil også kunne angive best performance klasser, som det hidtil har været tilfældet for energieffektivitet.

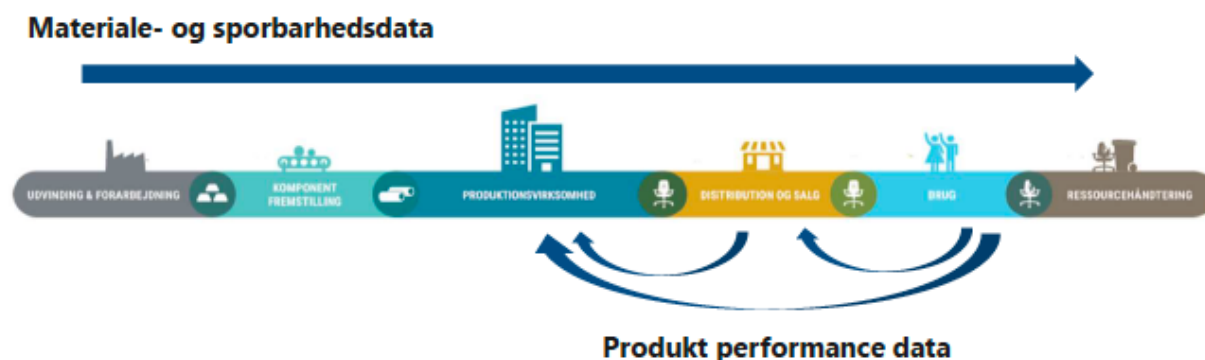
#### Materiale- og sporbarhedsdata (upstream)

Info om produkter, materialer og processer

- Materialernes oprindelse (virgin vs. genanvendt)
- Forarbejdning og processer
- Produkternes design (adskillelighed, sammensætning)

#### Produkt performance data (downstream)

- Brugen, tilstanden og slitage af produkterne i brugsfasen
- Graden af udlejning og tilbagetagning
- Forbrugernes præferencer og -adfærd
- Pris ved salg og take-back
- Mulighed for reparation og vedligeholdelse



Figur 14 Data med cirkulær værdi (Bjerre, 2021)

Derimod er det vanskeligt at se, hvordan et digitalt produktpas kan formidle dynamiske informationer fra den aktuelle brug af produktet. Denne information er også central i en cirkulær økonomi i forhold til at lave forebyggende vedligehold og reparation, at indsamle erfaringer med produktets brug, tilstand og slitage, samt at kende produktets kapacitet og ydeevne efter X antal år i brug, og dermed også at være i stand til at fastsætte produktets gensalgsværdi.

Især for de industrielle producenter som Grundfos, Danfoss og Siemens Gamesa er dette centrale forhold. Men også i relation til forbrugerprodukter som elektronik vil dette komme til at spille en endnu større rolle fremover, hvilket det jo allerede gør for alle de refurbere, som istandsætter brugt elektronik.

I forhold til at skabe innovation og forbedre produktet yderligere, så vil netop denne type dynamiske performance data være centrale, da det giver øget kendskab til produktets styrker og svagheder samt til brugernes præferencer og sociale praksis omkring anvendelsen.

### 6.3 Holdbarhed – opmærksomhedspunkter og de politiske virkemidler

I dette afsnit diskuteres en række opmærksomhedspunkter, som det er vigtigt at være opmærksomme på for at sikre længere produktlevetider i forbindelse med politikudvikling, politikdesign og organisering af rammer for politikimplementering. Det gennemførte review af litteraturen om holdbarhed og levetider i kapitel 2 viser, at holdbarhed som miljøegenskab ved produkter først for alvor er kommet i fokus det seneste tiår. Det altdominerende fokus i produktreguleringen i EU har hidtil været på produkternes energieffektivitet. Først med cirkulær økonomi og et fokus på de såkaldte skjulte emissioner relateret til valg af materialer og produktdesign, så er produkters levetid kommet frem i miljødebatten og er ved at blive en del af EU's produktregulering. Fokus på materialeeffektivitet er sket efter pres fra miljøbevægelse, forskere, m.fl. gennem de sidste ti-tolv år.

På baggrund af litteraturreviewet og caseanalyserne af virksomhedernes strategier er der i det følgende opstillet nogle opmærksomhedspunkter, som fra dansk side bør vurderes i relation til fremtidige virkemidler og politiske initiativer, der kan styrke indsatsen omkring cirkulær økonomi.

#### 6.3.1 Produktgrupper og -systemer er forskellige

Casene i denne rapport viser tydeligt, at de analyserede produkter er en del af tre forskellige typer produktsystemer – forbrugerelektronik, industriel elektronik og energianlæg. Disse produktsystemer er forskellige i relation til aktører og værdikædekonstellationer og er dermed også karakteriseret af forskellige krav til kvalitet, materialevalg, forretningsmodeller, mv., der direkte eller indirekte har indflydelse på produktlevetiden m.m. For eksempel er materialevalg, design, forretningsmodeller, omkostninger, retrofitstrategier mv. for holdbarhed og lang levetid af vindmøllerne et væsentligt konkurrencevilkår i den branche. Når det handler om forbrugerelektronikprodukter som fx smart phones, er det omvendt svært at få øje på ændringer i markedet, der gør op med "Fast Electronics", hvorfor andre former for politiske virkemidler til produktregulering er påkrævet her. Se i øvrigt gennemgangen i afsnit 6.1 af forskellene mellem de undersøgte produktgrupper i denne undersøgelse.

Et generelt opmærksomhedspunkt er, at forskellene i produktgrupper og deres værdikæder og produktsystemer må medtages og yderligere uddybes, når der udvikles virkemidler og strategier for regulering af forskellige produktgrupper.

