

Baggrundspapir vedr. kampagne om sparepærer og kviksølv

05.02.2015

1. Indledning

Miljøstyrelsen gennemfører en kampagne, der bl.a. skal informere danskerne om kviksølv i sparepærer. Kampagnen skal tage udgangspunkt i den tidligere kampagne fra 2010. Kampagnen skal bl.a. informere om sundhedsrisikoen ved kviksølv i sparepærer, hvis disse går i stykker, korrekt affaldshåndtering og informere om alternativet til brug af sparepærer – LED. En kortlægning af kviksølv foretaget for Miljøstyrelsen (LOUS kortlægning, Maag et al., 2014) har vist, at den største anvendelse af kviksølv i Danmark er i sparepærer.

FORCE Technology har til kampagnen udarbejdet dette baggrundspapir. Formålet med baggrundspapiret er at fremlægge information om følgende:

- Fakta om miljø- og sundhedskonsekvenser ved kviksølv og sparepærer.
- Give bud på opgørelse af, hvor store mængder kviksølv der er i sparepærer i de danske husstande.
- Give bud på opgørelse af, hvor store mængder sparepærer og dermed kviksølv der årligt fejlsorteres.
- Give bud på opgørelse af, hvilke mængder kviksølv der årligt udledes til miljøet som konsekvens af fejlsortering.
- Give bud på opgørelse af, hvor mange penge, hvor meget el og hvor stor udledning af kviksølv og CO₂, som det danske samfund årligt sparer som konsekvens af glødepærens udfasning.
- Beskrive, hvordan lyskilder genanvendes efter indsamling.

Der er i samarbejde med Rostra Kommunikation opstillet en række korte faktabokse om kviksølv og sparepærer, der kan bruges i formidlingen.

2. Faktabokse om sparepærer og kviksølv

Kviksølv og sparepærer

- Alle sparepærer og lysstofrør skal kildesorteres, da de indeholder kviksølv
- Kviksølv er giftigt for mennesker, uanset hvilken form kviksølvet har
- Intakte sparepærer og lysstofrør frigiver ikke kviksølv
- Sparepærer, der forbrændes med blandet restaffald, frigiver små mængder kviksølv til luften, hvorfra det spredes i miljøet ophobes gennem fødekæden
- Kviksølv spredes nemt i naturen og nedbrydes ikke med tiden

Kilde: FORCE Technology

Fakta om sparepærer

- Undersøgelser viser, at mange danskere ikke ved, at en sparepære indeholder kviksølv
- I en gennemsnitlig dansk husstand finder man cirka 10 sparepærer
- Der sælges ca. 6 mio. sparepærer årligt
- Ca. 131 tons kviksølvholdige sparepærer ender hvert år i den forkerte skraldespand
- Det er ca. hver femte brugte sparepærer, som ender i den forkerte skraldespand og dermed risikerer at ende som en fare for miljø og sundhed
- Sparepærer bruger væsentligt mindre strøm end glødepærer og mindsker dermed kviksølvudledningen ved at reducere energiproduktionen på kulkraftværker

Kilde: FORCE Technology og Miljøstyrelsen

Kviksølv er sundhedsskadeligt

- Kviksølv er giftigt for mennesker, uanset hvilken form kviksølvet har
- Kviksølv kan påvirke menneskets nervesystem og medføre tab af intelligens
- Kviksølv er farligt for små børn, da det giver risiko for langsommere indlæring og udvikling
- Kviksølv kan optages i planter og dyr, specielt fede fisk, og dermed indgå i den mad, vi spiser

Kilde: FORCE Technology og Miljøstyrelsen

Kviksølv og miljøet

- Omkring 4 kg kviksølv ender årligt i forbrændingsanlæg på grund af fejlsortering af brugte sparepærer
- Kviksølv spredes nemt i miljøet
- Kviksølv kan ikke nedbrydes i naturen og ophører derfor ikke med at være farligt
- Kviksølv ophobes i fødekæden, så der er en øget risiko for at større dyr som fx visse spisefisk indeholder kviksølv

Kilde: FORCE Technology

Fordele ved LED-pærer frem for sparepærer

- LED-pærer er fri for kviksølv – det er sparepæren ikke
- LED-pærer bruger ca. 25 % mindre strøm end sparepærer
- LED-pærer har en længere levetid end sparepærer – op til 10-25 år (ofte længere end lampen)
- LED-pærer tænder uden forsinkelse modsat mange sparepærer
- LED-pærer fungerer fint udendørs, da de ikke er temperaturfølsomme som sparepærer
- LED-pærer har en bedre effektivitet (målt i lysmængde per watt), samt en bedre farvegengivelse (Ra) og farvetemperatur (Kelvin) end sparepærer
- LED-pærer tåler mange tænd/sluk, og de bliver mindre varme end glødepærer og halogenpærer
- LED bruges i alverdens elektriske apparater og alt fra digitale ure og fjernbetjening til informationsskærme og vejkryds
- En fuldstændig overgang fra sparepærer til LED-pærer ville årligt spare samfundet for ca. 18 kg kviksølv, ca. 17.000 tons CO₂ og elektricitet for 115 mio. kr.

Kilde: Energistyrelsen, FORCE Technology og Dansk Center for Lys

3. Miljø- og sundhedseffekter ved kviksølv

Kilder anvendt til dette afsnit er LOUS kortlægningen af kviksølv (Maag et al., 2014) og det tidligere kortlægningsprojekt fra Miljøstyrelsen om ”Kortlægning og sundhedsmæssig vurdering af kviksølv i energisparepærer og lysstofrør” (Poulsen et al., 2010).

