



Trends ICT en Energie 2013-2030

Energiegebruik ICT in Nederland 2013,
trendontwikkeling 2020 en 2030



CE Delft

Committed to the Environment

Trends ICT en Energie 2013-2030

Energiegebruik ICT in Nederland 2013,
trendontwikkeling 2020 en 2030

Dit rapport is geschreven door:

M.R. (Maarten) Afman

T. (Thijs) Scholten

Delft, CE Delft, februari 2016

Publicatienummer: 16.3F48.05

Automatisering / Computers / Communicatienetwerken / Energiegebruik / Markt / Prognoses

VT: ICT

Opdrachtgever: Rijksdienst voor Ondernemend Nederland

Kenmerk opdrachtgever: IUC20141219-0

Alle openbare CE-publicaties zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Maarten Afman.

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al 35 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



Inhoud

Samenvatting	4
1 Inleiding	8
1.1 Achtergrond	8
1.2 Doel van het project	9
1.3 Afbakening	9
1.4 Leeswijzer	11
2 Aanpak en data	12
2.1 Raming energiegebruik ICT-vraagzijde	12
2.2 Raming energiegebruik ICT-aanbodzijde	13
2.3 Aanpak trends	14
2.4 De positieve impact van ICT	15
2.5 CO ₂ -emissies elektriciteit	16
3 Resultaten energiegebruik 2013 ICT-vraagzijde	17
3.1 Resultaten vraagzijde - consumentenmarkt	17
3.2 Resultaten vraagzijde - communicatie consumenten- & zakelijke markt	19
3.3 Resultaten vraagzijde - zakelijke markt	19
3.4 CO ₂ -emissies ICT-vraagzijde	21
4 Resultaten energiegebruik 2013 ICT-aanbodzijde	22
4.1 Resultaten aanbodzijde	22
4.2 Datacenters	23
4.3 Telecom	25
4.4 Overige ICT-dienstverlening	26
4.5 CO ₂ -emissies ICT-aanbodzijde	27
5 Trend energiegebruik 2020-2030	28
5.1 Vijf 'megatrends' tot 2030 die het energiegebruik beïnvloeden	28
5.2 Kwantificering trends ICT-vraag- en -aanbodzijde	31
5.3 Resultaten energiegebruik trendscenario's 2020-2030	42
6 Conclusies	49
6.1 Energiegebruik 2013	49
6.2 Trends energiegebruik tot 2020 en 2030	50
6.3 Aanbevelingen	52
Referenties	54
Bijlage A Nadere informatie raming vraagzijde	60
A.1 Consumentenmarkt	60
A.2 Zakelijk markt	64
Bijlage B Overzicht raming 2013	72
Bijlage C Trends en scenariobeschrijving vraagzijde	74
Bijlage D Resultaten trendonderzoek aanbodzijde	82
D.1 Onderzoek datacenters trends en impact	82
D.2 Telecom: trends uit workshop	86

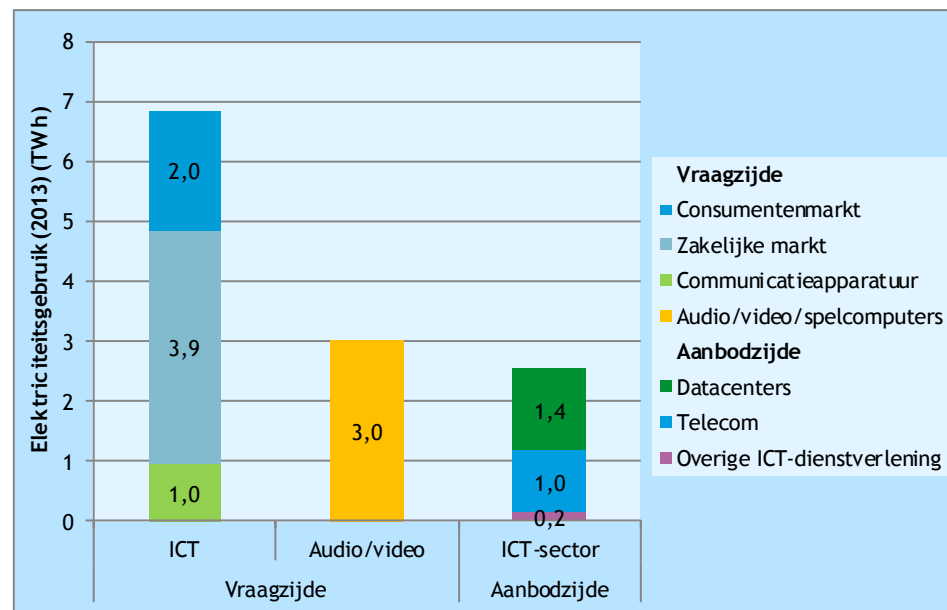


Samenvatting

Het onderzoek 'ICT en Energie' brengt het energieverbruik van ICT in Nederland in beeld: zowel het energieverbruik in 2013 alsook de verwachte toekomstige ontwikkeling van het energieverbruik tot 2020 en 2030.

Voor het energieverbruik is in het onderzoek een strikte scheiding gemaakt tussen de ICT-vraagzijde, te weten de consumenten en bedrijven die ICT gebruiken, alsmede de ICT-aanbodzijde, de bedrijven uit de sectoren datacenter, telecom en ICT-dienstverlening. Figuur 1 toont het elektriciteitsgebruik van de Nederlandse ICT-sector in 2013, in terawattuur (TWh).

Figuur 1 Elektriciteitsgebruik ICT in Nederland, 2013



Het elektriciteitsgebruik van ICT in Nederland bedraagt 6,9 TWh (6%) aan de vraagzijde en 2,5 TWh (2%) aan de aanbodzijde. Samen bedraagt het voor het energiebeleid relevante energieverbruik van ICT 9,4 TWh (8% van het totaal van Nederland). Hierbij valt op dat het energieverbruik aan de zijde van het gebruik van ICT aanzienlijk groter is dan dat van de ICT-aanbieders. Aan de ICT-aanbodzijde vormen datacenters de grootste deelsector, gevolgd door telecom. De categorie 'audio/video' valt strikt genomen niet onder de Europese classificatie van ICT, maar is voor de vergelijking met eerdere studies opgenomen. Het energieverbruik hiervan bedraagt 3,0 TWh in 2013 (2,5% van het Nederlandse elektriciteitsgebruik).

Ten opzichte van het vorige trendonderzoek naar het energieverbruik van ICT in Nederland (Tebodin, 2008) is het energieverbruik van ICT in Nederland voor vergelijkbare categorieën overall met circa 3% gedaald.

Trends 2020 en 2030

Een vijftal trends is dominant voor de verwachte ontwikkeling van het energiegebruik van ICT in Nederland tot 2020 en 2030. Het gaat om ontwikkelingen die zowel de ICT-sector zelf beïnvloeden of transformeren alsook de rol van ICT in de maatschappij, en door dit alles ook het energiegebruik van ICT. Deze trends spelen nu al een rol maar we verwachten dat dit nog sterker zijn beslag gaat krijgen naar 2020 en 2030 toe.

De relevante trends zijn:

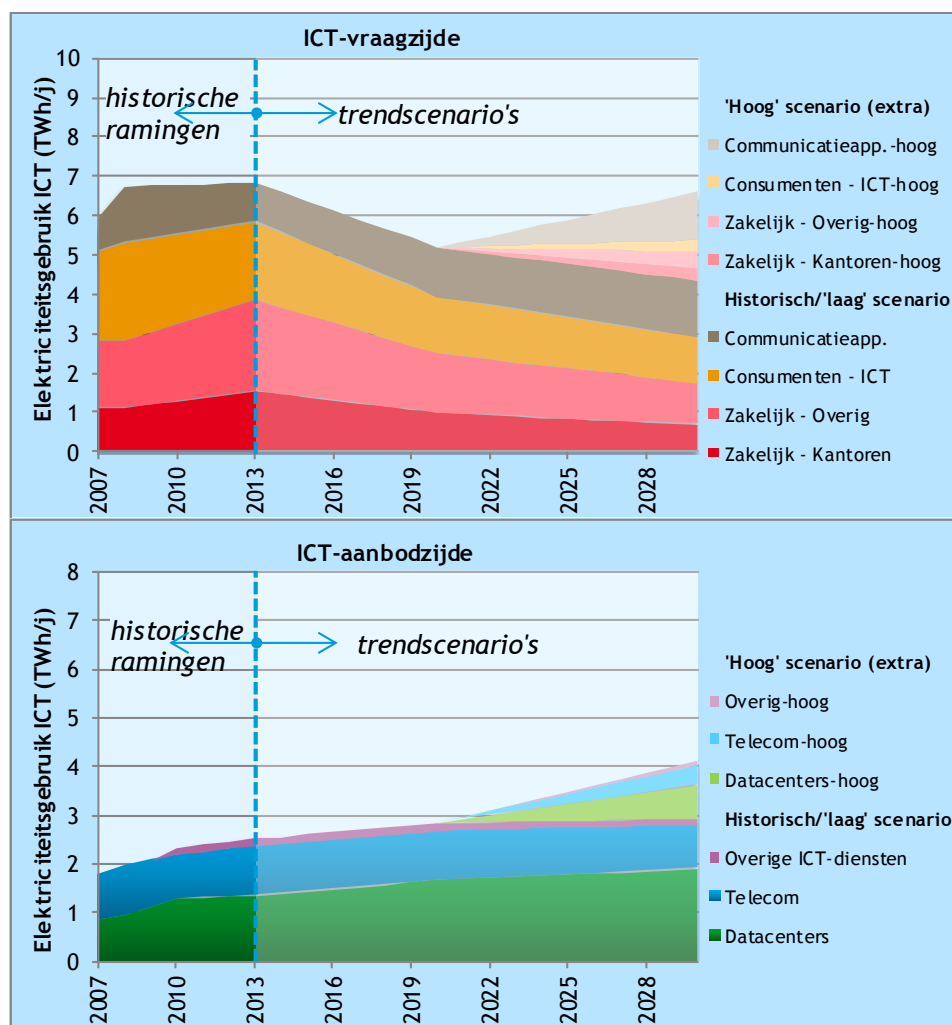
- **Pervasive computing** en het toenemende aantal apparaten.
- **Internet of Things**: steeds meer apparatuur wordt slim digitaal aangestuurd, voorzien van sensoren, en slim gekoppeld.
- **Big data**: het belang van data en de analyse ervan neemt toe.
- **Cloud**: serverruimtes bij bedrijven zelf worden minder belangrijk, er wordt steeds meer extern gehost en steeds meer van diensten gebruik gemaakt.
- **Efficiency**: het energiegebruik van ICT ten opzichte van de geleverde prestatie neemt sterk af.

In dit onderzoek zijn deze trends vertaald naar effecten voor het energiegebruik van ICT in de Nederlandse ICT in de vorm van scenario's voor 2020 en 2030. Voor 2030 is onderscheid gemaakt naar een laag- en een hoogscenario voor het energiegebruik. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 2 en Figuur 2. De doorgerekende trends laten hierbij zien dat het elektriciteitsgebruik van ICT significant kan dalen (14 tot 22% in het 2030-laagscenario) maar ook kan stijgen (in het 2030-hoogscenario; groei van 14%).

In welk van deze toekomstbeelden we zullen belanden, zal afhangen van een combinatie van autonome groei van de ICT-vraag, technische ontwikkelingen, het optreden en handelen van marktpartijen, als ook beleidskeuzes.



Figuur 2 Trendontwikkeling energiegebruik ICT tot 2030 inclusief historische ramingen



Toelichting: In de trendontwikkeling vertegenwoordigen de donkere kleuren na 2020 het lage scenario en lichte kleuren het extra energiegebruik van het hoge t.o.v. het lage scenario.

Aanbevelingen

Om de kans te vergroten dat het energiegebruik van ICT zich ontwikkelt richting het 2030-laagscenario zijn aanbevelingen te formuleren. Voor de relevante betrokkenen zijn de belangrijkste aanbevelingen:

- Overheid: continueer nationaal beleid voor energie-efficiëntie in de ICT-sector; continueer en participeer in (EU-)beleid voor minimale efficiëntie-standaarden.
- ICT-bedrijven: houdt focus op maatregelen voor energie-efficiëntie, bijvoorbeeld via MJA-ICT. Biedt klanten energie-efficiënte oplossingen waaronder ook energie-efficiënte 'Internet of Things'-toepassingen.
- ICT-gebruikers: kies voor efficiënte ICT-inrichtingen en serverruimtes: consolideer, virtualiseer, gebruik 'cloud'-oplossingen, gebruik efficiënte koelinstallaties. Verbeter het energiegebruik van de werkplek ICT. Neem hiertoe energie-efficiëntie integraal mee bij aanbesteding.
- Particulieren/consumenten: voorkom stand-bygebruik en gebruik efficiënte apparaten.

Resultaten in tabelvorm

Tabel 1 Overzicht raming elektriciteitsgebruik ICT 2013

	TWh (2013)	
ICT-vraagzijde consumentenmarkt	2,0	(1,7% NL)
<i>waarvan computers en beeldschermen</i>		1,0
<i>waarvan ICT-randapparatuur</i>		0,5
<i>waarvan digitale ontvangers</i>		0,5
ICT-vraagzijde zakelijke markt	3,9	(3,3% NL)
<i>waarvan kantoren</i>		1,5
<i>waarvan overheid</i>		0,5
<i>waarvan overig</i>		1,9
ICT-vraagzijde, communicatie, consument en zakelijk, en overig	1,0	(0,8% NL)
ICT-aanbodzijde**	2,5	(2,1% NL)
<i>waarvan datacenters</i>		1,36
<i>waarvan telecom</i>		1,02
<i>waarvan overige ICT-dienstverlening</i>		0,16
Totaal elektriciteitsgebruik door ICT in Nederland in 2013	9,4	(8% NL)

Tabel 2 Verwachte ontwikkeling energiegebruik ICT tot 2020 en 2030 in vergelijking met 2008

		2008 (Tebodin)	2013	2020	2030	
					<i>Laag</i>	<i>Hoog</i>
Vraagzijde	Consumenten - ICT-apparatuur	2,5	2,0	1,4	1,2	1,5
	Zakelijk - Kantoren	1,1	1,5	1,0	0,7	1,0
	Zakelijk - Overig	- (*)	2,4	1,5	1,1	1,5
	Communicatieapparatuur	1,4	1,0	1,3	1,4	2,7
Aanbod	Telecomsector	1,0	1,0	1,0	0,9	1,3
	Datacenters	1,0	1,4	1,7	1,9	2,6
	Overige ICT-dienstverlening	- (*)	0,2	0,2	0,1	0,2
Totaal**		7,0	9,4	8,0	7,3	10,7
Verandering t.o.v. 2013				-14%	-22%	+14%
Verandering t.o.v. 2008 voor vergelijkbare categorieën			-3%			

* Geen gegevens in de studie.

** In verband met afronden kunnen totalen afwijken van de som van gepresenteerde waarden.



1 Inleiding

1.1 Achtergrond

De MJA¹ met de Nederlandse ICT-sector is in 2008 gestart ná het in 2007 verschijnen van het Tebodin-rapport 'ICT stroomt door'. Hierin werd het elektriciteitsgebruik door ICT-bedrijven en -instellingen en de ICT-sector als omvangrijk gekenschetst. In 2009 en 2010 zijn na de start van de MJA-ICT de meeste van de huidige MJA-deelnemers uit de ICT-branche toegetreden.

In de afgelopen jaren blijkt uit de MJA3-monitoring dat de ICT-sector een flinke energie-efficiëntieverbetering heeft weten te bereiken. De volgende trends binnen de MJA zijn nu actueel:

- Ieder jaar laat nog wel groei in het energieverbruik van datacenters zien, maar die groei neemt af.
- Het energieverbruik van telecombedrijven en van de groep overige ICT-dienstverlening neemt inmiddels af.
- Datacenters laten een groei zien die met name veroorzaakt wordt door (nieuwe) business; klanten waarvan het energieverbruik in het verleden niet bij de sector was opgeteld. Ook zijn de toenemende 'in the cloud-' en 'M2M'-oplossingen die in de markt worden aangeboden, of verschuiving naar meer thuisgebruik mogelijk oorzaken van de toename van het extra energieverbruik van de datacenters.
- In het thuisgebruik van ICT zien we grote verschuivingen in toenemend en gewijzigd gebruik. Het gebruik van de (mobiele) telefoon, internet en tv is de afgelopen jaren sterk veranderd; er zijn duidelijk verschuivingen van desktop- naar laptop-, tablet- en smartphone-gebruik waar te nemen. Onder de streep worden er meer 'devices' gebruikt, welke per stuk energiezuiniger zijn. Het energieverbruik van apparatuur voor internet/netwerk (kabel/ADSL-modems, wifirouters, etc.) en tv's daalt sterk, onder meer vanwege de toepassing van EU-regelgeving.

Door al deze veranderingen is het gerechtvaardigd om opnieuw te onderzoeken hoe het energieverbruik van ICT in Nederland in elkaar steekt en de trends en ontwikkelingen voor de komende jaren opnieuw te duiden. Daarom heeft de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland - die de MJA faciliteert - opdracht verleend tot dit onderzoek.

In het onderzoek is ook van belang inzicht te verkrijgen in het energieverbruik van telecombedrijven en datacenters binnen de ICT-sector die *niet* deelnemen aan de MJA, omdat deze niet expliciet onder de MJA worden gemonitord.

Het onderzoek is uitgevoerd in de periode maart-december 2015. Een stuurgroep met deelnemers van RVO.nl, Nederland ICT, KPN, Global Switch, Arcadis en MilieuCentraal heeft de projectuitvoering begeleid. Ook een aantal individuele bedrijven heeft inbreng geleverd via workshops, presentaties en toegezonden materiaal.

¹ De MJA (Meerjarenafspraken Energie-efficiency)-convenanten bevatten overeenkomsten tussen de overheid en bedrijven en instellingen over het effectiever en efficiënter inzetten van energie.



1.2 Doel van het project

Het onderzoek stelt zich ten doel om het energieverbruik (TWh elektriciteit en PJ primaire energie) van ICT in Nederland in beeld te brengen, zowel voor het jaar 2013 alsook de trend naar de middellange en lange termijn.

Het energieverbruik van ICT valt uiteen in energieverbruik aan de ICT-aanbodzijde: de bedrijven met datacenters, telecommunicatie-infrastructuren en overige ICT-dienstverlenende bedrijven, en energieverbruik aan de ICT-vraagzijde, met daaronder het energieverbruik van de ICT van consumenten en het zakelijke gebruik van ICT.

Er zijn op dit energieverbruik en op de toekomstprojectie een aantal trends van belang. Het is hierbij dus het doel van dit project om een aantal trends in kaart te brengen die van invloed zijn op het energieverbruik, en de ontwikkeling van ICT in bredere zin, en het effect hiervan te duiden. Dit betreft ook internationale trends zoals de vestiging van grote ICT-aanbieders en ontwikkelingen van 'cloud service providers' (Google, Microsoft) als ontwikkelingen binnen de ICT in het algemeen.

De positieve impact van ICT (savings by) door de bijdrage van slimme ICT-oplossingen aan het duurzaamheidsvraagstuk is geen expliciet studiedoel van dit project. Wel is hier in Paragraaf 2.4 iets over opgenomen.

1.3 Afbakening

De afbakening van dit project zal zoveel mogelijk in lijn zijn met de Tebodin-studie van 2007 (Tebodin & Meijer, 2007), zodat trendanalyse ten opzichte van deze studie mogelijk is. In Tabel 3 is weergegeven hoe we de koppeling met de classificering van Tebodin maken.

Tabel 3 Classificering onze studie vs. Tebodin-studie 2007

	Classificering deze studie		Classificering Tebodin & Meijer, 2007
ICT-aanbodzijde	Datacenters		ICT-infrastructuren - datacenters
	Telecom		ICT-infrastructuren - telecom
	Overige ICT-dienstverlening		-
ICT-vraagzijde	Consumentenmarkt: huishoudens		Huishoudens
	Zakelijke markt	Totaal zakelijk	Kantoren
		Kantoren	
		Overheid	

Tebodin heeft de energieverbruiken van datacenters en telecom in kaart gebracht, maar niet de overige ICT-dienstverlening als aparte post. Het zakelijk energieverbruik aan ICT-vraagzijde in deze studie omvat dat van alle bedrijven met ICT, en niet alleen dat van de 'kantoren'.

Aan de ICT-vraagzijde zullen we voor de consumenten en zakelijke markt zoveel mogelijk de apparatuurclassificering van Tebodin 2007 volgen, maar er zijn uiteraard wel veranderingen, waardoor sommige categorieën belangrijker en andere minder belangrijk zijn geworden. De apparaatcategorieën die worden meegenomen in de raming zijn beschreven in Tabel 4, Tabel 5 en Tabel 6.



Audio/videoapparatuur heeft een bijzondere status omdat het traditioneel minder de informatieverwerkende taak heeft die computers en randapparatuur bijvoorbeeld wel hebben. We hebben hem wel meegenomen omdat het ook onderdeel was van de Tebodin-studie, en door een aantal trends wordt het onderscheid tussen ‘passieve’ audio/videoapparatuur en ‘interactieve’ informatieverwerkende apparatuur minder van toepassing. We onderscheiden twee categorieën, ‘ICT-apparaten’ en ‘audio, video en spelcomputers’. Deze laatste categorie betreft geen eigenlijke ICT-apparaten conform de Europese classificatie². Hoewel de indeling hard is, is de functionaliteit aan verschuivingen onderhevig omdat bijvoorbeeld televisies steeds meer computerfunctionaliteiten krijgen en anderzijds het tv-kijken niet meer beperkt is tot televisietoestellen.

Als we het over de ICT-vraagzijde hebben, bedoelen we in dit rapport de ICT-apparaten in enge zin, dus exclusief audio/video/spelcomputers.

Tabel 4 Apparatuur per gebruikersdoeleinde aan de ICT-vraagzijde, *consumentenmarkt*

Computers en beeldschermen, tablets, e-readers	ICT-randapparatuur	Audio/video
Desktop-pc	Router/modem	Lcd/led-tv ≤ 32-inch
Laptop of netbook	Printer incl. MFP	Lcd/led-tv > 32-inch
Tablet (opladen)	Scanner	CRT-tv > 29-inch
E-reader	Speakers (gekoppeld aan ICT)	Plasma > 32-inch
	Beeldscherm: CRT, Flatscreen	Projectie-tv; beamer
	Externe HD	HDD-recorder
	NAS	Dvd-speler
	Digitale ontvanger (*)	Blu-rayspeler
	Satellietontvanger (*)	Videorecorder
		Audio-installatie
		Radiotoestel
		Digitaal radiotoestel
		Spelcomputer
		MP3-speler/gadgets

* In de studie meegenomen aan de ICT-kant i.v.m. koppeling telecomsector ICT-aanbodzijde.

Tabel 5 Apparatuur per gebruikersdoeleinde aan de ICT-vraagzijde, *zakelijke markt*

Computers en beeldschermen, tablets, kassasystemen)	ICT-randapparatuur	Audio/video
Desktop-pc (dag)	Modems/routers MKB	Lcd/led-tv
Desktop-pc (24h)	Modems/routers GB	Projectie-tv/beamer
Laptop of netbook	Wifispots/repeaters	Radiotoestel
Tablet (lader)	MF-printers/copiers	
Thin client	Printers	
Kassasystemen	Scanner	
Beeldschermen (CRT/flatscreen)	Speakers (gekoppeld aan ICT)	
Serruimten		

² We sluiten aan bij de definitie van ‘ICT-apparatuur’ uit de Europese AEEA-richtlijn (Europees Parlement, 2012), waarbij audio-/videoapparatuur en spelcomputers onder bruigoed respectievelijk speelgoed vallen.



Tabel 6 Communicatieapparatuur aan de ICT-vraagzijde, *consumenten- en zakelijke markt*

ICT- Communicatieapparatuur
Smartphone (opladen)
Gsm (niet-smart, opladen)
Simkaarten in dongels, tablets, etc.
M2M-toepassingen
Draadloze telefoons (DECT)
Internet telefoon (VoIP)
Fax
Telefooncentrale

Een speciale klasse ICT-apparatuur is de ‘embedded ICT’ in diverse niet-ICT-apparaten. Deze is in beginsel niet meegenomen in de raming 2013, wel wordt een deel van de groei hiervan meegenomen in de trends (bijvoorbeeld door de ‘Internet of Things’-trend). Bijvoorbeeld de ‘embedded ICT’ in de auto: moderne simpele auto’s bevatten circa acht CPU’s in verschillende vormen. Alleen al het stroomgebruik van de navigatie is ca. 5-10 W.

De Tesla Model S is uitgerust met een tweetal HD-aanraakschermen. Maar ook bijvoorbeeld domotica, ‘smarthome’: koelkasten met internetbrowser, led-lampen die via wifi regelbaar zijn, wasmachines met geavanceerde timers, rookmelders die via wifi communiceren, camerasystemen die via tablet-pc zijn te raadplegen, kerstlampjes die aanstuurbaar zijn via de pc, enzovoorts.

Afbakening in tijd

- huidig energiegebruik van de sector wordt gegeven voor het jaar 2013;
- bij het meenemen van de trends en het doorrekenen van de scenario’s wordt het energiegebruik in 2020 en 2030 geraamd.

Afbakening soorten energiegebruik

Alleen elektriciteitsgebruik is meegenomen in dit onderzoek. Elektriciteit is verreweg de belangrijkste energiedrager. Binnen de MJA-ICT betreft dit bijvoorbeeld 97% van het totale energiegebruik.

Nauwkeurigheid van de ramingen

Voor sommige onderdelen geldt een grotere nauwkeurigheid/zekerheid dan van andere onderdelen, dit is inherent aan de dataverzameling.

Dit beschrijven we bij de discussie van de resultaten.

Het in de scenario’s geschetste beeld voor 2020 ligt minder ver in de toekomst en is daarom zekerder dan de voor 2030 geschetste beelden, die uiteraard zeer onzeker zijn omdat vijftien jaar zeer lang is in ICT-tijd.

1.4 Leeswijzer

De aanpak van de raming is beschreven in Hoofdstuk 2, met de belangrijkste gegevensbronnen. Ook wordt in dat hoofdstuk afgesloten met een paragraaf over de bijdrage van ICT aan energiegebruik in andere sectoren ‘savings by’. Dit is nuttig om in het perspectief te houden. De resultaten van de 2013-raming worden gepresenteerd in Hoofdstuk 3 voor de ICT-vraagzijde en Hoofdstuk 4 voor de ICT-aanbodzijde. Het deelonderzoek naar trends voor de toekomst, met de kwantificering daarvan voor de vraag- en aanbodzijde is opgenomen in Hoofdstuk 5. De conclusies en beleidsaanbevelingen zijn opgenomen in Hoofdstuk 6. In de bijlagen zijn de nodige detailuitwerkingen en deelonderzoeken opgenomen.



2 Aanpak en data

Aan de ICT-vraagzijde voeren we een ‘bottom-up’-modellering uit van de energiegebruiken van de apparatuurklassen uit Paragraaf 1.3. Dit leidt tot een separate raming van consumentenmarkt, zakelijke markt en communicatie. Aan de ICT-aanbodzijde wordt voor de verschillende deelsegmenten (data-centers, ICT-infrastructuren en telecom) een eigen deelanalyse gedaan, waarbij we gebruik maken van CBS-data van de ICT-sector en MJA-data.

2.1 Raming energiegebruik ICT-vraagzijde

Aan de vraagzijde wordt het energiegebruik geraamd door een inventarisatie te doen van verschillende soorten ICT-apparatuur bij de verschillende gebruikersgroepen (consumenten- en zakelijke markt) en dit te vertalen naar energiegebruik. Het energiegebruik van de ICT-apparatuur van bijvoorbeeld een huishouden is het resultaat van een optelsom van de jaargebruiken van de individuele ICT-apparaten. We noemen dit ‘bottom-up’-ramingen. De ‘bottom-up’-ramingen geschieden door voor verschillende soorten apparaten de bedrijfstijden in verschillende bedrijfsmodi (actief gebruik, slaapstand e.d.) te vermenigvuldigen met de typerende wattages in die bedrijfsmodi. Dit wordt dan gedaan voor het totaal aantal apparaten in een apparatuurklasse en opgeteld.

Het gaat dus voor ieder soort apparaat om de volgende gegevensverzameling:

- frequentie van voorkomen van apparaten in de praktijk (aantal computers, laptops, tablets, smartphones, etc.);
- het specifieke energiegebruik, in Watt (W), van de verschillende apparaten in de verschillende operating modes: ‘aan’, ‘stand-by’, ‘slaapstand’;
- bedrijfstijden van apparaten in de verschillende operating modes: hoeveel uur per jaar wordt het apparaat gebruikt.

Dit kan ook in formule worden weergegeven:

$$E = \frac{1}{1000} \sum_{\text{apparaten}} \left(N_{\text{app}} \sum_{\text{modi}} B_{\text{app,modus}} * P_{\text{app,modus}} \right)$$

Hierbij is N het aantal apparaten van een type, B de bedrijfstijd (van apparaat in bepaalde modus) en P de vermogensopname (in Watt van apparaat in die modus). E is het totale energiegebruik in kWh/jaar.

De apparatuurklassen die zijn meegenomen zijn behandeld in Paragraaf 1.3.

De hoofdresultaten van deze aanpak en vergelijking met (Tebodin & Meijer, 2007) zijn beschreven in Paragraaf 2.4.

Een uitvoerige behandeling van de onderliggende gegevens, keuzes, modellering en detailresultaten is opgenomen in Bijlage A.

2.2 Raming energiegebruik ICT-aanbodzijde

Aan de aanbodzijde inventariseren we het energiegebruik van de datacenters, telecom-infrastructuren en de activiteiten van de aanbieders van overige ICT-diensten. Hierbij hanteren we een combinatie van data verkregen via het CBS, data uit de MJA, aangevuld met verder bureauonderzoek en modellering of extrapolatie waar nodig. De voornaamste databronnen behandelen we in deze paragraaf. Dit zijn:

- CBS-data ICT-sector (gecorrigeerd voor grafimedia op basis van data uit de MJA-overige industrie);
- aparte modellering datacenters, CBS-data datacenters, MJA-data datacenters;
- MJA-data telecom;
- gebruiksdata van een aantal belangrijke partijen.

2.2.1 CBS-data energiegebruik ICT-sector 2013

Het CBS levert via de tabel *‘Levering gas/elektriciteit via openbaar net, bedrijven, SBI/2008, regio’* cijfers over de levering van elektriciteit (en aardgas) aan bedrijven (CBS, 2015). Het gaat daarbij om de levering via het openbaar net, inclusief de levering van het openbaar net aan bedrijven-netten. Door bedrijven zelf geproduceerde elektriciteit die wordt ingezet voor eigen gebruik is dus niet in deze cijfers opgenomen.

De energieverbruikscijfers zijn berekend op basis van meetgegevens uit de aansluitingenregisters van de beheerders van alle openbare netten van elektriciteit en aardgas. De energieverbruiken zijn dus ‘harde data’, echter de toedeling van de energieverbruiken naar SBI-classificatie conform de primaire bedrijfsactiviteiten is intrinsiek minder ‘hard’ omdat bedrijven vaak meerdere activiteiten ontplooiën.

