



Energy research Centre of the Netherlands

# **Verkenning van de invloed van centraliseren van computergebruik op CO<sub>2</sub> emissies**

## **Effecten van toepassen van Thin Cliënt in huishoudens en kantoren**

**Niels Sijpheer**

**Roelof Schuitema**



## Verantwoording

Dit rapport is gemaakt voor het Klimaatbureau van de gemeente Amsterdam. Contactpersoon voor dit project bij de gemeente is de heer Tjeerd Stam. ECN heeft dit project uitgevoerd onder projectnummer 8.44240. Projectleider hiervan was Niels Sijpheer.

## Abstract

During the past decade in the Netherlands, the increasing traffic of digital data has resulted in the Information and Communication (ICT) industry becoming one of the most energy-intensive sectors. To investigate the effect of centralizing computer equipment on the emission of CO<sub>2</sub>, ECN analyzed two cases. These two cases are described as well as their effect on CO<sub>2</sub> emissions.

Although the cases were only briefly explored, the conclusion is clear: centralizing ICT can result in reduction of CO<sub>2</sub> emission due to a lower energy use.

## Inhoud

Lijst van tabellen	5
Lijst van figuren	5
Samenvatting	6
1. Inleiding	8
2. Thuisgebruik	9
3. Kantoortoepassing	11
4. Resultaten	12
5. Conclusie en aanbeveling	13
Bijlage A	14

## Lijst van tabellen

Tabel 1: Uitgangspunten voor het bepalen van het elektriciteitsgebruik van een thuis PC .....	9
Tabel 2: Uitgangspunten voor het bepalen van het elektriciteitsgebruik van een Thin Client bij thuis gebruik .....	9
Tabel 3: Uitgangspunten voor elektriciteitsgebruik van computers in een kantoor .....	11
Tabel 4: Uitgangspunten voor PC gebruik in kantoren en CO <sub>2</sub> emissie .....	11
Tabel 5: Uitgangspunten voor het bepalen van het elektriciteitsgebruik van een Thin Client bij thuis gebruik .....	11

## Lijst van figuren

Figuur 1: Thin Client van Sun, die gemiddels slechts 4 Watt gebruikt.....	8
Figuur 2: De efficiencyverbetering van de ICT apparatuur heeft een zeer grote invloed op de mogelijke emissiereductie door centraliseren van huishoudelijke ICT .....	10
Figuur 3: De efficiencyverbetering van de ICT apparatuur heeft een zeer grote invloed op de mogelijke emissiereductie door centraliseren van kantoor ICT .....	12

## Samenvatting

Amsterdam heeft een ambitieus klimaatplan gelanceerd. Verduurzaming van de ICT is hierin een belangrijk onderwerp. Daarom is door de gemeente de vraag gesteld aan ECN om een verkenning uit te voeren naar de invloed op de CO<sub>2</sub> emissie door het centraliseren van computers voor privé- en kantoor toepassingen. Dit kan wellicht door gebruik te maken van de hoogwaardige glasvezel infrastructuur die momenteel in Amsterdam wordt aangelegd en verder uitgebreid zal worden.

Centraliseren van computers kan worden gerealiseerd door het toepassen van zogenaamde 'Thin Cliënts'. Een 'thin client' is niets meer dan een kleine computer die de verbinding verzorgt tussen muis, toetsenbord en beeldscherm met een modem of andere netwerkadapter. Processorcapaciteit, geheugen en opslag van data is dan toegankelijk via een netwerkverbinding. De server of computer waar de fysieke processor, geheugen en data opslag zich bevinden, kan dus elders in een kantoor of datahotel zijn geplaatst. Het grootschalig introduceren van 'thin client' technologie zal wel een toename veroorzaken van dataverkeer.