3.1. Kort om kviksølv og miljø

- Kviksølv er et grundstof og er derfor ikke nedbrydeligt i miljøet.
- I miljøet omdannes kviksølv til metylkviksølv.
- Kviksølv er flygtigt og spredes derfor nemt i miljøet.
- Kviksølv (omdannet til metylkviksølv) bioakkumuleres op gennem fødekæden.

3.2. Kort om kviksølv og sundhed

- Kviksølv er meget giftigt og er uønsket pga. dets sundhedsskadelige effekter.
- Kviksølv er giftigt, uanset på hvilken form det forekommer.
- Kviksølv (methylkviksølv) er bl.a. neurotoksisk og kan medføre tab af intelligens/IQ.
- Kviksølv kan medføre svækkelse af indlæringssevne hos ufødte og små børn, samt påvirke udviklingen (følefunktioner, motorik, hukommelse og opmærksomhed).

3.3. Eksponering for kviksølv

Kviksølv er flygtigt, men kviksølvdampe er væsentlig tungere end luft. På grund af denne egenskab vil kviksølvdampe – hvis en sparepære slås i stykker i hjemmet – fordele sig langs gulvet i et rum med utilstrækkelig ventilation. Dette er årsagen til, at Miljøstyrelsens vejledning, hvis sparepæren går i stykker, handler om kraftig og langvarig udluftning.

Da kviksølv er meget giftigt selv i små mængder, er al eksponering for kviksølv uønsket. Vi bliver primært eksponeret for kviksølv via følgende kilder:

- Indtag af fede fisk, da kviksølv ophobes i fødekæden – kviksølv i fisk stammer fra udledning til miljøet.
- Kviksølvamalgam i tandfyldninger.

Herudover kan vi blive eksponeret for kviksølv via sparepærer, der indeholder kviksølv – men kun hvis de går i stykker eller sendes til forbrænding. Intakte pærer frigiver ikke kviksølv.

4. Miljøstyrelsens vejledning, hvis en sparepære går i stykker

Disse råd er gengivet fra Miljøstyrelsens tidligere kampagne om sparepærer i 2010 og er stadig gældende.

1. Åben vinduet

En sparepære, der går i stykker, frigiver små mængder kviksølvdampe, som du bør undgå at indånde. Åbn vinduet, og lad det stå åbent, mens du gør rent.

2. Skrab op med karton og tør efter med våd køkkenrulle

Det er vigtigt, at du får samlet alle rester op.

Lad være med at bruge kost eller støvsuger – det spreder kviksølvet i rummet.

Brug i stedet karton til at skrabre resterne op med. Tape kan bruges til at samle rester i sprækker og revner. Tør efter med våd køkkenrulle for at få de sidste små rester med.

3. Læg resterne i en lufttæt beholder og aflever på genbrugsstation

Pak resterne mv. forsvarligt ind og læg det i en lufttæt beholder, f.eks. et syltetøjsglas eller en frysepose. Aflever det på genbrugsstationen eller til anden kommunal indsamling, hvor der kan afleveres sparepærer.

4. Luft ekstra ud bagefter

Sørg for gennemtræk i 15 minutter efter oprydningen.

For en sikkerheds skyld er det også en god idé at lufte ekstra ud de efterfølgende 14 dage, da der kan være små rester kviksølv tilbage.

Kilde: http://mst.dk/media/mst/69188/kviksoelvkamp_folder_enklt.pdf

5. Sådan genanvendes lyskilder

Lyskilder er eksempelvis gammeldags glødepærer, halogenpærer, sparepærer, LED-pærer og lysstofrør. Alle lyskilder kan genanvendes, hvis de affaldssorteres korrekt.

Sparepærer og lysstofrør indeholder tungmetallet kviksølv – derfor er det vigtigt, at de afleveres efter reglerne i den lokale affaldsordning. Det sikrer, at indholdet af kviksølv behandles under forsvarlige forhold og ikke ender som en sundheds- og miljørisiko.

1. I brug hos forbrugeren

I gennemsnit havde hver dansk husholdning i 2012 10 sparepærer, 4 glødepærer, 2 lysstofrør, 6 halogenpærer og 2 LED-pærer. Sparepærer, lysstofrør og LED-pærer har en langt længere levetid end glødepærer og halogenpærer – men på et eller andet tidspunkt virker de ikke længere.

2. Affaldssortering hos forbrugeren

Lyskilder skal i den rette affaldsbeholder for at blive genanvendt. Ellers bliver de sendt til forbrænding. Sørg for, at lyskilderne afleveres i hel stand, da glasskår og kviksølv kan være til fare.

LED-pærer indeholder kompliceret elektronik og skal derfor afleveres til genanvendelse. Se nærmere i din lokale affaldsordning.

Sparepærer og lysstofrør indeholder kviksølv og skal altid afleveres efter reglerne i den lokale affaldsordning. Det kan være på genbrugsstationen eller via kommunens indsamlingsordning for elektronikaffald og/eller farligt affald (fx miljøboks, miljøskab, eller miljøbil). På genbrugsstationen kan man aflevere sparepæren til personalet (gerne i original emballage) for at være sikker på, at den kommer det rigtige sted hen. Man kan normalt også aflevere brugte sparepærer i den forretning, hvor man køber sin nye pære. Så er man sikker på, at kviksølvet behandles forsvarligt og ikke ender som forurening af miljøet og til fare for menneskers sundhed.