### 6.3.2 Holdbarhed og levetider er for nedtonet i vurderingsmetoderne

Livscyklusvurderinger (og nu EU's satsen på PEF) har været den gængse metode til miljøvurdering af produkter, og her indgår holdbarhed ved fastlæggelsen af den funktionelle enhed. Spørgsmålet er imidlertid om holdbarhed ikke herved i nogen grad "flyver under radaren", fordi der blot opereres med en gængs eller gennemsnitlig levetid.

Øget fokus på betydningen af holdbarhed kunne sikres ved at forskellige levetider indgår i følsomhedsanalyser, som kan laves ved LCA. Eksemplet med solcellepaneler (afsnit 5.2) illustrerer desuden, at levetiden af forskellige delkomponenter som selve solcellerne og inverteren er yderst varieret, hvilket der må tages højde for i såvel vurderingsmetoder som politiske virkemidler. For alle de produktgrupper, hvor energieffektiviteten er øget markant, er dette ekstra relevant, idet materialevalg og produktionen derigennem har fået større betydning for produkternes samlede klima- og miljøbelastning (se også afsnit 2.7).

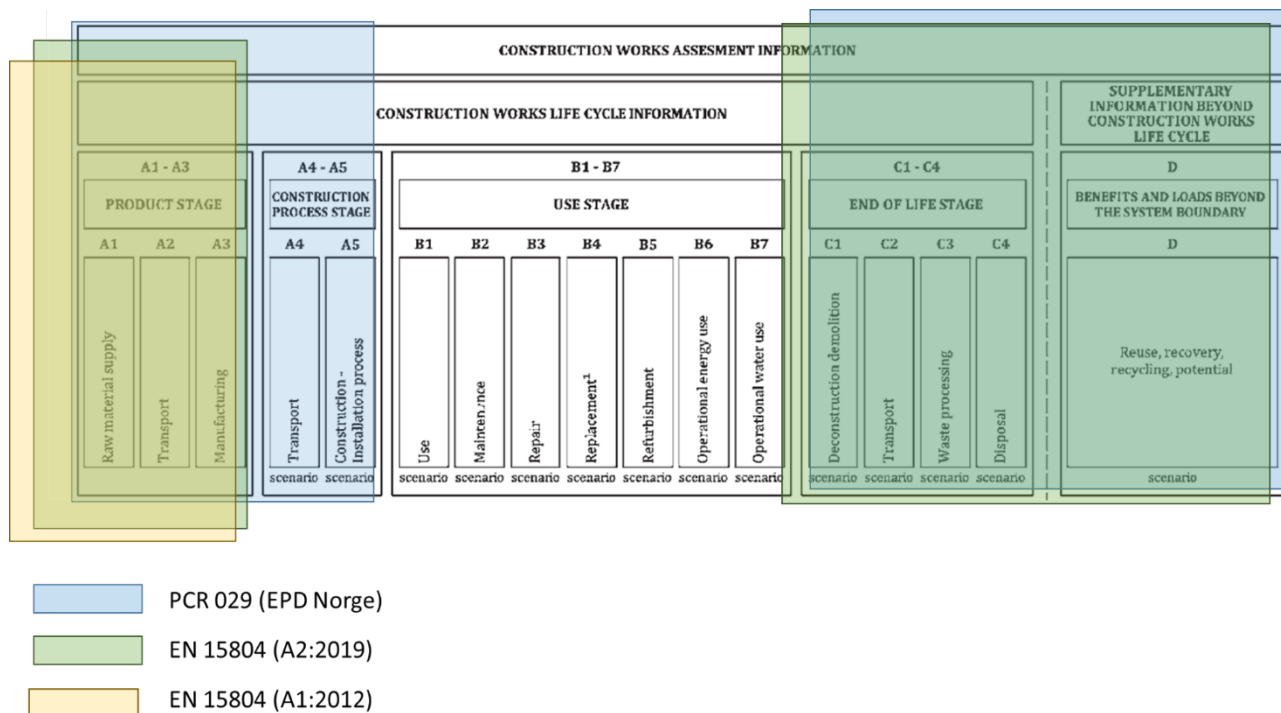
Et opmærksomhedspunkt er dels at øge viden om holdbarhed og levetid af produkter og deres forskellige delkomponenter, og dels at undersøge muligheden for at analysere scenarier baseret på forskellige levetider, da dette kan øge opmærksomheden såvel på variationen i miljøkonsekvenser som på de bestemmende faktorer for levetid og holdbarhed.

### 6.3.3 Miljøvaredeklarationer medtager ikke nødvendigvis holdbarhed og levetider

Den begrænsede synliggørelse af holdbarhed og levetider er også tendentielt gældende ved miljøvaredeklarationer (EPD Environmental Product Declarations). EPD i henhold til ISO 14025 bygger på LCA, og hvor holdbarhed og levetid indgår via den funktionelle enhed.

Miljøvaredeklarationer har fået en stadig øget udbredelse især i byggesektoren til udveksling af miljøinformation i B2B-relationer. EPD er her typisk baseret på en deklareret enhed uden krav om angivelse af levetider, da det ikke er et krav at inddrage brugsfasen ved udarbejdelse af EPD'ere.

En række forhold bestemmende for produktet levetid, så som brug, vedligehold, reparation, kassation og istandsættelse (B1 til B5) bliver således IKKE medtaget jf nedenstående figur 13. I den gældende standard (EN15804+A2) angives dog et Reference Service Life (RSL), men her kan blot eksempelvis stå "afhænger af den konkrete anvendelsessammenhæng". Dette sker til trods for, at der findes et standardopslagsværk - BUILD-levetidstabel - med fastlæggelse af levetider for alle byggeprodukter (BUILD rapport 2021: 32). Dette opslagsværk fremhæver levetidens betydning for resultatet af LCA'ere og for life cycle costing (LCC), men virker ikke til at have fundet bred anvendelse ved EPD'ere i byggesektoren.



Figur 15 Fokus i miljøvederklaringer (Dansk Standard, 2019) (egen bearbejdning).