In deze verkenning is onderzocht wat de invloed is van het toepassen van Thin Clients voor privé- en kantoor toepassingen op de netto emissie van CO<sub>2</sub> door computergebruik. Het doel hiervan is om te bepalen of Thin Client technologie kan leiden tot verlaging van de CO<sub>2</sub> emissie. De gekozen uitgangspunten en methodiek zijn beknopt, maar worden voldoende geacht om een indruk te geven van de invloed die centraliseren van PC's kan hebben op het energiegebruik. Het kostenaspect is in deze verkenning niet meegenomen.

Het toepassen van Thin Clients om ICT te centraliseren kan een bijdrage leveren aan energiebesparing binnen de ICT. Een voorwaarde hiervoor is dat de serverruimte of het datahotel waar de ICT apparatuur gecentraliseerd wordt, voldoet aan de zogenaamde Energy Usage Effectiveness (EUE) die haalbaar is met huidige beschikbare duurzame en efficiënte technieken (nieuwbouw EUE 1,3 en voor bestaande bouw EUE 1,4). Ook de ICT hardware in het datahotel zal energie-efficiënter moeten zijn dan de gangbare (decentraal opgestelde) apparatuur waarbij is uitgegaan van desktop computers.

De efficiencyverbetering die door centraal opgestelde ICT apparatuur gerealiseerd kan worden, kan een groter effect hebben op de verlaging van emissies dan de verlaging van de EUE. Van servers en opslagmedia in datahotels en serverruimten is bekend dat ze efficiënter kunnen werken dan desktop computers die thuis of in kantoren staan.

Toenemende systeemeisen van software in de situatie van thin clients leidt er toe dat er meer server capaciteit wordt gebruikt waardoor er geen noodzaak is tot de aanschaf van een nieuwe thin client of nieuwe decentrale hardware. Dit resulteert in een lagere vervangingsnelheid van de thin client ten opzichte van een PC.

Het kostenaspect evenals het energiegebruik dat nodig is voor datatransport en gebruikersaspecten zijn in deze verkenning niet meegenomen. Verondersteld kan worden dat deze aspecten wel invloed hebben op de energieaspecten zoals die aan de orde zijn gekomen in dit rapport maar dat de invloed hiervan niets wijzigt aan de conclusie zoals deze hierboven is vermeld.

Om duidelijkheid te krijgen over de precieze kwantiteit van energiebesparing door bijvoorbeeld centraliseren van ICT en het toepassen van Thin Clients, is meer onderzoek nodig. Het uitvoeren van een veldtest met als doel om de mogelijke energiebesparing vast te stellen, wordt daarom aanbevolen. Belangrijk vraagstuk hierbij is welke parameters bepalend zijn voor het energiegebruik van ICT apparatuur en hoe deze vertaald kunnen worden in een prestatiefactor.

Niet alleen voor het onderzoek met betrekking tot Thin Clients is dergelijke prestatiefactor belangrijk, ook voor het kunnen beoordelen van ICT en efficiency in het algemeen is een dergelijke prestatiefactor nodig.



## 1. Inleiding

Amsterdam heeft een ambitieus klimaatplan gelanceerd. Verduurzaming van de ICT is hierin een belangrijk onderwerp. In Amsterdam heeft ICT een grote invloed op het energiegebruik en de uitstoot van CO<sub>2</sub>. Daarom is door de gemeente de vraag gesteld aan ECN om een verkenning uit te voeren naar de invloed op de CO<sub>2</sub> emissie door het centraliseren van computers voor privé- en kantoortoepassingen. Dit kan door gebruik te maken van de hoogwaardige glasvezel infrastructuur die momenteel in Amsterdam wordt aangelegd en verder uitgebreid zal worden.

Centraliseren van computers kan worden gerealiseerd door het toepassen van zogenaamde 'Thin Cliënts'. Een 'thin client' is niets meer dan een kleine computer die de verbinding verzorgt tussen muis, toetsenbord en beeldscherm met een modem of andere netwerkadapter. Processorcapaciteit, geheugen en opslag van data is dan toegankelijk via een netwerkverbinding. De server of computer waar de fysieke processor, geheugen en data opslag zich bevinden, kan dus elders in een kantoor of datahotel zijn geplaatst. Het grootschalig introduceren van 'thin client' technologie zal wel een toename veroorzaken van dataverkeer.