De gegevens zijn uitgesplitst naar bedrijfstak op hoofdniveau (SBI-classificatie ‘single digit’) en regio (bijvoorbeeld gemeente). De SBI-classificering die relevant is voor ICT betreft de hoofdgroep **‘J - Informatie en Communicatie’**. Deze kent echter ook bedrijfsactiviteiten die niet behoren bij de bovengenoemde afbakening, te weten SBI-codes 58, 59, 60: *uitgeverijen, film/tv-productie; geluidsopname; radio-televisieomroepen*. Hiervoor dient dus gecorrigeerd te worden omdat we deze energieverbruiken niet binnen de scope van dit onderzoek rekenen. Deze groep bedrijfsactiviteiten vallen onder de sector **grafimedia** (grafische sector en mediabedrijven), waarvan de belangrijkste bedrijven ook tot de MJA zijn toegetreden. We kunnen de MJA-cijfers van de MJA-grafimedia dus gebruiken ter correctie, zij het met een afslag voor de drukkerijen, want die vallen ook onder de grafische sector. Radiozendmasten vallen ook binnen deze categorie.

2.2.2 CBS-analyse energiegebruik datacenters 2013

Het CBS heeft voor CE Delft een uitsplitsing gemaakt van het energiegebruik van **datacenters** door het adressenbestand dat hoort bij de meetgegevens van de netbeheerders te koppelen aan het adressenbestand van commerciële datacenters die uit de internetpublicatie DatacentrumGids.nl (DCG) (CBS, J. Vroom, 2015; DatacentrumGids.nl, 2015). Dit is interessante informatie, want het gaat om goede kwaliteit data die een ander segment laten zien dan de data die in het kader van de MJA wordt verzameld. De koppeling met DatacentrumGids maakt het tevens mogelijk om de raming die CE Delft al in 2014 gemaakt heeft voor de datacenters te valideren.



Andere uitsplitsingen op grond van de CBS-data blijven evenwel niet mogelijk omdat de onderliggende gegevens om deze uitsplitsing te doen van onvoldoende kwaliteit zijn. Het ontbreekt bijvoorbeeld aan totaaloverzichten van de bedrijfslocaties van de telecom- en andere deelsectoren (persoonlijke mededeling Jurriën Vroom, projectleider Energie CBS, april 2015).

2.2.3 Data energiegebruik deelnemers MJA-ICT 2010-2014

Uit de MJA-ICT zijn voor het jaar 2013 het geaggregeerde energieverbruiken bekend van de datacenters, telecom en overige ICT-dienstverlenende bedrijven die deelnemen uit de MJA (Arcadis, 2015).

Dit is 'harde' informatie over de energieverbruiken (gas- en elektriciteit).

Voor het totaal van Nederland speelt echter dat de MJA geen data levert over het energieverbruik van bedrijven die niet aan de MJA deelnemen.

Dit totaal is voor heel Nederland geschat, en op basis van dit onderzoek wordt geconcludeerd dat de MJA-bedrijven ongeveer 80% van het energieverbruik van de ICT-aanbodzijde vertegenwoordigen.

2.2.4 CE Delft, DatacentrumGids.nl en andere bronnen

In 2014 heeft CE Delft in opdracht van ontwikkelingsorganisatie Hivos een studie uitgevoerd naar de ontwikkeling van het energieverbruik van commerciële datacenters tussen 2014 tot en met 2017 (CE Delft, 2014).

Basis voor raming van energieverbruik is een inventarisatie van de totale vloeroppervlakte, waarbij de gegevens van DatacentrumGids.nl het vertrekpunt zijn. In deze studie was er veel aandacht voor de 'missende data', want DatacentrumGids is niet compleet. Dit verschil is met een statische benadering ingevuld. Voor het doel van dit 'ICT en Energie'-onderzoek voor RVO zijn de in 2014 verzamelde gegevens over datacenters nogmaals geanalyseerd.

Specifiek zijn de volgende analyses uitgevoerd:

1. Voor alle datacenters is nagegaan of ze al dan niet door het CBS geteld zijn.
2. Voor alle datacenters is nagegaan of deze al dan niet onder de MJA vallen.
3. Van alle datacenters die niet door het CBS geteld zijn of onder de MJA vallen is nagegaan of ze nog bestaan en te vinden zijn, en indien dit het geval was en de gegevens waren incompleet, dan zijn de bedrijven per e-mail en telefonisch benaderd in de periode juli-augustus 2015. Bedrijven/namen waarvan het niet plausibel was dat ze nog actief zijn, zijn verwijderd uit de lijst.

Een aantal andere databronnen en studies complementeren deze raming. Van T-Mobile, Ziggo en Tele2 is het energieverbruik van 2013 uit de MVO-verslaglegging gehaald of herleid.

De Dutch Datacenter Association publiceerde in juni 2015 een rapport met een raming van het aantal datacenters en de netto datavloeroppervlakte (Dutch Datacenter Association, 2015). Dit rapport is meegenomen als vergelijkingsmateriaal.

2.3 Aanpak trends

De aanpak van de trends is gedaan door een aantal megatrends te identificeren die we zeer belangrijk achten voor de toekomstige maatschappelijke rol van ICT en die allen van groot belang zijn voor het energieverbruik daarvan. De gevolgen van deze trends zijn voor de verschillende onderdelen van de raming van het energieverbruik van 2013 geoperationaliseerd aan de hand van drie scenario's: een enkel plausibel scenario voor 2020 en een hoog- en laag-scenario voor 2030.

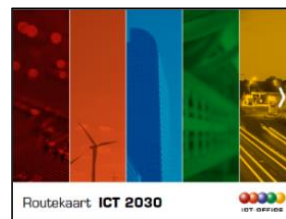


De gevolgen van de geduide megatrends zijn zowel in de ‘bottom-up’-raming van de ICT-vraag als in de raming van de aanbodzijde meegenomen, door de aantallen apparaten en de energiegebruiken daarvan aan te passen. Zo brengen we de gevolgen van de trends op een manier in beeld die verder gaat dan het doortrekken van de historische trends. De aanpak wordt verder beschreven in Hoofdstuk 5.

2.4 De positieve impact van ICT

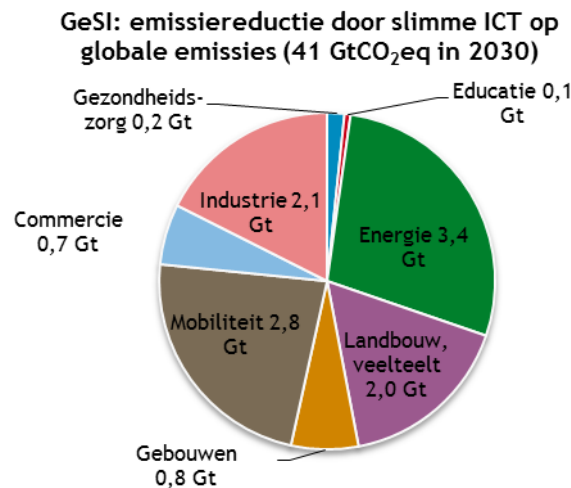
Hoewel deze studie verder uitsluitend ingaat op het energiegebruik van ICT zelf, is het nuttig om ook het positieve perspectief op de rol van ICT te blijven hanteren bij het lezen van dit rapport. Met het inzetten van ICT is weliswaar een significant energiegebruik gemoeid waar ook broeikasgasemissies mee samenhangen, maar het is ook goed om te kijken naar de bijdrage die het inzetten van ICT levert om de maatschappij duurzamer te maken en de transitie naar duurzame energie te faciliteren. Beoogde ‘slimme’ ICT-oplossingen leiden naar verwachting tot omvangrijke energiebesparing en reductie van broeikasgasemissies. De mate waarin dit gebeurt en toerekenbaar is aan de ICT-sector is niet onderzocht in deze studie maar kan geïllustreerd worden door een tweetal eerdere studies.

Voor de Nederlandse context is in de ‘Routekaart ICT 2030’ (ICT-Office, 2012) onderscheid gemaakt naar twee zaken: ‘savings of ICT’ en ‘savings by ICT’. Het eerste slaat op het verbeteren van de energieprestaties van de ICT-sector zelf en het tweede aspect gaat over het vergroenen van andere sectoren middels ICT, waar het bovengenoemde positieve aspect van ICT dus in naar voren komt. De energie-efficiëntie doelen voor de ICT-sector zelf lopen op tot 11,7 PJ in 2030 ten opzichte van een referentie-energiegebruik van 39 PJ. Voor ‘savings by ICT’ gaat het om energiebesparing in de gebouwde omgeving (huishoudens, gebouwen, openbare ruimte, zakelijke mobiliteit); slimme energienetten, alsmede dynamisch en optimaal vervoersmanagement. In de routekaart telt dit op tot 305 PJ waarvan 136 PJ dan toegerekend wordt aan de ICT-sector³. Voor de globale context is in het rapport van GeSI (2015) beschreven hoe groot die besparingen wereldwijd zouden kunnen zijn, wat is weergegeven met de onderverdeling naar de sectoren in Figuur 3. De cases die in het rapport zijn becijferd tellen op tot tien x meer besparing dan de CO₂-uitstoot die met ICT zelf is gemoeid, hetgeen illustratief bedoeld is; er is geen effectinschatting voor de Nederlandse context uitgevoerd.



³ ‘Savings by’-ramingen kennen vaak meerdere begunstigde sectoren. De toerekening aan de ICT-sector betreft niet een unieke bijdrage, waarvan het kwantificeren complex is.

Figuur 3 Emissiereductie dankzij inzet slimme ICT (globale context)



Bron: GeSI, 2015.

2.5 CO₂-emissies elektriciteit

De elektriciteit die gemoeid is met het gebruik van ICT in Nederland wordt opgewekt in conventionele elektriciteitscentrales en met hernieuwbare energie zoals wind- en zonne-energie. Verreweg het grootste deel betreft elektriciteit uit conventionele centrales opgewekt met fossiele brandstoffen, zoals kolen en gas. Hiermee is een significante uitstoot van CO₂, het belangrijkste broeikasgas, gemoeid.

De CO₂-emissie door het elektriciteitsgebruik van ICT kan in beeld gebracht worden door het elektriciteitsgebruik om te rekenen met een kental voor de gemiddelde CO₂-intensiteit van Nederlandse elektriciteit, bijvoorbeeld de *handelsmix* (CE Delft, 2014). In 2013 was de handelsmix 0,468 kg CO₂ per kWh. Hierin is productie en netto-import van elektriciteit opgenomen.

De handelsmix is niet gecorrigeerd voor groene stroom. Indien gebruik gemaakt wordt van groene stroom dan mag voor het doel van een CO₂-footprint of duurzaamheidsverslaglegging gerekend worden met een kental van 0 kg CO₂/kWh, waarbij dan de emissies in de productieketen van duurzame energie buiten beschouwing blijven. Als ketenemissies meegenomen worden dan hangt de CO₂-intensiteit af van de soort gebruikte groene energie.

De CO₂-emissies kunnen ook weergegeven worden als aandeel van het Nederlandse totaal van 2014: 186,9 Mt CO₂-eq. (CBS, PBL, Wageningen UR, 2015).

3 Resultaten energieverbruik 2013 ICT-vraagzijde

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de raming voor 2013 in vergelijking met 2007 besproken. Een gedetailleerd overzicht van de raming voor 2013 is opgenomen in Bijlage B.

3.1 Resultaten vraagzijde - consumentenmarkt

Het ICT-gebruik door consumenten is bepaald via een 'bottom-up'-raming, de methode van de raming, de aannames en de referenties zijn in detail uitgewerkt in Bijlage A.1.

Het totale energieverbruik van ICT per categorie in 2007 (Tebodin & Meijer, 2007) en 2013 is weergegeven in Tabel 7 en in Figuur 4, en voor audio/video is dit Tabel 8 en Figuur 5.

Ten opzichte van 2007 is in 2013 het totale energieverbruik gedaald met ongeveer 585 miljoen kWh⁴. Deze daling komt voor een deel doordat apparaten zuiniger zijn geworden, voor een andere deel mogelijk ook doordat de aantallen in 2013 in gebruik zijnde apparaten op een andere grondslag is bepaald.

De grootste reductie in energieverbruik is gerealiseerd in de categorie 'pc en beeldschermen', ondanks het feit dat tablets, e-readers, externe HD's en NAS in 2013 voor het eerst in de raming zijn opgenomen. Deze daling is vooral toe te schrijven aan lagere gebruikstijden en een verschuiving van pc's naar laptops en tablets (GfK, 2013) die energiezuiniger zijn.

Digitale tv-ontvangers hebben een groot aandeel in het totale energieverbruik doordat hier veel van zijn, deze apparaten altijd aan of stand-by staan, en het energieverbruik altijd (ook stand-bymodus) aanzienlijk is.

Binnen audio/video maken tv's het grootste deel uit van het totale energieverbruik, deze subcategorie is zelfs groter dan de hele categorie 'ICT-sector'. Het energieverbruik voor audio/videoapparatuur is hoger geraamd dan in 2007, wat met de grootte van de lcd/plasma-tv's en met de spelcomputers te maken heeft.

Tabel 7 Raming energieverbruik consumentenmarkt, ICT-apparaten, in mln. kWh - vergelijking 2007 en 2013

ICT-apparaten	Energieverbruik in mln. kWh		Verandering
	2007	2013	
Pc en beeldschermen (incl. tablets, e-readers)	1.890	990	-900
Randapparatuur	420	480	+60
(Digitale) tv-ontvangers	250	500	+250
Totaal	2.560	1.970	-590

Opmerking: Ten opzichte van 2007 zijn in de volgende apparaten in 2013 aan de raming toegevoegd: e-readers, VoIP, smartphones, dataverbindingen, tablets en NAS.

⁴ 1 miljoen kWh = 1 GWh = 1/1000 TWh.

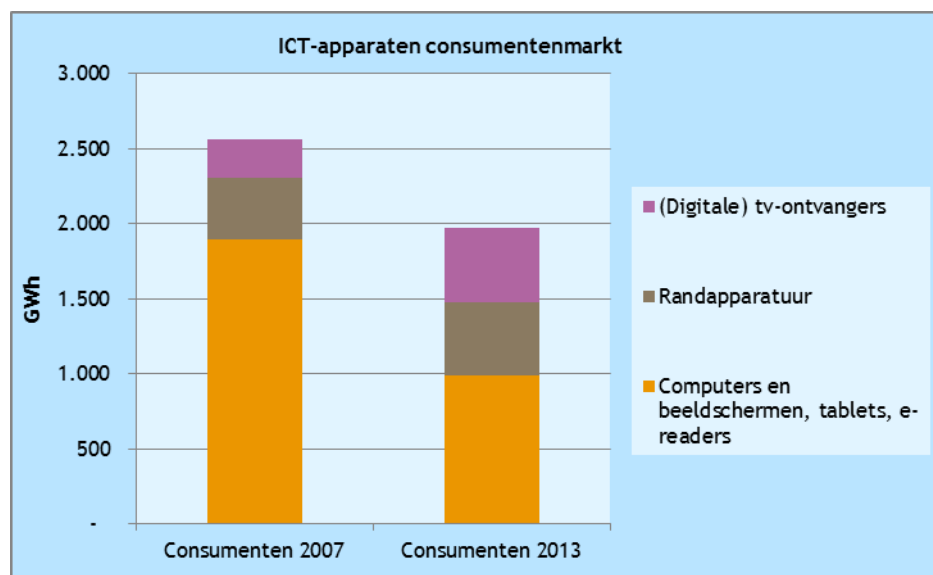


Tabel 8 Raming energiegebruik consumentenmarkt, *Audio/video*, in mln. kWh - vergelijking 2007 en 2013

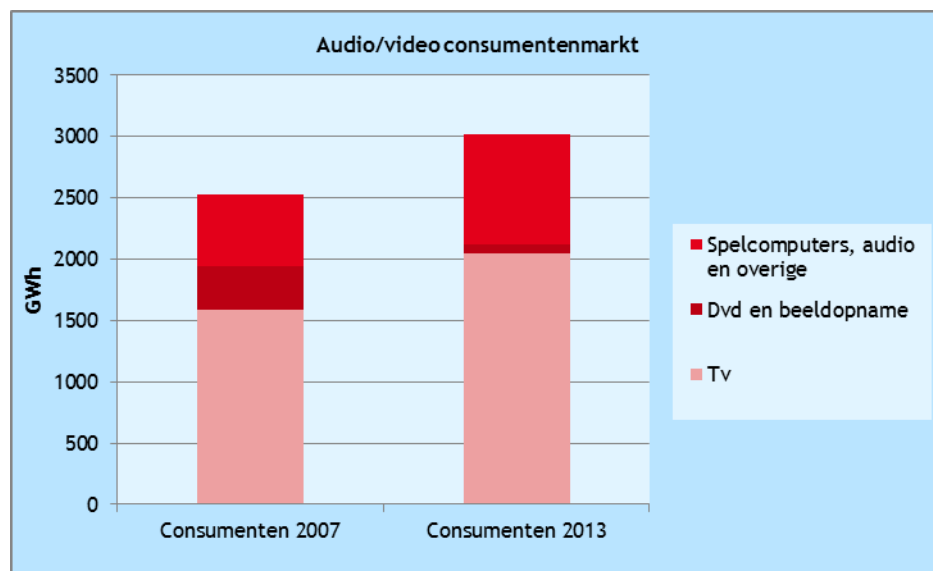
Audio, video en spelcomputers	Energiegebruik in mln. kWh		Verandering
	2007	2013	
Tv	1.590	2.050	+460
Dvd en beeldopname	360	70	-290
Overige (spelcomputers, radio, etc.)	580	910	+330
Totaal	2.530	3.030	+500

Opmerking: Ten opzichte van 2007 zijn in de volgende apparaten in 2013 aan de raming toegevoegd: blu-ray, beamer, hdd-recorder.

Figuur 4 Energiegebruik *ICT-apparaten consumentenmarkt* - vergelijking 2007 en 2013 (mln. kWh)



Figuur 5 Energiegebruik *audio, video, spelcomputers consumentenmarkt* - vergelijking 2007 en 2013



3.2 Resultaten vraagzijde - communicatie consumenten- & zakelijke markt

Ook op het gebied van communicatie op zowel de consumenten- als de zakelijke markt (vaste en mobiele telefoons, fax, dataverbindingen, modems/routers voor consumenten, etc.) is een reductie in het energiegebruik behaald, zie Tabel 9. De studie uit 2007 biedt te weinig details om de reductie toe te wijzen aan een bepaalde apparatuurklasse.

Routers en modems voor consumenten leveren circa 60% van het totale gebruik in deze categorie. Praktisch elk huishouden beschikt over een modem/router en ze staan doorgaans altijd aan.

Tabel 9 Raming energiegebruik categorie communicatie consumenten- en zakelijke markt in mln. kWh - vergelijking 2007 en 2013

	Energiegebruik in mln. kWh		Verandering
	2007	2013	
Communicatie (modem/router huishouden, smartphone, gsm-toestel, fax, telefooncentrale, dect-apparatuur, VoIP, (M2M-)dataverbindingen, ...)		970	
Waarvan consumenten en kantoren	840	720	-120

Opmerking: Ten opzichte van 2007 zijn de volgende apparaten in 2013 aan de raming toegevoegd: VoIP, smartphones en dataverbindingen.

3.3 Resultaten vraagzijde - zakelijke markt

Het ICT-gebruik door de zakelijke markt is ook bepaald via een 'bottom-up'-raming. De methode van de raming, de aannames en de referenties zijn in detail uitgewerkt in Bijlage A.2.

In Tabel 10 en Figuur 6 is het totale energiegebruik van ICT in de zakelijke markt in 2013 en alleen voor kantoren in 2007 (Tebodin & Meijer, 2007) per categorie weergegeven. De categorie 'overig zakelijk' betreft het zakelijk gebruik dat niet in de kantoren en niet bij de overheid plaatsvindt.

In tegenstelling tot de energievraag van ICT door consumenten, is de energievraag op de zakelijke markt gestegen met ongeveer 440 miljoen kWh (440 GWh). Deze stijging vindt over de hele linie plaats en kan enerzijds worden toegeschreven aan extra apparatuurklassen die ten opzichte van 2007 zijn meegenomen zoals kassasystemen, tablets, wifispots, beamers en presentatieschermen. Anderzijds is de stijging mogelijk ook voor een deel toe te schrijven aan een verschil in methodiek tussen de studie van 2007 en de huidige, zoals de bepaling van het aantal kantoren⁵.

De grote gebruiksgroepen binnen de zakelijke markt zijn de pc's en beeldschermen, en de serverruimtes inclusief de daarin opgestelde apparatuur.

⁵ De onderverdeling naar energiegebruik van kantoren, overheid en 'overig' uit het totaal aan energiegebruik van de zakelijke markt, is gedaan op basis van de verhouding kantoorbanen en van overheidsbanen ten opzichte van het totaal aantal banen in de zakelijke markt. Een deel van de overheidsbanen vindt ook in kantoren plaats, maar niet alle.

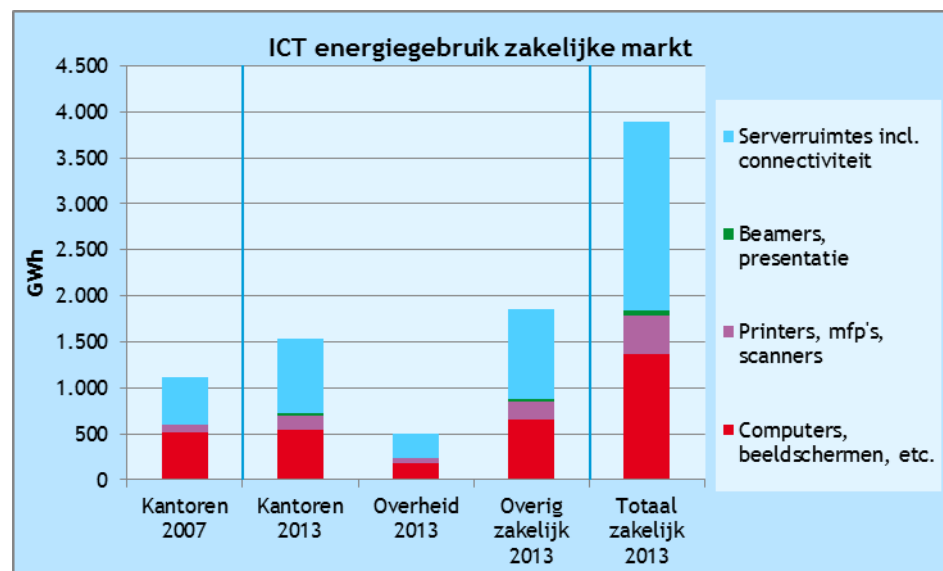


Tabel 10 Raming energiegebruik zakelijke markt in mln. kWh - vergelijking 2007 en 2013

ICT-apparatuur	Energiegebruik in mln. kWh					Mutatie kantoren
	2007 Kantoren	2013				
		Kantoren	Overheid	Overig zakelijk	Totaal zakelijk	2007-2013
Computers en beeldschermen (incl. kassasystemen, tablets en dockingstations)	510	540	180	650	1.370	+30
Printers, scanners	90	170	50	200	420	+80
Beamers en presentatieschermen		30	10	30	60	
Serverruimtes (servers, connectiviteit in serverruimtes, randapparatuur)	510	800	260	980	2.040	+290
Totaal	1.110	1.540	500	1.860	3.890	+430

Opmerking: Ten opzichte van 2007 zijn in de volgende apparaten in 2013 aan de raming toegevoegd: blu-ray, beamer, hdd-recorder, e-reader, VoIP, smartphone, dataverbindingen, tablets en NAS.

Figuur 6 Raming energiegebruik zakelijke markt in mln. kWh - vergelijking 2007 en 2013



Opmerking serverruimtes

Aan de zakelijke kant valt onder 'servers en connectiviteit bij bedrijven' serverruimtes en privé corporate datacenters (vaak in pandig) van bedrijven. Commerciële datacenters (en datacenters van 'cloud providers') vallen hier niet onder, deze vallen onder de ICT-aanbodzijde.

Het energiegebruik van deze serverruimtes is iets waar op basis van bureau-studies en op basis van interviews slechts beperkt kwantitatieve informatie over voorhanden is.

Er is wel duidelijk dat er per serverruimte veel energiegebruik bespaard kan worden door efficiency-maatregelen (zie bijvoorbeeld CE Delft, 2014), en ook de consolidatieslag naar de 'cloud' of externe datacenters kan veel besparing opleveren, maar wat niet duidelijk is is hoeveel serverruimtes dit dan betreft. Er zijn echter geen of slechts grove pogingen om het totale energiegebruik goed in te schatten.

Het werkelijke energiegebruik is door ons d.m.v. een 'bottom-up'-benadering ingeschat, maar kent onzekerheden. Onze gevolgde aanpak is beschreven in

Bijlage A.1.2 op pagina 69. Deze benadering hebben we getoetst met een externe deskundige (Harryvan (Cerios Green), 2015), en hoewel onzeker, lijkt het een geschikte aanpak.

Desalniettemin kent dit onderdeel van de raming een relatief grote onzekerheid ($\pm 30\%$). Als de onzekerheid gereduceerd dient te worden dan is aanvullend onderzoek nodig waarbij een groot aantal gebouwen fysiek worden bezocht en de serverruimte apart worden bemeterd.

3.4 CO₂-emissies ICT-vraagzijde

De totale CO₂-emissies van ICT-vraagzijde komen met de elektriciteitsmix genoemd in Paragraaf 2.5 (handelsmix; niet gecorrigeerd voor groene stroom) op 3,6 Mt CO₂ (1,9% van de Nederlandse broeikasgasemissies).

De CO₂-emissies genoemd met audio/video en spelcomputers komt op 1,4 Mt CO₂ (0,8% van de Nederlandse broeikasgasemissies).

4 Resultaten energieverbruik 2013 ICT-aanbodzijde

Het energieverbruik van de aanbodzijde valt uit in drie deelsegmenten uiteen: datacenters, telecom en het gebruik van overige ICT-dienstverlening. We laten eerst de hoofdresultaten zien en daarna gaan we in op de deelsegmenten.

4.1 Resultaten aanbodzijde

Het totale elektriciteitsgebruik van de ICT-sector conform het CBS (zie Paragraaf 2.2.1) bedraagt 2,7 TWh⁶ in 2013 (CBS, 2015). Dit elektriciteitsgebruik hoort bij de ICT-dienstverlening, datacenters, telecom en ook grafimedia, zie Paragraaf 2.2.1. Het elektriciteitsgebruik van grafimedia komt, op grond van de MJA-data overige industrie waar de bedrijven tot zijn toegetreden op 0,18 TWh in 2013. Na aftrek van deze correctie komt het energieverbruik van de ICT-sector aan de aanbodzijde op 2,5 TWh, dit gebruik hoort bij de datacenters, telecom en overige ICT-dienstverlening. In dit onderzoek is dit nader onderzocht door gerichte gegevensverzameling op die deelsegmenten. Dit leidt tot een lichte bijstelling, waarmee het beeld ontstaat dat is weergegeven in Tabel 11 en Figuur 7.

Tabel 11 Overzicht resultaten raming aanbodzijde (TWh/j)

	Startpunt: geleverde elektriciteit via openbaar net CBS	Aanvulling: gebruik elektriciteit MJA- bedrijven	Aanvulling: gebruik elektriciteit niet- MJA-bedrijven	Totaal alle databronnen
Datacenters	0,908	0,32 *	0,13 **	1,36 (±0,15)
Telecom	<i>Niet bekend</i>	0,78	0,23 ***	1,02 (±0,05)
ICT-dienstverlening	<i>Niet bekend</i>	0,16	- ****	0,16
Totaal aanbodzijde	2,5			2,54 +/- 0,20

* Dit betreft het elektriciteitsgebruik van MJA-ICT-datacenters die niet door het CBS zijn geteld.

** Dit betreft het elektriciteitsgebruik van datacenters welke niet door het CBS zijn geteld en die niet in de MJA zijn opgenomen.

*** Dit betreft het Nederlandse elektriciteitsgebruik van Ziggo, T-Mobile en Tele2 in 2013.

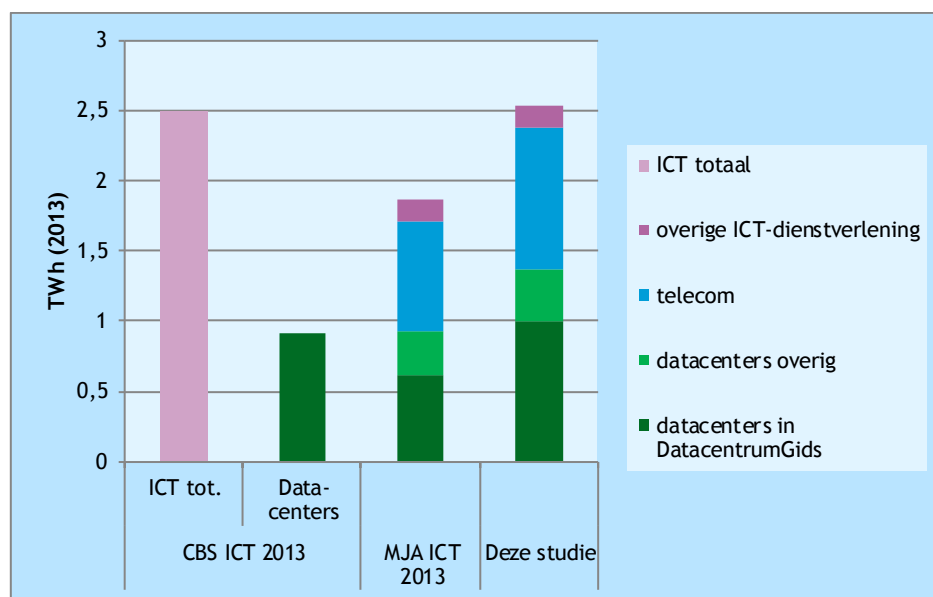
**** Een schatting van 0,05 TWh is mogelijk maar is ruw.

In Figuur 7 is het deelsegment datacenters naar databronnen (wel/niet DatacentrumGids) uitgesplitst, dit wordt verder behandeld in Paragraaf 4.2.

⁶ 1 TWh = 1,000 GWh = 1,000 miljoen kWh.



Figuur 7 Resultaten raming aanbodzijde



Toelichting: MJA-gegevens betreffen monitoringsresultaten MJA-ICT, monitoringsgroep 2014 (Arcadis, 2015).

4.2 Datacenters

In de CE Delft-raming van 2014 is gebruik gemaakt van de totale vloeroppervlakte van DatacentrumGids.nl (DCG), waarbij de waarden van vloeroppervlakten gecorrigeerd en aangevuld zijn (voor zover mogelijk) op grond van bureauonderzoek. Ook is in beeld gebracht welke datacenters niet in DCG opgenomen zijn maar wel bestaan. De resultaten van deze exercitie staan in Tabel 12.

Tabel 12 Aantallen datacenters in Nederland, vloeroppervlakte

Commerciële datacenters		Aantal DC	Aantal DC waarvan oppervlakte niet gegeven	Netto datavloer oppervlakte (m²)	Gecorrigeerde oppervlakte (m²)
Datacenters opgenomen in DatacentrumGids	Totaal	157	29	213.000	230.000
	– waarvan in CBS	126	19	196.000	207.000
	– waarvan in MJA	39	4	139.000	141.000
	– waarvan in zowel CBS als MJA	34	3	135.000	137.000
	– waarvan niet CBS noch MJA	19	7	9.500	14.000
Datacenters niet opgenomen in DatacentrumGids	MJA-deelnemers	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.
	Niet-MJA-deelnemers	21	19	1.400	13.000
Totaal		178			242.000

Toelichting: Kolom ‘gecorrigeerde oppervlakte’: omrekening datacenters waar geen vloeroppervlakte van bekend is met 580 m² per datacenter (mediane oppervlakte).
De aantallen en oppervlakten van de MJA-datacenters die niet zijn opgenomen in de DatacentrumGids zijn pro memorie weergegeven, de informatie is niet van belang omdat het energieverbruik op grond van MJA-cijfers bekend is.