Et opmærksomhedspunkt er således, at den eksisterende viden om levetider af produkter rent faktisk finder anvendelse ved udarbejdelse af EPD'ere, samt at der i næste opdatering af EN 15804 bliver krav om at medtage de forhold i brugsfasen, som er afgørende for produktets levetid. Et yderligere skridt kunne være at stille krav til, at forskellige scenarier for levetider i højere grad bliver inddraget generelt i EPD'erne.

#### 6.3.4 Manglende viden om hvordan holdbarhed indgår i miljømærker og offentlige indkøb

De officielle miljømærker og kriterier for offentlige indkøb er også delvist baseret på livscyklusbetragtninger for at identificere de relevante miljøparametre. Der stilles krav til både produktets miljøegenskaber, kvalitet og holdbarhed – ud fra en forståelse af at når produktet holder længere, så reduceres miljøbelastningen fra ny materialeudvinding og produktion, ligesom affaldsmængderne begrænses. Ved udarbejdelse af kriterierne for miljømærkning indgår tillige potentialer for **forbedringer og styrbarhed**, hvilket øger muligheden for at holdbarhed indgår i kriteriesættet. I hvilket omfang dette er tilfældet er ikke undersøgt i dansk sammenhæng, og generelt er der få miljømærker inden for de behandlede produktgrupper i denne rapport.

Miljømærkning indgår i stigende grad som led i offentlige indkøb, ligesom der er indikationer på, at ønsker omkring cirkularitet vinder frem i hvert fald i nogle kommuner. Heller ikke omkring offentlige indkøb er der lavet systematiske undersøgelser af om - og i givet fald i hvilket omfang - holdbarhed og levetider indgår i udbudsmaterialer omkring indkøb.

Et yderligere opmærksomhedspunkt er således at få gennemført systematiske undersøgelser af hvordan holdbarhed og levetider indgår i de forskellige kriteriesæt udviklet i regi af de officielle

miljømærker. Tilsvarende er der brug for undersøgelser i relation til de offentlige indkøb af om hvor vidt, og i givet fald i hvilket omfang holdbarhed og levetid er krav, der selvstændigt lægges vægt på i dette regi.

### 6.3.5 Udvidet producentansvar blot for affaldet frem for hele produktets livscyklus

Det udvidede producentansvar har eksisteret for elektronik i henved 20 år og er et område med national implementering af en overordnet EU-regulering. Udvidet producentansvar er i Danmark og generelt i de fleste EU lande indført på en måde UDEN, at det har ført til de ønskede ændringer i design af produkterne, herunder til øget holdbarhed, styrket reparationsvenlighed eller til mere genbrug. Implementeringen af det udvidede producentansvar har ikke fokuseret på hele produktets livscyklus, men har udelukkende handlet om håndtering af elektronikaffaldet og især med henblik på genanvendelse.

Den seneste debat om udvidet producentansvar på andre områder som fx emballage har introduceret en miljøgraduering af bidraget for at introducere nye produkter på markedet. Dette er planlagt tilrettelagt, så producenterne belønnes med ingen eller et lavt bidrag ved et godt miljødesign som fx genbrugsløsninger, mens produkterne med et middel miljødesign fx baseret på monomaterialer får et middel bidrag og et dårligt miljødesign skal betale et højt bidrag. Denne løsning adresserer imidlertid "kun" produkternes design, og ikke brugsfasen. I relation til tekstiler har nogle tekstilforskere foreslået en kombination af krav om produktionsår på tøjet samt analyse af tekstilaffaldet og genbrug af produkter med henblik på at fastlægge en gennemsnitlig brugsperiode, og dermed også tematisere "fast fashion" i form af overproduktion, begrænset brug, dead-stock, overforbrug, m.v.

Et opmærksomhedspunkt ved kommende produktgrupper er derfor, hvordan brugsperioden, holdbarhed og levetidsforlængende tiltag kan bringes i spil ved udformning af kriterierne for en markant graduering af bidragene i et udvidet producentansvar for alle produktgrupper.

### 6.3.6 Holdbarhed og den danske handlingsplan for cirkulær økonomi

Den seneste nationale danske handlingsplan for cirkulær økonomi indeholder ikke virkemidler, der kan forventes at sikre øget fokus på forlænget produktlevetid. Holdbarhed omtales flere gange (17), men som oftest i tilknytning til EU-indsatser, mens der i handlingsplanen ikke lanceres specifikke danske initiativer omkring holdbarhed og forlænget levetid. I handlingsplanen forventes affaldsforebyggelse også for elektronik at kunne opnås ved hjælp af graduering af affaldsgebyrer. EU har imidlertid givet udtryk for, at forskellene i affaldsgebyrer kun må afspejle forskellene i udgifter til affaldshåndtering, så derfor kan gradueringen forventes at få begrænset betydning for forlængelse af produktlevetider - medmindre de danske aktører kan blive enige om en bred forståelse af, hvad udgifter til affaldshåndtering dækker.

Et opmærksomhedspunkt er derfor, at det fra dansk side overvejes hvilke nationale initiativer der kan medvirke til at øge opmærksomheden omkring holdbarhed og forlængelse af produktlevetider som centrale cirkulære indsatser, herunder at der i fremtidige danske forhandlinger om udvidet



producentansvar arbejdes for, at produktholdbarhed indgår i gradueringen af bidrag såvel for elektriske og elektroniske produkter som for andre produktgrupper.

### 6.3.7 Ecodesign Sustainable Product Regulation (ESPR)

I EU's initiativ for produktregulering kommer holdbarhed til at indgå i de nye standarder, som er udførligt behandlet i det foregående afsnit 6.2.

Et opmærksomhedspunkt er, at den fremlagte tidsplan viser, at det vil tage uhyre lang tid, før der er opstillet holdbarhedskrav for alle produktgrupper. Desuden må disse krav opstilles såvel efter miljøpåvirkninger som efter miljøegenskaber, så som holdbarhed og de forhold som fx reparation der kan forlænge produktlevetiden.