Figuur 1: Thin Client van Sun, die gemiddeld slechts ca. 4 Watt gebruikt

In deze verkenning is onderzocht wat de invloed is van het toepassen van Thin Clients voor privé- en kantoortoepassingen op de netto emissie van CO<sub>2</sub> door computergebruik. Het doel hiervan is om te bepalen of Thin Client technologie kan leiden tot verlaging van de CO<sub>2</sub> emissie. De gekozen uitgangspunten en methodiek zijn beknopt, maar worden voldoende geacht om een indruk te geven van de invloed die centraliseren van PC's kan hebben op het energiegebruik. Het kostenaspect evenals het energiegebruik dat nodig is voor datatransport en gebruikersaspecten zijn in deze verkenning niet meegenomen.

Om te kunnen beoordelen of iets energetisch efficiënt is of niet, is een referentiekader nodig. Daarom heeft ECN afgelopen jaar op basis van beschikbare gegevens gekeken welke beoordelingsindicatoren er momenteel bestaan die relevant zijn voor de ICT. Voor de beoordeling van de energie-efficiëntie van de installatie in een datahotel kan de zogenaamde EUE, of Energy Usage Effectiveness, gebruikt worden. Deze term wordt in deze memo een aantal keer genoemd. De EUE is de verhouding tussen het totale jaarlijkse energiegebruik van een datahotel en het jaarlijkse energiegebruik van de ICT apparatuur. Dit in tegenstelling tot de PUE (Power Usage Effectiveness) die alleen inzicht geeft in het opgestelde vermogen en daardoor niet in het energiegebruik. Hoe lager de EUE, des te efficiënter is de installatie. Een EUE van 1,4 is met beschikbare technologie voor de bestaande datahotels haalbaar. Voor nieuwe datahotels kan met nieuwere technologie een EUE van 1,3 worden gerealiseerd.

De EUE zegt alleen iets over de verhouding tussen het totale energiegebruik en dat van ICT apparatuur. Dat betekent dat hierin dus niet de efficiency van ICT apparatuur zelf eenduidig tot uitdrukking komt. Om de efficiency van ICT apparatuur wel mee te kunnen wegen in een prestatiefactor, zal ook een grootheid zoals bijvoorbeeld 'het aantal bewerkingen per seconde' (Flops) moeten worden meegenomen. Op dit moment is er nog geen eenduidige prestatiefactor van de ICT die kan worden gekoppeld aan energiegebruik.



## 2. Thuisgebruik

Allereerst is gekeken naar de invloed die de toepassing van Thin Clients voor thuisgebruik kan hebben. Hiervoor is uitgegaan van een gemiddeld huishouden met een gasketel voor ruimteverwarming en zonder koelvraag. Het aandeel ICT in het totale jaarlijkse elektriciteitsgebruik bedraagt 309 kWh en wordt verkregen middels de uitgangspunten zoals samengevat in Tabel 1.

<b>PC gebruik inclusief beeldscherm</b>	
Sluimergebruik	15 W
Standby gebruik	100 W
Gebruik	130 W
Aantal uur per week standby	21 uur
Aantal uur per week gebruik	14 uur
<b>Elektriciteitsgebruik per week</b>	<b>6.4 kWh</b>
<b>Elektriciteitsgebruik per jaar (48 weken)</b>	<b>309.1 kWh</b>

Tabel 1: Uitgangspunten voor het bepalen van het elektriciteitsgebruik van een thuis-PC