Materialerne i **glødepærer og halogenpærer** kan genanvendes til nye produkter, hvis de sorteres sammen med sparepærer eller LED-pærer.

3. Lyskilderne samles og transporteres til genvindingsanlæg

Lyskilderne kan kun genanvendes på særlige genvindingsanlæg.

4. Lyskilderne knuses og vaskes i et beskyttet anlæg

Efter sortering bliver lyskilderne knust og vasket med vand i et beskyttet anlæg, hvor det kviksølvholdige lyspulver fra sparepærer og lysstofrør holdes under kontrol.

5. Delene sorteres i bl.a. glas, metal, plast og lyspulver fra sparepærer og lysstofrør

De knuste dele sorteres i glas, metal (blandt andet aluminium), plast og lyspulver ved hjælp af en række forskellige processer.

6. Kviksølv fra sparepærer og lysstofrør udskilles og deponeres

Kviksølvet udskilles fra lyspulveret fra sparepærer og lysstofrør. Kviksølv skal ifølge dansk lovgivning udtages og afleveres til virksomheder godkendt til deponering af kviksølv. Det resterende lyspulver samles med henblik på senere at udvinde de sjældne jordmetaller i lyspulveret.

7. Glas og metal anvendes i nye produkter

Glas, aluminium og andet metal fra lyskilderne er nu klar til at blive brugt til produktion af nye produkter.

8. Nye varer i butikkerne

Genanvendt glas, aluminium og andet metal kan blandt andet blive til nye lyskilder, men også andre produkter.

Kilder:

- Elmodel-Bolig (http://statistic.electric-demand.dk/Files/2012_spørgeskema_res.pdf)
- Beskrivelsen af genanvendelse af sparepærer er baseret på diverse vejledninger fra kommuner samt Lyskildebranchens beskrivelse af det system til genanvendelse af sparepærer, som de har etableret for at opfylde kravene i lovgivningen omkring WEEE (Waste from Electric and Electronic Equipment).
- Lyskildebranchens WEEE Forening (<http://www.lwf.nu/430/faq> og <http://www.lwf.nu/346/lyskilder-som-affald>, <http://www.lwf.nu/348/fra-farligt-affald-til-nyt-lys>) om affald.
- LOUS review: "Survey of mercury and mercury, compounds", Environmental Project No. 1544, 2014. Danish EPA.
- BEK nr. 130 af 6.2.2014 "Bekendtgørelse om at bringe elektrisk og elektronisk udstyr i omsætning, samt håndtering af affald af elektrisk og elektronisk udstyr".

6. Beregninger af omfang og konsekvenser

De følgende beregninger af hvor store mængder kviksølv, der er i sparepærer i de danske husstande, foretages på baggrund af oplysninger om gennemsnitlig mængde af kviksølv per sparepære (baseret på nyeste tal fra 2014 (Bigum, 2014) samt oplysninger om det gennemsnitlige antal sparepærer per husstand (Elmodel-Bolig, 2013).

Bigum (2014) har angivet, hvor stor en mængde sparepærer, der årligt fejlsorteres i danske husstande. Disse værdier er baseret på gennemgang/analyser af udvalgte husstandes affald. I Bigum (2014) refereres til flere undersøgelser. Bigum (2014) angiver ligeledes emissioner af kviksølv fra et moderne dansk affaldsforbrændingsanlæg. Disse værdier er anvendt til beregning af den totale udledning af kviksølv, når sparepærer fejlsorteres og ender i husholdningsaffaldet frem for det kildesorterede affald.

Endelig beregnes besparelsen i el, kviksølv, CO₂ og penge som følge af udfasningen af glødepæren på det danske marked. Denne beregning er foretaget på baggrund af faktiske tal omkring energiforbruget til belysning på det danske marked (baseret på Elmodel-Bolig, udtræk januar 2015). Det vil sige, at der ikke udelukkende er tale om en forskel mellem elforbrug fra glødepærer til sparepærer, men om en beregning på baggrund af den faktiske brug af forskellige lyskilder, herunder også brug af halogenpærer.

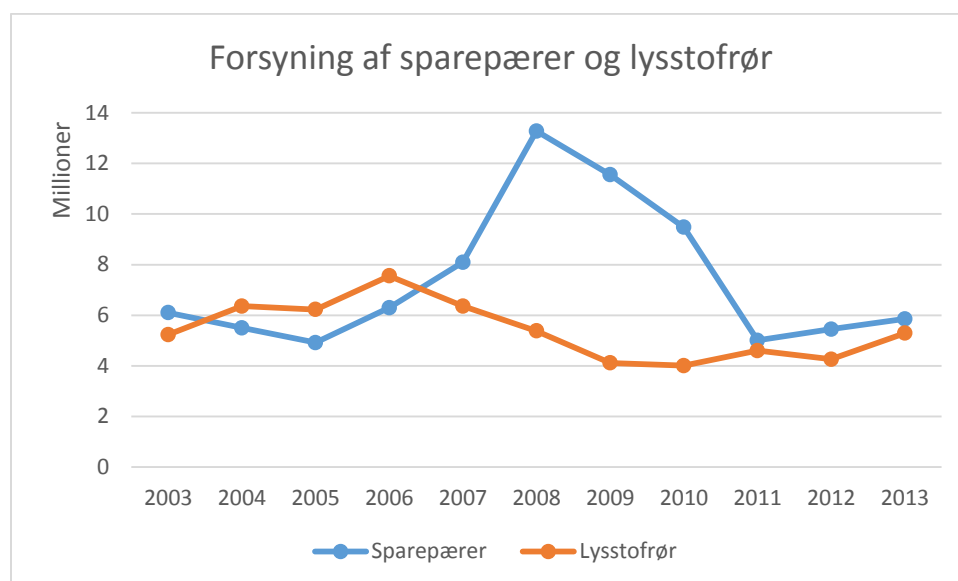
En prognose for en fremtidig fuldstændig udskiftning af sparepærer med LED kan ikke foretages med samme metode, da der ikke foreligger faktiske data på energiforbrug på LED endnu, men der kan foretages en sammenligning mellem energiforbruget for sparepærer og LED, hvorved en model for besparelser kan opstilles.