### 6.3.8 Holdbarheds- og reparationsindeks som forbrugerinformation

Et potentielt effektivt virkemiddel i relation til forbrugeroplysning er et reparations- og holdbarhedsindeks som i Frankrig. De franske planer og erfaringer blev gennemgået i afsnit 2.9, og har dannet baggrund for at opstille vurderingskriterier for holdbarhed og levetidsforlængelse. Denne form for information gør det muligt for potentielle kunder at sammenligne konkurrerende produkter på ovennævnte punkter, og således påvirke forbrugervalget og på sigt dermed også producenternes designstrategier og forretningsmodeller. Indekset kan give øget opmærksomhed og synlighed om de forhold, der medvirker til forskellige former for produktforældelse.

Denne viden er relevant for stort set alle produktområder – og især for forbrugerprodukter. Men det må også forventes at indgå i kontraktforhandlinger ved B2B-relationer som ved anlæg af vindmølleparker. Det franske reparations- og holdbarhedsindeks er sammen med de svenske og østrigske initiativer med tilskud til reparationer eksempler på, at EU-medlemslande selvstændigt tager ambitiøse initiativer, der efterfølgende kan inspirere til EU-regulering.

Et opmærksomhedspunkt er, om der kan etableres en mulig genvej til ESPR-forordningens produktkrav omkring holdbarhed og reparation som har lovgivningsstatus, hvis der også fra dansk side iværksættes forbrugeroplysning via initiativer som et holdbarheds- og reparationsindeks.

Som det fremgår af denne gennemgang, er der en række opmærksomhedspunkter i relation til de kendte virkemidler i den produktorienterede miljøpolitik. Hvis klima- og miljøpolitikken betragtes mere overordnet, er der i hvert fald to yderligere opmærksomhedspunkter omkring produkternes holdbarhed, som er værd at fremhæve, og hvor det ene punkt omkring revision af affaldshierarkiet ikke hidtil har været berørt.

### 6.3.9 Science-Based Targets initiative (SBTi)

Som det blev fremhævet i Danfoss casen (afsnit 4.2), er opgørelsesmetoden ved SBTi baseret på de klimapåvirkninger, som organisationen er ansvarlig for. En øget produktholdbarhed kommer derfor til at virke som en slags "straf" for virksomheden, fordi opgørelsen omfatter CO<sub>2</sub>-udledninger i hele produktets levetid.

Dette er et opmærksomhedspunkt, som fra dansk side må rejses politisk sammen med virksomhederne i relevante fora. Der må findes metoder til at modvirke, at dette aspekt bliver et negativt incitament for virksomhederne til at forlænge produkternes holdbarhed.

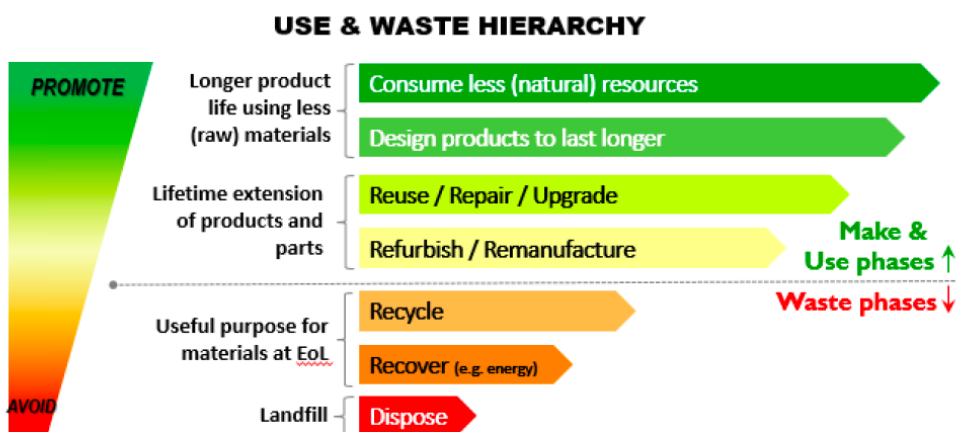
### 6.3.10 Fra affaldshierarki til et brugs- og affaldshierarki

Rationalet bag affaldshierarkiet har været at sikre en sundhedsforsvarlig håndtering af affald, og i dansk sammenhæng er mængden af affald til deponi blevet begrænset markant. Fokus er nu på at begrænse mængden til affaldsforbrænding og at øge genanvendelsen. Affaldshåndteringen bevæger sig nede fra og op i hierarkiet.

Dette sker til trods for, at forebyggelse altid har være den højeste prioritet, og at de indre cirkler i den cirkulære økonomi så som holdbarhed, reparation, vedligehold og direkte genbrug alle hører under forebyggelse. Sat på spidsen, så udgør affaldshierarkiet og den aktuelle fokusering på genanvendelse en barriere for cirkulære løsninger med fokus på genbrug og på forlænget produktlevetid gennem bl.a. reparation.

Et opmærksomhedspunkt er, at EU's affaldsrammedirektiv er planlagt revideret i 2023, og her kan der fra dansk side peges på nødvendigheden af en gennemgribende ændring, så prioriteterne fra den cirkulære økonomi om holdbarhed, reparationsvenlighed og direkte genbrug ikke bliver nedtonet til fordel for traditionel affaldshåndtering som genanvendelse og affaldsforbrænding.

Inspiration hertil kan hentes direkte fra det brugs- og affaldshierarki, som har været debatteret i standardiseringsregi i et stykke tid. Som det fremgår af nedenstående figur 16, er der her direkte fokus på holdbare produkter samt på levetidsforlængelse af såvel produkter som komponenter.



Figur 16 De cirkulære løsninger fordrer et brugs- og affaldshierarki (IEC-TC111, 2021)



## 7. Elementer i strategi for forlænget produktlevetid

I dette kapitel beskrives en overordnet ramme for, hvordan virksomheder kan udvikle en strategi for forlænget produktlevetid.