Het aantal uur dat de PC in een huishouden ‘aan’ staat is discutabel omdat dit erg varieert. Bovenstaande getallen zijn afkomstig uit onderzoek dat ECN heeft gedaan bij twintig huishoudens. Emissie van CO<sub>2</sub> door computers in huishoudens komt voortuit het eigen elektriciteitsgebruik en de invloed hiervan op de verwarmingsvraag. De elektriciteit wordt in de computer immers omgezet in warmte die ervoor zorgt dat de verwarming tijdens het stookseizoen minder ‘aan’ staat. In dit onderzoek is ervan uitgegaan dat er niet actief gekoeld wordt door koelmachines in huishoudens, aangezien slechts een paar procent van de huishoudens beschikt over actieve koeling. Uitgaande van een emissie van 0,616 kg CO<sub>2</sub>/kWh bedraagt de emissie door het elektriciteitsgebruik van de computer 190,4 kg CO<sub>2</sub> per jaar. De verlaging van de emissie door ruimteverwarming bedraagt bij een stookseizoen van 26 weken (6,4 kWh/week x 26) 166,4 kWh<sup>1</sup>. Dit komt overeen met een emissie verlaging van 36,8 kg CO<sub>2</sub> per jaar<sup>2</sup>. De netto bijdrage van een PC in de CO<sub>2</sub> emissie van een woning is dan (190,4 kg – 36,8 kg) 153,6 kg per jaar.

Wanneer de PC thuis nu wordt vervangen door een Thin Client (overige apparatuur als printer, modem etc. blijft dus gehandhaafd), dan wordt het jaarlijkse elektriciteitsgebruik van de Thin Client als volgt geschat:

<b>Thin Client gebruik inclusief beeldscherm voor thuisgebruik</b>	
Sluimergebruik	1 W
Standby gebruik	7 W
Gebruik	45 W
Aantal uur per week standby	21 uur
Aantal uur per week gebruik	14 uur
<b>Elektriciteitsgebruik per week</b>	<b>0,9 kWh</b>
<b>Elektriciteitsgebruik per jaar (48 weken)</b>	<b>45,4 kWh</b>

Tabel 2: Uitgangspunten voor het bepalen van het elektriciteitsgebruik van een Thin Client bij thuis gebruik

<sup>1</sup> Uitgaande van het feit dat alle elektriciteit in de PC wordt omgezet in warmte en volledig ten goede komt aan verwarming

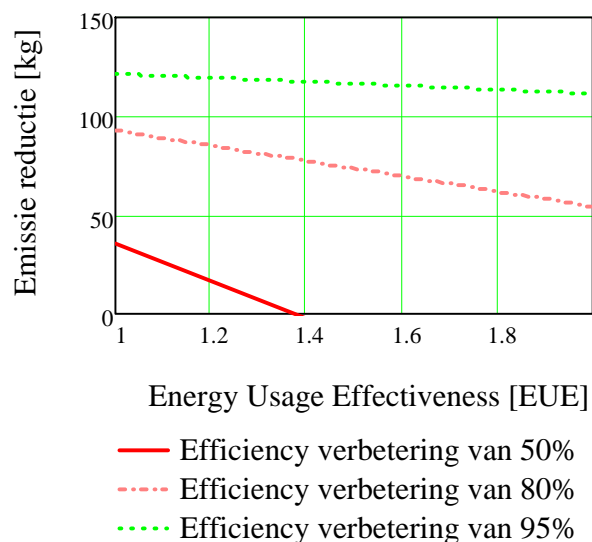
<sup>2</sup>  $\{6,4 \text{ kWh} \times 26 \text{ weken} \div 0,9 \text{ (rendement ketel)}\} \div 8,9 \text{ kWh/m}^3 \times 1,77 \text{ kg CO}_2/\text{m}^3$

Verwacht mag worden dat het aantal uren dat de ‘Thin Client’ aan staat minder zal zijn dan in het geval van de PC. Dit omdat er minder tijd hoeft te worden besteed aan systeem onderhoud en het uitvoeren van upgrades. Dit effect is niet meegenomen in de berekeningen, het aantal gebruiksuren voor beide varianten is gelijk gehouden.