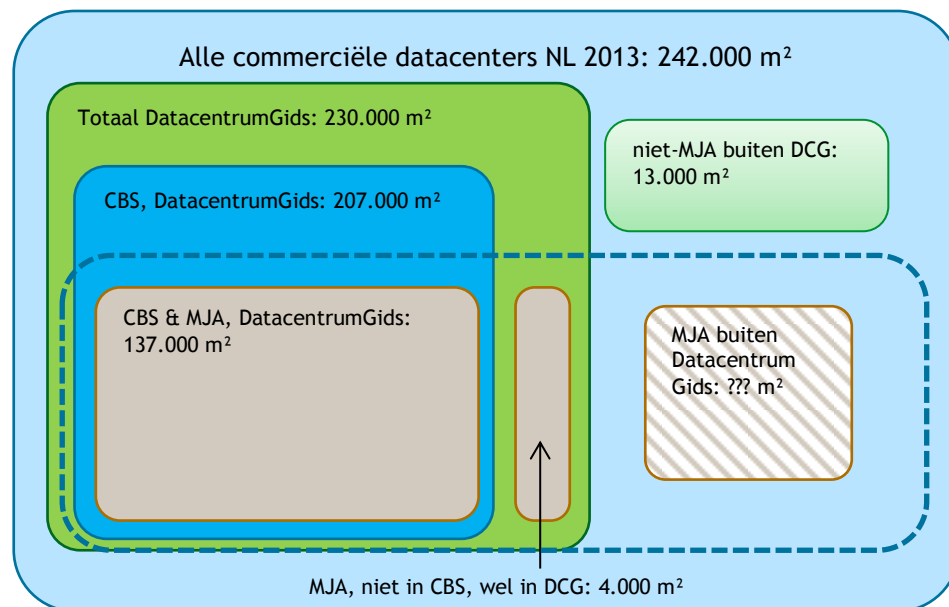
Van 126 van de in DatacentrumGids opgenomen datacenters heeft het CBS het elektriciteitsgebruik herleid op basis van de aansluitgegevens van net-beheerders, optellend voor het jaar 2013 tot 0,908 TWh. Dit energiegebruik hoort bij 207.000 m² netto datavloeroppervlakte (gecorrigeerd). Dit leidt tot een gemiddeld energiegebruik van 4,38 MWh/m²/jaar.⁷

Het elektriciteitsgebruik van datacenters van de MJA-deelnemers telt voor 2013 op tot 0,92 TWh (Arcadis, 2015). Dit betreft het gebruik van zowel datacenters die in de DatacentrumGids zijn opgenomen (het merendeel) als datacenters die dat niet zijn (een significant deel). De datacenters van de MJA-deelnemers die in DatacentrumGids zijn opgenomen tellen op tot een vloeroppervlakte van 141.000 m². Het grootste deel hiervan is ook door het CBS geteld, zie Tabel 12. DatacentrumGids bevat ook negentien datacenters die niet door het CBS zijn gematcht en ook niet in de MJA deelnemen, maar die wel bestaan. De oppervlakte hiervan komt op 14.000 m².

Daarnaast zijn nog 21 datacenters niet in de DatacentrumGids opgenomen, de oppervlakte hiervan telt op tot 13.000 m². Het totaal van dit alles telt op tot 242.000 m² netto datavloeroppervlakte in 2013, met een onzekerheid voor datacenters van MJA-deelnemers waar geen vloeroppervlakte van bekend is (dit kunnen ook interne datacenters zijn van de MJA-ICT-deelnemers die geen collocation doen en dus logischerwijs niet zijn opgenomen in DCG).

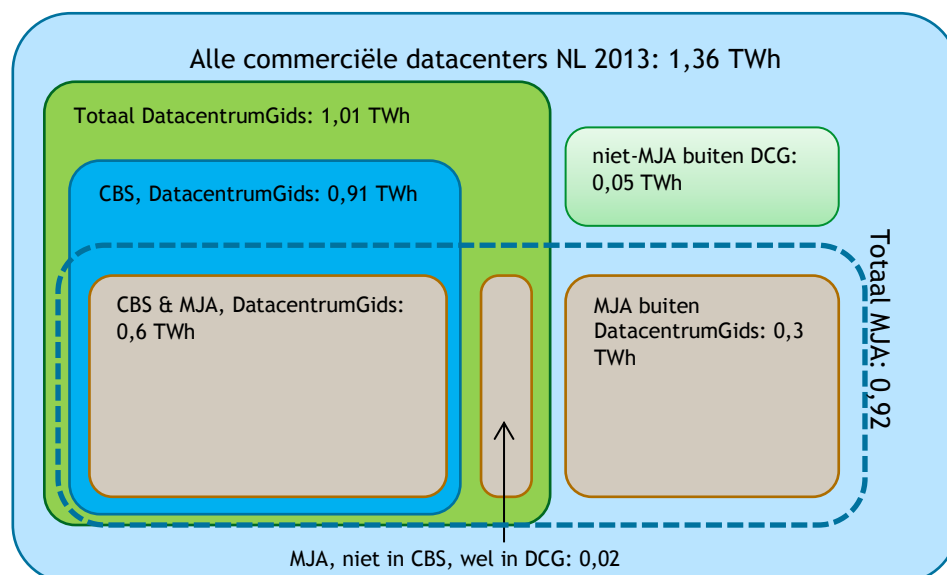
De vloeroppervlakten leveren de directe grondslag voor de vertaling naar het energiegebruik in 2013. Dit is weergegeven in Figuur 8. Dit figuur geeft ook zo helder mogelijk de onderlinge verhouding van de datasets weer.

Figuur 8 Visualisatie onderlinge verhouding databronnen en de resultaten voor vloeroppervlakte en het stroomgebruik



Noot: Van MJA-datacenters buiten DCG is het vloeroppervlakte niet bekend, maar het energiegebruik wel.

⁷ Dit is goed vergelijkbaar met het gebruik geschat in (CE Delft, 2014), te weten 4,3 MWh/m²/j.



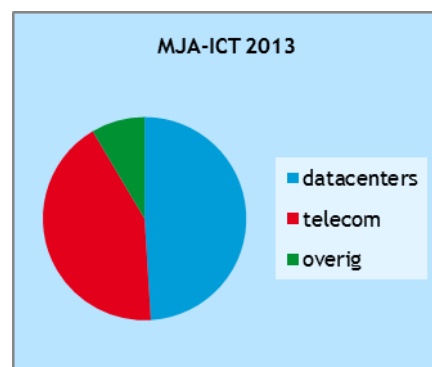
Vergelijking

De Dutch Datacenter Association/PB7 komen in het rapport van juni 2015 op 363 MW opgesteld ICT-vermogen, aangeboden in 205 datacenters met een totale netto datacentervloeroppervlakte van 259.000 m². De netto datacentervloeroppervlakte van de DDA/PB7 vergelijkt goed met de bovenstaande raming. Het energiegebruik wordt niet gegeven, waardoor dat niet rechtstreeks kan worden vergeleken. Het rapport van DDA/PB7 vormt geen reden om het energiegebruik van datacenters neer- of opwaarts bij te stellen.

4.3 Telecom

De telecompartijen hebben binnen de MJA in 2013 een aandeel van 0,79 TWh uit het MJA-totaal van 1,87 TWh (42%). Dit is weergegeven in de figuur die hiernaast is weergegeven (Arcadis, 2015). Telecomleveranciers die in 2013 niet aan de MJA deelnamen maar wel deels eigen netwerken bezitten en die dus significante energiegebruiken kennen, zijn T-Mobile, Ziggo en Tele2.

- Van T-Mobile is het energiegebruik vermeld in het jaarverslag, in 2013 kwam dit op 0,103 TWh (T-Mobile, 2014).
- Ziggo kende in 2013 tevens een energiegebruik van 0,103 TWh (Ziggo, 2014).
- Op grond van de CO₂-footprint kan worden herleid dat Tele2 in Nederland verantwoordelijk is voor een elektriciteitsgebruik van circa 0,028 TWh⁸. Dit is lager dan de andere grote netwerken omdat Tele2 deels infrastructuur van KPN betreft.



⁸ 12,8 kt CO₂-eq. (Tele2, 2014) omgerekend met een CO₂-kental van 0,455 kg CO₂/kWh.

Op grond hiervan moeten, om een beeld voor heel Nederland te schetsen, de MJA-gegevens voor telecom dus worden uitgebreid met minimaal 0,234 TWh. Er zijn nog een aantal kleinere telecompartijen, die zijn niet meegenomen, omdat we hier geen data van hebben.

4.4 Overige ICT-dienstverlening

Het segment **overige ICT-dienstverlening** betreft een brede categorie bedrijven en (ZZP-)ondernemers die primair ICT-dienstverlening en informatie-diensten als bedrijfsdoel hebben.

We hebben voor dit segment de MJA-cijfers gebruikt, dit betreft een elektriciteitsgebruik van 0,16 TWh in 2013. Dit gebruik behelst het energiegebruik van de ICT-dienstverlening van zestien grote bedrijven. Daarvan zijn vijf bedrijven pure ICT-dienstenleveranciers die geen elektriciteitsgebruik bij telecom of datacenters registreren.

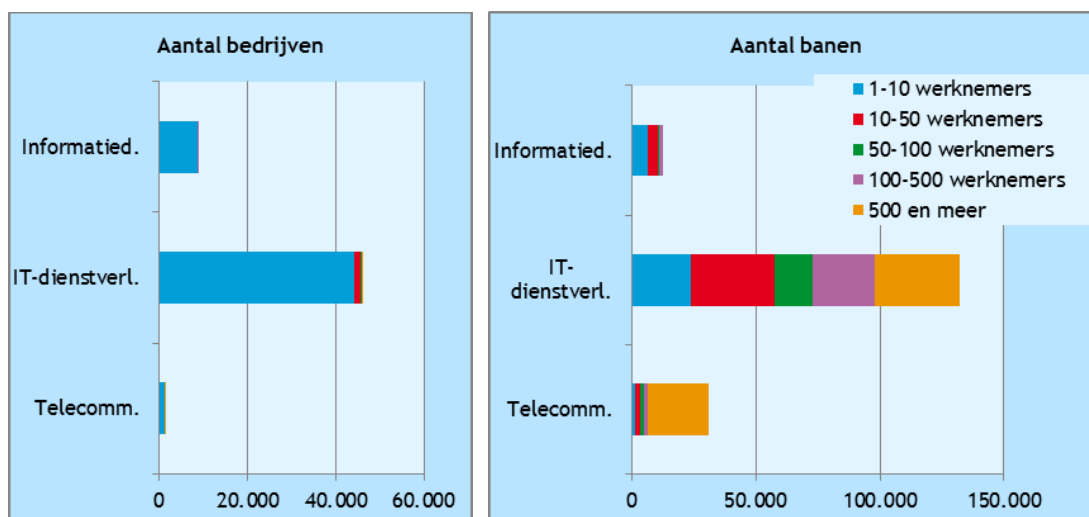
Dit energiegebruik is echter niet het totaal van alle ICT-dienstverlening in Nederland. Als eerste is er een energiegebruik van interne ICT-diensten leveranciers van bedrijven die primair niet tot de ICT-sector vallen. Als voorbeeld grotere concerns in de financiële sector, verzekeringen, energie, etc. hebben vaak een uitgebreide ICT-afdeling, die mogelijk ook voor derden werkt. Dit energiegebruik is zo goed mogelijk aan de ICT-vraagzijde geteld, maar is niet expliciet als aparte post te kwantificeren.

Het totale aantal bedrijven dat het CBS telt in de ICT-sector bestaat voor een groot deel uit kleinere ondernemingen (1-10 medewerkers), zie Figuur 9. Deze bedrijven kennen waarschijnlijk geen groot energiegebruik van server-ruimtes en dergelijke. Als we het aantal banen beschouwen, dan is te zien dat een groot aantal banen ook in het midden- en kleinbedrijf valt. Het is niet mogelijk om het energiegebruik van al deze kleine en middelgrote bedrijven in dit onderzoek vast te stellen omdat er geen registratie van is.

Wel kunnen we een schatting van de fout maken als we dit niet in kaart brengen. Als we ervan uitgaan dat de ICT-dienstverleningbedrijven met meer dan 1.000 werkzame personen tot de MJA zijn toegetreden en bedrijven met minder dan 20 medewerkers niet relevant zijn voor de raming op dit onderdeel, dan blijven er volgens het CBS ca. 950 bedrijven over. Het energiegebruik van deze bedrijven zou op grond van hun aantal medewerkers optellen tot circa 0,06 TWh. Dat is ca. 2,5% van het totaal van de aanbodzijde. Dit lijkt niet belangrijk genoeg om verdere uitvoerige studie of correctie naar te doen, waardoor we voor deze categorie alleen de MJA-cijfers hanteren.



Figuur 9 Aantal bedrijven en banen in de ICT-sector (SBI 61, 62, 63)



Bron: CBS (CBS, 2015).

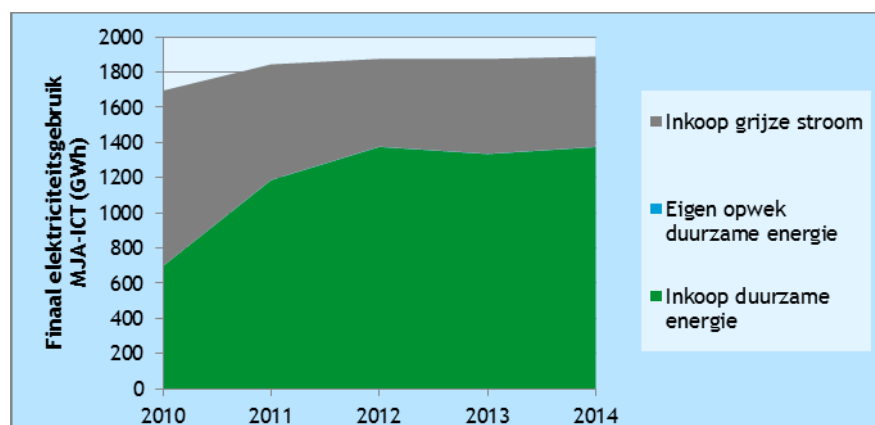
4.5 CO₂-emissies ICT-aanbodzijde

De totale CO₂-emissies van ICT-aanbodzijde komen met de elektriciteitsmix genoemd in Paragraaf 2.5 op 1,2 Mt CO₂ (0,6% van de Nederlandse broeikasgasemissies).

De sector rapporteert binnen de MJA welke soort elektriciteit wordt gekocht en de eigen opwekking van duurzame energie met bijvoorbeeld zonnepanelen. Het aandeel duurzame energie is bij de MJA-deelnemers zeer hoog: meer dan 70% van de gebruikte elektriciteit is nu groen. Figuur 10 laat de ontwikkeling van dit aandeel zien. De figuur laat zien dat na de start van de monitoring in 2010 het aandeel haast is verdubbeld.

Door duurzame energie in te kopen en zelf op te wekken reduceert de ICT-aanbodzijde de CO₂-footprint in 2013 met 71%, tot 0,34 Mt CO₂ (hierbij is niet rekening gehouden met ketenemissies van ingekochte duurzame energie).

Figuur 10 Soort elektriciteitsgebruik MJA-ICT (GWh)



Bron: RVO-analyse.

Noot: De eigen opwek van duurzame energie (2013: 1,7 GWh) is wel opgenomen in de grafiek maar is te gering om duidelijk zichtbaar te zijn bij de gekozen schaal.

5 Trend energiegelbruik 2020-2030

Hoe zal het energiegelbruik van de Nederlandse ICT-sector zich ontwikkelen naar de toekomst toe, in 2020 en 2030? Dat zijn de vragen voor het tweede deel van het onderzoek. In dit onderzoek hanteren we een scenario en 'bottom-up'-trends gebaseerde benadering voor zowel de aanbod als de vraagzijde.

Tezamen laat dit zien welke kanten het waarschijnlijk op kan gaan op de korte termijn (2020) en wat mogelijke ontwikkelingen zijn naar de lange termijn (2030). We beginnen met een aantal mainstream trends omdat die relevant zijn op de genoemde tijdschalen.

5.1 Vijf 'megatrends' tot 2030 die het energiegelbruik beïnvloeden

Over ICT en de rol van ICT in de toekomstige maatschappij zijn een aantal lonkende vergezichten geformuleerd die zowel krachtig zijn als een hoog plausibiliteitsgehalte hebben. Deze vergezichten leveren een aantal megatrends op die weer leidend zijn in de kwantificering van de trends in Paragraaf 5.2.

Het European Internet Forum, een dialoogorganisatie t.b.v. ontwikkeling van een Europees ICT-beleid, formuleerde in 2014 een visie op een digitale wereld voor Europa voor 2030. De kernachtige verwoording van deze visie én het pad daarnaartoe luidt (European Internet Forum, 2014, p. 3):



“Core digital technologies are evolving and converging rapidly, fueled by real-time, real-world data, driving us toward a Knowing Society and creating the foundation for an avalanche of innovative software platforms and other digital tools available and affordable to anybody and everybody, everywhere for virtually any purpose. In economic terms, we are finally on the cusp of “the real” third industrial revolution. We need to understand and exploit this vast opportunity, while also urgently addressing the intense social and political stresses this revolution will inevitably engender. Europe’s political leaders need to engage with this revolution across their full range of competences. 2030 is now. Completing Europe’s Digital Single Market is the most urgent priority.”

Deze visie gaat over een maatschappij waarin data en de dingen die we daarmee kunnen doen steeds belangrijker worden. Een steeds toenemend aantal digitale technieken, software en hardware, wordt ontwikkeld en geïmplementeerd die data convergeren. Real-time en échte data vanuit verschillende bronnen afkomstig, worden met deze nieuwe technieken zo mogelijk real-time geanalyseerd en in bedrijfsprocessen gebruikt ('big data'). Bedrijven weten steeds beter wat klanten willen en doen. En omgekeerd weten consumenten steeds meer over bedrijven. Internet is overal, 'ambient', en gebruiken we continu en zonder de vertragingen van vandaag de dag.

Uit deze visie onderscheiden we vier technologietrends die we mee kunnen nemen in de scenario's: 'Pervasive computing', 'Internet of Things' (IoT), 'big data' en de 'cloud'. Daarnaast is voor het energiegebruik de energie-efficiëntie van ICT dominante trend die we laatste jaren zien en die uit verschillende richtingen gestuurd wordt. Deze staat uiteraard ook centraal in deze studie.

Megatrend 1: 'Pervasive computing'

Door wat genoemd 'pervasive computing' (soms genoemd 'ubiquitous computing') is er altijd, overal en via meerdere apparaten toegang tot het internet. De rol van apparaten verandert. Eindgebruikers kunnen via diverse verschillende apparaten doen wat ze beogen. Welk 'device' op enig moment gebruikt wordt voor een bepaalde taak is minder relevant en wordt meer bepaald door het apparaat dat toevallig bij de hand is, welke taken er nog meer worden verricht, et cetera. Dit hangt ermee samen dat het aantal ICT-apparaten waar een eindgebruiker over beschikt steeds talrijker wordt. Je kunt doen wat je wilt via een smartphone, phablet, tablet, smartwatch, laptop, desktop, console, set-top box of smart-tv. Of via het scherm in je auto, vliegtuigstoel, bushokje, et cetera. De rol van een enkel 'device' of een traditionele desktop applicatie ('rich application') wordt minder belangrijk, het gaat meer om het ecosysteem, hoe goed de applicatie of het apparaat werkt in samenwerking met die andere 'devices' via de 'cloud'.



Megatrend 2: 'Internet of Things'

Een andere erg belangrijke trend is 'Internet of Things' (IoT). Dit slaat op de trend dat apparaten zelf autonoom door middel van sensoren en communicatie met ICT-systemen of andere apparaten informatie verzameld, uitwisselt, en daar op kan handelen of de gebruiker van het apparaat inzicht verschaft om te handelen. Apparaten zijn continu op de hoogte van de omgeving van het product om de werking van het gebruik te verbeteren. Bijvoorbeeld een slimme thermostaat die weet waar je bent (via de locatie van je smartphone, of aan de CO₂ in de ruimte, of op een andere manier) en dan alleen het deel van het huis verwarmt waar dat nuttig is. Het gebouwautomatiseringssysteem ventileert alleen de ruimtes waar mensen zijn. Van IoT wordt een grote groei verwacht met name door de gelijktijdige trends van de sterk dalende kosten van sensoren, connectiviteit en rekenkracht (Wall Street Journal, 2015). Aardig is om te zien dat de Nederlandse Kamer van Koophandel cursussen geeft aan ondernemers om IoT te ontwikkelen (Kamer van Koophandel, 2014). Het adresseren van knelpunten ten aanzien van veiligheid en privacy is belangrijk om verdere ontwikkeling en marktadoptie te ondersteunen. Cisco heeft voor de Global Cloud Index (2015) een schatting gemaakt van de wereldwijde gegenereerde hoeveelheid data mede dankzij 'Internet of Things', en komt op een omvang van 500 zettabytes⁹ (ZB) per jaar (data genereerd door mensen, machines, IoT) in 2019 vergeleken met 135 zettabytes in 2014. Deze data is voor het grootste deel real time, alleen een klein deel wordt via IP netwerken naar datacenters opgeslagen.



⁹ Een zettabyte (ZB), 10²¹bytes, 1.000 exabyte (EB), 1 miljoen petabyte (PB) of 1 miljard terabyte (TB). Een terabyte is een hoeveelheid opslag die in een pc kan zitten, maar meer dan een smartphone of tablet. Facebook was in 2014 ongeveer 0,3 EB groot (Vagata & Wilfong, 2014).

Megatrend 3: 'Big data'

Een andere trend is die van 'big data'. De hoeveelheid data die opgeslagen wordt, groeit exponentieel. Consumenten slaan steeds meer data op in de vorm van bestanden, foto's en films (bijvoorbeeld op Facebook of YouTube) maar er zijn ook steeds meer apparaten die zelf data verzamelen, opslaan en uitwisselen 'Internet of Things' en er zijn steeds meer sensordata en open source data beschikbaar. Cisco heeft voor de Global Cloud Index (2015) een schatting gemaakt van de wereldwijde hoeveelheid opgeslagen data, en komt voor 2014 op 1,4 zettabyte en voor 2019 op 3,5 ZB (groei 20% per jaar). De omvang van de hoeveelheid data is niet alleen belangrijk voor het belang van deze trend, maar ook over wat daarmee gebeurt. Het analyseren van data wordt steeds belangrijker, bedrijfsprocessen van ondernemingen worden in toenemende mate datagedreven. Hierbij zijn algoritmes, software platformen, gedistribueerde opslagsystemen, datacenters en de 'cloud' ook steeds belangrijker.



Megatrend 4: 'Cloud'

Gekoppeld aan alle bovenstaand benoemde trends is ook de 'cloud'-trend. ICT-toepassingen worden in toenemende mate ondergebracht bij publieke of private 'cloud service providers', die zorgen voor de ICT-infrastructuren voor een host; rekenkracht, opslag, connectiviteit ('Infrastructure as a Service'); ontwikkelplatformen ('Platform as a Service') of applicaties ('Software as a Service'). Investeren in 'cloud'-oplossingen betekent over het algemeen ook het maken van een efficiëntieslag doordat de gevirtualiseerde diensten op een geringer aantal fysieke energieverbruikende systemen gerealiseerd worden. De ontwikkeling van 'clouds' neemt een grote vlucht, het gebruik van 'cloud'-toepassingen is flink toegenomen in vele sectoren. Hoewel volgens marktonderzoeksbureau Conclusr (2015) de verschillende soorten 'cloud'-applicaties wel een nogal verschillende penetratie kennen, laten marktonderzoeksbureaus Computer Profile en Odin zien dat verschillende soorten 'cloud'-toepassingen met 10-20% per jaar groeien of zelfs meer, zodat ze wellicht volledige marktpenetratie gaan bereiken over vijf jaar (Odin, 2015; Computer Profile, 2015). De ICT-marktmonitor laat een groei van ongeveer 25% zien van de 'cloud'-bestedingen tussen 2014 en 2015 (Nederland ICT, 2015). Cisco (2015) verwacht dat het 'cloud datacenter'-verkeer sneller dan traditioneel verkeer groeit, en dat dit meer dan 82% van het totale datacenter verkeer zal omvatten in 2019, waar dit in 2014 nog 60% was. Cisco heeft ook ramingen gemaakt van de ontwikkeling van de totale server *workload* (het aantal virtual hosts) en wat daarvan door respectievelijk traditionele datacenters en de 'cloud' wordt bediend. In West-Europa neemt de workload toe van 28 miljoen in 2014, waarvan 64% 'cloud', naar 58 miljoen in 2019, waarvan maar liefst 82% door de 'cloud' wordt bediend (Cisco, 2015). Er zijn echter ook aandachtspunten waardoor de ontwikkelingen ook minder snel kunnen gaan, bijvoorbeeld de veiligheid van de data en zorgen omtrent privacy (Financieel Dagblad, 2015). Ook de nationale/EU-regelgeving, zoals het annuleren van het 'safe harbor' systeem (Surf, 2015), heeft zijn weerslag. Dit kan leiden tot meer vraag naar Europese/nationale 'cloud' en een verminderde vraag naar een globale 'cloud'.



Megatrend 5: 'Energie-efficiëntie'

Een aantal drijvende trends zorgen ervoor dat ICT-apparaten steeds efficiënter worden en de ICT-sector inclusief de hardwareproducenten als geheel meer georiënteerd op energiegebruik. Dit heeft een aantal drijvende krachten, waarvan een aantal ook mede samenhangen met de bovengenoemde trends. De drijvende krachten voor efficiency vallen uiteen in technologietrends (mobiele 'devices', wet van Moore, etc.) en beleidsmatige trends (overheidsbeleid om de ICT-sector efficiënter te maken, beleid van bedrijven om energiegebruik te reduceren op grond van kosten- of maatschappelijke overwegingen). De trend naar meer mobiele 'devices' zorgt voor een noodzaak voor efficiency omdat dit direct voordelen voor de gebruiker oplevert in verband met de langere accuduur. Doordat het aantal transistoren onder Moore's law blijft toenemen wordt het stroomgebruik (en dus warmteontwikkeling) van chips gereduceerd. Er zijn ook nieuwe technieken, zoals technieken voor de vrije koeling van datacenters, 'led-backlights' voor beeldschermen, 'solid state storage' in plaats van roterende harde schijven. De beleidsmatige trends hebben te maken met bijvoorbeeld bewust ontwerpen voor energie-efficiëntie zoals in de standaarden voor mobiel dataverkeer, voor een ander deel is het deels een kostenkwestie en deels een technische noodzaak, zoals bij 'high density computing' bij datacenters of in de infrastructuur. Het overheidsbeleid om apparaten efficiënter te maken speelt ook een rol, bijvoorbeeld het Ecodesign-beleid van de EU speelt een belangrijke rol in het reduceren van het energiegebruik van een aantal grote klassen apparaten of het vergroten van de efficiency in verschillende gebruiksmodi. De ICT-sector zelf schenkt veel aandacht aan efficiency in verband met de deelname aan de MJA, maar landelijke en regionale overheden proberen ICT-bedrijven ook te sturen naar investeringen in efficiëntie. Ook restwarmtebenutting en warmte-integratie en zijn zaken die van datacenter tot datacenter bekeken zullen worden en waar mogelijk geïmplementeerd.



5.2 Kwantificering trends ICT-vraag- en -aanbodzijde

Om de gevolgen voor het energiegebruik van de Nederlandse ICT-sector in beeld te brengen voor 2020 en 2030, werken we op grond van de bovenstaande megatrends een aantal scenario's uit voor deze jaren.

Het jaar 2020 is dichtbij genoeg om met een doorvertaling van de huidige geobserveerde trends een enkel min of meer plausibel toekomstbeeld te schetsen. Dat is voor 2030 absoluut niet mogelijk omdat de tijdschaal te lang is. Voor 2020 operationaliseren we een enkel scenario, op grond van de middenwaarde van de verwachting waarbij we vooral de meest waarschijnlijke richting schetsen op basis van huidige geobserveerde trends.

Voor het jaar 2030 verkiezen we het in beeld te brengen van twee varianten, die laten zien in hoeverre het energiegebruik zich kan ontwikkelen.

In de '2030-laagvariant' worden de scenario's ingevuld worden met een parameterisering die van toepassing is bij een lager energiegebruik. De parameterisering van de '2030-hoogvariant' resulteert in een sterker gestegen energiegebruik. Beide 2030-scenario's moeten gezien worden als plausibel. In welk toekomstpad we zullen belanden zal afhangen van een combinatie van technische ontwikkelingen, het optreden en handelen van marktpartijen, autonome groei van de ICT-vraag, als ook beleidskeuzes.



5.2.1 Trends ICT-vraagzijde

De ontwikkeling van het energiegebruik aan de ICT-vraagzijde (het energiegebruik van de consument en de zakelijke markt) richting 2020 en 2030 hebben we concreet ingevuld door de belangrijkste trends die we geïdentificeerd hebben te gebruiken om de 2013-raming mee aan te passen voor de toekomstraming.

In Paragraaf 5.1 zijn vijf belangrijke trends benoemd. Aan de ICT-vraagzijde komen deze naar voren.

- **Pervasive computing:** komt naar voren via de aantallen ‘devices’. Te verwachten is dat de ontwikkeling van het aantal ‘ICT-devices’ doorzet tot een bepaalde verzadiging.
- **Internet of Things:** steeds meer apparatuur wordt voorzien van sensoren, en communiceert onderling en intelligent door middel van IT-infrastructuur. In de raming is dit opgenomen via een aparte klasse aan extra ‘Internet of Things’-apparaten, geteld bij de ‘communicatieapparatuur’.
- **Big data:** de volumes aan data die worden opgeslagen nemen sterk toe. Dit zal met name zijn beslag krijgen in de ‘cloud’ en in datacenters dus niet zozeer aan de ICT-vraagzijde.
- **Cloud:** deze trend zorgt ervoor dat serverruimtes bij bedrijven minder belangrijk worden; er wordt steeds meer extern gehost en steeds meer van diensten gebruik gemaakt.
- **Efficiency:** dit speelt bij een groot aantal apparaten een rol, waardoor het energiegebruik van apparaten in de verschillende gebruiksmodi (aan/bezig; idle/stand-by; slaapstand, uit/ingeplugd) wordt beïnvloed. Het beïnvloedt ook het energiegebruik van serverruimte-apparatuur.

Deze trends hebben in detail meegenomen door deze verder te kwantificeren voor de wat energiegebruik betreft vijf belangrijkste categorieën gebruikers, aan zowel de consumenten als de zakelijke markt (zie Tabel 13). Voor deze groepen apparaten is in detail onderzocht wat de techniekontwikkeling kan gaan doen, wat de regelgeving (met name Ecodesign) doet, en wat verwachtingen zijn ten aanzien van de aantallen.

Verder is de raming uitgebreid met nieuwe apparaten conform de groei die verwacht kan worden volgens ‘Pervasive computing’ & ‘Internet of Things’-trends.