### 7.1 Potentiale for længere levetid ved dialog med brugere

Systematisk dialog med brugere om deres produkterfaringer kan blandt andet give en virksomhed indsigt i, om brugspraksisser med et produkt svarer til den praksis, som virksomheden forventede dengang produktet blev udviklet.

Som udvikler og designer i en virksomhed gør man sig – bevidst eller ubevidst – en række overvejelser om hvem der har ansvaret for korrekt brug af et produkt:

- Er det produktet, der skal sikre korrekt brug gennem interfacet til brugeren på kontrolpanel e.l.?
- Skal brugsanvisningen forklare korrekt brug?
- Er det brugerens eget ansvar at sikre korrekt brug?

Det er forskelligt, hvor meget viden virksomheder og forhandlere har om, hvordan brugere anvender de solgte produkter, og dermed hvorvidt de kan anvende en sådan viden systematisk og fremadrettet til at forbedre produkterne og forbedre informationen til brugerne. Det er bl.a. vigtigt, at virksomhederne har mulighed for at sammenligne deres oprindelige forestillinger om brugerne og deres praksis med de faktiske, måske meget forskellige, brugspraksisser.

Virksomheder mangler ofte viden om ibrugtagningen af deres produkter – dvs. den fase, hvor en ny bruger af et produkt skal danne sig sine egne erfaringer med at forstå et produkt og dets samspil med brugsanvisning, samfundets infrastruktur m.m.

### 7.2 Virksomheders analyse af service- og reparationserfaringer

Systematisk dialog med interne eller eksterne service- og reparationsfolk kan bidrage med viden om:

- Hvad er hyppige årsager til at produkter "går i stykker"?
- Er det muligt og nemt at udskifte "svage" komponenter ved reparation eller er det så vanskeligt at reparationer bliver komplicerede og relativt dyre, og produktet derfor hyppigt kasseres?
- Kan "svage" komponenter udskiftes til en bedre kvalitet i næste generation af produktet?
- Er det let at lave vedligeholdelse af produktet?

### 7.3 Strategier for lang produktlevetid

Produktlevetid formes af de valgte designstrategier og de tilhørende forretningsmodeller. De analyserede cases bekræfter opdelingen i Bocken et al (2016) i to overordnede strategier:

- 1) Design af holdbare produkter
- 2) Design af produkter, hvis levetid kan forlænges

Inden for de to overordnede strategier har casene vist, at der er forskellige muligheder for at designe eller re-designe et produkt. Disse er beskrevet i følgende underafsnit:

#### 7.3.1 Design af holdbare produkter

##### **Design af kvalitetsprodukter, der giver brugerne lyst til at have produktet i lang tid**

For forbrugerprodukter kan sådanne strategier fokusere på at sikre, at produkter har lang følelsesmæssig og psykologisk holdbarhed ved, at forbrugerne skaber sig en identitet gennem produktet. Denne form for holdbarhed påvirkes også af virksomheders strategi for udvikling af nye produkter, hvor hyppigt det sker og om tidligere produkter kan opgraderes til nye funktioner.

##### **Design af produkter med god funktionalitet og lang holdbarhed**

Dette aspekt af produkters holdbarhed drejer sig om den fysiske holdbarhed og pålidelighed, som produkter designes og produceres med. Denne holdbarhed påvirkes bl.a. af hvilke materialer der anvendes, hvordan materialer er kombineret og hvorvidt produktet har en hensigtsmæssig udformning. Disse valg har indflydelse på om produktet kan klare almindelig brug.

#### 7.3.2 Design af produkter, hvis levetid kan forlænges

##### **Design af produkter der er lette at vedligeholde og reparere**

Denne strategi fokuserer på at undgå produktforældelse ved at gøre det let at vedligeholde og reparere et produkt. Afhængig af produkttypen vil det være producenten, servicevirksomheder eller brugerne, der forestår vedligeholdelse og reparation. Dette aspekt af produktlevetiden afhænger bl.a. af hvor lang tid det er muligt at få adgang til reservedele, hvem der kan og må reparere et produkt – bl.a. af sikkerhedsmæssige og garantimæssige årsager – og hvad en reparation koster sammenlignet med indkøb af et nyt produkt.

##### **Design af produkter der kan opgraderes og tilpasses skiftende behov**

Modulopbygning af produkter kan forlænge et produkts levetid ved at produktkomponenter let kan udskiftes, hvis de går i stykker, eller produktet skal opgraderes eller udbygges, hvis brugeren ønsker det. Modularitet eller andre strategier for opgradering kan også være relevant, hvis nye produkter markedsføres med nye funktioner, som virksomheden også vil give brugere af eksisterende produkter mulighed for at få, uden de behøver at købe et nyt produkt. En sådan

strategi kan eventuelt kombineres med en forretningsmodel baseret på udlejning eller leasing, hvor brugerne kan have adgang til forskellige produkter afhængig af deres aktuelle behov. Det vil også give mulighed for løbende vedligeholdelse af produkter eller udskiftning af komponenter i form af såkaldt "genfremstilling" / istandsættelse af produktet.

### **Design af produkter der lever op til ofte anvendte standarder og normer**

Denne strategi fokuserer på at designe og anvende produktkomponenter og interfaces, der passer sammen med andre produkter for at muliggøre multifunktionalitet og modularitet for produkter, hvor det er relevant (bl.a. elektronisk udstyr). Det kan betyde, at et produkts levetid kan forlænges, fordi det kan tilpasses nye brugerbehov ved f.eks. at kunne fungere sammen med andre produkter. Standarderne kan bl.a. være standarder for fysiske dimensioner, software, kvalitet samt tests og testprocedurer.