Uitgaande van een emissie van 0,616 kg CO<sub>2</sub>/kWh bedraagt de emissie door het elektriciteitsgebruik van de Thin Client 28 kg CO<sub>2</sub> per jaar. De verlaging van de emissie door ruimteverwarming bedraagt bij een stookseizoen van 26 weken (0,9 kWh/week x 26) 23,4 kWh. Dit komt overeen met een emissie reductie van 5,2 kg CO<sub>2</sub> per jaar<sup>3</sup>. De netto bijdrage van een Thin Client in de CO<sub>2</sub> emissie van een woning is dan (28 kg – 5,2 kg) 22,8 kg per jaar.

Thuis gebruikt de PC in bovenstaande case 309,1 kWh per jaar. Wanneer die PC wordt geplaatst in een datahotel en thuis een Thin Client wordt geïnstalleerd, wordt er geen milieuwinst geboekt. Er is immers een extra Thin Client geplaatst die elektriciteit gebruikt en in het datahotel is ook energie nodig voor koeling, verlichting en stroomvoorziening etc. Er kan alleen milieuwinst worden gerealiseerd door centraliseren wanneer dezelfde functionaliteit van de thuis-PC kan worden verkregen bij een lager energiegebruik. Servers en andere apparatuur kunnen efficiënter functioneren dan een thuis-PC, maar onduidelijk is hoeveel efficiënter. Technieken zoals virtualiseren en gebruik van energie-efficiënte servers, kunnen deze efficiency ten opzichte van ‘standaard servergebruik’ verder verhogen. Van experts<sup>4</sup> uit de ICT branche zijn percentages vernomen tussen de 20 en 80% efficiency verbetering. Het beter benutten van processorcapaciteit, ook wel virtualiseren genoemd, zou zelfs nog meer besparing kunnen opleveren<sup>5</sup>.

Afhankelijk van de efficiency van de installaties in een datahotel (EUE) en de efficiency verbetering van de ICT apparatuur ten opzichte van de thuis PC, wordt dus wel of geen besparing gerealiseerd. In Figuur 2 is de besparing weergegeven voor bovenstaande case, waarbij de resultaten zijn gegeven voor verschillende efficiency verbeteringen ten opzichte van de thuis PC. Een negatieve emissiereductie betekent een toename (ontsparring) van de emissie in de figuur.



Figuur 2: De efficiencyverbetering van de ICT apparatuur t.o.v. de thuis-PC heeft een grote invloed op de mogelijke emissiereductie door centraliseren van huishoudelijke ICT

<sup>3</sup> {0,9 kWh x 26 weken ÷ 0,9 (rendement ketel)} ÷ 8.9 kWh/m<sup>3</sup> x 1,77 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>

<sup>4</sup> Jan van 't Klooster (Dell), Eric Heemskerk (Sara), Ad van der Put (Ecoserver)

<sup>5</sup> Vervanging van 27 kW voor 4,5 kW (Henk Veldwijk, Getronics DataCenters)

### 3. Kantoortoepassing

Voor deze case is uitgegaan van een kantoor van 500 m<sup>2</sup> waarin vijftig werkplekken zijn gelegen. Voor de kantoortoepassing is er van uitgegaan dat het elektriciteitsgebruik van de computerapparatuur invloed heeft op de warmte- en koudevraag van een gebouw. Kantoren worden immers vaak actief gekoeld. De uitgangspunten voor het elektriciteitsgebruik van computers zijn:

<b>Computergebruik kantoor (500 m<sup>2</sup> en 50 werkplekken)</b>	
Sluimergebruik (40 uur per week)	15 W
Standby gebruik	100 W
Gebruik	130 W
Aantal uur per week standby	5 uur
Aantal uur per week gebruik	35 uur
<b>Elektriciteitsgebruik per jaar (52 weken)</b>	<b>14.690 kWh</b>

Tabel 3: Uitgangspunten voor elektriciteitsgebruik van desktopcomputers (incl. monitor) in een kantoor

De uitgangspunten voor elektriciteitsgebruik en emissie van CO<sub>2</sub> door ICT in bovenstaande case staan in Tabel 4