De andere apparaatcategorieën die zijn meegenomen in de ‘bottom-up’-raming van de vraagzijde, hebben opgeteld een minder groot energiegebruik, dit bedraagt opgeteld ca. 23% van het totaal in 2013. Voor deze categorieën hebben we op generieke wijze het energiegebruik en de aantallen apparaten (maar niet de gebruiksuren in de verschillende bedrijfsmodi) aangepast conform de recent gepubliceerde ramingen van het energiegebruik ontleend aan de Nationale Energieverkenning (ECN, 2015).

De Nationale Energieverkenning (ECN, 2015) is de meest recente Nederlandse gepubliceerde bron van ramingen over energiegebruik van Nederland 2030 onderverdeeld naar verschillende segmenten (huishoudens, bedrijven, etc.). De aantallen apparaten in de raming hebben we geschaald op basis van demografische ontwikkelingen zoals geschetst in de NEV; voor de zakelijke markt, via het arbeidsaanbod als proxy voor het aantal banen.



Tabel 13 Grootste energiegebruikers zowel de consumenten als de zakelijke markt

Consumentenmarkt	Zakelijke markt
1. Digitale ontvangers/'set-top boxes'	1. Serruimten
2. Tv's	2. Modems/routers
3. Gameconsoles	3. Desktop-pc's
4. Routers/modems	4. MF-printers
5. Desktop-pc's en notebooks	5. Telefooncentrale

Het voert te ver om alle details van de uitgevoerde berekeningen hier te behandelen, deze zijn voor de drie toekomstscenario's opgenomen in Bijlage C. Hieronder lichten we een aantal specifieke zaken eruit: de impact van IoT, Ecodesign en efficiëntie op apparaten; impact van de 'cloud' en efficiëntie op serruimtes.

'Internet of Things'/'Pervasive computing' zorgt voor toename aantal apparaten

In de scenario's van 2020 en 2030 hebben we een nieuwe klasse communicatie-apparaten opgenomen om de ontwikkeling van het 'Internet of Things' (IoT) te modelleren. IoT-apparaten zijn deels bestaande maar deels ook nieuwe apparaten die altijd verbonden zijn met het internet en dus ook altijd een energiegebruik hebben. Smart-tv's, computers en smartphones zijn voorbeelden van IoT-apparaten die we nu al kennen, daarbovenop komen enerzijds nieuwe apparaten en anderzijds bestaande apparaten die op het internet worden aangesloten. Cisco verwacht dat elke West-Europese internetgebruiker in 2019 beschikt over gemiddeld 9,9 apparaten of verbindingen, fors hoger dan het aantal van 5,5 in 2014 (Cisco, 2015). Op basis van de groei tussen 2014 en 2019 is door te trekken tot 2020, dan zullen er naar verwachting 10,9 apparaten per internetgebruiker zijn.

Corrigerend voor het aantal 'connected devices' dat al in de 'bottom-up'-raming is meegenomen ontstaat voor 2020 een aantal van 24 miljoen extra 'IoT-apparaten', die we meenemen in de raming. Als we de trend van 12,5% groei per jaar doortrekken voor het 2030-hoogscenario, dan leidt dit in 2030 tot 200 miljoen extra 'IoT-devices'; dit is circa 24 extra 'devices' per huishouden. Voor 2030-laag hebben we verondersteld dat het groeitempo na 2020 slechts de helft bedraagt van het 2030-hoogscenario, wat leidt tot 82 miljoen extra 'IoT-devices' (tien extra per huishouden).

Voor het energiegebruik van al deze nieuwe 'connected devices' is naast het aantal ook het vermogen van belang. Mobiele 'IoT-devices' (zoals smartphones) gebruiken slechts enkele tientallen milliwatts om verbonden te blijven, geoptimaliseerde batterij-gedreven sensoren zoals rookmelders nog veel minder, tot enkele tientallen joules per dag (omgerekend bijv. 0,15 mW) (Tozlu, et al., 2012). Maar veel andere apparaten die een netvoeding hebben en veel data transmitten zoals routers, webcams, e.d. gebruiken enkele watts tot in speciale gevallen meer dan 10 watts. Het internationaal energie agentschap vraagt voor dit onderwerp aandacht in het rapport 'More data, less energy' (IEA, 2014). Voor 2020 veronderstellen we dat de helft van de apparaten veel stroom gebruikt (5 W) en de helft geoptimaliseerd is voor zuinigheid. Hiermee ontstaat een gemiddeld afnamevermogen van 2,5 Watt. Voor 2030-hoog en 2030-laag gaan we uit van gemiddeld 1 Watt omdat we veronderstellen dat alle IoT-apparaten dan 'zuinig' zijn.

Ecodesign en techniekontwikkeling zorgt voor daling energiegebruik apparaten.

Voor specifieke producten zijn in de Europese Ecodesign-richtlijn afspraken gemaakt over de energie-efficiëntie van de apparaten. Deze zijn voor de bovengenoemde Top-5 van gebruikers doorgevoerd in de modellering. In Tabel 32 in Bijlage C is een overzicht gegeven van de richtlijnen voor de Top-5-apparaten die in 2013 de grootste bijdrage leveren aan de energievraag. Dit is aangevuld met de andere aspecten die zijn gebruikt om de scenario's voor 2020 en 2030 in te vullen. In de 2020- en 2030-scenario's zijn alle momenteel bekende Ecodesign-maatregelen voor deze klassen gebruikers meegenomen. Voor 2020- en 2030-laag hebben we deze aangevuld met reductie energiegebruik volgens het NEV 2030 vastgesteld en voorgenomen beleid.

In het 2030-hoogscenario komen er na 2020 geen nieuwe reducties, maar stijgt het aantal apparaten wel door demografische ontwikkelingen.

'Cloud' zorgt voor daling energiegebruik serverruimtes in kantoren

ComputerProfile (2015a) laat zien dat interne serverparken in toenemende mate worden geoutsourcet, tussen 2013 en 2015 ging het om een toename van +31%. Dit heeft zijn weerslag op het energiegebruik van in pandige serverruimtes en datacenters. Er zijn steeds meer bedrijfslocaties waar geen servers meer op de eigen locatie meer zijn. Het gemiddeld aantal fysieke servers per locatie is dus aan het dalen, van gemiddeld 13,6 stuks in 2009 tot 10,4 in 2012 en 6,9 in 2015. Dit is een belangrijke trend: een halvering ten opzichte van 2009, maar dit is niet alleen door de 'cloud' maar ook door virtualisatie van de servers. In 2011 was 46% van de servers gevirtualiseerd, in 2015 betrof dat 77% van de servers.

Als we de trend doortrekken tot 2020, dan is het plausibel te veronderstellen dat 95% van de bedrijven een deel van de servers extern gehost heeft en slechts 40% van de bedrijven volledig eigen servers op de locatie zelf zal gebruiken. Ook veronderstellen we dat het gemiddelde aantal servers per locatie nogmaals zal halveren, tot 3,5 waarbij de virtualisatiegraad zal zijn opgelopen tot 90%. Het energiegebruik van opslag en communicatie-infrastructuur ondergaan hierbij analoge ontwikkelingen.

Voor 2030 veronderstellen we voor het lage scenario dat deze trend nog verder doorzet, voor 2030-hoog veronderstellen we dat er na 2020 geen verdere veranderingen optreden.

Dit alles leidt voor het energiegebruik van serverruimtes tot het volgende beeld, waarbij efficiencyverbeteringen (EUE) nog niet zijn verwerkt:

Scenario 2020: Aantallen servers: -40% ten opzichte van 2013¹⁰.

Scenario 2030-laag: Aantallen servers: -60% ten opzichte van 2013.

Scenario 2030-hoog: Aantallen servers: -40% ten opzichte van 2013.

Efficiency zorgt voor daling energiegebruik serverruimtes kantoren

Het bovenstaande betreft het energiegebruik in serverruimtes voor de ICT zelf. Ook in de energie-efficiëntie van de inrichting van de koeling en stroomvoorziening van serverruimtes zal het nodige gebeuren. In 2016 wordt gestart met erkende maatregelen energiebesparing voor de werkplek ICT en serverruimtes. Deze erkende maatregelen voor energiebesparing beogen te leiden tot een vergrote aandacht voor en implementatie van efficiënte technieken.

¹⁰ Gekeken is naar de ontwikkeling van het gemiddelde aantal servers per locatie, gecorrigeerd voor toegenomen belasting in verband met de virtualisatiegraad.



Gegeven de technische mogelijkheden en de aandacht van overheid/beleids-makers komen we op de onderstaande gemiddelde EUE-waarden:

Scenario 2020: EUE-serversruimtes gebouwen gemiddeld 1,48.

Scenario 2030-laag: EUE-serversruimtes gebouwen gemiddeld 1,12.

Scenario 2030-hoog: EUE-serversruimtes gebouwen gemiddeld 1,36.

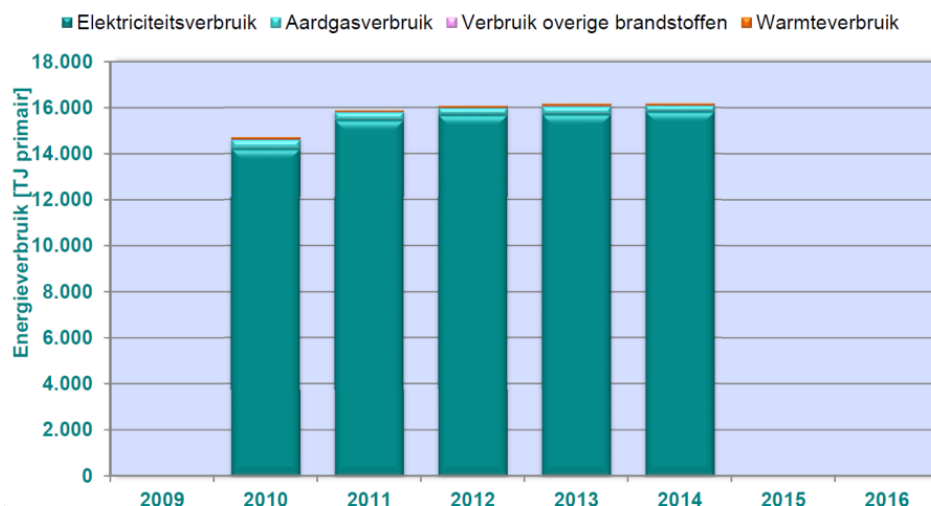
5.2.2 Trends ICT-aanbodzijde

Onder de ICT-aanbodzijde vallen in het stramien van deze studie de data-centers, de telecomsector en de ICT-dienstverlening.

MJA-trends

De historische trends van het energieverbruik van MJA-deelnemers zijn uit de MJA-ICT bekend over de jaren 2010-2014. Figuur 11 toont deze gegevens, uitgesplitst naar energiedrager (RVO.nl, 2015). Te zien is dat elektriciteit de bulk van het energieverbruik betreft en dat het totale elektriciteitsgebruik na 2011 is gestabiliseerd en dus niet toeneemt, hetgeen wel de brede verwachting was.

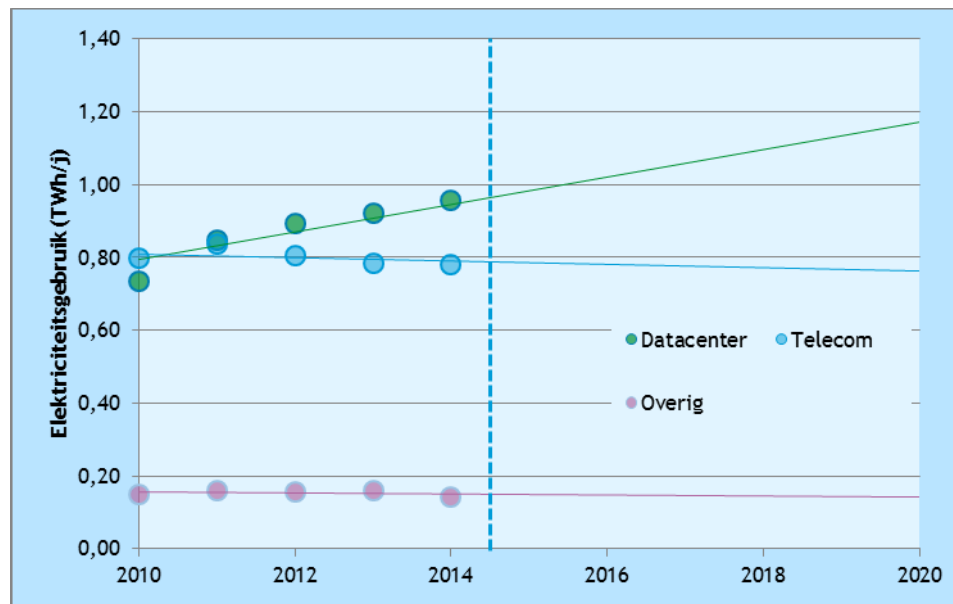
Figuur 11 Relevante ontwikkeling: jaarlijks primair energieverbruik MJA-ICT-vlak



Bron: RVO-sectorrapportage MJA (RVO.nl, 2014).

Figuur 12 toont de MJA-gegevens onderverdeeld naar segment van de ICT-aanbodzijde. Hierin neemt het energieverbruik van datacenters in de periode 2010-2014 toe maar het energieverbruik van telecom is dalende. Voor de verschillende segmenten is in deze figuur een illustratief bedoelde lineaire trendextrapolatie naar 2020 opgenomen. Voor datacenters laat deze een duidelijke groei zien, terwijl dat niet geldt voor de andere segmenten. Het energieverbruik van datacenters van MJA-bedrijven lijkt te kunnen toenemen tot 1,2 TWh in 2020.

Figuur 12 Relevante ontwikkeling: elektriciteitsgebruik MJA-ICT-deelnemers bepaald uit MJA-data

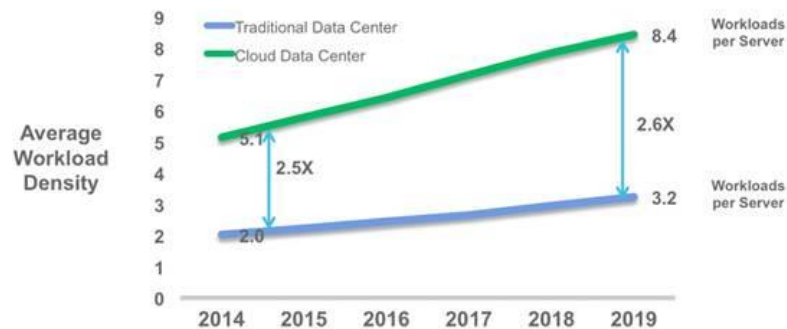


Datacenters: beperkte groei aantal, efficiency key

Relevant voor de datacenters is een groot aantal trends, zie ook het uitgevoerde trendonderzoek (Mels, 2015) in Bijlage D. We behandelen de 'cloud' die gepaard gaat met consolidatie, de aantrekkingskracht van Nederland, en de EUE die is gekoppeld aan hogere temperaturen.

Migratie naar 'cloud' en consolidatieslag. Wat we zien is dat er een migratie is van serverruimtes en kleine datacenters naar grotere centraal gehoste toepassingen (zie ook Paragraaf 5.2.1). Een mooi voorbeeld vormt de Rijkscloud, waarbij van 64 kleine datacenters is gemigreerd naar een viertal grote datacenters, met een besparing van bijna 50% tot gevolg (Belder, 2015). Het totaal aan ontwikkelingen rond 'cloud', 'big data' en consolidatie/virtualisatie betekent dat de vraag naar enorm grote (*hyperscale*) datacenters van de grote internetbedrijven en 'cloud'-providers blijft stijgen. De benutting en efficiency gaan sterk omhoog, waardoor de impact van deze ontwikkelingen op het elektriciteitsgebruik beperkt kunnen zijn. Het is wel een grote vraag of de vraag naar de traditionele minder grote colocation datacenters zich in hetzelfde tempo zal blijven ontwikkelen als dat tot op heden het geval was. Cisco (2015) verwacht een consolidatieslag door virtualisatie en beschrijft dat de verhouding van virtuele tot fysieke servers opschuift van een gemiddelde van 2,0 tot 3,2 in 2019 voor traditionele datacenters, en van 'cloud servers' gaat het van 5,1 in 2014 naar 8,4 tegen 2019. Gemiddeld blijven 'cloud servers' dus een veel forsere benutting kennen dan traditionele datacenters.

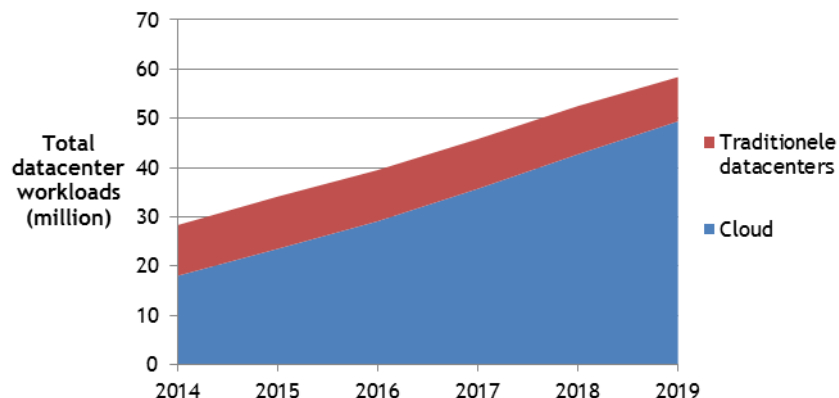
Figuur 13 Relevante ontwikkeling: toename virtualisatie ('cloud' vs. traditioneel datacenter)



Bron: Cisco Global Cloud Index, 2014-2019.

Tegelijkertijd neemt ook het aandeel van de totale workload dat in de 'cloud' wordt ondergebracht toe. Cisco verwacht voor West-Europa op het tijdvak 2014-2019 dat de traditionele datacenters niet meer zullen groeien in workload, wat betekent dat het aantal traditionele servers bij een toename van de virtualisatiegraad kan dalen. De groei van het aantal workloads wordt binnen de 'cloud' tot stand gebracht. De totale workload van datacenters zal met een factor 2,1 toenemen in het tijdvak (16% groei per jaar), die van 'cloud' een factor 2,7 (22% per jaar groei). De groei van datacenterverkeer zal nog iets meer zijn, 23% per jaar (factor 2,8).

Figuur 14 Relevante ontwikkeling: toename datacenter workloads in West-Europa

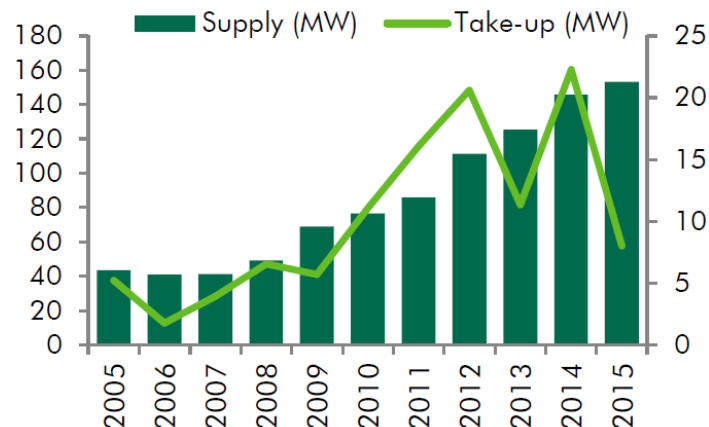


Bron: Cisco Global Cloud Index, 2014-2019.

Het is lastig om de verwachtingen van Cisco naar opgesteld vermogen te vertalen omdat ze alleen iets zeggen over de functionele kant van datacenters/cloud en dataverkeer maar niet duidelijk is met welke technieken de workloads zullen worden bediend.

De aantrekkingskracht van Nederland als belangrijk vestigingsland voor nieuwe colocation datacenters is ook belangrijk voor de trends. Nederland blijft een belangrijk vestigingsland (in verband met klimaat, connectiviteit, energie, personeel). Het opgestelde vermogen is vanaf 2008 verdrievoudigd en staat nu op 153 MW, ieder jaar komt er nu al een aantal jaar ongeveer 16 MW per jaar bij (CBRE, 2015). Trekken we deze trend door naar 2020 dan komt het opgestelde vermogen eind 2020 ongeveer 225 MW, ongeveer 100 MW meer dan eind 2013. Dit is een groei van 80%, ofwel een jaarlijkse groei van gemiddeld 12%. Onzekerheid hierbij is het energiegebruik van de nieuw in Nederland te vestigen ‘hyperscale’ datacenters van Google en Microsoft.

Figuur 15 Relevante ontwikkeling: elektrische capaciteit aanbod datacenters Amsterdam (2005-2015)



Bron: (CBRE, 2015).

Hoge temperaturen en EUE. Een belangrijke trend is het toestaan van hogere temperaturen voor de inblaasluft wanneer dat wenselijk is. Bij hoge buitenluchttemperaturen biedt het verhogen van de koelluchttemperatuur het voordeel dat er dan meer van vrije koeling gebruik gemaakt kan worden. Bij een bepaalde inrichting van een datacenter is de mate van vrije koeling die over het jaar heen bereikt kan worden in sterke mate afhankelijk van de bovengrens voor de temperatuur van de ICT-toevoerlucht op warme dagen (CE Delft, (2014); CE Delft en Mansystems, 2013). Moderne datacenter-apparatuur maakt het mogelijk om dynamisch met de temperatuur in het datacenter om te gaan omdat deze veel toleranter is voor temperatuurgradiënten en ook betrouwbaar functioneert bij de bovengrens van ASHRAE *recommended envelope* (tot 27°C)¹¹.

Verder is wel van belang dat er een zeker spanningsveld bestaat tussen het verhogen van de temperatuur van de inblaasluft en het energiegebruik van de ICT-apparaten zelf. Als de buitenluchttemperaturen daar aanleiding toe geven dan zorgt een verhoogde temperatuur van de inblaasluft voor een hogere efficiëntie van de totale koelinstallatie van een datacenter, maar de ICT-apparatuur in het datacenter kan wel meer energie gaan gebruiken omdat bijvoorbeeld ventilatoren harder gaan draaien. Hoewel het voor bestaande datacenters bij een bestaande koelarchitectuur en aanwezigheid van legacy-apparatuur niet altijd wenselijk of mogelijk is de temperatuur dynamisch te

¹¹ Facebook hanteert sinds 2011 29,4°C in sommige hyperscale-datacenters, Google 26,6°C, Yahoo met ‘standaard’-servers 26,6°C. Intel mat reeds in 2008 gedurende een duurttest met 33,3°C ongefiltreerde buitenlucht bij 900 servers niet significant veel extra componentfouten bij (Kassner, 2015).

maken of significant te verhogen, is op middellange termijn te verwachten dat de trend naar hogere en dynamische temperaturen zal doorzetten. Hierbij moet dan opgelost worden dat de ventilatoren ook bij hoge temperaturen langzaam blijven draaien. Als de temperaturen verder mogen worden verhoogd door mogelijk toekomstige verruiming van de ASHRAE-enveloppe en verjonging van de ICT-apparatuur, dan is het voorstelbaar dat de gemiddelde datacenters in Nederland in 2030 geen gebruik meer maken van compressiekoeling. Hierdoor kunnen alle datacenters een EUE behalen die onder de 1,2 uitkomt, waarden die vandaag nog zelden worden gehaald. Dat is dus een nuttig perspectief om voor het 2030-laagscenario te hanteren. De EUE kan ook verder verbeterd worden door restwarmtebenutting en warmte-integratie, dit biedt voor de toekomst ook meer mogelijkheden.

Voor de toekomstscenario's concluderen we het volgende voor de groei van datacenters in Nederland:

Scenario 2020: Omvang in opgesteld vermogen +80% ten opzichte van 2013 (lineaire extrapolatie groeitempo Amsterdam).

Scenario 2030-laag: Omvang +150% ten opzichte van 2013.

Scenario 2030-hoog: Omvang +200% ten opzichte van 2013.

Voor de efficiency van het gemiddelde datacenter, zoals gedefinieerd door de EUE, veronderstellen we in de trendscenario's de volgende EUE-waarden:

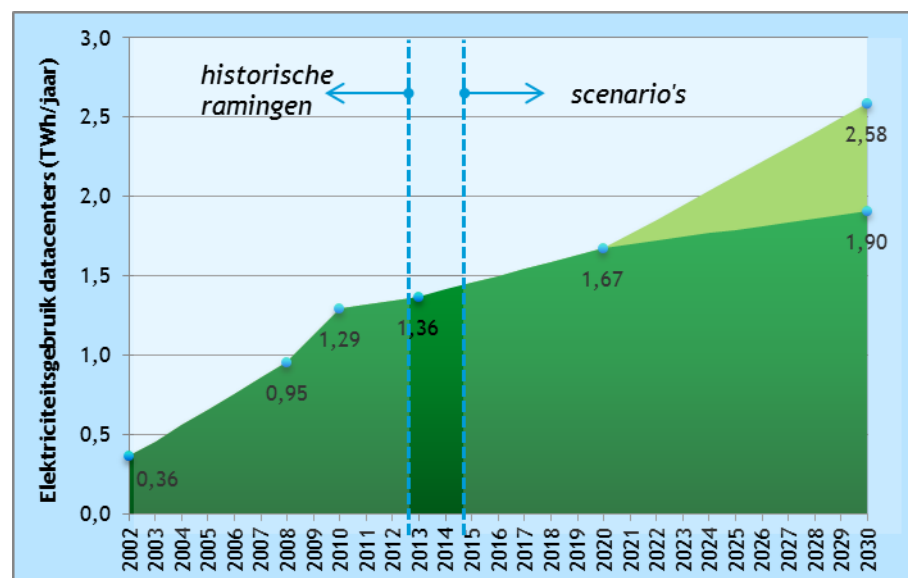
Scenario 2020: Gemiddelde EUE = 1,40.

Scenario 2030-laag: Gemiddelde EUE = 1,15.

Scenario 2030-hoog: Gemiddelde EUE = 1,30.

De kwantificering door middel van deze scenario's leidt tot een energieverbruik van 1,67 TWh in 2020 en 1,90 TWh of 2,58 TWh in 2030, voor 2030-laag respectievelijk 2030-hoog. De enkele waarde die we voor 2020 presenteren moet overigens geen al te grote nauwkeurigheid suggereren, want dit is zowel de groei als de efficiency-ontwikkelingen zijn aannemelijk maar niet met grote zekerheid te voorspellen.

Figuur 16 Resultaat kwantificering trendscenario's: ontwikkeling datacenter stroomgebruik t/m 2030



Noot: Historische ramingen 2002/2008/2010 uit (Tebodin & Meijer, 2007; Tebodin, 2009).

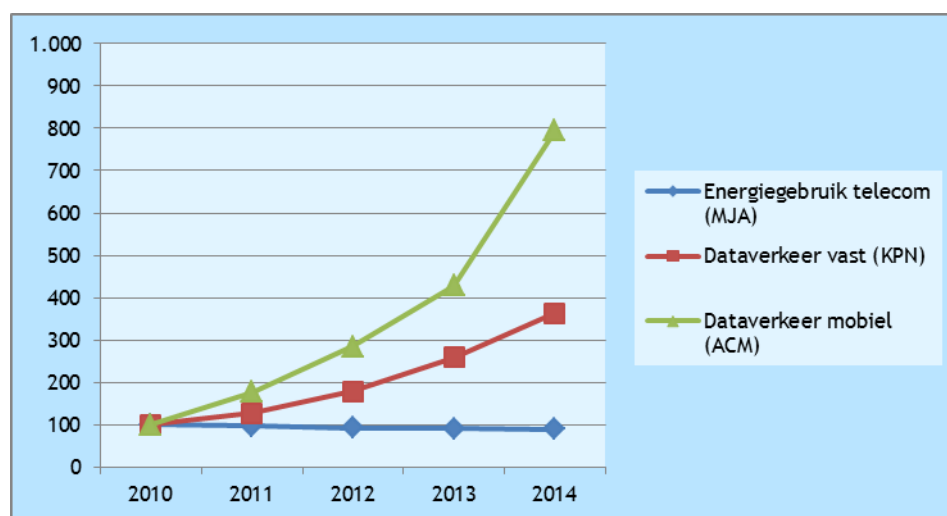
Toelichting: In de trendontwikkeling vertegenwoordigen na 2020 donkere kleuren het lage scenario en lichte kleuren het extra gebruik van het hoge t.o.v. het lage scenario.

Trend telecom: ontkoppeling energiegebruik en dataverkeer

In Bijlage D.2 zijn een aantal trends in de telecomsector behandeld. Te zien is dat de trends voor wat het totale energiegebruik betreft eigenlijk zowel naar boven als naar beneden kunnen gaan: er zijn een aantal trends die zorgen voor meer energiegebruik, maar er zijn ook trends die zorgen voor een daling van het energiegebruik, terwijl er ook trends zijn die wel relevant zijn maar waarvan het effect niet in te schatten is.

Wat wel duidelijk is, is dat de recente trend is dat het dataverkeer een grote groei laat zien maar dat het energiegebruik van de telecom daarbij daalt. Dit is afgebeeld in Figuur 17 welke de historische groei van het dataverkeer laat zien (KPN Vast en telecommonitor mobiel) parallel aan het telecom energiegebruik van de MJA-deelnemers. Het dataverkeer groeide afgelopen jaren met tientallen procenten per jaar (vast +40%, mobiel +60% per jaar), terwijl energiegebruik van de sector licht daalde.

Figuur 17 Relevante ontwikkeling: energie en dataverkeer vast en mobiel net (index 2010 = 100)



Toelichting op gebruikte gegevens: Voor 'dataverkeer vast' zijn, bij gebrek aan data voor het totaal van Nederland, data van het vaste netwerk van KPN gebruikt (KPN, 2014, p. pagina 42), voor 'dataverkeer mobiel' zijn gegevens (volume aan mobiel dataverkeer) van de ACM telecommonitor gebruikt (ACM, 2014, p. en eerdere versies)), voor 'energie' zijn data van de MJA-telecom gebruikt (Arcadis, 2015).

Naar 2019 verwacht Cisco dat deze ontwikkelingen zich iets gematigder voortzetten. Cisco heeft ramingen voor West-Europa opgenomen in de Visual Networking Index (Cisco, 2015). Cisco verwacht voor West-Europa de volgende ontwikkelingen over het tijdvak 2014-2019:

- IP-verkeer van consumenten zal met een factor 3 groeien (21% gemiddeld per jaar);
- mobiel verkeer zal met een factor 7 groeien (48% gemiddeld per jaar);
- vast verkeer zal met een factor 1,6 groeien, waarbij de gemiddelde snelheid van de aansluiting met een factor 2,3 zal toenemen (van 21.8 Mbps naar 49.1 Mbps).

Dit alles lijkt de conclusie te ondersteunen dat eigenlijk geen robuuste voorspellingen te doen over de richting dat het energiegebruik van de telecom-sector zich in zal ontwikkelen. Dit energiegebruik kan stabiliseren op het huidige niveau of licht dalen, zoals het nu doet in de context van de MJA,

maar het kan uiteraard ook dat er weer een lichte stijging plaatsvindt. Voor de toekomstscenario's kiezen we dus als middenwaarde van de voorspellingen dat het energiegebruik van de telecomsector noch groeit noch daalt. Voor 2030 wordt door de sector verwacht dat het minder waarschijnlijk is dat er een grote daling is dan een significante stijging.