### **Design af produkter der er lette at adskille og samle**

En række strategier for længere produktlevetid er baseret på muligheden for at adskille og samle et produkt igen. Denne mulighed er bl.a. påvirket af de anvendte samle- og sammenføjningsteknikker, samt om det er let at forstå hvordan adskillelse og samling sker, f.eks. ved hjælp af brugsanvisningen. Eksempelvis kan limning gøre adskillelse og samling vanskelig, mens skruer som samleteknik gør adskillelse og samling lettere.

## **7.4 Hvordan skal forretningsmodel og intern organisering tilpasses cirkulær økonomi?**

I forhold til de fleste produktgrupper er markedet differentieret, hvor nogle producenter satser på høj kvalitetsprodukter med længere levetider, mens andre producenter konkurrerer i forhold til et marked, hvor priskonkurrence er dominerende.

Som led i at sikre produkter længere levetid er det nødvendigt at overveje, hvad dette kan indebære af ændrede relationer til leverandører, kunder, brugere samt service- og reparationsfolk. En analyse af konkurrenters strategier kan være med til at pege på ideer og nødvendigheden af at agere eller vise, at der er mulighed for at være "first mover". De overvejelser en virksomhed bør gøre sig, kan være:

- Hvilke muligheder er der for at re-designe et produkt eller komponenter, der begrænser produktets levetid, eventuelt i samarbejde med leverandører og kunder?
- Er det muligt i dialog med kunderne at få viden om brugernes erfaringer med produkter med henblik på dialog om udvikling af ideer til forbedringer af selve produktet, muligheder for vedligeholdelse, ændringer i interface til brugeren, bedre information i brugsanvisning om brug, vedligeholdelse, reparation m.m.?
- Er det muligt gennem dialog med interne eller eksterne service- og reparationsfolk at skabe et systematisk overblik over erfaringer fra service og reparation og anvende disse erfaringer fremadrettet i produktforbedringer og produktudvikling?

- Skal der etableres en ordning for tilbagetagning af brugte produkter med henblik på genfremstilling i form af udskiftning af kritiske komponenter e.l. og derefter gensalg af produktet? Skal der etableres mulighed for leje eller leasing for produkter? Hvilke ændringer vil det indebære i relationer til leverandører, kunder og brugere?
- Hvordan påvirkes virksomhedens indtægter, udgifter og investeringsbehov ved en strategi for længere produktlevetid?

## Bibliografi

- ADEME. 2021.** *Preparatory study for the introduction of a durability index.* Fraunhofer IZM. : ADEME, In Extenso Innovation Croissance, 2021. p. 180.
- Alfieri, Felice, et al. 2018.** An approach to the assessment of durability of Energy-related Products. *25th CIRP Life Cycle Engineering (LCE) Conference.* 2018.
- Alfieri, Felice, et al. 2018.** *JRC technical reports. Durability assessment of products: analysis and testing of washing machines.* 2018. European Commission. Final report for Task 3 of the AA N. 070201/2015/SI2.719458/ENV.A.1.
- Ardente, Fulvio and Mathieux, Fabrice. 2014.** Environmental assessment of the durability of energy-using products: method and application. *Journal of Cleaner Production.* 2014, pp. 62-73.
- Audi. 2021.** *Audi Magazine no. 4, 2021.* : Skandinavisk Motor Co. A/S, 2021.
- Balogun, Yusuf. 2022.** Samsung's 20-year Warranty Commitment Proves it Produces High-Quality Products. *techgenys.* [Online] 08 22, 2022. <https://www.techgenyz.com/2022/08/22/samsungs-20-year-warranty-commitment/#:~:text=Samsung%E2%80%99s%2020-year%20guarantee%20on%20digital%20inverter%20technology%20%28motor%2Fcompressor%29,does%20not%20cover%20any%20goods%20that%20were%20outsourced..>
- BANG & OLUFSEN. 2022.** B&O. *Beosound Level højtaleren.* [Online] 2022. <https://www.bang-olufsen.com/da/dk/hoejttalere/beosound-level>.
- Bjerre, Markus. 2021.** *Data som driver den cirkulære omstilling.* Erhvervsstyrelsen. : Erhvervsstyrelsen, 2021.
- Bloomberg. 2022.** The Next Big Battery Material Squeeze Is Old Batteries. *Bloomberg Green.* [Online] 09 01, 2022.
- Bobba, Silvia, Ardente, Fulvio and Mathieux, Fabrice. 2016.** Environmental and economic assessment of durability of energy-using products. *Journal of Cleaner Production.* 2016, pp. 762-776.
- Bundgaard, A., Mosgaard, M. and Remmen, A. 2017.** From energy efficiency towards resource efficiency within the Ecodesign Directive. *Journal of Cleaner Production.* 144, 2017, pp. 358-374.
- Bundgaard, Anja Marie and Huulgaard, Rikke Dorothea. 2019.** Luxury products for the circular economy? A case study of Bang & Olufsen. *Business Strategy and the Environment.* 28, 2019, pp. 699-709.
- Bundgaard, Anja Marie, et al. 2021.** *Requirements on material efficiency within the Ecodesign directive.* 2021.
- Bundgaard, Anja Marie, Remmen, Arne and Zacho, Kristina Overgaard. 2015.** *Ecodesign Directive version 2.0 From Energy Efficiency to Resource Efficiency.* : Miljøstyrelsen, 2015.
- Cerulli-Harms, A., et al. 2018.** *Behavioural Study on Consumers' Engagement in the Circular Economy - Final Report.* : Publications Office of the European Union, 2018.
- Cooper, Tim. 2016.** *Longer Lasting Products. Alternatives to the Throwaway Society.* : Routledge, 2016.
- Cordella, Mauro, et al. 2021.** Durability of smartphones: A technical analysis of reliability and repairability aspects. *Journal of Cleaner Production.* 286, 2021.