#### **Uitgangspunten energiegebruik kantoren**

Elektriciteitsgebruik ICT apparatuur	29,38 kWh/m <sup>2</sup>
Gasgebruik voor ruimteverwarming	1 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Koudevraag	6,4 kWh/m <sup>2</sup>
Elektriciteitsgebruik voor koeling (39% centralerendement en SPF van 1,5)	10,9 kWh/m <sup>2</sup>

<b>Case met ICT in kantoren (500 m<sup>2</sup>, ca. 50 personen)</b>	kWh	Emissie (kg)
Elektriciteitsgebruik ICT apparatuur	14690	9049 (+)
Aandeel PC in verlaging gasverbruik	5085	1123,7 (-)
Aandeel PC in koelvraag	1365,3	841 (+)
<b>Netto uitstoot door ICT in kantoor</b>		<b>8766,4</b>

Tabel 4: Uitgangspunten voor PC gebruik in kantoren en CO<sub>2</sub> emissie

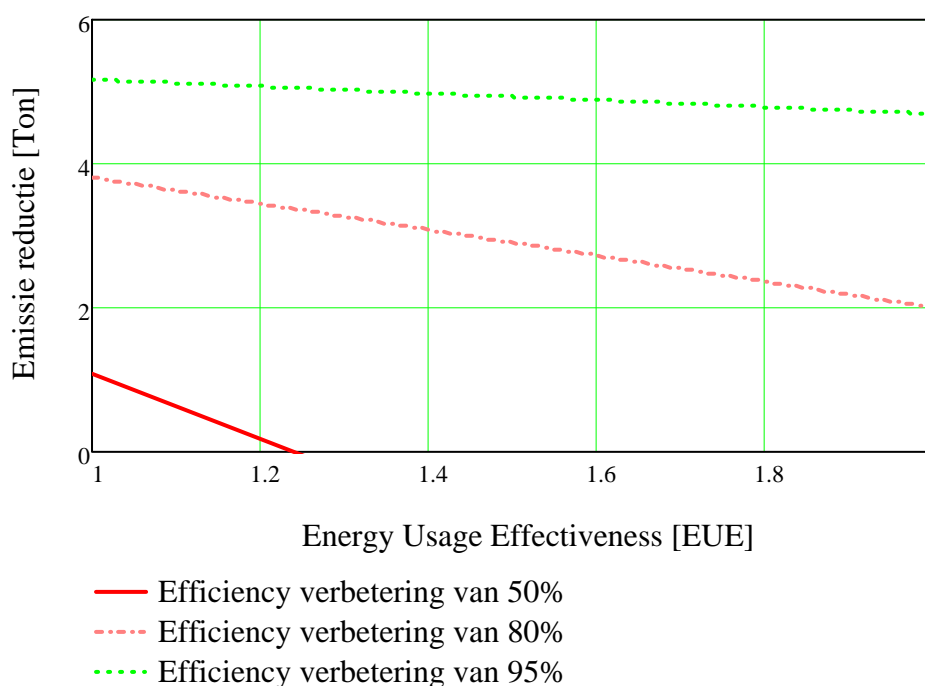
Voor de toepassing van Thin Clients in het bovenstaande kantoor zijn de volgende uitgangspunten genomen:

<b>Thin Client gebruik voor kantoortoepassing</b>	
(50 werkplekken)	
Sluimergebruik	1 W
Standby gebruik (alleen thin client)	7 W
Gebruik (thin client en beeldscherm)	45 W
Aantal uur per week standby	5 uur
Aantal uur per week gebruik	35 uur
<b>Elektriciteitsgebruik per week</b>	<b>82,5 kWh</b>
<b>Elektriciteitsgebruik per jaar (52 weken)</b>	<b>4290 kWh</b>

Tabel 5: Uitgangspunten voor het bepalen van het elektriciteitsgebruik van een Thin Client bij gebruik in een kantoor

Er is vanuit gegaan dat de PC op de werkplekken worden vervangen door Thin Clients. De functionaliteit van de PC's wordt ingevuld door ICT apparatuur die is ondergebracht in een datahotel. De overige ICT apparatuur in het kantoor blijft ongewijzigd.