6.1. Antal sparepærer i Danmark

Udviklingen i forsyningen af sparepærer i Danmark kan ses i Figur 1. Importen – og dermed også salget – af sparepærer begyndte at stige efter 2006, nåede et foreløbigt toppunkt i 2008 og har nu stabiliseret sig

omkring godt 6 millioner sparepærer om året (Import og eksport af lysstofrør og lysstoflamper med en eller flere end to sokler. Udtræk fra Danmarks Statistik, januar 2015).

Sparepærene har en levetid på adskillige år ved normal brug i en husholdning, og det er derfor vanskeligt at give et præcist tal for, hvor mange pærer der hvert år bliver udskiftet. Gennemsnittet af salget af sparepærer for de sidste 10 år er på 7,4 millioner sparepærer. I 2013 blev der solgt godt **6 millioner sparepærer i Danmark**, men om disse går direkte til udskiftning af defekte pærer eller til lager i husholdninger er uvist. Hvis nogle indkøbte pærer går til lager i stedet for udskiftning, betyder det, at det årlige forbrug af sparepærer bliver overestimeret.



Figur 1. Forsyning af sparepærer og lysstofrør i Danmark defineret som import minus eksport, da der ikke er nogen produktion i Danmark. Udtræk fra Danmarks Statistik, januar 2015.

Udviklingen i udbredelsen af forskellige typer lyskilder er beskrevet i den seneste rapport fra Elmodel-Bolig (2013)¹. Informationerne omkring antal lyskilder per husstand fra Elmodel-Bolig er gengivet i tabellen nedenfor.

¹ http://statistic.electric-demand.dk/Files/2012_spørgeskema_res.pdf

Lyskilde	Tendens fra 2006 til 2012	Antal lyskilder pr. husstand			
		2012	2010	2008	2006
Sparepærer	Udbredelsen er steget.	9,6	8,2	7,2	4,6
Glødepærer	Udbredelsen falder støt. 1/3 har ingen glødepærer.	3,8	6,8	7,6	9,0
Lysstofrør	Udbredelsen er faldet/stabiliseret.	2,2	2,6	3,6	2,0
Halogenpærer	Udbredelsen er faldet. 2010-tallet kan være en outlier, hvorved 2012-tallet mere udtrykker en fastholdelse af udbredelsen.	6,3	8,8	5,6	6,1
Diodepærer (LED)	Udbredelsen er endnu svag, men er steget. 27 % har en eller flere. 2008 og 2010 er outlier (der blev bl.a. spurgt lidt forskelligt og svarkvaliteten er lav).	1,9	7,7	5,7	0,7
Lyskilder samlet	Gennemsnit	23,7	26,4	24,0	22,4

Tabel 1. Antal lyskilder per husstand fra Elmodel-Bolig (2013).

Danmarks Statistik opgiver antallet af husstande i Danmark til at være ca. 2,6 mio. husstande². Det samlede antal sparepærer i de danske husstande kan således beregnes til 2.600.000 husstande x 9,6 sparepærer/husstand = 24,96 mio. sparepærer eller **ca. 25 mio. sparepærer i 2012**. Hvert år (baseret på forsyningen i 2013) sælges som nævnt ovenfor yderligere ca. 6 mio. sparepærer.

Lysstofrør berøres i øvrigt kun i begrænset omfang i dette notat, da det overordnet vurderes, at lysstofrør ikke har erstattet glødelamper i nævneværdigt omfang de sidste 10 år.

6.2. Sparepærers indhold af kviksølv

Indholdet af kviksølv i de sparepærer, der udskiftes, ligger mellem 1,2 og 4,9 mg per lyskilde (Poulsen et al., 2010). I en ny PhD-afhandling (Bigum, 2014) er indholdet af kviksølv på baggrund af en gennemgang af eksisterende litteratur estimeret til at være 28,8 mg/kg sparepære.

I samme PhD-afhandling (Bigum, 2014), der beskriver andelen af forskelligt WEEE, der fejlsorteres i husholdningsaffald, angives, at den gennemsnitlige vægt af lyskilder (her sparepærer) er 0,1 kg (eller 100 gram). I Skibsted et al. (2013) angives en vægt af sparepærer på 120 g. Internetbutikker angiver vægten af sparepærer på mellem 60³ og 100 g⁴. Der anvendes en vægt på 100 g i beregningerne, da dette tal fra Bigum (2014) er baseret på en gennemsnitlig vægt af fejlsorterede lyskilder i husholdningsaffald.

Det kan således beregnes, at der via indkøb af sparepærer årligt (baseret på 2013-tal) bliver bragt omkring 6.000.000 sparepærer x 0,1 kg/sparepære x 0.0000288 kg Hg/kg = **17,3 kg kviksølv ind i danske bygninger**. Det er uvist, om det årlige indkøb af sparepærer går til udskiftning af eksisterende sparepærer, udskiftning af glødepærer eller andre pærer eller til lager.