- Dansk Standard. 2019.** *Bæredygtighed inden for byggeri og anlæg - Miljøvaredeklarationer - Grundlæggende regler for produktkategorien byggevarer*, 2019. DS/EN 15804:2012+A2:2019 .
- Dansk Standard. 2020a.** *DS/EN 45552:2020. Generelle metoder til vurdering af holdbarhed for energirelaterede produkter*. Dansk Standard, 2020a.
- **2020b.** *DS/EN 45553:2020 Generel metode til vurdering af muligheden for genfremstilling af energirelaterede produkter*, 2020b.
- **2020c.** *DS/EN 45554:2020 Generelle metoder til vurdering af muligheden for at reparere, genbruge og opgradere energirelaterede produkter*. 2020c.
- Dell Technologies. n.d.**. *Our purpose in action FY22 Environmental, Social and Governance Report*. : DELL, n.d.
- den Hollander, Marcel C. , Bakker, Conny A. and Hultink, Erik Jan. 2017.** Product design in a Circular Economy. Development of a Typology of Key Concepts and Terms. *Journal of Industrial Ecology*. 2017, Vol. 21, 3, pp. 517-525.
- Dodd, Nicholas, et al. 2020.** *Preparatory study for solar photovoltaic modules, inverters and systems*. : Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2020. EUR 30468 EN,.
- EEA. 2020a.** *Electronic products and obsolescence in a circular economy*. : European Environmental Agency, 2020a.
- **2020b.** *Europes consumption in a circular economy: the benefits of longer-lasting products*. : European Environment Agency, 2020b. .
- EEB. 2019a.** *Cool products: Don't cost the Earth*. : European Environmental Bureau, 2019a. .
- **2019b.** *Coolproducts don't cost the earth - full report*. : European Environmental Bureau, 2019b. .
- Ellen Macarthur Foundation. 2019.** *Completing the Picture How the Circular Economy Tackles Climate Change*. Ellen MacArthur Foundation and Material Economics. 2019.
- European Commission. 2022b.** *Annexes to the Commission proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council establishing a framework for setting ecodesign requirements for sustainable products and repealing Directive 2009/125/EC*. : European Commission, 2022b. .
- **2015a.** *COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT: Evaluation of the Energy Labelling and Ecodesign Directives: Accompanying the document: Report from the Commission to the European Parliament and the Council on the review*. 2015a.
- **2021.** *Discussion paper on potential Ecodesign requirements and Energy Labelling scheme(s) for photovoltaic modules, inverters and systems*. 2021.
- **2022a.** *Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL establishing a framework for setting ecodesign requirements for sustainable products and repealing Directive 2009/125/EC*. : European Commission, 2022a. .
- **2015b.** *The Durability of Products - Final Report. standard assessment for the CE under the Eco-Innovation Action Plan*. 2015b.
- Europump. n.d.**. *EUROPEAN PUMP INDUSTRY. ENERGY COMMITMENT*. n.d.

- . **2022.** Europump. *The Voice of the european Pump Industry*. [Online] 2022. <https://europump.net/index.php>.
- Eurostat. 2022.** Waste statistics - electrical and electronic equipment. *eurostat*. [Online] november 2022. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste\\_statistics\\_-\\_electrical\\_and\\_electronic\\_equipment](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics_-_electrical_and_electronic_equipment).
- Fairphone. 2021.** *FAIRPHONE'S IMPACT 2021 Change is in your hands*. : Fairphone, 2021.
- Festool. 2022.** Festool. *Springtegning af Festool Stiksav. Hentet fra*. [Online] 2022. [https://colorbase.de/Festool-Halter\\_5](https://colorbase.de/Festool-Halter_5).
- . **n.d.** Festools firmahistorie. *Festool*. [Online] n.d. [Cited: 09 07, 2022.] <https://www.festool.dk/om-festool/firmahistorie>.
- . **2022.** Produkter. *Vores produktgrupper*. [Online] 2022. <https://www.festool.dk/produkter>.
- Forti, Vanessa, et al. 2020.** *The Global E-waste Monitor 2020 Quantities, flows, and the circular economy potential*. 2020.
- Grundfos. 2022.** Grundfos. *We respect, protect and advance the flow of water*. [Online] 2022. [www.grundfos.com](http://www.grundfos.com).
- Hoekstra, Auke and Steinbuch, Maarten. 2019.** *Comparing the lifetime green house gas emissions of electric cars with the emissions of cars using gasoline or diesel*. : Eindhoven University of Technology, 2019.
- Holt, Julie Ring-Hansen. 2022.** Lang produktlevetid bliver straffet i populær standard til klimaaftryk. *BØRSEN*. [Online] 10 25, 2022. <https://borsen.dk/nyheder/baeredygtig/lang-produktlevetid-bliver-straffet-i-populaer-standard>.
- Hovgaard, Laurids. 2022.** Glem energimærket på vaskemaskiner og tørretumblere - levetiden er vigtigst. *WasteTech PRO*. 2022.
- IEC-TC111. 2021.** *Guidance on material circularity considerations in environmentally conscious design: PT111-1/WD8 (final)*. : INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, 2021. 111/635/NP.
- Ing.dk. 2022.** Hofor har fundet svaret: Sådan fordobles levetiden på Middelgrunds-møllerne. *Ingeniøren*. [Online] 06 16, 2022. <https://ing.dk/artikel/hofor-har-fundet-svaret-saadan-fordobles-levetiden-paa-middelgrunds-moellerne-258269>.
- Iraldo, Fabio, Facheris, Camilla and Nucci, Benedetta. 2017.** Is product durability better for environment and for economic efficiency? A comprehensive assessment applying LCA and LCC to two energy-intensive products. *Journal of Cleaner Production*. 2017, pp. 1354-1364.
- Jørgensen, M., Remmen, A. and Guldmann, E. 2018.** *Vejledning i udvikling af virksomhedsstrategi for længere produktlevetid som del af cirkulær økonomi*. : Aalborg universitet, 2018.
- Jørgensen, Michael Søgaard. 2021a.** En samfundsvidenskabelig teori om den lineære økonomi: Accelerationssamfundet og dets dynamikker. *Ingeniøren*. 2021a.
- . **2021b.** *Erfaringer hos borgere i Region Hovedstaden med reparation og genbrug af elektriske og elektroniske produkter, beklædning og møbler*. : Affald og Ressourcer på Tværs, 2021b.