Nota bene: het moge duidelijk zijn dat dat het een flinke inspanning van de telecomsector én van techniekontwikkeling vergt om het energiegebruik van de telecomsector constant te houden, gezien de groei van het aantal aansluitingen. Want de ontwikkelingen in de telecomsector onder de megatrends gaan wel allemaal dezelfde kant op: grotere aantallen 'devices', die gedurende meer uren of altijd in contact zijn met de 'cloud', het 'Internet of Things' waarbij apparaten in continue verbinding staan met sensoren en andere apparaten en continu gegevens uitwisselen, de groei van video-toepassingen via IP, et cetera.

Hiermee komen we op de volgende kwantificering voor de scenario's.

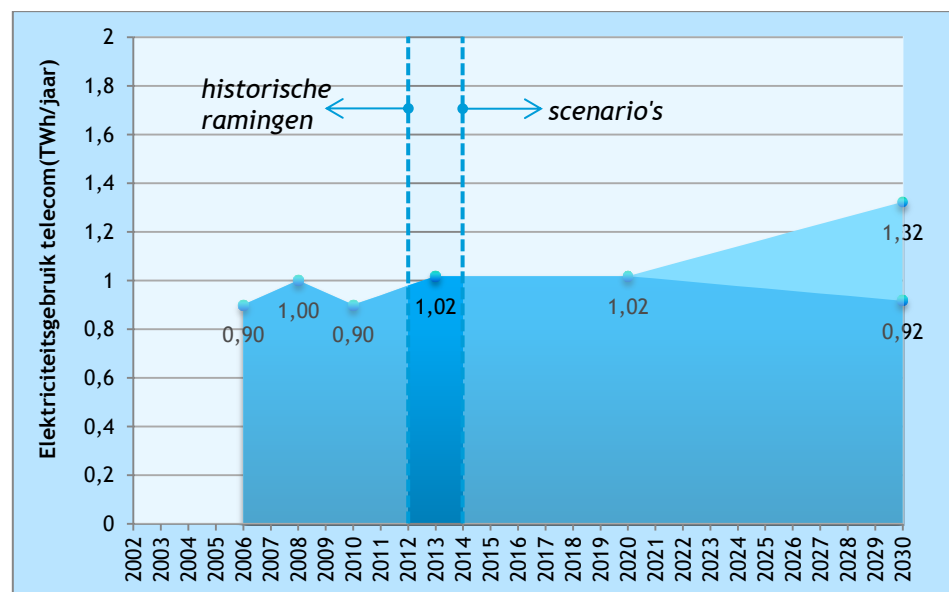
De resultaten van deze kwantificering zijn weergegeven in Figuur 18.

Scenario 2020: Energiegebruik telecom = 100% energiegebruik 2013.

Scenario 2030-laag: Energiegebruik telecom = 90% energiegebruik 2013.

Scenario 2030-hoog: Energiegebruik telecom = 130% energiegebruik 2013.

Figuur 18 Resultaat kwantificering trendsscenario's: ontwikkeling telecom stroomgebruik t/m 2030



Noot: Historische ramingen 2006/2008/2010 uit (Tebodin & Meijer, 2007; Tebodin, 2009).

Toelichting: In de trendontwikkeling vertegenwoordigen na 2020 donkere kleuren het lage scenario en lichte kleuren het extra gebruik van het hoge t.o.v. het lage scenario.

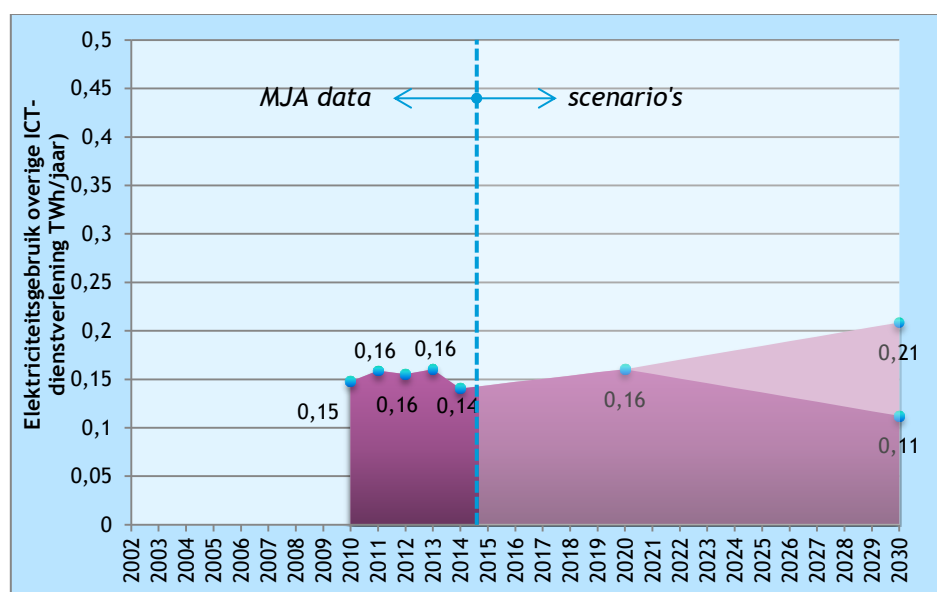
Trend ICT-dienstverlening

Binnen de ICT-dienstverlening verwachten we een constant energiegebruik. De groei van de sector valt tegelijk bij het onderbrengen van de applicaties in de 'cloud'. Zoals in de vraagkant, de corporate datacenters worden minder intensief gebruikt waardoor het energiegebruik verplaatst naar datacenters.

Hiermee komen we op de volgende kwantificering voor de scenario's, de resultaten hiervan zijn weergegeven in Figuur 19.

- Scenario 2020:** Energiegebruik overige dienstverlening = 100% energiegebruik 2013.
- Scenario 2030-laag:** Energiegebruik overige dienstverlening = 70% energiegebruik 2013.
- Scenario 2030-hoog:** Energiegebruik overige dienstverlening = 130% energiegebruik 2013.

Figuur 19 Resultaat kwantificering trendscenario's: ontwikkeling overige ICT-dienstverlening t/m 2030



Noot: MJA-data (historisch) uit (Arcadis, 2015).

Toelichting: In de trendontwikkeling vertegenwoordigen na 2020 donkere kleuren het lage scenario en lichte kleuren het extra gebruik van het hoge t.o.v. het lage scenario.

5.3 Resultaten energiegebruik trendscenario's 2020-2030

5.3.1 ICT-vraagzijde

De volgende tabellen tonen de uitkomsten van de 2020-2030 scenario's in vergelijking met 2013.

Tabel 14 laat de ontwikkelingen in de ICT-apparatuur consumentenmarkt zien (excl. communicatieapparatuur), Tabel 15 die van audio/video, Tabel 16 laat de groep communicatieapparatuur inclusief de grotere aantallen communicatie-apparaten in verband met de 'Internet of Things'-trend, en Tabel 17 tenslotte laat de zakelijke markt zien (exclusief de communicatie-apparatuur).

In deze meeste categorieën is te zien dat in de scenario's een duidelijke en bestendige daling van het energiegebruik ontstaat, die ook robuust is in het 2030-hoogscenario. De uitzondering is de groep communicatieapparatuur, mede door de IoT-trend, zoals becijferd met de gegevens in Paragraaf 5.2.1. 'Internet of Things' is in de toekomstscenario's verantwoordelijk voor een belangrijke toename van het energiegebruik van de groep communicatieapparatuur. Binnen die groep bedraagt het aandeel van IoT 42% in 2020 en dit neemt toe naar 50% in 2030-laag of 68% in 2030-hoog.

Tabel 14 Energiegebruik ICT-apparatuur consumentenmarkt 2013 t/m 2030

<i>ICT-apparaten</i>	Energiegebruik in mln. kWh/j			
	2013	2020	2030-laag	2030-hoog
Pc en beeldschermen	990	580	450	550
Randapparatuur	480	430	400	470
(Digitale) tv-ontvangers	500	440	330	460
Totaal	1.970	1.450	1.180	1.480
Verandering t.o.v. 2013		-26%	-40%	-25%

Tabel 15 Energiegebruik audio, video, spelcomputers consumentenmarkt 2013 t/m 2030

<i>Audio, video en spelcomputers</i>	Energiegebruik in mln. kWh/j			
	2013	2020	2030-laag	2030-hoog
Tv	2.050	1.340	680	1.210
Dvd en beeldopname	70	50	40	50
Overige (spelcomputers, radio, etc.)	900	650	530	700
Totaal	3.020	2.040	1.250	1.960
Verandering t.o.v. 2013		-32%	-59%	-35%

Tabel 16 Raming energiegebruik categorie communicatie consumenten- en zakelijke markt in mln. kWh - vergelijking 2013 t/m 2030

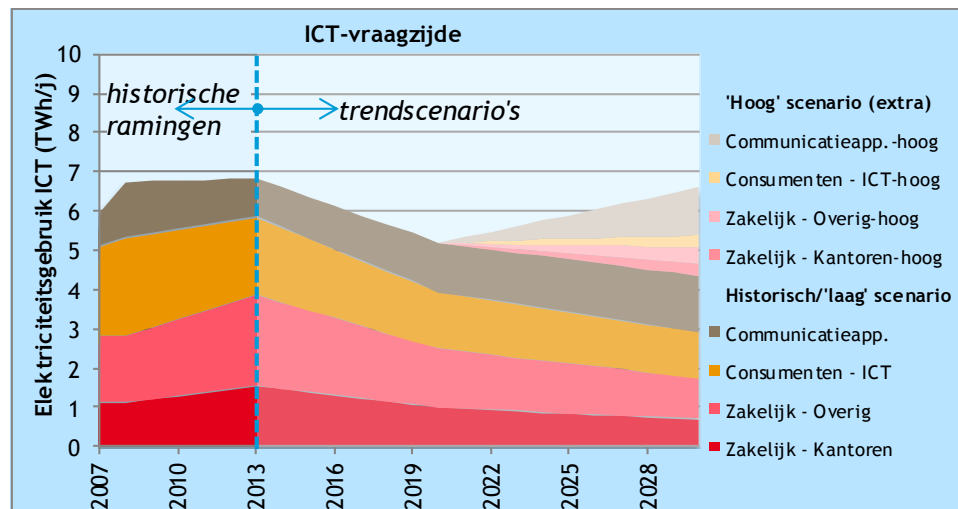
	Energiegebruik in mln. kWh			
	2013	2020	2030-laag	2030-hoog
Communicatieapparatuur (router/modem huishouden, smartphone, gsm-toestel, fax, telefooncentrale, dect-apparatuur, VoIP, (M2M-) dataverbindingen, ...), inclusief 'Internet of Things devices')	970	1.260	1.440	2.650
Verandering t.o.v. 2013		+30%	+48%	+173%

Tabel 17 Raming energiegebruik zakelijke markt in mln. kWh - vergelijking 2013 t/m 2030

<i>ICT-apparatuur</i>	Energiegebruik in mln. kWh			
	2013 zakelijk	2020 zakelijk	2030-laag zakelijk	2030-hoog zakelijk
Pc en beeldschermen	1.360	820	560	790
Kantoorapparatuur	480	320	250	330
Servers en server-randapparatuur	2.040	1.360	930	1.350
Totaal	3.880	2.500	1.740	2.470
Verandering t.o.v. 2013		-36%	-55%	-36%



Figuur 20 Ontwikkeling van energiegebruik van de vraagkant, 2007-2030 (laag/hoog)



Toelichting: In de trendontwikkeling vertegenwoordigen na 2020 donkere kleuren het lage scenario en lichte kleuren het extra gebruik van het hoge t.o.v. het lage scenario.

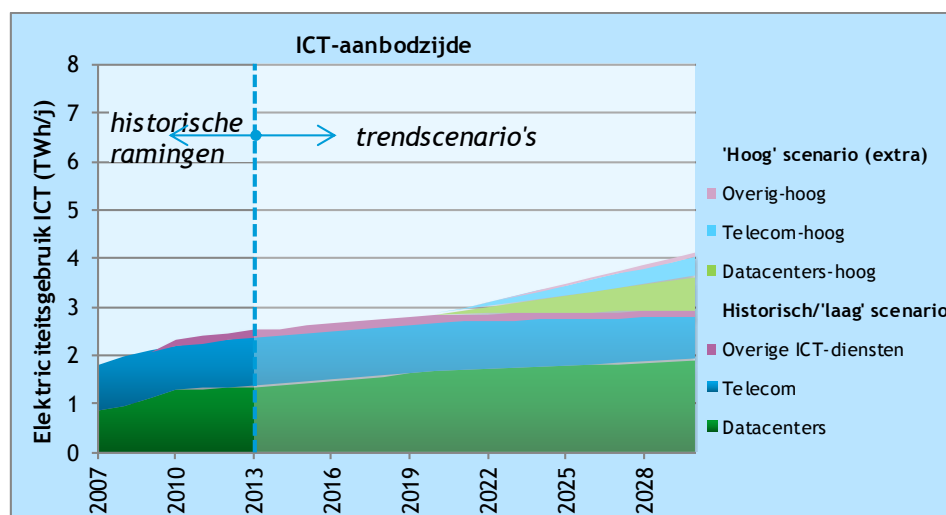
Aan de resultaten valt op dat:

- In de consumentenmarkt wordt een significante daling van minimaal 25% verwacht, die voor een belangrijk deel samenhangt met de daling van het energiegebruik van pc's en beeldschermen.
- Binnen de categorie audio/video-apparatuur (incl. spelcomputers) wordt ook een daling verwacht van minimaal 32%. Dit heeft voor een groot deel te maken met het verwachte afnemende energiegebruik van met name de tv's.
- Communicatieapparatuur laat een toename zien van het totale energiegebruik maar dit is wel bij een fors groeiend aantal 'devices'. Belangrijk hierbij zijn diverse efficiency-trends. In de toekomstscenario's wordt een snelle groei van een generieke klasse 'Internet-of-Things'-apparaten verwacht, dit zorgt voor een stijgend energiegebruik van minimaal 30% maar het kan ook meer dan verdubbelen.
- In de zakelijke markt wordt een daling verwacht op grond van de efficiency van pc's en beeldschermen, maar tevens een belangrijke reductie van de servers en serverapparatuur, in alle scenario's (minimaal 36%).

5.3.2 ICT-aanbodzijde

Voor de ICT-aanbodzijde zijn de resultaten reeds in Paragraaf 5.2.2 bij de kwantificering van de trends in beeld gebracht. Figuur 21 geeft de resultaten gegroepeerd weer. Te zien is dat in 2020 naar verwachting het energiegebruik van de ICT-aanbodzijde als geheel zal zijn gestegen tot ca. 2,85 TWh, en in 2030 stabiel blijven op 2,93 TWh, of in het 2030-hoogscenario gestegen zijn tot 4,12 TWh.

Figuur 21 Resultaten scenarioraming aanbodzijde



Toelichting: In de trendontwikkeling vertegenwoordigen na 2020 donkere kleuren het lage scenario en lichte kleuren het extra gebruik van het hoge t.o.v. het lage scenario.

5.3.3 Totaaloverzicht inclusief 2007-2030

De ontwikkeling van het energiegebruik van de Nederlandse ICT-sector is weergegeven in Tabel 18 en Figuur 22, Figuur 23.

Tabel 18 Ontwikkeling energiegebruik ICT NL (TWh elektriciteit per jaar)

		2008	2013	2020	2030	
		(Tebodin)			Laag	Hoog
Vraagzijde	Consumenten - ICT-apparatuur	2,5	2,0	1,4	1,2	1,5
	Zakelijk - Kantoren	1,1	1,5	1,0	0,7	1,0
	Zakelijk - Overig	- (*)	2,4	1,5	1,1	1,5
	Communicatieapparatuur	1,4	1,0	1,3	1,4	2,7
Aanbod	Telecomsector	1,0	1,0	1,0	0,9	1,3
	Datacenters	1,0	1,4	1,7	1,9	2,6
	Overige ICT-dienstverlening	- (*)	0,2	0,2	0,1	0,2
Totaal		7,0	9,4	8,0	7,3	10,7
Verandering t.o.v. 2013				-14%	-22%	+14%

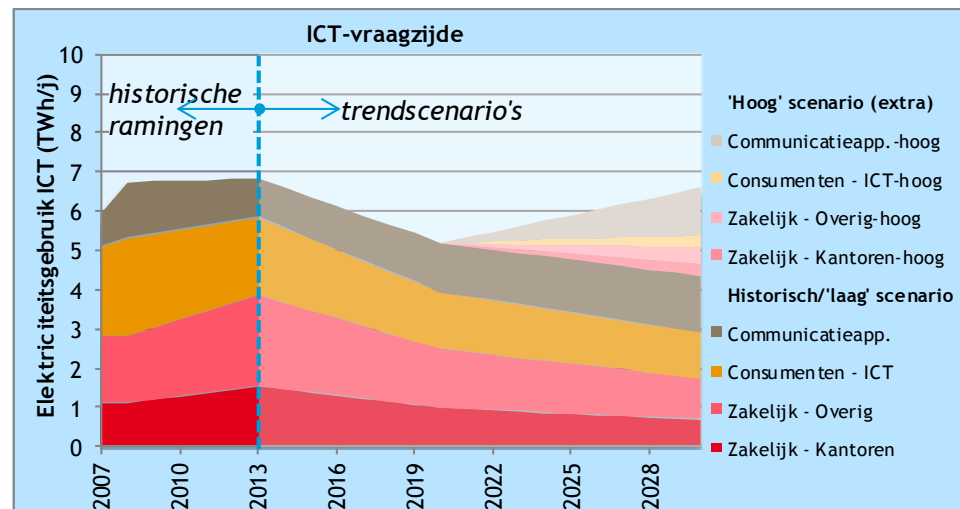
Tabel 19 Ontwikkeling energiegebruik audio/video/spelcomputers NL (TWh elektriciteit per jaar)

		2008 (Tebodin)	2013	2020	2030	
					Laag	Hoog
Vraag	Consumenten - Audio, video en spelcomputers	3,0	3,0	2,0	1,2	2,0
Verandering t.o.v. 2013				-33%	-59%	-35%

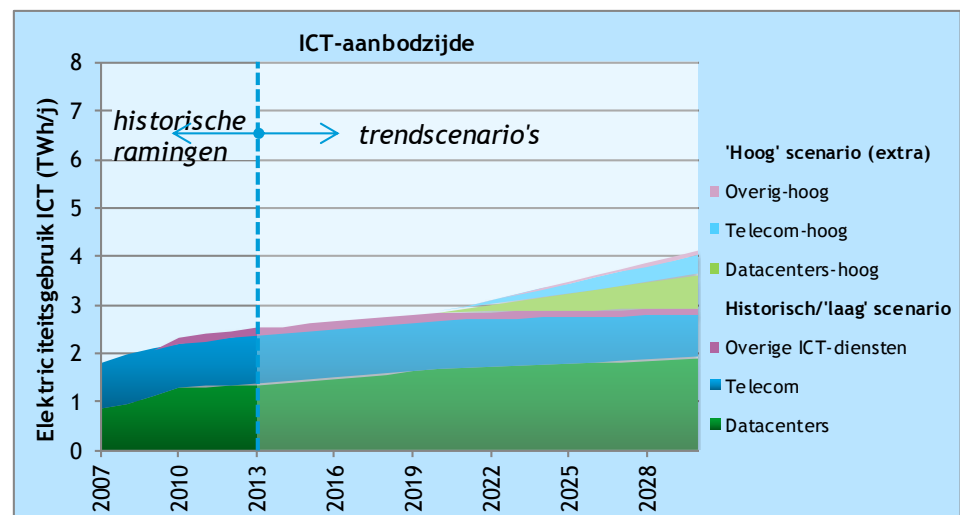
Het totale elektriciteitsgebruik van ICT in Nederland is in 2013 bepaald op 9,4 TWh, ofwel ca. 8% van het Nederlandse elektriciteitsgebruik.

In de toekomst laten de 2020- en 2030-scenario's die zijn opgesteld en doorgerekend zien dat dit elektriciteitsgebruik significant kan dalen (14 tot 22% in het 2030-laagscenario). Dit komt doordat hoewel de aantallen apparaten toenemen, de efficiency van die apparaten sterk verbeterd door innovatie, techniekontwikkeling en beleid. Een lichte stijging naar 2030 is ook mogelijk, zoals gekwantificeerd in het 2030-hoogscenario, dat een groei van 14% schetst. Deze toename ontstaat in dat scenario met name in verband met de sterke toename van het aantal apparaten conform de becijferde 'Internet of Things'-trend, maar ook de trends aan de aanbodkant, de toename van het energiegebruik van datacenters en de telecom is significant.

Figuur 22 Ontwikkeling van energiegebruik van de hele Nederlandse ICT-vraagzijde (laag/hoog)



Figuur 23 Ontwikkeling van energiegebruik van de hele Nederlandse ICT-aanbodzijde (laag/hoog)



5.3.4 Internationale vergelijking

Nu we een totaaloverzicht hebben van het energiegebruik van de ICT-sector is het nuttig om te beschouwen hoe de ontwikkeling van het energiegebruik van ICT in Nederland zich verhoudt tot ontwikkelingen in andere westerse landen met een grote ICT-sector en veel datacenters, bijvoorbeeld Duitsland, het Verenigd Koninkrijk, Frankrijk, de V.S. We zullen vooral de datacenters vergelijken omdat daar veel energiegebruik is en Nederland een bijzondere positie heeft. Telecominfrastructuren zijn als regel niet goed vergelijkbaar tussen landen (laten grote verschillen zien) omdat ook de geologie bepalend is.

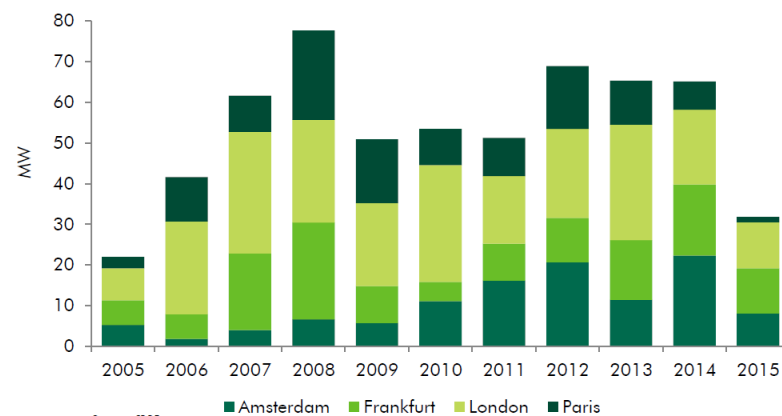
Historische ontwikkelingen in Europa

Verschuivingen tussen de vier belangrijkste Europese datacentermarkten, als stedelijke hubs, worden bijgehouden door (CBRE, 2015), Figuur 24 laat zien dat er van jaar op jaar grote verschillen zitten tussen de uitgifte van MW datacentervermogen aan klanten in deze markten.

Amsterdam laat sinds 2010 een grotere groei zien dan Parijs. Met Frankfurt is het beeld wat anders, er zijn jaren dat Amsterdam sneller groeide maar ook jaren wanneer het andersom was.

De ICT-diensten in deze markten bedienen samen een groot deel van West-Europa en daarbuiten.

Figuur 24 Afname van MW colocation voor nieuwe klanten

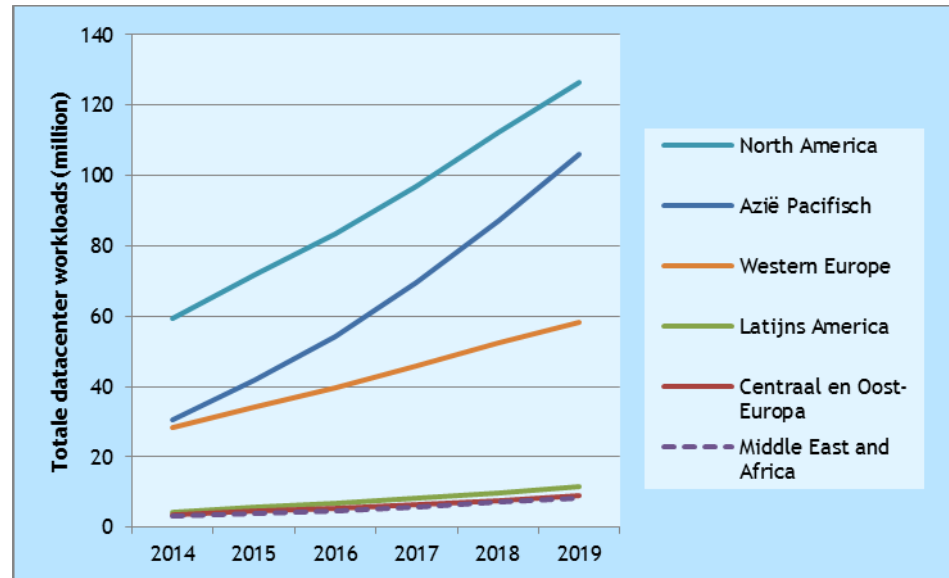


Bron: CBRE.

Toekomstige ontwikkelingen, regionale verschuivingen

Cisco heeft ramingen gemaakt over de ontwikkelingen in dataverkeer, datacenters en datacenter workload in het tijdvak 2014-2019 (Cisco, 2015). Hierbij is ook naar geografische dimensie gekeken, op het niveau van de continentale regio's. Hierbij valt op dat er geen grote verschillen of trendbreuken verwacht worden tussen de ontwikkelingen van datacenter workload, dataverkeer en 'clouds' tussen Noord-Amerika (voornamelijk gerepresenteerd door de V.S.), West-Europa, of Centraal- en Oost-Europa. De ontwikkelingen houden globaal gezien niet helemaal gelijke pas met elkaar, zo wordt van met name Azië/Pacifisch gebied verwacht dat het jaarlijkse groeipercentage bijna dubbel zo hoog is (28% per jaar) als dat van West-Europa (16% per jaar), zie Figuur 25. Dit houdt vermoedelijk sterk verband met de welvaarts- en verwachte groei van het aantal ICT-gebruikers in die regio.

Figuur 25 Ontwikkeling van de wereldwijde datacenter workload zoals verwacht door Cisco



Bron: Cisco Global Cloud Index, 2014-2019.

Op het gebied van datacenters valt daarnaast op dat ontwikkelingen geen grote intercontinentale verschuivingen voorzien in de zin van een daling in een bepaalde regio en een stijging elders. Het gemiddelde groeipercentage van West-Europa is niet anders dan dat van Noord-Amerika, dus die ontwikkeling houdt gelijke tred.

Internationaal worden genoteerd (Miller, 2015) dat datacenters zich minder richten op de stedelijke hubs die vandaag de dag populair zijn, de grote ICT- en 'cloud'-aanbieders kiezen voor een aantal zeer grote datacenters locaties waar de stroomvoorziening betrouwbaar is, waar het klimaat geschikt is voor vrije koeling, en waar veel mogelijkheden zijn voor hernieuwbare energie. Als voorbeeld worden genoemd nieuwe datacenters van Google en Facebook in Scandinavië. Maar in Nederland zien we ook dat bijv. Google de Eemshaven verkoos, dit voldoet ook aan dit beeld. De ontwikkeling in breedte zorgen ervoor dat de minimale responstijd daalt, ook voor datacenters die verder buiten het stedelijke gebied liggen, waardoor er meer opties zijn voor de locatiekeuze (Denton, 2011).

Of dit voor grote regionale verschillen zal leiden of een ombuiging van de aantrekkelijkheid van Amsterdam als belangrijke hub is nu niet te zeggen. Feit blijft dat datacenters verkeer naar eindgebruikers bedienen, dus er zal ook een bepaalde koppeling blijven met waar de gebruikers en gegeven een bepaalde netwerksnelheid zal bij een geografische keuze dicht op een backbone een kortere responstijd (latency) zijn. Voor toepassingen zoals hoogfrequente handel in de financiële sector maakt responstijd veel uit, zelfs met optische verbindingen maakt fysieke afstand een verschil op de responstijd (Buchanan, 2015).

6 Conclusies

Dit onderzoek stelt zich ten doel om het energiegebruik van ICT in Nederland in beeld te brengen, zowel voor het jaar 2013 als ook de trend naar de middellange (2020) en lange termijn (2030).

Het energiegebruik van ICT valt uiteen in energiegebruik aan de ICT-aanbodzijde: de bedrijven met datacenters, telecommunicatie-infrastructuren en overige ICT-dienstverlenende bedrijven, en energiegebruik aan de ICT-vraagzijde, met daaronder het energiegebruik van de ICT van consumenten en het zakelijke gebruik van ICT. Audio/videoapparatuur is zijdelings meegenomen in dit onderzoek.

6.1 Energiegebruik 2013

Het eerste deel van het onderzoek behelsde de raming in 2013. De resultaten daarvan zijn voor de vraagzijde en de aanbodzijde in Tabel 20 weergegeven.

Tabel 20 Overzicht resultaten raming energiegebruik ICT-vraagzijde en -aanbodzijde in 2013 (TWh/j)

	TWh (2013)	
ICT-vraagzijde consumentenmarkt	2,0	(1,7% NL)
<i>waarvan computers en beeldschermen</i>		1,0
<i>waarvan ICT-randapparatuur</i>		0,5
<i>waarvan digitale ontvangers</i>		0,5
ICT-vraagzijde zakelijke markt	3,9	(3,3% NL)
<i>waarvan kantoren</i>		1,5
<i>waarvan overheid</i>		0,5
<i>waarvan overig</i>		1,9
ICT-vraagzijde, communicatie, consument en zakelijk, en overig	1,0	(0,8% NL)
ICT-aanbodzijde**	2,5	(2,1% NL)
<i>waarvan datacenters</i>		1,36
<i>waarvan telecom</i>		1,02
<i>waarvan overige ICT-dienstverlening</i>		0,16
Totaal elektriciteitsgebruik door ICT in Nederland in 2013	9,4	(8% NL)

ICT-vraagzijde consumentenmarkt	TWh (2013)
<i>audio/video-apparatuur en spelcomputers</i>	3,0
Aandeel in totaal Nederlands elektriciteitsgebruik	2,5%

Er valt op dat zowel de ICT-vraagzijde (totaal 6%) als de ICT-aanbodzijde (2%) relevant zijn voor het Nederlandse elektriciteitsgebruik van ICT, dat in zijn totaliteit 8% van de Nederlandse elektriciteitsvraag bedraagt. Ten opzichte van het vorige trendonderzoek naar het energiegebruik van ICT in Nederland (Tebodin, 2008) is het energiegebruik van ICT in Nederland voor vergelijkbare categorieën overall met circa 3% gedaald.

De onderzoekaankpak verschilt tussen vraagzijde en aanbodzijde. Aan de vraagzijde leidt de 'bottom-up'-modellering tot een transparante berekening en resultaat, maar zijn er wel onzekerheden. Aan de aanbodzijde zijn meerdere databronnen van goede kwaliteit gebruikt en gecombineerd, waardoor dit energiegebruik vrij zeker is.

6.2 Trends energiegebruik tot 2020 en 2030

Het tweede deel van het onderzoek behelsde de trends naar de korte/middel-lange termijn. Dit is gedaan aan de hand van robuuste megatrends in ICT.