Ook in het geval van het kantoor geldt, net zoals bij de eerder beschreven situatie in huishoudens, dat alleen milieuwinst is te behalen wanneer de functionaliteit van de PC's uit het kantoor kan worden gerealiseerd bij een lager energiegebruik.



Figuur 3: De efficiencyverbetering van de ICT apparatuur heeft een zeer grote invloed op de mogelijke emissiereductie door centraliseren van kantoor ICT

#### 4. Resultaten

- 1.) Uit de resultaten blijkt dat met name de efficiëntie van de ICT apparatuur zélf een grote invloed heeft op de vraag of centraliseren van ICT een besparing op kan leveren. Helaas is dit ook nog steeds een grote onbekende in de berekening van de besparing. Daarom zijn de berekeningsresultaten gepresenteerd bij 50, 80 en 95% efficiency verbetering. (experts noemen efficiency verbeteringen tussen de 20 en 80%).
- 2.) Bij kantoren is makkelijker winst te behalen door centraliseren dan in huishoudens. Dit lijkt ook logisch door het feit dat in de veronderstelde uitgangspunten het elektriciteitsgebruik van een computer in een kantoor veel groter is dan een thuis-PC.
- 3.) Centraliseren van ICT door de toepassing van Thin Clients in huishoudens levert in de gepresenteerde case alleen een besparing, wanneer de efficiency verbetering van de ICT apparatuur tenminste 50% bedraagt bij een EUE van 1,4 of lager. Bij een hogere efficiencyverbetering van de ICT apparatuur wordt bij hogere EUE's ook al een besparing gerealiseerd.
- 4.) In de praktijk zal in het geval van 'Thin Clients' minder tijd besteedt hoeven te worden aan systeemmanagement (upgrades etc.) waardoor de Thin Client minder aan hoeft te staan dan de PC. Experts schatten dat ca. 20% minder tijd besteedt hoeft te worden aan systeemmanagement in het geval van Thin Clients.

- 5.) Centraliseren van ICT door de toepassing van Thin Clients in een kantoor levert alleen een besparing in de onderzochte situatie, bij een efficiency verbetering van de ICT apparatuur van tenminste ca. 50% en bij een EUE van 1,25 of lager. Bij een hogere efficiencyverbetering van de ICT apparatuur wordt bij hogere EUE's ook al een besparing gerealiseerd.