—. **2022a.** Forstå lineær økonomi gennem skabelse og destruktion af værdi. *Ingeniøren*. [Online] 2022a. [https://pro.ing.dk/wastetech/holdning/forstaa-lineaer-oekonomi-gennem-skabelse-og-destruktion-af-vaerdi?check\\_logged\\_in=1](https://pro.ing.dk/wastetech/holdning/forstaa-lineaer-oekonomi-gennem-skabelse-og-destruktion-af-vaerdi?check_logged_in=1).

—. **2022b.** Kampen om forbrugerelektronikkens produktlevetid i 2021. *Ingeniøren*. 2022b.

**Kanafani, K., et al. 2021.** *Klimaeffektiv renovering: Balancen mellem energibesparelse og materialepåvirkninger i bygningsrenovering*. : Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet, 2021. BUILD Rapport Nr. 2021:24.

**Landberg, Reed. 2017.** Bloomberg New Energy Finance. *Clean Energy is Approaching a Tipping Point*. [Online] september 19, 2017. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-09-19/tipping-point-seen-for-clean-energy-as-monster-turbines-arrive?leadSource=uverify%20wall>.

**Maitre-Ekern, Eléonore and Dalhammar, Carl. 2016.** Regulating Planned Obsolescence: A Review of Legal Approaches to Increase Product Durability and Reparability in Europe. *Review of European Community & International Environmental Law*. 2016, 3, pp. 378-394.

**Martinez-Laserna, E., et al. 2018.** Battery second life: Hype, hope or reality? A critical review of the state of the art. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 93, 2018.

**Metabolic. 2020.** *CIRKULÆRE MULIGHEDER I AFFALDSSYSTEMET Affaldsanalyse af hovedstadsregionen*. : Metabolic, 2020. .

**Miljø- og Fødevarerministeriet. 2017.** *Advisory Board for cirkulær økonomi anbefalinger til regeringen*. : Miljø- og Fødevarerministeriet, 2017. .

**Mogensen, Kasper. 2021.** *Levetider for udvalgte apparater 2020*. : Energistyrelsen, 2021.

**Mora, Eduardo Peris. 2007.** Life cycle, sustainability and the transcendent quality of building materials. *Building and Environment*. 2007, Vol. 42, pp. 1329-1334.

**Morales, Alberto Huerta. 2021.** *Circular Economy And Public Procurement: Dialogues, Paradoxes and Innovation*. : Ph.D dissertation. Aalborg University, 2021.

**OECD. 1982.** *Product durability and product-life extension*. : OECD, 1982.

**Oehme, Ines, et al. 2017.** *Strategies against obsolescence, Ensuring a minimum product lifetime and improving product service life as well as consumer information*. : German Environment Agency, 2017. position // november 2017.

**Oeko-Institut e.V. 2018.** *Repair or replace? Extending the lifespan of your home appliances - FAQs and helpful hints*. 2018.

**Okumura, S., Morikuni, T. and Okino, N. 2001.** Life design for remanufacturing durable products. *2nd International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing, EcoDesign 2001*. 2001, pp. 275-280.

**Oldyrevas, Ernestas and McAlister, Catriona. 2020.** *Long live the machine - How ecodesign & energy labelling can prevent premature obsolescence of laptops*. : ECOS, 2020.

**Remmen, Arne and Kristensen, Heidi Simone. 2016.** *Cirkulær økonomi & Netværk for Bæredygtig Erhvervsudvikling NordDanmark*. 2016.

- Right To Repair. 2021.** The French repair index: challenges and opportunities. *RIGHT TO REPAIR*. [Online] 23, 2021. <https://repair.eu/news/the-french-repair-index-challenges-and-opportunities/>.
- Robson, Glen. 2021.** Pushing the Boundaries of Sustainable PC Design: Concept Luna. *Dell Technologies Blog*. [Online] Dell, dec 14, 2021. <https://www.dell.com/en-us/blog/pushing-the-boundaries-of-sustainable-pc-design-concept-luna/>.
- Roser, Max. 2020.** Why did renewables become so cheap so fast? *Our World in Data*. [Online] 12 1, 2020. <https://ourworldindata.org/cheap-renewables-growth>.
- Schulz-Mönnighoff, Magnus. 2022.** *Finding new purpose: Electric vehicle battery repurposing as a case for implementing a circular economy in automotive industry*. : Aalborg Universitetsforlag, 2022. 978-87-7573-844-1.
- Solcelleguiden.dk. 2019.** Solcelleguiden.dk. *En guide to solceller og solcelleanlæg for erhverv og private*. [Online] 2019. <https://www.solcelleguiden.dk/>.
- Sun, Jennifer J., Bellezza, Silvia and Paharia, Neeru. 2021.** Buy Less, Buy Luxury: Understanding and Overcoming Product Durability Neglect for Sustainable Consumption. *Journal of Marketing*. 2021, Vol. 83, 3, pp. 28-43.
- Tecchio, Paolo, et al. 2017.** In search of standards to support circularity in product policies: A systematic approach. *Journal of Cleaner Production*. 2017, pp. 1533-1546.
- TNS. 2014.** *Flash EuroBarometer 388. Attitudes of Europeans Towards Resource Efficiency*. : European Union, 2014.
- van Nes, Nicole and Cramer, Jacqueline. 2006.** Product lifetime optimization: a challenging strategy towards more sustainable consumption patterns. *Journal of Cleaner Production*. 2006, pp. 1307-1318.
- WRAP. 2010.** *Environmental assessment of consumer electronic products. A review of high volume consumer electrical products through Lifecycle Assessments, to compare their relative environmental impacts and identify future trends*. : Waste & Resources Action Programme, 2010.