² <http://www.dst.dk/da/Statistik/emner/husstande-familier-boern/husstande.aspx>

³ <http://www.lampemesteren.dk/15w-sparepaere-daempbar-e27-megaman/>

⁴ <http://www.billiglys.dk/shop/energisparepaere-518c1.html>

Den samlede mængde kviksølv i sparepærer i de danske husstande i 2012 kan baseret på ovenstående tal estimeres til cirka 25.000.000 sparepærer $0,1 \text{ kg/sparepære} \times 0.0000288 \text{ kg Hg/kg} = \mathbf{72 \text{ kg kviksølv}}$.

Til sammenligning fremgår det af LOUS rapporten for kviksølv, at der i 2000/2001 blev estimeret et forbrug af kviksølv i sparepærer og lysstofrør på mellem 60 og 170 kg per år. I samme rapport estimeres et forbrug af kviksølv i sparepærer og lysstofrør i 2013 på mellem 100 og 300 kg per år (Maag et al., 2014). Det skal pointeres, at værdierne i Maag et al. (2014) rummer både sparepærer og lysstofrør, hvor det beregnede tal ovenfor på 72 kg kviksølv udelukkende er gældende for sparepærer. Endelig er estimatet for 2013 foretaget i Maag et al. (2014) baseret på en rapport fra 2001 (Massestrømsanalyse af kviksølv 2001), hvor fremskrivningen for 2013 er foretaget på baggrund af en forventning om udskiftning af glødepærer med sparepærer og formentlig tager udgangspunkt i et højere indhold af kviksølv i sparepærer, end der reelt er i dag. Indholdet i kviksølv i sparepærer er faldet til omkring det halve siden indførelsen af sparepæren (Poulsen et al., 2010).

6.3. Udledning af kviksølv fra sparepærer i dagrenovation

Udledning af kviksølv fra sparepærer beregnes for den situation, hvor sparepærer ikke kildesorteres og dermed smides ud med almindelig husholdningsaffald og forbrændes. Tallene til beregningen er baseret på Bigum (2014).

Sparepærer skal kildesorteres. Der er dog en del personer, der ikke er klar over dette. Af Bigum (2014) fremgår det, at husholdninger i gennemsnit fejlsorterer 1 gram sparepære per uge svarende til 50 gram per år per husstand. Med en gennemsnitsvægt på 100 gram per lyskilde (Bigum, 2014) svarer det til, at hver af de 2,6 millioner husholdninger i Danmark hvert andet år fejlsorterer en sparepære, så den ender i et forbrændingsanlæg. På denne baggrund kan det beregnes, at den samlede mængde kviksølv, der på denne måde ender i et forbrændingsanlæg er $(2.600.000 \text{ husstande} \times 0,05 \text{ kg/år/husstand} \times 0.0000288 \text{ kg Hg/kg}) = \mathbf{3,7 \text{ kg Hg/år}}$.

Bigum (2014) angiver, at **der i alt fejlsorteres 131 tons sparepærer årligt**. Dette tal er baseret på en undersøgelse af affald fra i alt 3.129 husholdninger fordelt på 12 kommuner i Danmark (de nedenstående undersøgelser fra Miljøstyrelsen indgår i disse tal, men Bigum inddrager også andre undersøgelser).

Ovenstående tal på de 3,7 kg Hg/år, der ender i forbrændingsanlæg pga. fejlsorterede lyskilder kan også fås ved beregningen $131 \text{ tons fejlsorterede sparepærer} \times 1000 \text{ kg/tons} \times 0.0000288 \text{ kg Hg/kg} = 3,77 \text{ kg Hg/år}$.

Tallet 3,7 kg Hg/år ligner de mængder, der kan beregnes på baggrund af interviewundersøgelser (4,3 kg Hg/år) og to andre konkrete affaldsundersøgelser af dagrenovationen (2,4 kg Hg/år):

- Interviewundersøgelser i to Miljøstyrelsesprojekter om undersøgelse af affald viser, at **mellem 17 % (en-familiehuse) (Petersen et al., 2012) og 20-30 % i etageboliger (Gladsaxe, hhv. Odense) (Petersen et al., 2014) angiver, at de smider udtjente sparepærer ud med dagrenovationen** – og at en lidt større del af befolkningen rent faktisk er usikre på, hvad de gør med sparepærerne. Hvis man på baggrund af disse procentsatser regner med, at 25 % af sparepærerne ender i det almindelige husholdningsaffald, som sendes til affaldsforbrænding, er der med andre ord tale om en kviksølvmængde på 25 % af de tidligere beregnede 17,3 kg = 4,3 kilo, der hvert år frigives fra pærerne. Ved denne beregning er det antaget, at alle de 6 mio.

sparepærer, der årligt indkøbes, erstatter en defekt sparepærer, hvilket selvfølgelig kan være en overestimering.

- Samme Miljøstyrelsesprojekter (Petersen et al., 2012 og 2014) angiver, at i alt 84,4 tons sparepærer ender i dagrenovationen per år. Med et gennemsnitligt kviksølvindhold på 0,0000288 kg Hg/kg sparepærer giver det 2,4 kg Hg/år i dagrenovationen.