Er blijken een vijftal megatrends te benoemen. Deze trends spelen nu al een rol maar daarvan verwachten we dat dit nog sterker zijn beslag gaat krijgen naar 2020 en 2030 toe. Deze ontwikkelingen beïnvloeden zowel ICT, de rol daarvan in de maatschappij, en het energiegebruik van ICT sterk. Dit zijn:

- **Pervasive computing** en het toenemende aantal apparaten.
- **Internet of Things**: steeds meer apparatuur wordt slim digitaal aangestuurd, voorzien van sensoren, en slim gekoppeld.
- **Big data**: het belang van data en de analyse ervan neemt toe.
- **Cloud**: serverruimtes bij bedrijven zelf worden minder belangrijk, er wordt steeds meer extern gehost en steeds meer van diensten gebruik gemaakt.
- **Efficiency**: het energiegebruik van ICT ten opzichte van de geleverde prestatie neemt sterk af.

In dit onderzoek is het gelukt om deze trends te operationaliseren in een drietal scenario's en zo mee te nemen in de ramingen. Hiermee ontstaat het volgende beeld van de ontwikkeling van het energiegebruik.

Tabel 21 Ontwikkeling energiegebruik ICT NL (TWh elektriciteit per jaar)

		2008 (Tebodin)	2013	2020	2030	
					Laag	Hoog
Vraagzijde	Consumenten - ICT-apparatuur	2,5	2,0	1,4	1,2	1,5
	Zakelijk - Kantoren	1,1	1,5	1,0	0,7	1,0
	Zakelijk - Overig	- (*)	2,4	1,5	1,1	1,5
	Communicatieapparatuur	1,4	1,0	1,3	1,4	2,7
Aanbod	Telecomsector	1,0	1,0	1,0	0,9	1,3
	Datacenters	1,0	1,4	1,7	1,9	2,6
	Overige ICT-dienstverlening	- (*)	0,2	0,2	0,1	0,2
Totaal		7,0	9,4	8,0	7,3	10,7
Verandering t.o.v. 2013				-14%	-22%	+14%

Tabel 22 Ontwikkeling energiegebruik audio/video/spelcomputers NL (TWh elektriciteit per jaar)

		2008 (Tebodin)	2013	2020	2030	
					Laag	Hoog
Vraag	Consumenten - Audio, video en spelcomputers	3,0	3,0	2,0	1,2	2,0
Verandering t.o.v. 2013				-33%	-59%	-35%



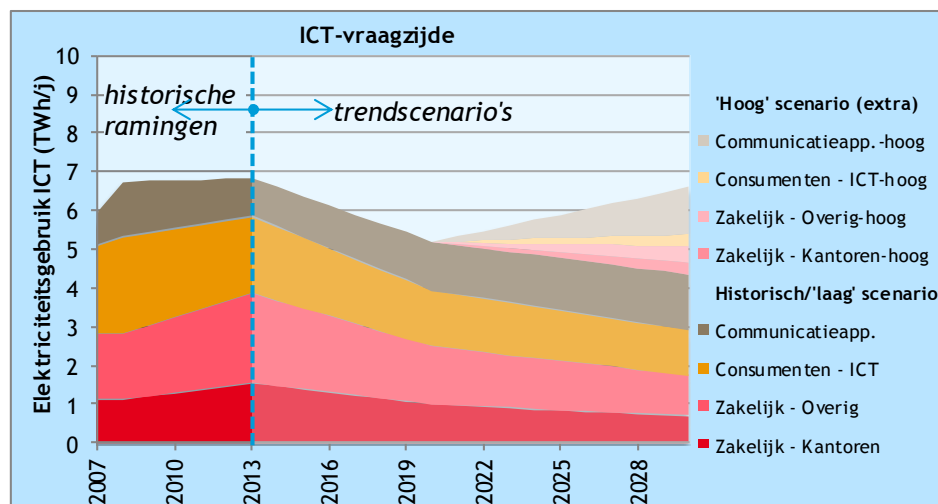
Aan de resultaten valt op dat:

- Aan de vraagzijde wordt een daling verwacht tot 2020, waarbij techniek-ontwikkelingbeleid en efficiëntere apparaten belangrijk zijn.
- Aan de aanbodzijde wordt tot 2020 een stabilisatie verwacht, waarbij de datacenters wel groei laten zien, maar deze is bescheiden. Overall daalt het energiegebruik van ICT.
- Entertainment-apparatuur is een relevante categorie, met name de tv's, maar ook spelcomputers.
- Voor 2030 is een verdere daling van het energiegebruik van ICT mogelijk, maar er zijn ook mogelijke ontwikkelingen waarbij het kan oplopen, tot boven het huidige niveau. Dit heeft met name te maken met de groei van communicatieapparatuur, waaronder ook de 'Internet of Things'-trends zitten. Communicatieapparatuur laat bij een groeiend aantal 'devices' een daling van het energiegebruik zien, belangrijk hierbij zijn diverse efficiencytrends. Echter in het 2030-hoogscenario zorgt een explosie van apparaten voor een duidelijk gestegen energiegebruik.
- In de zakelijke markt wordt een daling verwacht op grond van de efficiëntie van pc's en beeldschermen, maar tevens een belangrijke reductie van de servers en serverapparatuur. Alleen in het 2030-hoogscenario is een groei van de servers en serverapparatuur voorspeld, waardoor dit segment als geheel geen krimp kent.

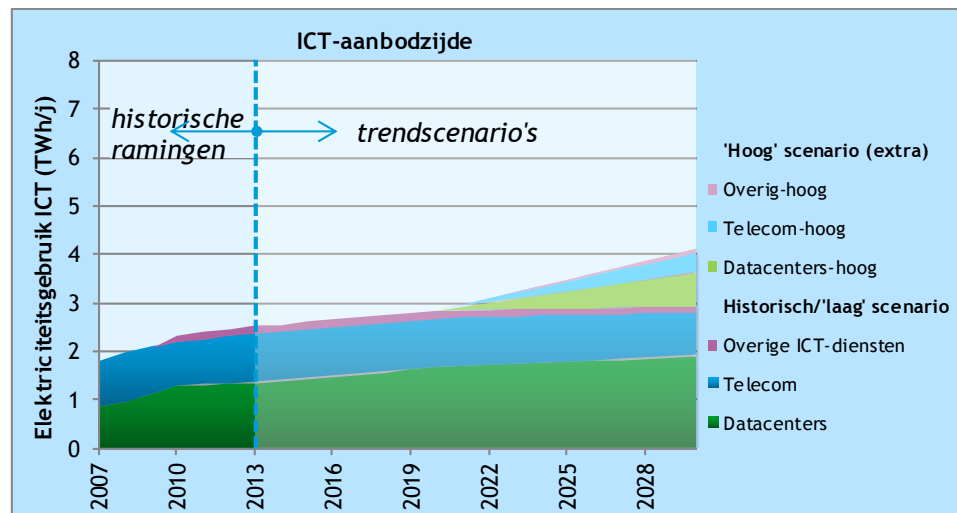
Het totale elektriciteitsgebruik van de ICT-sector is in 2013 bepaald op 9,4 TWh, ofwel ca. 8% van het Nederlandse elektriciteitsgebruik. In de toekomst laten de 2020- en 2030-scenario's die zijn opgesteld en doorgerekend zien dat dit elektriciteitsgebruik significant kan dalen (14 tot 22% in het 2030-laagscenario) of kan stijgen (in het 2030-hoogscenario; groei van 14%).

De mogelijke ontwikkelingen kunnen worden gevisualiseerd in Figuur 26 en Figuur 27.

Figuur 26 Ontwikkeling van energiegebruik van de hele Nederlandse ICT-vraagzijde (laag/hoog)



Figuur 27 Ontwikkeling van energieverbruik van de hele Nederlandse ICT-aanbodzijde (laag/hoog)



Voor de scope van de studie is de Europese classificering aangehouden waarbij televisie en audio/videoapparatuur niet tot ICT wordt gerekend. Dit onderscheid is uiteraard enigszins aan veranderingen onderhevig. Tv kijken verschuift momenteel van televisietoestellen naar tablets/smartphones, wat een verschuiving impliceert van buiten naar binnen de ICT-sector. Dit soort ICT-apparaten zijn wel energiezuiniger dan televisietoestellen.

6.3 Aanbevelingen

Voor het jaar 2030 zijn twee varianten in beeld gebracht: een hoog en een laag energieverbruik. Beide 2030-scenario's moeten gezien worden als plausibel. In welk toekomstpad we zullen belanden zal afhangen van een combinatie van autonome groei van de ICT-vraag, technische ontwikkelingen, het optreden en handelen van marktpartijen, als ook beleidskeuzes. De eerste twee factoren zijn voor de Nederlandse context niet of beperkt stuurbaar, maar voor de laatste twee factoren zijn op grond van dit onderzoek een aantal aanbevelingen te doen, waarmee de kansen worden vergroot om in een toekomstbeeld zoals het 2030-laagscenario te belanden.

Aanbevolen kan worden:

- Voor de overheid: continueer beleid en stimulerende maatregelen om de efficiëntie te van de ICT-sector te verbeteren, zoals de MJA-ICT. Daarnaast zijn met name serverruimtes in kantoren een categorie waar veel te winnen valt door de koeling te verbeteren. Pas als overheid zelf ook energie-efficiënte ICT toe.
- Overheid, EU-verband: de combinatie van techniekontwikkeling met verplichte minimumnormen onder Ecodesign heeft gezorgd voor een zeer forse reductie van het energieverbruik. Dit beleid is belangrijk om door te zetten, voor nieuwe categorieën apparaten waar nog geen normering voor bestaat maar wel een grote marktpenetratie van verwacht wordt.
- ICT-aanbieders: implementeer bij eindgebruikers uitsluitend energie-efficiënte oplossingen. Dit geldt voor bestaande en nieuwe diensten. De vele tientallen miljoenen 'Internet of Things'-apparaten en -toepassingen kunnen en moeten worden ontwikkeld voor energie-efficiëntie. Voor veel toepassingen zal het energieverbruik in een 'network connected stand by'-modus beperkt moeten worden tot ettelijke tientallen milliwatts

in plaats van watts, en dat scheelt dan ettelijke miljarden kWh op Nederlandse schaal.

- Bedrijven met ICT-vraag: neem energie-efficiëntie integraal mee bij aanbestedingen, het aanschaffen van hardware/software, of het vormgeven van nieuw te ontwikkelen applicaties.
Kies voor een efficiënte ICT-inrichtingen en serverruimtes: consolideer, virtualiseer, gebruik 'cloud'-oplossingen. Kies voor efficiënte koelinstallaties, waar gebruik gemaakt wordt van vrije koeling, toerenregeling, etc. Verbeter ook het energiegebruik van de werkplek ICT. Hier zijn verschillende maatregelen voor: kies voor de ultrazuinige varianten van desktops, laptops en workstations (minimaal met Energy Star), gebruik hier de modellen met energiezuinige CPU's. Faseer inefficiënte apparatuur uit.
- Particulieren/consumenten: ga bewust om met het energiegebruik van ICT, schakel apparaten fysiek uit wanneer ze niet gebruikt hoeven te worden. Gebruik verder alleen energie-efficiënte apparatuur en faseer overbodige apparatuur uit (breng naar een inzamelpunt ter recycling), in plaats van deze apparatuur ingeplugd te laten staan. Voorkom het stand-bygebruik door de stekker uit niet vaak gebruikte apparatuur te halen wanneer deze niet gebruikt wordt, zeker voor wat oudere apparatuur is dat belangrijk.

Voor het onderzoek zijn ook een aantal aanbevelingen te doen:

- Verdiepend: een analyse van de meest omvangrijke onzekerheden laat zien dat het zakelijke energiegebruik aan de ICT-vraagzijde en dan met name het energiegebruik van de serverruimtes de meest omvangrijke onzekerheid laat zien. Het is de moeite waard om naar dit onderdeel een gedetailleerdere studie te verrichten, omdat als het voorkomen van ICT en de efficiëntie van de serverruimtes nauwkeuriger in beeld is, een realistisch besparingspotentieel voor het energiegebruik hiervan in Nederland vastgesteld kan worden, waar beleid op gemaakt kan worden.
- Continuerend: monitor het effect van de vijf geïdentificeerde trends en de ontwikkeling van het energiegebruik. Dit kan door bijvoorbeeld omstreeks 2020 de in dit rapport gedane ramingen opnieuw te onderzoeken, dit past in de cyclus van dit trendonderzoek naar het energiegebruik van ICT (eerdere onderzoeken in 2002, 2008 en 2015).
In dit verband is aan het CBS aanbevolen het energiegebruik van de ICT-sector (ICT-aanbodzijde) goed bij te houden, waarbij het energiegebruik van de niet-ICT-sectoren zoals de grafische industrie wordt uitgesloten.
- Verbredend: het is aanbevelenswaardig om de positieve impact van ICT en het effect van slimme ICT-oplossingen op het energiegebruik in Nederland en de energietransitie te onderzoeken. Hierbij is de juiste vraagstelling van belang: niet alleen te kijken naar een totale 'enabling' bijdrage, maar het is ook waardevol een unieke en toerekenbare bijdrage van ICT te hebben, waar geen overlappen in zitten. Dit kan door te kijken naar ICT-oplossingen waar geen alternatief voor bestaat.



Referenties

- ACM, 2014. Telecommonitor Derde kwartaal 2014, Den Haag: ACM.
- Anderson, G. e., NA. Desktop Energy Consumption - A Comparison of Thin Clients and PC's, s.l.: Wyse Technology Inc..
- ANP, 2012. Werknemer zit 4 uur per dag achter computer. [Online]
Available at: <http://www.nu.nl/economie/2943980/werknemer-zit-4-uur-per-dag-achter-computer.html>
- Arcadis, 2015. Opgave (in opdracht van RVO) van het totale elektriciteitsgebruik van de MJA-ICT-deelnemers, s.l.: s.n.
- Belder, M., 2015. Halvering energiegebruik datacenters door duurzame Rijkscloud. Surf Magazine, September, p. 13.
- BesteProduct.nl, 2012. Vreten platte schermen stroom?. [Online]
Available at:
www.besteproduct.nl/lcd_tv_s/artikelen/69/lcd_en_plasma_energieslurpers
- Buchanan, M., 2015. Physics in finance: Trading at the speed of light. Nature 518, p. 161-163.
- CBRE, 2015. European Data Centre MarketView, London: CBRE.
- CBS, J. Vroom, 2015. Levering elektriciteit aan datacenters 2013 met overzicht niet-gekoppelde gegevens, s.l.: s.n.
- CBS, PBL, Wageningen UR, 2015. Emissies broeikasgassen, 1990-2014, Den Haag/Bilthoven/Wageningen: CBS, Planbureau voor de Leefomgeving, Wageningen UR.
- CBS, 2012. Meeste bedrijven hebben één vestiging. [Online]
Available at: www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/bedrijven/publicaties/artikelen/archief/2012/2012-vestigingen-bedrijven-2010.htm
- CBS, 2014. CBS: Ruim een derde van de internetters maakt gebruik van cloud computing. [Online]
Available at: www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/vrije-tijd-cultuur/publicaties/artikelen/archief/2014/2014-4159-wm.htm
[Geopend 24 augustus 2015].
- CBS, 2014. ICT kennis en economie 2014, Den Haag: CBS.
- CBS, 2014. Tabel 'ICT gebruik van personen naar persoonskenmerken'. [Online]
Available at:
<http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=71098ned&D1=1-2&D2=0&D3=a&HDR=G1&STB=T,G2&VW=T>
[Accessed 11 november 2015].
- CBS, 2015. Tabel "Banen van werknemers in december; economische activiteit (SBI2008), regio - 2013 december". [Online]
Available at:
<http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=81402ned&D1=0&D2=a&D3=0&D4=l&HDR=T,G3&STB=G1,G2&VW=T>



CBS, 2015. Tabel "Bedrijven; branche (SBI 2008) - 2013 4e kwartaal". [Online]
Available at:

<http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=81589ned&D1=0-8&D2=0,2,50,68,470,484,504,549,847,910,936,985,1042,1056,1132,1208,1224,1258,1317,1391,1436,1445&D3=27&HDR=G2,T&STB=G1&VW=T>

CBS, 2015. Tabel "Bedrijven; grootte en rechtsvorm" 2013 4e kwartaal.
[Online]

Available at:

<http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=81588ned&D1=0-14&D2=3-5,8-10,13-15,17-19,21,23-24,26,28-31,34-35,38-40,42-46,48,50-53,55-57,61-63,65-69,71-72,75-78,80-81,83-85,87,91-94,96-98,100-105,108,110,112,114-115,118-121,123-125,127-128,1&D3=>

CBS, 2015. Tabel "Levering aardgas, elektriciteit via openbaar net; bedrijven, SBI2008, regio". [Online]

Available at:

<http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?VW=T&DM=SLNL&PA=82538NED&D1=1&D2=11&D3=0,61-64,66-77,80-111,113-115,117-123,125-147,149-164,166-184,186-190,192-208,210-268,270-272,274-275,277-280,282-286,288-291,293-296,298-312,314-315,318-338,340-357,359-374>

[Accessed 1 mei 2015].

CBS, 2015. Tabel Particuliere huishoudens naar samenstelling en grootte, 1 januari. [Online]

Available at:

<http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?VW=T&DM=SLNL&PA=37975&D1=0-1,3-4,6-9,11-14,16-19&D2=0&D3=18-19&HD=150320-1436&STB=G2,G1,T>

CE Delft en Mansystems, 2013. Investigation of techniques for energy-efficient new-build data centres, Delft: CE Delft.

CE Delft, (2014). Handreiking en factsheets energiebesparende maatregelen datacenters, Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Milieu.

CE Delft, (in voorbereiding). Handreiking en factsheets energiebesparende maatregelen datacenters, Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Milieu.

CE Delft, 2012. Vergroenen datacenters 2012-2015, Delft: CE Delft.

CE Delft, 2014. Achtergrondgegevens stroometikettering 2013, Delft: CE Delft.

CE Delft, 2014. Energiebesparing door best beschikbare technieken voor koeling van serverruimtes, Delft: CE Delft.

CE Delft, 2014. Energiegebruik Nederlandse commerciële datacenters 2014-2017, Delft: CE Delft.

CE Delft, 2014. Rekenmodel Erkende Maatregelen Datacenters, Delft: CE Delft.

Cisco, 2015. Cisco Global Cloud Index: Forecast and Methodology 2014-2019, s.l.: Cisco.

Cisco, 2015. Cisco Global Cloud Index: Forecast and Methodology, 2014-2019, San Jose, CA: Cisco.

Cisco, 2015. Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2014-2019, San Jose, CA: Cisco.

Computer Profile, 2015. Aantal zakelijke tablets stijgt met 28 procent - End user hardware. [Online]

Available at: www.computerprofile.com/analytics-papers/article/aantal-zakelijke-tablets-stijgt-met-28-procent-end-user-hardware



Computer Profile, 2015a. Cloud Impact on the Dutch Mid and Enterprise markets. [Online]

Available at: www.computerprofile.com/analytics-papers/article/en/cloud-impact-on-the-dutch-mid-and-enterprise-markets

[Accessed 9 November 2015].

Computer Profile, 2015b. Eén op de drie multifunctionals van Ricoh - Printer market. [Online]

Available at: www.computerprofile.com/analytics-papers/article/een-op-de-drie-multifunctionals-van-ricoh-printer-market

Computer Profile, 2015. Cloudapplicaties bij 40 procent van bedrijfsvestigingen. [Online]

Available at: www.computerprofile.com/analytics-papers/article/cloudapplicaties-bij-40-procent-van-bedrijfsvestigingen

[Accessed 19 juni 2015].

Conclusr Research, 2015. Cloud: Servers en opslag nog niet de deur uit. [Online]

Available at: www.conclusr.nl/media/uploads/files/Conclusr_in_AG_02-05-2015.pdf

Conclusr research, 2015. Gebruik voice over IP neemt gestaag toe (Persbericht). [Online]

Available at: www.conclusr.nl/nieuws/it-nieuws-gebruik-voice-over-ip-neemt-gestaag-toe

CPB, 2014. Arbeidsaanbod tot 2060, Den Haag: CPB.

DatacentrumGids.nl, 2015. Datacenter overzicht. [Online]

Available at: www.datacentrumgids.nl/overzicht

[Accessed 4 April 2015].

Denton, C., 2011. High & Low: Performance & Latency Matter. [Online]

Available at: www.datacenterknowledge.com/archives/2011/05/31/high-low-performance-latency-matters/

[Accessed 12 12 2012].

DUO, 2015. Open databestanden. [Online]

Available at:

http://data.duo.nl/organisatie/open_onderwijsdata/databestanden/default.asp

Dutch Datacenter Association, 2015. Dutch Datacenter Report 2015, State of the Dutch Data Centers, Amsterdam: DDA & PB7.

ECN, 2015. Nationale Energieverkenning 2015, Petten: ECN.

Energy Star, 2014. ENERGY STAR® Program Requirements for Imaging Equipment 2.0, s.l.: Energy Star.

EnergyStar, 2006. ENERGY STAR® Program Requirements for Imaging Equipment 1.0, s.l.: EnergyStar.

EU EnergyStar, n.d. Bedrijven: Energiecalculator voor PC's. [Online]

Available at: http://209.197.108.167/nl/nl_008.shtml#instructions

[Accessed 27 juli 2015].

European Internet Forum, 2014. The Digital World in 2030, Brussels: EIF.

Europees Parlement, 2012. Richtlijn 2012/19/EU betreffende afgedankte elektrische en elektronische apparatuur (AEEA) (herschikking), Brussel: EU.

Europese Commissie, 2009. Ecodesign requirements for televisions EC/642/2009, Brussel: Europese Commissie.



Europese Commissie, 2012. Report from the Commission tot the European Parliament and the Council on the voluntary ecodesign scheme for complex set-top boxes, Brussel: Europese Commissie.

Europese Commissie, 2013. Commission Regulation (EU) No 801/2013 of 22 August 2013 amending [...] with regard to ecodesign requirements for standby, off mode electric power consumption of electrical and electronic household and office equipment [...] ecodesign requirements for TVs, Brussel: Europese Commissie.

Europese Commissie, 2013. Ecodesign requirements for computers and computer servers EU/617/2013, Brussel: Europese Commissie.

Europese Commissie, 2014. Draft Ecodesign electronic displays, Brussel: Europese Commissie.

Europese Commissie, 2015. Industry voluntary agreement to improve the environmental performance of imaging equipment place on the European markt (v5.2), Brussel: Europese Commissie.

Financieel Dagblad, 2015. Waar blijft de cybercommissaris?. Financieel dagblad, Rob de Lange, 14 11.

Fraunhofer IZM, 2007. EuP Preparatory Studies "Televisions" (Lot 5), Final Report on Task 1 "Definition", Berlijn: Fraunhofer IZM/EuP.

Fraunhofer USA, 2014. Energy Consumption of Consumer Electronics in U.S. Homes in 2013, Boston (USA): Fraunhofer USA Center for Sustainable Energy Systems.

GeSI, 2015. #SMARTer2030. ICT solutions for 21st century challenges, Brussels: GeSI / Accenture.

GfK, Cebuco, PMA, SPOT, RAB en KVB, 2013. Trends in Digitale Media 2014, s.l.: SPOT.

GfK, 2013. Bezitsmeting Nederlandse huishoudens 2013 ICT, s.l.: Stichting Bruingoed, Stichting witgoed, ICT Office.

GfK, 2014. Evenveel Nederlanders met tablet als vaste computer. [Online] Available at: www.gfk.com/nl/news-and-events/press-room/press-releases/paginas/evenveel-nederlanders-met-tablet-als-vaste-computer.aspx

Hardware.info, 2011. 25 NAS-apparaten review - Stroomverbruik. [Online] Available at: <http://nl.hardware.info/reviews/1972/34/25-nas-apparaten-review-stroomverbruik>

Hardware.info, 2011. 42 2.5/3.5-inch harde schijven vergelijkingstest - Testresultaten: Stroomverbruik. [Online] Available at: <http://nl.hardware.info/reviews/2212/18/42-2535-inch-harde-schijven-vergelijkingstest-testresultaten-stroomverbruik>

Hardware.info, 2015. Routers testresultaten - apr. 2015: testsysteem stroomverbruik. [Online] Available at: <http://nl.hardware.info/productgroep/9/routers/testresultaten>

Harryvan (Cerios Green), G., 2015. Interview [Interview] (8 Juni 2015).

ICT-Office, 2012. Routekaart ICT 2030, Woerden: ICT-Office.

IEA, 2014. More Data, Less Energy, s.l.: IEA.

Kamer van Koophandel, 2014. 'Internet of Things': slimme en internet-verbonden producten en diensten, s.l.: KvK.



Kassner, M., 2015. Why aren't data centers hotter?. Datacenter Dynamics, pp. 32-33.

Kennisnet, 2013. Vier in balans monitor 2013, Zoetermeer: Kennisnet.

KPN, 2014. The network that connects us all - Integrated Annual Report 2014, Den Haag: Koninklijke KPN N.V..

Lanzisera, S., Nordman, B. & Brown, R., 2010. Data Network Equipment Energy Use and Savings Potential in Buildings. ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, pp. 167-179.

Mels, P., 2015. The effect of Market Change on Global Switch; the key industry developments that affect the future of Global Switch data centres. Rotterdam: Erasmus Universiteit: Rotterdam School of Management.

Miller, C., 2015. How Big Data and Internet of Things (IoT) Impact Data Centers. [Online]

Available at: www.datacenterknowledge.com/archives/2015/03/12/big-data-and-internet-of-things-iot-impact-data-centers/
[Accessed 06 12 2015].

Nederland ICT, 2015. ICT Marktmonitor 2015, Woerden: Nederland ICT.

Nederland ICT, 2015. Staat van de Telecom. [Online]

Available at: www.destaatvantelecom.nl
[Accessed 10 November 2015].

Nintendo, 2013. Second Quarter Financial Results Briefing for Fiscal Year Ending March 2014. [Online]

Available at: www.nintendo.co.jp/ir/en/library/events/131031/index.html

NRDC, 2014. The Latest-Generation Video Game Consoles - How Much Energy Do They Waste When You're Not Playing?, New York: NRDC.

Odin, 2015. 2015 SMB Cloud Insights The Netherlands, Renton, USA: Odin.

Persson, M., 2011. Decoder blijkt stiekeme energieslurper (data: Consumentenbond). Volkskrant, 26 februari.

RVO.nl, 2015. MJA-Sectorrapport 2014 ICT, Utrecht: RVO.nl.

SCP, 2011. Nederland in een dag - Tijdsbesteding in Nederland vergeleken met die in vijftien andere Europese landen, Den Haag: Sociaal en Cultureel Planbureau (SCP).

SCP, 2015. Media:Tijd in beeld - Dagelijkse tijdsbesteding aan media en communicatie, Den Haag: Sociaal en Cultureel Planbureau.

SKO, 2014. TV in Nederland 2013 - Ontwikkelingen in tv bezit en tv gebruik media standaard survey, Amsterdam: Stichting Kijkonderzoek (SKO).

Sony, Microsoft en Nintendo, 2015. Energy Efficiency of Games Consoles - Self-Regulatory Initiative to further improve the energy efficiency of Games Consoles, s.l.: Sony, Microsoft en Nintendo.

Surf, 2015. Safe Harbor agreement declared invalid. [Online]

Available at: www.surf.nl/en/news/2015/10/safe-harbor-agreement-declared-invalid.html
[Accessed 11 11 2015].

Tebodin & Meijer, 2007. ICT stroomt door - Inventariserend onderzoek naar het elektriciteitsverbruik van de ICT-sector & ICT-apparatuur, Den Haag: Ministerie van Economische Zaken.

Tebodin, 2009. Energiemonitor ICT 2008, Den Haag: Tebodin Netherlands B.V..



- Techzine.nl, 2014. Synology DS1513+ - Stroomverbruik. [Online]
Available at: www.techzine.nl/reviews/1433/6/synology-ds1513-stroomverbruik.html
- Tele2, 2014. Peace and Love. [Online]
Available at: www.tele2.com/Our-Responsibility/performance/cr-report-2013/
[Accessed 11 11 2015].
- Telecompaper, 2014. Dutch Tablet User - Q4 2013, Houten: Telecompaper.
- Telecompaper, 2015. Onderzoek naar ontwikkelingen in de DAB+ markt, s.l.: Telecompaper/Agentschap Telecom.
- T-Mobile, 2014. We take responsibility. [Online]
Available at: www.cr-report.telekom.com/site14/facts-figures/environmental-performance-indicators/energy
[Accessed 11 11 2015].
- TNO, 2014. Marktrapportage Elektronische Communicatie 2014, Delft/Den Haag: TNO/Ministerie van Economische Zaken.
- TNO, 2014. Marktrapportage Elektronische Communicatie 2014, Delft/Den Haag: TNO/Ministerie van Economische Zaken.
- Tozlu, S. et al., 2012. Wi-Fi Enabled Sensors for Internet of Things: A Practical Approach. IEEE Communications Magazine, Juni, pp. 134-143.
- U.S. Environmental Protection Agency, 2007. Report to Congress on Server and Data Center Energy Efficiency Public Law 109-431, s.l.: U.S. Environmental Protection Agency.
- Vagata, P. & Wilfong, K., 2014. Scaling the Facebook data warehouse to 300 PB. [Online]
Available at: <https://code.facebook.com/posts/229861827208629/scaling-the-facebook-data-warehouse-to-300-pb/>
[Accessed 03 12 2015].
- Wall Street Journal, S. N., 2015. Internet of things market to Reac \$1.7 Trillion by 2020: IDC (The CIO Report). [Online]
Available at: <http://blogs.wsj.com/cio/2015/06/02/internet-of-things-market-to-reach-1-7-trillion-by-2020-idc/>
[Accessed 12 11 2015].
- Ziggo, 2014. Ziggo CO₂ footprint, s.l.: s.n.



Bijlage A Nadere informatie raming vraagzijde

A.1 Consumentenmarkt

Tabel 23 geeft een overzicht van het aantal apparaten dat consumenten actief gebruiken, het specifiek jaargebruik hiervan en een toelichting op hoe deze waarden bepaald zijn. Wanneer in de bepaling gebruik is gemaakt van het aantal huishoudens, dan is hiervoor het aantal huishoudens in 2013 volgens CBS (CBS, 2015) gebruikt.

In het overzicht van Tabel 23 is ook de categorie 'Communicatie' meegenomen. Hierin is voor smartphones, gsm's, M2M-toepassingen ook het zakelijke energiegebruik (en alle zakelijke mobiele telefoons) meegenomen, omdat het lastig is om onderscheid te maken tussen zakelijk en privé gebruik.

Veel consumenten laten de stekker van elektronica altijd in het stopcontact, ook als het apparaat niet gebruikt wordt. Voor de berekening aangenomen dat de oplader van de volgende apparaten altijd in het stopcontact zit, wanneer het apparaat uit staat:

- *computers*: desktop-pc, laptop/netbook, tablet en e-reader;
- *ICT-toebehoren*: printers, scanners, speakers, beeldschermen, externe HD;
- *communicatie*: opladers van smartphones en gsm's.

Het totale (sluip)gebruik dat hiermee gemoeid is 0,34 TWh (6% van het totale elektriciteitsgebruik aan ICT door consumenten). Computers (0,09 TWh) en ICT-toebehoren (0,21 TWh) hebben hieraan de belangrijkste bijdrage, de bijdrage van mobiele telefoons is zeer beperkt (0,02 TWh).

Het besparingspotentieel van 'kill switches' of bewuster omgaan met stekers is dus 0,34 TWh (exclusief het energiegebruik door onnodig gebruik van de slaapstand).