## 5. Conclusie en aanbeveling

- Het toepassen van Thin Clients om ICT te centraliseren kan een bijdrage leveren aan energiebesparing binnen de ICT toepassingen. Een voorwaarde hiervoor is dat de serverruimte of het datahotel waar de ICT apparatuur gecentraliseerd wordt, voldoet aan de EUE die haalbaar is met huidige beschikbare duurzame technieken (nieuwbouw EUE 1,3 en voor bestaande bouw EUE 1,4). Ook de ICT hardware in het datahotel zal energie-efficiënter moeten zijn dan de gangbare (decentraal opgestelde) apparatuur (waarbij is uitgegaan van desktop computers).
- De efficiencyverbetering die door centraal opgestelde ICT apparatuur gerealiseerd kan worden, kan een groter effect hebben op de verlaging van emissies dan de verlaging van de EUE. Van servers en opslagmedia in datahotels en serverruimten is bekend dat ze efficiënter kunnen werken dan desktop computers die thuis of in kantoren staan. Daarnaast worden er ook al technieken toegepast, zoals virtualiseren, die servers in datahotels en serverruimten verder optimaliseren. Virtualiseren draagt bij aan een hogere gebruiksfactor (utilization factor) waardoor de ICT apparatuur veel beter wordt benut. Uiteraard blijft het van belang een zo laag mogelijke EUE te realiseren met de installatie.
- Toekomstige, toenemende systeemeisen van software in de situatie van thin clients leidt er toe dat er meer server capaciteit wordt gebruikt waardoor er geen noodzaak is tot de aanschaf van een nieuwe thin client of nieuwe hardware. Dit resulteert in een lagere vervangingsnelheid van de thin client ten opzichte van een PC.
- Om duidelijkheid te krijgen over de kwantiteit van energiebesparing door bijvoorbeeld centraliseren van ICT en het toepassen van Thin Clients, is meer onderzoek nodig. Het uitvoeren van een veldtest met als doel om de mogelijke energiebesparing vast te stellen, wordt daarom aanbevolen. Belangrijk vraagstuk hierbij is welke parameters bepalend zijn voor het energiegebruik van ICT apparatuur en hoe deze vertaald kunnen worden in een prestatiefactor. Niet alleen voor het onderzoek met betrekking tot Thin Clients is dergelijke prestatiefactor belangrijk, ook voor het kunnen beoordelen van ICT en efficiency in het algemeen is een dergelijke prestatiefactor nodig.
- Een eerste stap in de voorbereiding van dergelijke veldtest is al gezet. De gemeente Amsterdam en ECN hebben inmiddels bedrijven benaderd met de vraag om deel te nemen aan dergelijke veldtest. Tot op dit moment zijn er twee geïnteresseerden. De volgende stap is het gezamenlijk met geïnteresseerden opzetten van een projectplan en het vinden van financiering voor de uitvoering hiervan.
- Het kostenaspect evenals het energiegebruik dat nodig is voor datatransport en gebruikersaspecten zijn in deze verkenning niet meegenomen. Verondersteld kan worden dat deze aspecten wel invloed hebben op de energieaspecten zoals die aan de orde zijn gekomen in dit rapport maar dat de invloed hiervan niets wijzigt aan de conclusie zoals deze hierboven is vermeld.

## Bijlage A

### Base Case Huishoudens:

Elektriciteitsgebruik van PC in huishouden (kWh)

$$E_{pc} := 309.12 \text{ kWh}$$

Netto uitstoot door PC in huishouden (kg):

$$Em_{pc} := 153.6 \text{ kg}$$

Netto uitstoot door thin client in huishouden (kg):

$$Em_{thin\_client\_thuis} := 22.8 \text{ kg}$$

### Base Case kantoor (500 m2):

Elektriciteitsgebruik van ICT in kantoor 500 m2 (kWh)

$$E_{ict} := 14690 \text{ kWh}$$

Netto uitstoot door ICT in kantoor (kg):

$$Em_{ict} := 8766.4 \text{ kg}$$

Netto uitstoot door thin client in kantoor (kg):

$$Em_{thin\_client\_kantoor} := 3155 \text{ kg}$$

### Uitgangspunten Datahotel:

Eff := 0, 0.1.. 1

EUE := 1.. 2

### Berekening:

#### Huishouden:

$$Em_{pc\_datahotel}(Eff, EUE) := E_{pc} \cdot Eff \cdot EUE \text{ emissie}$$

$$Besp_{pc}(Eff, EUE) := Em_{pc} - Em_{pc\_datahotel}(Eff, EUE) + Em_{thin\_client\_thuis}$$

$$PerBesp_{pc}(Eff, EUE) := \frac{Besp_{pc}(Eff, EUE)}{Em_{pc} - Em_{thin\_client\_thuis}}$$

#### Kantoor:

$$Em_{ict\_datahotel}(Eff, EUE) := E_{ict} \cdot Eff \cdot EUE \text{ emissie}$$

$$Besp_{ict}(Eff, EUE) := Em_{ict} - Em_{ict\_datahotel}(Eff, EUE) + Em_{thin\_client\_kantoor}$$

$$PerBesp_{ict}(Eff, EUE) := \frac{Besp_{ict}(Eff, EUE)}{Em_{ict}}$$