Det beregnede tal på 3,7 kg Hg/år i dagrenovationen er til gengæld noget mindre end den beregning, der kan foretages på baggrund af indsamlingsstatistikken, som følger af producentansvaret for elektronik (Bigum, 2014). Denne statistik viser, at der i 2012 blev markedsført 1.424 tons lyskilder om året, mens indsamlingsstatistikken viser, at der blev indsamlet 658 tons lyskilder. Hvis forskellen (766 ton) ender i forbrændingsanlæg, vil disse blive tilført ca. 22 kg Hg årligt på denne måde ved et gennemsnitligt indhold af kviksølv på 0,0000288 kg Hg/kg. Den sidste beregning vurderes dog af FORCE Technology til at have en større indbygget usikkerhed end de øvrige beregninger, fordi man ikke kan forvente, at forskellen mellem markedsførte mængder og indsamlede mængder sparepærer bliver fejlsorteret. Der kan forekomme ophobning af sparepærer hos forbrugeren i form af øget forbrug af sparepærer (flere lamper, udskiftning af sparepærer med glødepærer eller et lager til senere udskiftning).

Ligeledes er tallet på 131 tons fejlsorterede sparepærer per år fra Bigum (2014) væsentligt højere end de 84,4 tons, som fremgår af andre af Miljøstyrelsens undersøgelser, men tallet fra Bigum bygger på væsentlig flere affaldsundersøgelser. Miljøstyrelsen har foretaget undersøgelser i hhv. Petersen et al. (2012) og Petersen et al. (2014), som er en kortlægning af dagrenovation i Danmark fra hhv. en-familieboliger og etageboliger. I disse to rapporter angives, at der bortskaffes årligt 25,4 tons sparepærer med dagrenovationen i en-familieboliger (Petersen et al., 2012) og, at der hvert år smides 59 tons sparepærer i dagrenovationen fra etageboliger (Petersen et al., 2014). Det giver en samlet mængde på 84,4 tons fejlsorterede sparepærer i Danmark. Tallene er baseret på affaldsanalyser fra hhv. 816 og 691 husstande.

De to tal angivet for omfang af sparepærer i dagrenovationen per år på hhv. 131 tons (Bigum, 2014) og 84,4 tons (Petersen et al., 2012 og 2014) viser, at der er betydelig usikkerhed på disse tal. Begge tal er fremkommet ved faktiske analyser af husholdningsaffald og en opskalering til nationalt niveau, der ikke nødvendigvis tager højde for individuelle forskelle i sorteringsvaner. Uden at foretage en detailberegning estimeres usikkerheden til samlet at være en faktor 2.

6.4. Udledninger fra affaldsforbrænding

Udledningen af kviksølv til forskellige medier (luft, vand, jord) fra affaldsforbrændingsanlæg afhænger af, hvilken rensningsteknologi, der anvendes på det enkelte anlæg. Det er her valgt at bruge de samme værdier, som Bigum (2014) har anvendt i sin PhD-afhandling. Værdierne er baseret på et moderne dansk affaldsforbrændingsanlæg, således som det er beskrevet i Miljøprojekt 1458 (Møller et al., 2013).

Af beregningerne i PhD-afhandlingen fremgår det, at 0,97 % af kviksølvet udledes til luft, 97,1 % ender i flyveaske og røggasrensningsprodukter, 2 % ender i bundasken og 0,01 % ender i spildevandet fra forbrændingsanlægget.

Med disse forudsætninger kan det beregnes, at af de 3,7 kilo, der årligt tilføres forbrændingsanlæg, vil 0,036 kg blive udledt til luften, mens omkring 3,6 kg vil blive deponeret sammen med flyveasken og røggasrensningsprodukterne som farligt affald, hvilket typisk sker i Norge eller Tyskland. Små mængder,

omkring 74 gram, vil årligt ende i de store mængder slagge, der efter en modningsperiode typisk genanvendes som vejfyld i stedet for grus. Endelig vil omkring 0,37 gram ende i spildevandet fra forbrændingsanlægget og efterfølgende blive sendt til et rensningsanlæg.

6.5. Reduktion i elforbrug som følge af udfasning af glødepærer

Reduktionen i elforbrug som følge af udfasning af glødepærer beregnes på baggrund af de statistiske tal, som kan findes i Energistyrelsens Elmodel-Bolig (2013). Der er således tale om en beregning baseret på faktiske tal i energiforbrug til belysning fra forskellige lyskilder og ikke på en direkte overgang fra glødepærer til sparepærer.

6.6. Forbrugstal

Det er valgt at lave beregningen ud fra de ændringer, der er sket i danskernes brug af lyskilder fra 1998 til 2012, dvs. beregningen er et udtryk for de faktiske ændringer i energiforbrug som følge af introduktion af sparepærer. I 1998 (det første år med statistiske oplysninger) lå forbruget (målt i GWh) i altovervejende grad på glødelamper, mens disse pærer i 2012 (det seneste år med statistik) i høj grad er blevet erstattet med sparepærer og halogenlamper.

Den nedenstående tabel viser ændringerne i energiforbruget for de enkelte lyskilder såvel som en beregning af det samlede forbrug til belysning (Elmodel-Bolig, udtræk januar 2015). Det skal bemærkes, at LED-pærer ikke indgår i denne opgørelse, hvilket formentlig skyldes, at LED først har fået en nævneværdig markedsandel senere.

Lyskilder	1998	2012
Glødepærer	1200,5 GWh	236,2 GWh
Sparepærer	50,1 GWh	197,8 GWh
Lysstofrør	155,5 GWh	148,8 GWh
Halogenpærer	112,4 GWh	382,5 GWh
Samlet el-forbrug til belysning	1518,5 GWh	965,3 GWh

Tabel 2. Energiforbrug til belysning i danske husstande, fordelt på lyskilder. (Elmodel-Bolig, udtræk januar 2015).