Tabel 23 Gegevens gebruikt per categorie voor consumentenmarkt, incl. toelichting referentie

Categorie	Subcategorie	Aantal (x 1.000) (resp.)	Specifiek jaargebruik (kWh/jaar per apparaat)	Korte toelichting en referentie
Computers	Desktop-pc	4.900	98	Aantal apparaten in gebruik o.b.v. (GfK, 2013).
	Laptop of notebook	9.200	38	Vermogens o.b.v. (gemiddelden) uit (Fraunhofer USA, 2014). Gebruiksduren volgen uit (SCP, 2011): 72 minuten per dag. Aangenomen is dat de computer tweemaal de gebruikstijd stand-by staat en éénmaal de gebruikstijd in slaapstand staat. De rest van de tijd staat de computer uit met de stekker in het stopcontact.
	Tablet*	3.400	6	Aantal apparaten in gebruik o.b.v. (GfK, 2013). Gebruiksgegevens per apparaat uit (Fraunhofer USA, 2014). Geen correctie voor verschil tussen tablet gebruiksduur USA vs. NL.
	E-reader*	2.570	3	Aantal apparaten in gebruik o.b.v. (GfK, Cebuco, PMA, SPOT, RAB en KVB, 2013). Vermogens o.b.v. (gemiddelden) uit (Fraunhofer USA, 2014). Gebruiksduren zijn afgeleid uit (GfK, Cebuco, PMA, SPOT, RAB en KVB, 2013): gemiddeld leest een Nederlander 36 min./dag (incl. kranten, etc.). Aangenomen is

Categorie	Subcategorie	Aantal (x 1.000) (resp.)	Specifiek jaargebruik (kWh/jaar per apparaat)	Korte toelichting en referentie
				dat een e-readergebruiker een gemiddeld actievere lezer is die gemiddeld 40 min./dag leest op de e-reader. Het stand-by gebruik is geschat als (een extra) 25% van de leestijd.
ICT- toebehoren	Router/ modem	7.191	59	Aantal apparaten in gebruik gelijk verondersteld aan aantal internetaansluitingen in 2013, d.w.z. gelijk aan 95% van de consumenten in 2013 (TNO, 2014). Vermogens o.b.v. rekenkundig gemiddelde van metingen diverse routers aan (normaal/typical vermogen) en zenden drie laptops tegelijkertijd (bezig vermogen) (Hardware.info, 2015). Aangenomen is dat in de avond (vijf uur per dag) de router intensief wordt gebruikt (laptops/pc's/tv's/smartphones), in de weekenden is dat acht uur per dag. De resterende tijd heeft de router een normaal/typical gebruik.
	Printer incl. MFP	4.562	23	Het aantal printers is geschat als tweederde van het aantal huishoudens dat toegang heeft tot een pc volgens (SKO, 2014). Vermogens o.b.v. (gemiddelden) uit (Fraunhofer USA, 2014). Aangenomen is dat de printer één uur per week in gebruik is, aanstaat als de computer ook aanstaat en de rest van de tijd uitstaat met de stekker in het stopcontact zit.
	Scanner	490	13	Er is helemaal geen data te vinden over het aantal scanners. Tebodin schatte een diffusie van 40-80%. Door afnemende belang van papier is het aantal scanners dalende. We schatten het aantal aangesloten apparaten in 2013 op 10% van het aantal desktop-pc's. Vermogens o.b.v. (gemiddelden) uit (Fraunhofer USA, 2014). Tijdsduur geschat op vijf uur per jaar aan en de rest van de tijd uit met de stekker in het stopcontact.
	Speakers (gekoppeld aan ICT)	6.800	15	Het aantal (externe) speakers is gelijk verondersteld aan het totaal aantal computerbeeldschermen (gezien als maat voor het aantal computerwerkplekken). Vermogens o.b.v. (gemiddelden) uit (Fraunhofer USA, 2014). Aangenomen is dat de speakers aanstaan als ook de bijbehorende computer aanstaat. De rest van de tijd staan de speakers uit met de stekker in het stopcontact.
	Beeldscherm- CRT	700	36	Aantal apparaten in gebruik o.b.v. (GfK, 2013). Vermogens o.b.v. (gemiddelden) uit (Fraunhofer USA, 2014).
	Beeldscherm- Flatscreen	6.100	18	Gebruiksduren in verschillende standen gelijk aan de desktop-pc verondersteld. De rest van de tijd staat de monitor uit met de stekker in het stopcontact.
	Externe HD	9.165	6	Uit CBS-onderzoek naar 'cloud'-opslag blijkt dat 65% van de ondervraagden geen gebruikt maakt van de 'cloud' (CBS, 2014). Aangenomen is dat zij gebruik maken van externe harddisks. Hierbij zullen sommige 'cloud'-gebruikers ook nog een externe HD gebruiken, andere niet 'cloud'-gebruikers zullen geen externe HD gebruiken, aangenomen is dat dit wegmiddelt. Hierbij is ook aangenomen dat de externe HD dezelfde bedrijfstijd in bedrijfsmodi heeft als een laptop. Vermogens op basis van rekenkundig gemiddelde van 40-tal 2.5/3.5-inch externe HD's o.b.v. (Hardware.info, 2011). Het uitgebruik is geschat op 0,1 W (laag) en het slaapstandgebruik idem.



Categorie	Subcategorie	Aantal (x 1.000) (resp.)	Specifiek jaargebruik (kWh/jaar per apparaat)	Korte toelichting en referentie
	NAS*	920	232	Aangenomen dat er net zoveel NAS-apparaten zijn als 10% van de externe HD's. Vermogens op basis van rekenkundig gemiddelde van dertigtal NAS van (Hardware.info, 2011) en (Techzine.nl, 2014). Staat altijd aan, maar wordt intensief gebruikt als de computer ook aan staat.
Audio/Video	Hoofd-tv			In Nederland heeft 97,6% van de huishoudens een tv in gebruik (SKO, 2014). Datzelfde rapport geeft de verdeling lcd/led/3D, CRT, plasma en projectie/beamer hoofdtoestellen in Nederland. In de bepaling van het aantal tv's is van deze gegevens gebruik gemaakt, waarbij een hernormalisatie plaats heeft gevonden omdat de cijfers in SKO niet optellen tot 100%. Gebruiksduur o.b.v. (SKO, 2014).
	Tweede/ derde tv			In Nederland heft 97,6% van de huishoudens een tv in gebruik (SKO, 2014). Gemiddeld beschikt een huishouden over 1,7 tv-toestellen (SKO, 2014). Datzelfde rapport geeft de verdeling lcd/led /3D, CRT, plasma en projectie/beamer voor alle toestellen in Nederland. In de bepaling van het aantal tv's is van deze gegevens gebruik gemaakt, waarbij een her-normalisatie plaats heeft gevonden omdat de cijfers in SKO niet optellen tot 100%. De verdeling is genomen over alle toestellen (1,7 per huishouden) en is vervolgens vermindert met het aantal hoofdtoestellen dat reeds bepaald is. Gebruiksduur o.b.v. (Tebodin & Meijer, 2007).
	Lcd/ led ≤ 32-inch	1.540 1.320	103 53	Vermogens o.b.v. het gemiddelde tussen een willekeurige selectie van (6) lcd/led-tv's van diverse afmetingen uit omstreeks 2013 van Tweakers.net, en de gemiddelden voor 2006 zoals genoemd in (Fraunhofer IZM, 2007). Voor een hoofd-tv is aangenomen dat 30% van de lcd/led-tv's kleiner is dan 32-inch, voor een tweede/derde tv is dit percentage op 50% geschat.
	Lcd/ led > 32-inch	3.600 1.320	196 98	Vermogens o.b.v. het gemiddelde tussen een willekeurige selectie van (9) lcd/led-tv's van diverse afmetingen uit omstreeks 2013 van Tweakers.net, en de gemiddelden voor 2006 zoals genoemd in (Fraunhofer IZM, 2007). Voor een hoofd-tv is aangenomen dat 70% van de lcd/led-tv's kleiner is dan 32-inch, voor een tweede/derde tv is dit percentage op 50% geschat.
	CRT 29-inch	1.190 2.400	153 85	Vermogens o.b.v. (Tebodin & Meijer, 2007) en (Fraunhofer IZM, 2007).
	Plasma > 32-inch	988 482	485 238	Vermogens o.b.v. gemiddelde waarde van (BesteProduct.nl, 2012), welke in lijn zijn met de 2006-waarden in (Fraunhofer IZM, 2007).
	Projectie/ beamer*	- 15	- 162	Schatting o.b.v. een aantal exemplaren.
	Digitale ontvanger/ 'set-top box'	6.207	75	Vermogens o.b.v. ongewogen gemiddelde van digitale ontvangers van providers in Nederland uit (Persson, 2011). Gebruiksduur en aantallen o.b.v. (SKO, 2014). Het grootste deel van de gebruiksduur is in de slaapstand, waar deze apparaten een flink energiegebruik kennen.
	Satelliet- ontvanger	416	86	Vermogens o.b.v. (gemiddelden) van providers in Nederland uit (Persson, 2011). Gebruiksduur en aantallen o.b.v. (SKO, 2014).



Categorie	Subcategorie	Aantal (x 1.000) (resp.)	Specifiek jaargebruik (kWh/jaar per apparaat)	Korte toelichting en referentie
	HDD-recorder*	355	72	Aantallen o.b.v. (SKO, 2014). Vermogens gelijk gesteld aan digitale ontvangers en voor uit-gebruik aan blu-rayspelers. Gebruiksduur o.b.v. (Tebodin & Meijer, 2007)
	Dvd-speler	4.375	5	Aantallen o.b.v. (SKO, 2014). Vermogens o.b.v. (Tebodin & Meijer, 2007). Gebruiksduur geschat op gemiddeld één uur per week en de rest van de tijd uit, maar wel met de stekker in het stopcontact.
	Blu-rayspeler*	500	5	Aantallen is aanname (stelpost) bij gebrek aan cijfers. Verder identiek aan dvd-spelers.
	Videorecorder	560	42	Aantallen o.b.v. (SKO, 2014). Vermogens en gebruiksduur o.b.v. (Tebodin & Meijer, 2007).
	Audio-stereo-installatie, etc.	7.319	38	Voor de aantallen is aangenomen dat deze gelijk zijn aan het aantal hoofd-tv's (sommige mensen hiervan zullen geen stereo hebben, maar anderen wellicht meerdere). Vermogen o.b.v. gemiddelden uit (Tebodin & Meijer, 2007), ook de gebruikstijden komen hiervandaan.
	Radiotoestel Digitaal DAB(+) radiotoestel	7.494 76	5 44	Geschat op één radiotoestel dat regelmatig actief is per huishouden, hiervan heeft 1% van de huishoudens een digitale radiotoestel (DAB(+)) (Telecompaper, 2015). De vermogens en gebruikstijden komen uit (Tebodin & Meijer, 2007).
	Gameconsole (aangesloten op tv)	2.013	279	In Nederland heeft ongeveer 26,6% van de huishoudens een gameconsole aangesloten op de tv (SKO, 2014). Voor het bepalen van het gemiddeld jaargebruik van spelcomputers is gebruik gemaakt van de gebruiksanalyse (gebruiksduur-verdeling en vermogen) uit (NRDC, 2014), waarbij het rekenkundige gemiddelde van de vermogens is genomen van verschillende modellen sinds 2006 van de Sony PS, de Nintendo Wii en de Microsoft Xbox. De gebruiksduurverdeling gegeven door NRDC is opnieuw genormaliseerd zodat de game play- en navigatietijdsduur overeenkomen met de gemiddelde tijdsbesteding op tv-connected spelcomputers in Nederland (2,82 uur) (SCP, 2015). Vervolgens is op basis van de marktaandeelen in Nederland van deze console-families in oktober 2013 (Nintendo, 2013) (geschaald naar 'tv-connected devices'), het gewogen gemiddeld energiegebruik bepaald op 158 kWh/jaar/apparaat. Ook het bijbehorende tv-gebruik is meegenomen (o.b.v. gemiddeld energiegebruik led-tv's).
	MP3-speler, gadgets, overig, etc.	14.384	1	Het aantal gadgets is geschat als één gadget per 13+'er in Nederland. Het vermogen van deze apparaten en de gebruiksduur is overgenomen uit (Tebodin & Meijer, 2007).
Communicatie	Smartphone	10.000	4	Hierbij is uitgegaan dat het aantal smartphones (nagenoeg) gelijk is aan het aantal mobiele telefonieaansluitingen met mobiel breedbandinternet in Nederland (10 miljoen volgens TNO (TNO, 2014)). De getallen genoemd onder vermogens zijn energiegebruiken per categorie per dag (Wh/dag) die volgen uit de uitgebreide analyse van Fraunhofer o.b.v. opladers en opladergebruik (Fraunhofer USA, 2014).
	Gsm (niet-smart)	9.514	2	Volgens TNO waren er in 2013 21,5 miljoen mobiele telefonieaansluitingen (TNO, 2014), dit aantal is vermindert met het aantal smartphones, simkaarten in overige apparaten en M2M-toepassingen om het aantal gsm-telefoons (niet-smart)



Categorie	Subcategorie	Aantal (x 1.000) (resp.)	Specifiek jaargebruik (kWh/jaar per apparaat)	Korte toelichting en referentie
				te krijgen. Vermogens zijn overgenomen uit (Fraunhofer USA, 2014), de gebruiksduren uit (Tebodin & Meijer, 2007). Voor de idle/stand-by-tijd is aangenomen dat dit overeenkomt met 25% van de tijd dat de telefoon actief bezig is.
	Simkaarten in dongles, tablets, etc.	786	0	Aantallen volgen uit (TNO, 2014). Het vermogen dat nodig is om verbinding te maken met het netwerk is geschat op 0,05 W, deze verbinding wordt continu gemaakt.
	M2M-toepassingen*	1.200	0	Aantallen volgen uit (TNO, 2014). Het vermogen dat nodig is om verbinding te maken met het netwerk is geschat op 0,05 W, deze verbinding wordt continu gemaakt.
	Draadloze telefoons (DECT)	4.680	17	Er zijn 7,2 miljoen vaste telefoonverbindingen in Nederland (TNO, 2014), aangenomen is dat 65% van de aansluitingen een DECT systeem is aangesloten. Overige vaste telefoons hebben in de regel geen extra energiegebruik omdat ze gevoed worden via de telefoonlijn, het energiegebruik hiervan valt onder de infrastructuur. Vermogens o.b.v. (gemiddelden) uit (Fraunhofer USA, 2014), omdat DECT-telefoons altijd actief verbinding maken is er een continu gebruik verondersteld.
	Internet telefoon (VoIP)*			<i>Buiten beschouwing, geen goede gegevens voor gevonden.</i>

* Nieuwe categorie t.o.v. (Tebodin & Meijer, 2007). Vervallen categorieën: cv-regeling, alarminstallatie, projectie-tv.

A.2 Zakelijk markt

Tabel 24 geeft een overzicht van het aantal apparaten dat op de zakelijke markt actief wordt gebruikt, het specifiek jaargebruik hiervan en een toelichting op hoe deze waarden bepaald zijn.

Sommige categorieën behoeven een uitgebreidere toelichting, en zijn aparte paragrafen uitgewerkt.

Het aantal werkdagen in 2013 is geschat op 254. Hiervoor is aangenomen dat in de weekenden en op Nieuwjaarsdag, Koningsdag, 2^e Pinksterdag, 2^e paasdag, Hemelvaartsdag en 1^e en 2^e kerstdag niet wordt gewerkt. De overige nationale feestdagen vielen niet op een werkdag. Voor persoonsgebonden apparaten (computers in daggebruik en bijbehorende beeldschermen, tablets en speakers) is gerekend met 30 extra vrije dagen in het jaar.

In tegenstelling tot de monitoring uit 2007 (Tebodin & Meijer, 2007) is dit maal de gehele zakelijke markt meegenomen, niet alleen de kantoren.

Tabel 24 Gegevens gebruikt per categorie voor zakelijke markt, incl. toelichting referentie

Categorie	Subcategorie	Aantal (x 1.000) (resp.)	Specifiek jaargebruik (kWh/jaar per applicatie)	Korte toelichting en referentie
Computers	Desktop-pc (24h en dag)	630 3.481	609 104	Zie de toelichting op de aantallen in de volgende paragraaf. De gebruiksduur in daggebruik is 3,9 uur actief (ANP, 2012) en de rest van de werkdag (4,1 uur) voor de helft van de tijd in stand-by en de andere helft in de slaapstand. Voor 24h computers is aangenomen dat ze 12 uur per dag actief zijn en de rest van de tijd stand-by/short idle. Een laptop staat maar 1,5 uur stand-by en de rest van de werkdag in slaapstand. De vermogens zijn identiek aan die van de consumentencomputers en gebaseerd op (Fraunhofer USA, 2014). De vermogens voor thin clients zijn een gemiddelde van Wyse3200 en Wyse8230 uit (Anderson, NA).
	Laptop of notebook	1.255	40	
	Thin client*	741	58	
	Tablet*	137	6	Van de bedrijfsvestigingen met 50 medewerkers of meer, wordt op 22,4% gebruik gemaakt van een zakelijke tablet (Computer Profile, 2015), dit percentage is aangenomen voor alle bedrijven. Het aantal is niet bekend en is daarom geschat op 10% van de computergebruikers op 22,4% van alle bedrijven. Vermogens o.b.v. (gemiddelden) uit (Fraunhofer USA, 2014). De gebruiksduur is geschat op 5 uur per dag, waarvan 3.9 uur actief, 3 uur stand-by en de rest van de tijd uit.
	Kassasystemen*	779	164	Er is uitgegaan van een gemiddeld gebruik van zes uur actief gebruik per dag en twee uur stand-by op elke dag van het jaar. Het aantal is gebaseerd op gemiddeld drie kassasystemen per winkel (aantal winkels o.b.v. aantal bedrijven in de branches SBI 2008 G en I (CBS, 2015)). De vermogens zijn geschat als een som van het gemiddeld vermogen van een laptop en een flatscreen.
ICT-toebehoren	Modems/routers MKB	1.484	350	Modems/routes zorgen 24 uur per dag, alle dagen van het jaar voor een (inter)net(werk)verbinding. Bij kleine bedrijven (< 50 werknemers) kan volstaan worden met een kleine versie van 40 W, bij grote bedrijven (> 50 werknemers) gaat het om een grote variant van 400 W (Lanzisera, et al., 2010). Alle bedrijven exclusief SBI 2008 cat. T en U (CBS, 2015) zijn meegenomen in deze analyse, waarbij rekening is gehouden dat 95% van de bedrijven een vestiging heeft en 5% van de bedrijven gemiddeld 2,5 vestigingen hebben (CBS, 2012). Elke vestiging heeft een modem/router.
	Modems/routers GB	15	3.504	
	Wifispots/repeaters	476	114	Zie de toelichting op de aantallen in de volgende paragrafen. Deze apparaten staan altijd aan met een vermogen van 13 W (o.b.v. meting Aruba AP uit eerder onderzoek CE Delft).
	MF-printers/copiers	339	976	Vermogens o.b.v. metingen uit eerder onderzoek CE Delft. Volgens Computer Profile (Computer Profile, 2015b) zijn er gemiddeld 8,7 printers per 100 medewerkers, waarvan 4,4 MF-printers per 100 medewerkers (dus 4,3 gewone printers) op bedrijfslocaties met 50 medewerkers of meer. Deze getallen zijn ook voor bedrijven met minder werknemers verondersteld. Naar schatting is de printer 3 uur per werkdag actief bezig, staan MF-printer 4 uur per werkdag
	Printers	332	252	

Categorie	Subcategorie	Aantal (x 1.000) (resp.)	Specifiek jaargebruik (kWh/jaar per applicatie)	Korte toelichting en referentie
				stand-by en de rest van de tijd in slaapstand. Voor gewone printers is dat 6 uur per dag in slaapstand en de rest van het jaar gemiddeld ongeveer 12 uur in slaapstand en 9 uur uit.
	Scanner	386	5	Aantal scanners geschat als een per twintig medewerkers gelijk aan (Tebodin & Meijer, 2007). Vermogens o.b.v. (gemiddelden) uit (Fraunhofer USA, 2014). Gebruiksdur is geschat op gemiddeld 2 uur per werkweek actief gebruik en de rest van de tijd uit met de stekker in het stopcontact.
	Speakers zonder subwoofer	61	21	Het aantal (externe) speakers is gelijk verondersteld aan één procent van aantal computers in daggebruik. Vermogens o.b.v. (gemiddelden) uit (Fraunhofer USA, 2014). Aangenomen is dat de speakers aan staan als ook de bijbehorende computer aanstaat. De rest van de tijd staan de speakers uit met de stekker in het stopcontact.
	Beeldscherm - CRT (24h en dag)	25 139	534 60	Uit de analyse van de het energiegebruik van consumenten is gebleken dat ongeveer 10% van de computerbeeldschermen nog CRT was. Aangezien in het bedrijfsleven apparaten gewoonlijk sneller vervangen worden is dit percentage geschat op ongeveer 2,5% (relatief gezien 4x minder). Deze beeldschermen zijn naar verwachting alleen in combinatie met (oude) pc's: 4% van de pc's heeft een CRT-scherm. De overige pc's, laptops/netbooks en thins clients hebben een flatscreen. Er zijn 5% meer flatscreen schermen gerekend omdat op sommige pc's meerdere schermen zijn aangesloten. Vermogens o.b.v. (gemiddelden) uit (Fraunhofer USA, 2014). Gebruiksduren gelijk aan de bijbehorende computer verondersteld in aanstand, waarbij voor 24h computers gerekend is dat het beeldscherm altijd aan staat. De rest van de tijd staat de monitor uit met de stekker in het stopcontact.
	Beeldscherm - flatscreen (24h en dag)	635 5.606	298 32	
	Docking stations	628	6	Het aantal dockingstations is gebaseerd op de aanname dat 50% van de laptops of netbooks hierop dagelijks wordt aangesloten. De vermogens zijn overgenomen uit (Tebodin & Meijer, 2007). De gebruikstijden zijn gelijk verondersteld aan die van laptops en netbooks.
	Serverruimten			Zie de toelichting in volgende paragrafen.
Beamers en presentatieschermen	Presentatieschermen (lcd/led-tv > 32-inch)	71	332	Gelijke aantallen verondersteld als het aantal beamers. Presentatie/ informatieschermen zijn verondersteld de hele dag aan te staan. Vermogens o.b.v. een willekeurige selectie (9) lcd/led-tv's van diverse afmetingen van Tweakers.net (zelfde als bij consumenten).
	Projectie/ beamer*	173	Bedrijven: 64 Onderwijs: 338	Aantallen geschat op basis van één beamer per 100 medewerkers bij bedrijven en één beamer per vijf medewerkers in het onderwijs. Het vermogen is geschat op basis van een aantal exemplaren. In het onderwijs wordt een beamer naar schatting zes uur per dag gebruikt en staat hij twee uur per dag uit (hier is gerekend met de persoonsgebonden werkdagen i.v.m. schoolvakanties), voor bedrijven is dit geschat op respectievelijk 1 uur en 0,2 uur per werkdag (bedrijfswerkweek).



Categorie	Subcategorie	Aantal (x 1.000) (resp.)	Specifiek jaargebruik (kWh/jaar per applicatie)	Korte toelichting en referentie
	Radiotoestel	386	4	Geschat op een radiotoestel die regelmatig actief is, per twintig medewerkers. De vermogens komen uit (Tebodin & Meijer, 2007). Verondersteld is dat de radio acht uur per werkdag aan staat.
Communi- catie	Smartphone, gsm (niet-smart), simkaarten in dongles, tablets etc., M2M-toepassingen*, draadloze telefoons (DECT)			Deze categorieën zijn in zijn totaal (zakelijk en consument) meegenomen in de consumenten vraagzijde.
	Fax	1.484	53	Bij elke bedrijfsvestiging is een fax verondersteld (zie toelichting bij Modems/routers MKB). Het energiegebruik van een fax is bepaald als het gemiddelde van het energiegebruik van vijf modellen (thermische, laser- en inktjetfax). Een fax wordt naar schatting vijf minuten per dag gebruikt en staat rondom het gebruik nog één uur in stand-by. De rest van de tijd is de fax in een slaapstand.
	Telefooncentrale	134	2.006	Verondersteld is dat elke bedrijfsvestiging van een bedrijf meer dan vijf medewerkers beschikt over een telefooncentrale. Het vermogen van de telefooncentrale is overgenomen uit (Tebodin & Meijer, 2007) en staat altijd aan.
	Internet telefoon (VoIP) *	1.682	35	Het is lastig te bepalen wat de aantallen per bedrijf zijn. Volgens Conclusr Research heeft 39% van de bedrijven >20 VoIP op alle werkplekken. Zijn wel cijfers voor 2015. In 2013 had 39% t.o.v. 55% in 2015 ten minste een aantal werkplekken VoIP. Percentage is met deze verhouding gecorrigeerd. Aangenomen dat dit ook geldt voor de groep 10-20 werknemers. Aantal werknemers in deze grootte klassen genomen.

* Nieuwe categorie t.o.v. (Tebodin & Meijer, 2007). Vervallen categorieën: CV-regeling, alarminstallatie, projectie-tv.

A.1.1 Acces points

Op basis van de SBI-bedrijfstakken zijn aannames gedaan over de penetratiegraad van wifi (en dus acces points) in deze bedrijfstakken, op basis van algemene kenmerken van deze branches (veel kantoren, veel medewerkers buiten de deur, veel opslag, etc.). Hierbij zijn niet alleen het aantal werknemers in deze branches meegenomen, maar in bedrijfstak P ook het aantal leerlingen.

Uit het somproduct van de twee kolommen in Tabel 25 volgt het aantal personen waarop de wifi berekend moet worden. Aangenomen is dat er een accespoint is per vijftien medewerkers. Hieruit volgt dat er naar schatting 476 duizend accespoints in gebruik zijn op de zakelijke markt.

Tabel 25 Aanname penetratiegraad accesspoints per bedrijfstak

Bedrijfstakken/branches (SBI 2008)	Aantal werknemers	Penetratiegraad access points
A Landbouw, bosbouw en visserij	97.850	0%
B Delfstoffenwinning	10.680	5%
C Industrie	740.430	20%
D Energievoorziening	26.710	80%
E Waterbedrijven en afvalbeheer	31.980	20%
F Bouwnijverheid	314.500	10%
G Handel	1.295.680	60%
H Vervoer en opslag	369.150	10%
I Horeca	341.550	80%
J Informatie en communicatie	227.860	100%
K Financiële dienstverlening	243.610	100%
L Verhuur en handel van onroerend goed	67.370	100%
M Specialistische zakelijke diensten	487.660	100%
N Verhuur en overige zakelijke diensten	828.380	100%
O Openbaar bestuur en overheidsdiensten	512.080	100%
P Onderwijs	508.510	100%
– Scholieren BO	1.476.548	0%
– Scholieren VO	980.276	90%
– Leerlingen MBO	488.893	90%
– Studenten HBO	879.560	90%
– Studenten WO	496.714	90%
Q Gezondheids- en welzijnszorg	1.343.710	20%
R Cultuur, sport en recreatie	127.820	5%
S Overige dienstverlening	136.090	100%

Bron: Aantal werknemers per SBI categorie (CBS, 2015) en aantal leerlingen (DUO, 2015).

A.1.2 Aantal computers

Volgens CBS gebruikt 68% in 2013 geregeld een computer voor het werk (CBS, 2014). Dit percentage is gebruikt om het aantal zakelijke computers te bepalen (aantallen ongeacht type) door het aantal banen van werknemers in alle bedrijfstakken in 2013 te vermenigvuldigen¹². Hierbij wordt dus alle werknemers die werkt met een computer een computer toebedeeld. Enerzijds is dit een overschatting omdat een aantal werknemers een computer zal delen, anderzijds zijn er werknemers die bijvoorbeeld zowel een pc als een laptop hebben. Aangenomen is dat dit tegen elkaar wegvalt.

Op basis van een onderzoek van Computer Profile (Computer Profile, 2015) naar het aantal end user systems per categorie (zie Figuur 28), is een verdeling gemaakt van het aandeel laptops, desktops en NET pc's (thin clients). Hiervoor zijn de percentages genoemd in de studie van Computer Profile opnieuw genormaliseerd zonder tablets.

¹² Volgens CBS, tabel 'Banen van werknemers in december; economische activiteit (SBI2008), regio' bijgewerkt 16 maart 2016, data van december 2013.



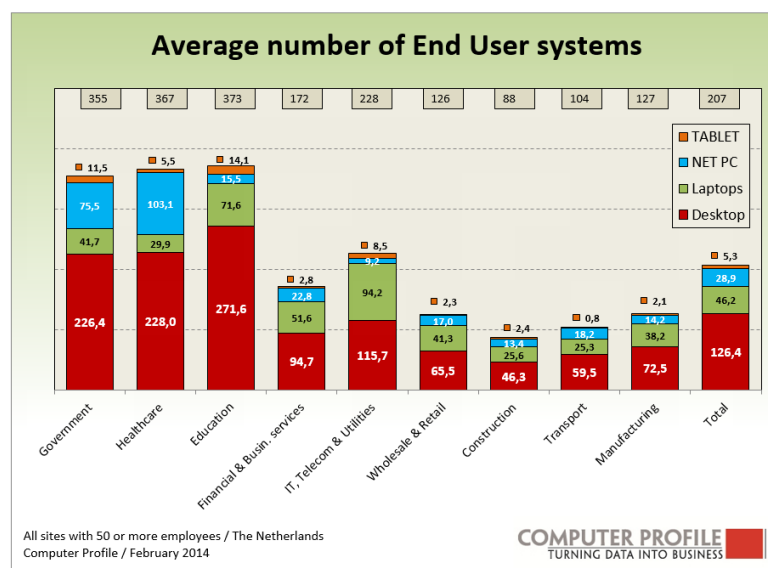
Van een aantal pc's is verondersteld dat zij 24 uur per dag aan staan. Per sector is geschat welk aandeel bedrijven 24 uur activiteit zouden kunnen hebben. Hiervan is weer een aandeel pc's geschat. In totaal komen we zo op ongeveer 631.000 computers.

Naast de pc's op de zakelijke markt zijn ook de pc's in het onderwijs meegenomen. Voor het primair, secundair en mbo geldt dat er ongeveer vijf computers per leerling zijn (Kennisnet, 2013). Aangenomen is dat dit ook geldt voor het hbo en wo. Vervolgens is op basis van de leerlingen en studenten-aantallen van het DUO (DUO, 2015) bepaald hoeveel pc's er naar verwachting in het onderwijs aanwezig waren in 2013. Samen met de overige pc's in de zakelijke markt, geeft dit de aantallen zoals weergegeven in Tabel 26.

Tabel 26 Schatting aantal zakelijke computers

Categorie	Aantal (afgerond)
Pc overdag	3,5 miljoen
Pc 24 uur	0,6 miljoen
Laptop	1,3 miljoen
Thin clients	0,7 miljoen

Figuur 28 Gemiddeld aantal End User systems in het jaar 2015



Bron: (Computer Profile, 2015).

A.1.3 Energiegebruik servers en corporate datacenters

Voor het bepalen van het energiegebruik van servers in de zakelijke markt is gebruik gemaakt van de kentallen en de methodiek uit (U.S. Environmental Protection Agency, 2007).

Er worden verschillende karakteristieke serverruimten onderscheiden: serverkast (< 20 m²), serverroom (< 50 m²), localized DC (< 100 m²), medium DC (< 500 m²) en Enterprise DC (> 500 m²). Voor elke bedrijfsgrootte, zoals deze door het CBS is ingedeeld, is het type serverruimte ingeschat. Het resultaat is de matrix in Tabel 27.