Det er ikke muligt at vurdere i hvor høj grad ændringer i adfærd som følge af "Sluk lyset"-kampagner eller andre initiativer spiller ind i den samlede besparelse i energiforbruget til belysning. I de følgende beregninger antages det derfor, at hele gevinsten kan tilskrives en gradvis substitution af glødepærer med sparepærer og – i mindre grad – halogenpærer.

6.7. Gevinster ved udfasningen af glødepærer

Med denne forudsætning kan gevinsterne ved glødepærens udfasning for hele Danmark og i gennemsnit for hver af de ca. 2,6 millioner husstande beregnes.

Miljøgevinst

Den miljømæssige gevinst beregnes først som en reduktion i CO₂-udledning med brug af tal fra Energinet.dk (0,363 kg CO₂-ækvivalenter per kWh). Det bemærkes, at gevinsten i realiteten er noget højere, fordi Energinet.dk i deres årlige rapportering ikke medtager udledninger fra udvinding af brændsler til energiproduktion.

	Reduktion i elforbrug	Reduktion i CO ₂ -udledning
Danmark – total	553 GWh	200.800 ton
Per husstand*	213 kWh	77 kg

*Det antages at der er 2,6 millioner husholdninger i Danmark⁵.

Tabel 3. Årlig miljøgevinst som følge af introduktion af sparepærer (i stedet for glødepærer)

Ud over reduktionen i CO₂-udledning spares der også udledning af kviksølv ved produktion af elektricitet. Hvis det antages, at den sparede elektricitet er dansk gennemsnitselectricitet, som defineret i og beregnet i GaBi (Energinet.dk oplyser ikke om udledninger af kviksølv), undgås følgende udledninger af kviksølv:

- Til luft: 4,8 kg Hg
- Til vand: 0,6 kg Hg
- Til jord: 0,12 kg Hg

Ovenstående mængder er baseret på GaBis data for udledninger (i kg) af kviksølv ved produktion af 1 kWh (DK electricity grid mix, 2010).

- Luft: 8,74 E-9 kg Hg/kWh
- Ferskvand: 1,04 E-9 kg Hg/kWh
- Havvand: 3,25 E-11 kg Hg/kWh
- Landbrugsjord: 2,19 E-10 kg Hg/kWh
- Industriel jord: 1,25 E-14 kg Hg/kWh

Det skal bemærkes, at denne type beregning er forholdsvis usikker, fordi den er baseret på generiske teknologier og ikke aktuelle målinger. Tallene kan således godt være en faktor to højere eller lavere, afhængig af hvilke rensningsteknologier, der anvendes på de enkelte kraftværker.

Økonomisk gevinst

Den økonomiske gevinst afhænger af prisen på elektricitet, der på det frie el-marked varierer betydeligt. I en søgning på Elpristavlen.dk i november 2014 er der fundet priser fra 2,05 kr. til 2,88 kr. for en kilowatttime leveret til forbruger. Prisen afhænger af en lang række variable, men det er her valgt at bruge et gennemsnit på 2,46 kr. i beregningen, der kun gennemføres for husholdninger.

Med en gennemsnitlig besparelse på 213 kWh har den gennemsnitlige husholdning sparet 524 kr. om året på elregningen ved udfasningen af glødepærer.

Der er selvfølgelig udgifter forbundet med at opnå denne besparelse. Af Figur 1 fremgår det, at der årligt sælges cirka 6 millioner sparepærer i Danmark, svarende til 2,3 sparepærer per husholdning. Standard-sparepærer koster generelt mellem 40 og 80 kr., og med en gennemsnitspris på 60 kr. skal en husholdning bruge ca. 138 kr. om året på at erstatte udtjente sparepærer. Til gengæld sparer husholdningen indkøb af glødepærer, der med en langt kortere levetid skulle udskiftes oftere, dog til en billigere pris end sparepærer.

⁵ <http://www.dst.dk/da/Statistik/emner/husstande-familier-boern/husstande.aspx>

Sidstnævnte besparelse er ikke prissat (almindelige glødepærer sælges ikke længere), men det kan konkluderes, at den økonomiske besparelse ved udfasningen af glødepærer for en husholdning i gennemsnit er omkring 386 kr. om året.

6.8. Forventelig gevinst ved udskiftning af sparepærer med LED

Sparepærer med indhold af kviksølv bliver i dag erstattet af LED-pærer uden kviksølv. LED-pærene er desuden mere energieffektive, så der spares både udgifter til elektricitet samt udledninger af drivhusgasser og kviksølv fra el-produktionen.

Der eksisterer ikke data på energiforbrug til belysning for LED-pærer. Derfor foretages beregningen ved udskiftning af sparepærer med LED som en 1:1 udskiftning og udelukkende baseret på det el-forbrug, der årligt anvendes i Danmark til sparepærer (se Tabel 2).

Energistyrelsen angiver i sin forbrugervejledning, at sammenlignet med en glødepære giver en tilsvarende sparepære en energibesparelse på 75 %, hvor en tilsvarende LED-pære giver en energibesparelse på 80 %.⁶ Dette indebærer, at energibesparelsen ved at udskifte en sparepære med en tilsvarende LED-pære er 20 %. Omvendt skriver Energistyrelsen i samme forbrugervejledning, at el-udgiften per år i kr. er 21 kr. for den listede sparepære og 14 kr. for en tilsvarende LED-pære. Dette giver en besparelse på 33 %.

Den mest korrekte måde at sammenligne pærer på er at sammenholde deres effektivitet, dvs. lumen per Watt. Her angiver Energistyrelsen i sin forbrugervejledning, at sparepærer har en effektivitet på 43 lumen/Watt og LED-pærer på 67 lumen/Watt. Sammenholdes disse to tal har LED-pæren 55 % mere effekt. Hvad disse forskellige procentvise forskelle mellem sparepærer og LED-pærer på Energistyrelsens hjemmeside skyldes, kan ikke læses ud af tallene eller forbrugervejledningen fra Energistyrelsen.

Derfor er der foretaget en sammenligning af forskellige LED-pærer og sparepærer fundet på internettet. Sammenligning er foretaget på baggrund af effektiviteten målt i lumen/Watt:

- Tre LED-pærer (fra IKEA) med en lysstyrke på 400, 600 og 1000 lumen og et energiforbrug på 6,3, 10 og 13 Watt udsender i gennemsnit 67 lumen/Watt.
- Fem sparepærer fra IKEA, Osram og Philips med en lysstyrke på 425-860 lumen og et energiforbrug på 9-16 Watt udsender i gennemsnit 51 lumen/Watt.

Disse tal indikerer, at man for at få den samme lysmængde med LED-pærer som med sparepærer kun behøver $(100 \cdot 51 / 67) = 76$ % af den energi, der bruges til sparepærer, svarende til at man sparer yderligere **24 %** i energi ved at gå fra sparepærer til LED-pærer. Det understreges, at der er tale om en beregning med store usikkerheder, men besparelsen må anses for at være realistisk.

En besparelse på 24 % af det årlige el-forbrug på 197,8 GWh til sparepærer (se Tabel 2) vil medføre følgende reduktioner:

- Elektricitet: 46,8 GWh
- CO₂: 16.983 tons
- Kviksølv til luft: 0,41 kg

⁶ <http://spareenergi.dk/forbruger/el/belysning/fakta-om-belysning>

- Kviksølv til vand: 0,05 kg
- Kviksølv til jord: 0,01 kg

Med i det samlede billede hører også, at man ved en total overgang til LED-pærer (fremfor sparepærer) undgår en årlig distribution af 17,3 kg kviksølv via sparepærer og dermed på sigt 3,7 kg kviksølv, der årligt ender i forbrændingsanlæg som følge af fejlsortering.

Med en pris på 2,46 kr./kWh vil husholdningerne i alt spare ca. 115 millioner kroner ekstra på el-regningen, svarende til 44 kroner per husstand. Anskaffelsesprisen hører naturligvis med i det samlede billede af de økonomiske konsekvenser. LED-pærer er imidlertid så nye på markedet, at der ikke er opnået et stabilt prisniveau. Det kan dog konstateres, at priserne stadig er faldende, og at det i dag er muligt at købe LED-pærer til samme pris eller billigere end sparepærer med den samme lysstyrke.

6.9. Referencer

Bigum, 2014. Life cycle assessment of special waste types: WEEE and batteries. Ph.D. Thesis, DTU Environment, Bigum M, december 2014.

Elmodel-Bolig, 2013. ELMODEL Bolig. Nyheder i spørgeskemaundersøgelse 2012. Juni 2013.
http://statistic.electric-demand.dk/Files/2012_spørgeskema_res.pdf

Maag et al., 2014. Survey of mercury and mercury compounds. Part of the LOUS review. Environmental project no. 1544, 2014. Maag J, Kjølholt J, Hagen Mikkelsen S, Jeppesen CN, Clausen AJ, Ostfeldt M. COWI.

Møller et al., 2013. Miljø- og samfundsøkonomisk vurdering af muligheder for øget genanvendelse af papir, pap, plast, metal og organisk affald fra dagrenovation. Miljøprojekt 1458, Miljøstyrelsen. Møller J et al.

Petersen et al., 2012. Kortlægning af dagrenovation i enfamilieboliger. Med særligt fokus på madspild, batterier og småt elektronikaffald. Miljøprojekt nr. 1414, Miljøstyrelsen, 2012. Petersen C, Kaysen O, Edjabou V, Manokaren S, Econet. Tønning K, Teknologisk Institut. Hansen T, Ziba.
<http://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2012/05/978-87-92779-94-6.pdf>

Petersen et al., 2014. Kortlægning af dagrenovation i Danmark. Med fokus på etageboliger og madspild. Undgå affald, stop spild nr. 1, Miljøstyrelsen, 2014. Petersen C, Kaysen O, Manokaren S, Econet. Tønning K, Teknologisk Institut. Hansen T, Ziba. <http://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2014/05/978-87-93178-52-6.pdf>

Poulsen et al., 2010. Kortlægning og sundhedsmæssig vurdering af kviksølv i energisparepærer og lysstofrør. Kortlægning af kemiske stoffer i forbrugerprodukter nr. 104, Miljøstyrelsen, 2010. Poulsen PB, Merrild HK, Jensen AA, FORCE Technology.

Skibsted et al., 2013. Miljøråd. En samfundsøkonomisk analyse. Miljøprojekt nr. 1478, 2013. Miljøstyrelsen. Skibsted TdF, Jørgensen R, Thomasen H, NIRAS og Weidema B, 2.-0 LCA Consultants.
<http://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2013/04/978-87-93026-09-4.pdf>