Door deze matrix te vermenigvuldigen met het aantal bedrijven per grootteklasse (CBS, 2015) ontstaat een tabel met het aantal serverruimten van een bepaald type. Hierbij is een selectie gemaakt van bedrijfstakken/branches volgens het SBI 2008 2^e digit. Een aantal sectoren worden vanwege hun lage veronderstelde ICT-intensiteit buiten beschouwing gelaten voor het bepalen van het energiegebruik van servers¹³. De bedrijven in de ICT-sector zijn hierbij niet meegenomen, om dubbeltelling te voorkomen (dit gebruik zit immers als in het energiegebruik van de ICT-aanbodzijde).

Van elk type serverruimte is in (U.S. Environmental Protection Agency, 2007) een verdeling opgesteld van het servertype dat hier voorkomt (volume, 'mid-range of high-end servers'), zie . In deze tabel is ook een schatting weergegeven van het gemiddeld aantal servers per type serverruimte en het geschatte energiegebruik per servertype.

Deze tabel is met het totaal aantal servers per type serverruimte, zoals genoemd in (U.S. Environmental Protection Agency, 2007), omgerekend naar een procentuele verdeling van het type server per type serverruimte. Deze verdeling wordt vermenigvuldigd met het stroomgebruik per servertype, het geschatte aantal servers per type serverruimte, het aantal serverruimtes van een bepaald type, een EUE correctiefactor van 1,5; een correctiefactor van 1,5 voor het energiegebruik van ICT-randapparatuur en tot slot een geschatte reductiefactor van 10% voor extern servergebruik. Dit leidt tot de energiegebruiken weergegeven in Tabel 29.

Zoals blijkt uit Tabel 29 is het energiegebruik via deze methodiek geschat op ongeveer 1.420 GWh.

Tabel 27 Verdeling grootte serverruimten over bedrijfsgrootte

Type server: > Bedrijfsgrootte o.b.v. werknemers:	Geen	Serverkast (< 20 m ²)	Serverruimte (< 50 m ²)	Localized DC (< 100 m ²)	Medium DC (< 500 m ²)	Enterprise DC (> 500 m ²)
1	100%	-	-	-	-	-
2	100%	-	-	-	-	-
3-5	100%	50%	-	-	-	-
5-10	100%	75%	-	-	-	-
10-20	50%	50%	-	-	-	-
20-50	50%	50%	-	-	-	-
50-100	-	50%	50%	-	-	-
100-150	-	25%	75%	-	-	-
150-200	-	-	100%	-	-	-
200-250	-	-	100%	-	-	-
250-500	-	-	25%	75%	-	-
500-1.000	-	-	-	100%	-	-
1.000-2.000	-	-	-	75%	25%	-
> 2.000	-	-	-	-	75%	25%

¹³ Het gaat om: 'Landbouw, Bosbouw, Visserij', 'Eet- en drinkgelegenheden', 'Opslag, dienstverlening en vervoer', 'Schoonmaakbedrijven, hoveniers etc.', 'Overige persoonlijke dienstverlening', 'Huishoudens met personeel', 'Huishoudproductie voor eigen gebruik', 'Extraterritoriale organisaties'.



Tabel 28 Verdeling servertype naar type serverruimte

Type serverruimte	Volume server (1.752 kWh/jaar)	Mid-range server (3.504 kWh/jaar)	High-end server (39.420 kWh/jaar)	Gemiddeld aantal servers per grootteklasse
Serverkast (< 20 m ²)	17%	0%	0%	1,5
Serverroom (< 50 m ²)	20%	5%	0%	10
Lokaal DC (< 100 m ²)	17%	16%	16%	75
Medium DC (< 500 m ²)	15%	14%	14%	250
Enterprise (> 500 m ²)	30%	65%	71%	1.000

Tabel 29 Totaal energiegebruik per type serverruimte (incl. EUE van 1,5; factor 1,5 voor server randapparatuur en 10% reductie voor externe hosting)

	Energiegebruik in GWh/jaar
Serverkast (< 20 m ²)	126
Serverroom (< 50 m ²)	235
Lokaal DC (< 100 m ²)	556
Medium DC (< 500 m ²)	251
Enterprise (> 500 m ²)	237
Totaal	1.406

Bijlage B Overzicht raming 2013

Figuur 29 Energievraag ICT consumenten inclusief communicatie

Categorie	Type	Aantal in gebruik (x 1000)	Vermogen					Gemiddelde gebruiksduur per actief apparaat (uur/jaar)						Jaarverbruik (kWh)	Totaal energiegebruik (TWh)
			Eenheid	Bezig	Normaal/Typical	Idle/ stand-by	Slaapstand	Uitverbruik	Bezig	Normaal/Typical	Idle/ stand-by	Slaapstand	Uitverbruik		
Computers	Desktop PC	4.900	W	75		64	3,2	1,1	438		876	438	7008	480.300.000	5,55
	Laptop of netbook	9.200	W	31		20	1,5	0,8	438		876	876	6570	346.500.000	
	Tablet (lader)	3.400	Wh/dag	14		0,9		0,7		495	8265			19.400.000	
	E-reader	2.570	W	1,4		1,2		0,3	243		61		8456	7.600.000	
ICT toebehoren	Router/modem	7.190	W	8,2	6,2				2132	6628				423.700.000	
	Printer incl. MFP	4.560	W	28		4		2,4	52		386		8374	105.400.000	
	Scanner	490	W	10				1,5	5				8755	6.500.000	
	Speakers zonder subwoofer	6.800	W	5,5	4	2,4		1,6		438			8322	102.300.000	
	Beeldscherm													-	
	- CRT	700	W	61			2	1	438			876	7446	25.100.000	
	- Flatscreen	6.100	W	34			0,6	0,4	438			876	7446	112.200.000	
	Externe HD	9.170	W	6,1	5	3,9	0,1	0,1		438	876	438	2000	53.600.000	
	NAS	920	W	36		26			438		8322			212.800.000	
														-	
Audio/Video	Hoofd TV													-	
	- LCD/LED ≤ 32 inch	1.540	W	80		1,2			1186		7574			159.200.000	
	- LCD/LED > 32 inch	3.600	W	155		1,7			1186		7574			706.700.000	
	- CRT 29 inch	1.190	W		110	3				1186	7574			182.100.000	
	- Plasma > 32 inch	990	W	390		3			1186		7574			479.400.000	
	- Projectie/beamer		W	250		3			1186		8760			-	
	Tweede/derde TV													-	
	- LCD/LED ≤ 32 inch	1.320	W	80		1,2			548		8213			70.300.000	
	- LCD/LED > 32 inch	1.320	W	155		1,7			548		8213			130.300.000	
	- CRT 29 inch	2.400	W		110	3				548	8213			203.900.000	
	- Plasma	480	W	390		3			548		8213			114.900.000	
	- Projectie/beamer	15	W	250		3			548		8213			2.400.000	
	Digitale ontvanger	6.210	W	15			7,6		1186			7574		464.400.000	
	Satellietontvanger	420	W	19			8,3		1186			7574		35.800.000	
	HDD-recorder	360	W	15			7,6	0,5	365			8760		25.500.000	
	DVD-speler	4.380	W	8		0,5		0,5	52				8708	20.900.000	
	Blu-ray speler	500	W	16		0,5		0,5	52				8708	2.600.000	
	Videorecorder	560	W		13	4,7				52	8708			23.300.000	
	Audio: Stereo-installatie etc.	7.320	W		44	0,5				730	11680			277.900.000	
	Radio	7.490	W		2	0,5				183	8578			34.900.000	
	Digitale radio	76	W		8,5	5				183	8578			3.400.000	
	Gameconsole (aangesloten op TV)	2.010	W											560.900.000	
	- Gebruik TV gemiddeld oid		W	117							3 per dag			-	
	MP3-speler, gadgets, overig etc.	14.380	W		2	0,5				730	niet			21.000.000	
Communicatie Incl. zakelijk	Smartphone (oplader)	10.000	Wh/dag	7,7		2,5		1,3						42.000.000	
	GSM (niet-smart)	9.510	W	4		2,2		0,2	51		13		8696	18.800.000	
	SIM kaarten in Dongles, tablets, etc.	790	W		0,1	0,1				495	8265			300.000	
	M2M-toepassingen	1.200	W	0,05							8760			500.000	
	Draadloze telefoons (DECT)	4.680	W	2				0,5	8760,0					77.900.000	

Figuur 30 Energievraag ICT zakelijke markt inclusief puur zakelijke communicatie

Categorie	Type	Aantal in gebruik (x 1000)	Vermogen						Gemiddelde gebruiksduur per actief apparaat (uur/jaar)					Jaarverbruik (kWh)	Totaal energiegebruik (TWh) 4,30
			Eenheid	Bezig	Normaal/Typical	Idle/ stand-by	Slaapstand	Uitverbruik	Bezig	Normaal/Typical	Idle/ stand-by	Slaapstand	Uitverbruik		
Computers	Desktop PC (dag)	3.480	W	75		64	3,2	1,1	874		459	459	6968	362.100	
	Desktop PC (24h)	630	W	75		64	3,2	1,1	4380		4380			383.800	
	Laptop of netbook	1.260	W	31		20	1,5	0,8	874		336	582	6968	50.500	
	Tablet (lader)	140	Wh/dag	14		0,9		0,7	874		672			800	
	Thin client	740	W	7,5		7		6,5	874		459		7427,2	43.100	
	Kassasystemen	780	W	65		20		1,2	2190		730		5840	127.800	
ICT toebehoren	Modems/Routers MKB	1.480	W		40					8760				520.000	
	Modems/Routers GB	10	W		400					8760				51.400	
	WiFi-spots/repeaters	480	W		13					8760				54.200	
	MF-printers/copiers	340	W	939		140	17	1	762		1016	6982		331.300	
	Printers	330	W	250			9	6	762			4507	3491	83.600	
	Scanner	390	W	10				1,5	102					2818	2.000
	Speakers zonder subwoofer	60	W	5,5	4	2,4		1,6	1792				6968	1.300	
	Beeldscherm														
	- CRT	160	W	61			2	1							
	-- 24h	30	W	61					8760					13.500	
	-- dag	140	W	61			2	1	874		459		6968	8.400	
	- Flatscreen	6.240	W	34			0,6	0,4							
	-- 24h	640	W	34					8760					189.300	
	-- dag	5.610	W	34			0,6	0,4	874		459		6968	182.100	
	Docking stations	630	W	6		0,6		0,1	874		336		6968	3.900	
	Serverruimten													1.416.300	
Beamers en presentatieschermen	Media en presentatie														
	- LCD/LED > 32 inch	70	W	155		1,7			2032		4064			22.900	
	- Projectie/beamer (kantoren)	70	W	250		3		0,1	254		51		8455	4.600	
	- Projectie/beamer (onderwijs)	100	W	250		3		0,1	1344		448		6968	34.400	
Communicatie	Radio	390	W		2	0,5				2032			6728	1.600	
	Fax	1.480	W	361		20	5		21		254	8485		78.400	
	Telefooncentrale	130	W	229					8760					269.700	
	Internet telefoon (VoIP)	1.680	W	6		4			64		8697			59.200	

Bijlage C Trends en scenariobeschrijving vraagzijde

De ontwikkeling van de vraagzijde (het energiegebruik van de consument en de zakelijke markt) richting 2020 en 2030 hebben we concreet ingevuld voor de vijf categorieën (zie hieronder) die in 2013 de grootste bijdrage leveren aan het energiegebruik van ICT, dit aan zowel de kant van de consumenten- als de zakelijke markt.

Tabel 30 Grootste energiegebruikers zowel de consumenten als de zakelijke markt

Consumentenmarkt	Zakelijke markt
1. Digitale ontvangers/'set-top boxes'	1. Serverruimten
2. Tv's	2. Modems/routers
3. Gameconsoles	3. Desktop-pc's
4. Router/modems	4. MF-printers
5. Desktop-pc's en notebooks	5. Telefooncentrale

Voor de andere categorieën in de 'bottom-up'-raming, die samen een beperkt deel van het energiegebruik vertegenwoordigen, hebben we het energiegebruik aangepast conform de recent gepubliceerde ramingen van de Nationale Energieverkenning (ECN, 2015). Daarnaast hebben we invulling gegeven aan de specifieke trends waarvan we verwachten dat ze een grote impact zullen hebben op het energiegebruik aan de ICT-vraagzijde.

Relevante trends in de nationale energieverkenning

Voor de algemene ontwikkeling van het energiegebruik gaan we uit van de ontwikkelingen in de Nationale Energieverkenning (ECN, 2015), de meest up-to-date-bron die er voor dit doel is, zie Tabel 31. De getoonde afnames in finaal energiegebruik hebben we gebruikt als algemeen reductiepercentage voor de aan-, slaap- en stand-by-vermogens van producten buiten de Top-5. Laag aan- en uitgebruik ($\leq 0,5$ W) hebben we niet gecorrigeerd, een hoog uitgebruik wel.



Tabel 31 Trends uit de Nationale Energieverkenning

	2013	2020		2030	
	mln.	mln.	toename t.o.v. 2013	mln.	toename t.o.v. 2013
Bevolking	16,75 ^(a)	17,2	2,7%	17,7	5,7%
Particuliere huishoudens	7,6 ^(b)	8,0	5,2%	8,4	10,5%
Arbidsaanbod ^(c) (gecorrigeerd met 5% werkloosheid ^(b))	7,63	7,79	2,10%	7,69	0,79%
	PJ	PJ	afname t.o.v. 2013	PJ	afname t.o.v. 2013
Finaal energiegebruik huishoudens (vb)	84	76	-9,5%	74	-11,9%
Finaal energiegebruik huishoudens (v&vb)	84	75	-10,7%	71	-15,5%

Bron: (ECN, 2015).

Toelichting: ^(a) gewogen gemiddelde 2010 en 2014; ^(b) CBS, werkloosheid van 5% is het afgeronde gemiddelde in de periode 2003-2015; ^(c) (CPB, 2014); vb = vastgesteld beleid; v&vb vastgesteld en voorgenomen beleid.

Ecodesign

Voor specifieke producten zijn in de Europese Ecodesign-richtlijn afspraken gemaakt over de energie-efficiëntie van de apparaten. In Tabel 32 is een overzicht gegeven van de richtlijnen voor de Top-5-apparaten die in 2013 de grootste bijdrage leveren aan de energievraag. Dit is aangevuld met de andere aspecten die zijn gebruikt om de scenario's voor 2020 en 2030 in te vullen. In deze scenario's zijn geen veranderingen in de arbeidsmarkt meegenomen anders dan de ontwikkeling van het arbeidsaanbod (dus geen verschuivingen tussen beroepsgroepen).

In het 2020- en in de 2030-scenario's zijn alle Ecodesign-maatregelen meegenomen. Voor 2020 en 2030-laag zijn deze daarnaast aangevuld met reducties volgens het NEV v&vb. In het 2030-hoogscenario komen er na 2020 geen nieuwe reducties, maar stijgt het aantal apparaten wel door demografische ontwikkelingen. In alle scenario's zijn wij ervan uitgegaan dat de gebruikstijden gelijk blijven.

Tabel 32 Ecodesign-richtlijnen voor geselecteerde apparaten en scenario 2020/2030

	2020	2030-laag	2030-hoog
Vraagzijde consumenten			
1. Digitale ontvangers/ 'set-top boxes'	Vrijwillige reductie voor minimaal 90% apparaten en gemiddelde reductie van 27,7% ten opzichte van 2011 (Europese Commissie, 2012). Gemiddeld jaarlijks dus 3,5% reductie.	Geen richtlijn. Wij veronderstellen dat de apparaten voldoen aan de vrijwillige richtlijn met een continue jaarlijkse reductie van gemiddeld 3,5%.	Blijft op niveau 2020.
2. Tv's	Concept richtlijn (Europese Commissie, 2014) geeft voor het aan-vermogen in 2021 een gemiddelde reductie van 14,3% per jaar ten opzichte van 2012 (Europese Commissie, 2009). Voor het slaap en uitvermogen van nieuwe tv's geldt: 0,5 W/0,3 W, uitgaande van HD-tv's.	Geen richtlijn. We veronderstellen een verdere reductie van het vermogen volgens de NEV v&vb.	Blijft op niveau 2021 (volgens richtlijn).

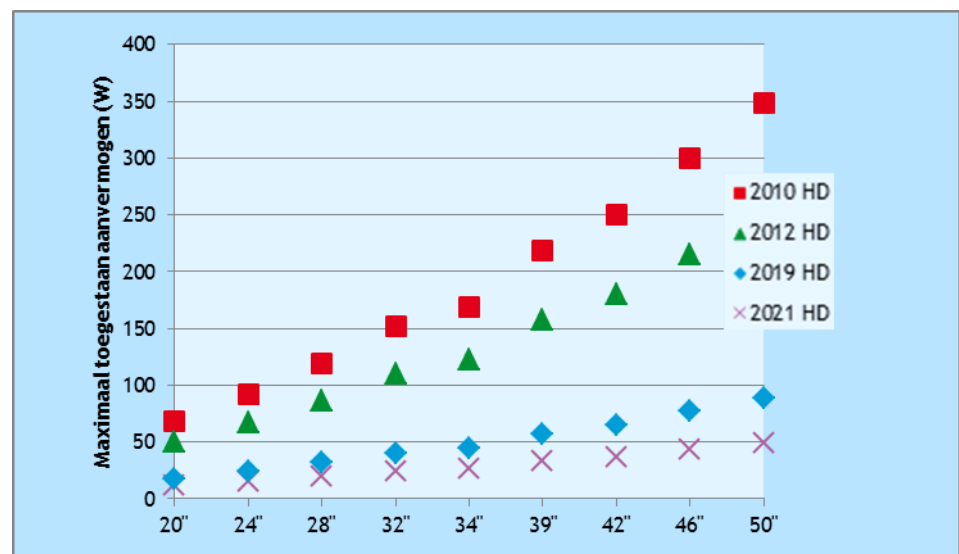
	2020	2030-laag	2030-hoog
3. Gameconsoles	Vrijwillig: aan-vermogen < 70 W (Sony, Microsoft en Nintendo, 2015)	Geen richtlijn, veronderstelde verplichting aan-vermogen < 70 W met gelijk reductiepercentage t.o.v. 2020 als notebooks	Blijft op niveau 2020.
4. Router/modems	Stand-by , < 2W (Europese Commissie, 2013). We veronderstellen een verdere reductie van het aan-vermogen volgens de NEV v&vb.	Stand-by , < 2W. Geen richtlijn. We veronderstellen een verdere reductie van het aan-vermogen volgens de NEV v&vb.	Blijft op niveau 2013.
5. Desktop-pc's en notebooks	In de periode 2014-2016 wordt een reductie van bijna 30% voor pc's en 21% voor notebooks van het energiegebruik per jaar opgelegd voor nieuwe modellen (Europese Commissie, 2013). We veronderstellen een verdere reductie van het vermogen volgens de NEV v&vb.	Geen richtlijn. We veronderstellen een verdere reductie van het vermogen volgens de NEV v&vb.	Blijft op niveau 2020.
Vraagzijde zakelijke markt			
1. Serruimten	Geen richtlijn. EUE = 1.48 en ongecorrigeerd energiegebruik reduceert 40% t.o.v. 2013.	Geen richtlijn. EUE = 1.12 en ongecorrigeerd energiegebruik reduceert 60% t.o.v. 2013.	Geen richtlijn. EUE = 1.36 en ongecorrigeerd energiegebruik reduceert 20% t.o.v. 2013.
2. Modems/routers	Stand-by , < 2W (Europese Commissie, 2013) We veronderstellen een verdere reductie van het aan-vermogen volgens de NEV v&vb.	Stand-by , < 2W. Geen richtlijn. We veronderstellen een verdere reductie van het aan-vermogen volgens de NEV v&vb.	Blijft op niveau 2013.
3. Desktop-pc's	In de periode 2014-2016 wordt een reductie van bijna 30% voor pc's en 21% voor notebooks van het energiegebruik per jaar opgelegd voor nieuwe modellen (Europese Commissie, 2013). We veronderstellen een verdere reductie van het vermogen volgens de NEV v&vb.	Geen richtlijn. We veronderstellen een verdere reductie van het vermogen volgens de NEV v&vb.	Blijft op niveau 2020.
4. MF-printers	Vrijwillig overeenkomst om met 80% van de producten op de markt te voldoen aan EnergyStar 2.0 (Europese Commissie, 2015), wat voor een MF (o.b.v. 50 ppm in kleur) neerkomt op ongeveer 415 kWh/jaar in 2016 (Energy Star, 2014). We veronderstellen een verdere reductie van het vermogen volgens de NEV v&vb.	Geen richtlijn. We veronderstellen een verdere reductie van het vermogen volgens de NEV v&vb.	Blijft op niveau 2020.
5. Telefooncentrale	Omdat 95% van de bedrijven in 2020 is overgestapt op VoIP, resteert in 2020 nog maar 5% van het aantal (traditionele) telefooncentrales.	Telefooncentrales zijn uitgefaseerd ten gunste van VoIP.	Telefooncentrales zijn uitgefaseerd ten gunste van VoIP.



	2020	2030-laag	2030-hoog
Nieuwe apparaten (Effect 'Internet of Things')			
Communicatie	Er komen bijna 24 miljoen nieuwe apparaten bij t.o.v. 2013, die het hele jaar een verbinding met het internet houden, dit kost 5 W/uur. Het betreft voornamelijk consumentenapparatuur.	Er komen ruim 82 miljoen nieuwe apparaten bij t.o.v. 2013, die het hele jaar een verbinding met het internet houden, dit kost 1 W/uur. Het betreft voornamelijk consumentenapparatuur.	Er komen ruim 198 miljoen nieuwe apparaten bij t.o.v. 2013, die het hele jaar een verbinding met het internet houden, dit kost 1 W/uur. Het betreft voornamelijk consumentenapparatuur.

De Ecodesign-richtlijnen hebben we gebruikt om de energiereductie van deze apparaten te berekenen. Voor de periode na deze richtlijnen gaan we, afhankelijk van het scenario, uit van de algemene reductiepercentages per huishouden die volgen uit de NEV v&vb (2,42% per jaar voor jaren tussen 2013 en 2020 en 1,03% per jaar voor de jaren tussen 2020 en 2030). In de berekening hebben we rekening gehouden met een vervangstermijn van vier jaar voor alle apparaten, met uitzondering van led-tv's en flatscreens waarvoor we uitgaan van acht jaar. Figuur 31 laat zien dat Ecodesign voor televisies en beeldschermen een ambitieus besparingseffect heeft.

Figuur 31 Ecodesign-richtlijn HD-beeldschermen (maximaal toegestaan vermogen in de aan-modus)

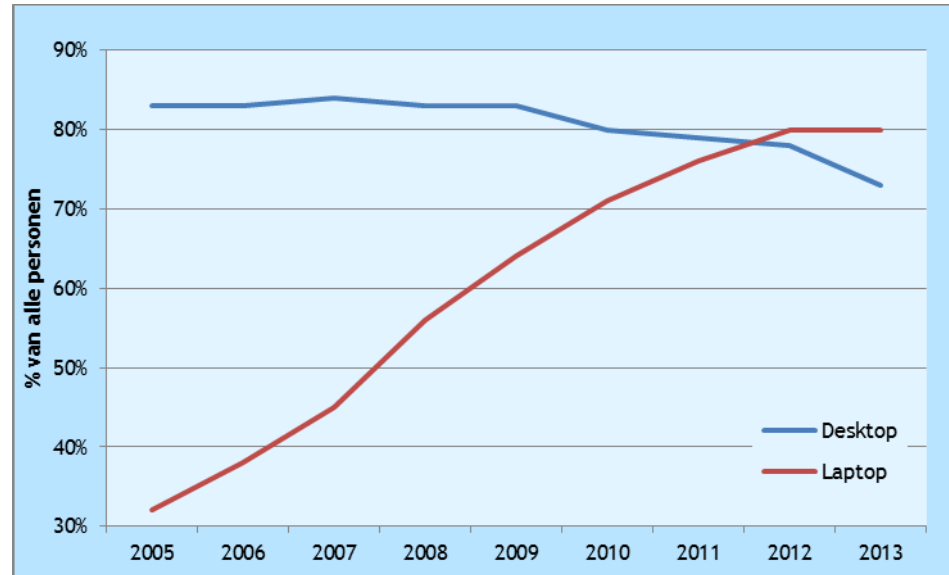


Aantallen apparaten

Ook voor het aantal apparaten zijn veranderingen te verwachten. Zo blijkt uit cijfers van het CBS over het ICT-gebruik van personen, dat het gebruik van desktop-pc's in huishoudens de laatste jaren is gedaald, terwijl het laptop-gebruik is toegenomen (zie Figuur 32). Tussen 2010 en 2013 is het aandeel desktop-pc's met 8,8% gedaald, de verwachting is dat deze trend doorzet naar 2020 (-19% t.o.v. 2013) en 2030 (-40% t.o.v. 2013). Dit verlies wordt door notebooks gecompenseerd. Die categorie neemt daarbovenop toe met 5,2% in

2020 en 10,5% in 2030, doordat we veronderstellen dat het aantal apparaten dat in gebruik is, meegroeit met het aantal huishoudens. Omdat beeldschermen voornamelijk gekoppeld zijn aan desktop-pc's is ook hier gerekend met een reductie van 19% in 2020 en 40% in 2030. We veronderstellen dat CRT-schermen zijn uitgefaseerd, ten gunste van flatscreens.

Figuur 32 Toegang tot desktop-pc en laptop in huishoudens



Bron: (CBS, 2014).

Volgens Gfk (2014) stabiliseert het aantal tablets bij consumenten. Wij nemen aan dat het aantal in 2020 gelijk is aan het aantal huishoudens en voor 2030 meegroeit met de ontwikkeling van het aantal huishoudens. Voor de zakelijke markt houden we dezelfde groei aan.

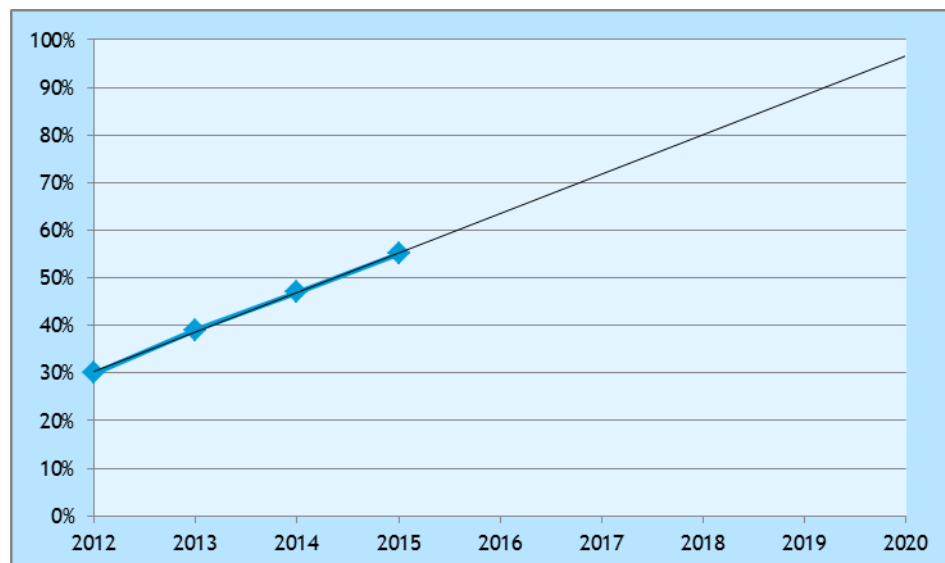
Vrijwel alle producten schalen met de toename van het aantal huishoudens. Uitzondering zijn hierbij de producten die niet meer op de markt worden gebracht, zoals CRT- en plasma-tv's. Voor plasma-tv's is in 2020 een reductie van 80% verondersteld ten gunste van de grote lcd/led tv's. In 2030 zijn alle plasma tv's uitgefaseerd. We nemen ook aan dat er in 2020 geen CRT-televisies meer actief gebruikt worden, dit komt ten gunste van grote led-tv's voor hoofdschermen en kleine led-tv's voor tweede schermen. Ook video-recorders en faxen staan in 2020 niet meer aan.

In het aantal scanners verwachten wij geen toenames, het aantal neemt zelfs af omdat het gekoppeld is aan het aantal desktop-pc's. Net als het aantal gsm's en M2M-toepassingen levert deze categorie geen significante bijdrage aan het totale energiegebruik aan de vraagzijde. Voor gsm's hebben we gerekend met een 50% reductie in 2020 en 100% in 2030 in het aantal, ten gunste van het aantal smartphones. Het aantal smartphones is daarnaast gecorrigeerd voor de bevolkingsgroei.

De trend naar meer VoIP-oplossingen bij bedrijven in plaats van traditionele telefonie is opgenomen in Figuur 33 op grond van (Conclusr research, 2015). De trend is door te trekken naar 95% van de bedrijfsvestigingen in 2020. Concreet nemen we aan dat 90% van de (computer)werkplekken is voorzien van VoIP. In 2030 nemen we verder aan dat 'vaste' telefonie via niet-IP-

technieken volledig is uitgefaseerd. Omdat 95% van de bedrijven in 2020 is overgestapt op VoIP, resteert in 2020 nog maar 5% van het aantal (traditionele) telefooncentrales.

Figuur 33 Ontwikkeling gebruik Voice over IP, deel van de vestigingen dat gebruik maakt van VoIP, onderzoek Conclusr (2015) en lineaire trendextrapolatie



Voor de zakelijke markt hebben we aangenomen dat het aantal banen in elke sector gelijk groeit met het percentage genoemd in Tabel 31. Het aantal bedrijven stijgt met hetzelfde percentage.

‘Internet of Things’-trend

In de scenario's voor 2020 en 2030 hebben we een nieuwe communicatie-categorie opgenomen die gerelateerd is aan de ontwikkeling van het ‘Internet of Things’ (IoT). Dit zijn (deels) nieuwe apparaten die altijd verbonden zijn met het internet en dus ook altijd een energiegebruik hebben. Smart-tv's, computers en smartphones zijn voorbeelden van IoT-apparaten die we nu al kennen, daarbovenop komen enerzijds nieuwe apparaten en anderzijds bestaande apparaten die op het internet worden aangesloten. Cisco verwacht dat elke West-Europese internetgebruiker in 2019 beschikt over gemiddeld 9,9 apparaten of verbindingen (Cisco, 2015). Op basis van de groei tussen 2014 en 2019 hebben wij (lineaire) verwachtingen opgesteld voor het aantal IoT-apparaten in 2020 en 2030 (voor het hoogscenario zijn wij uitgegaan van de gemiddelde jaarlijkse groei tussen 2014 en 2019 van 12,5%, voor het laagscenario hebben we gerekend met de laagste jaarlijkse groei van 9,8%). Hiermee ontstaat voor 2020 een aantal van 24 miljoen internet ‘connected devices’ die verband houden met IoT; in 2030-laag gaat het om 82 miljoen ‘IoT-devices’ en in 2030-hoog 198 miljoen ‘IoT-devices’.

Het veronderstelde vermogen voor de verbinding met het internet is 5 Watt volcontinu in 2020 en 1 Watt in de 2030-scenario's. De 1 watt-aanname is in lijn met de ambitie van het IEA (IEA, 2014).

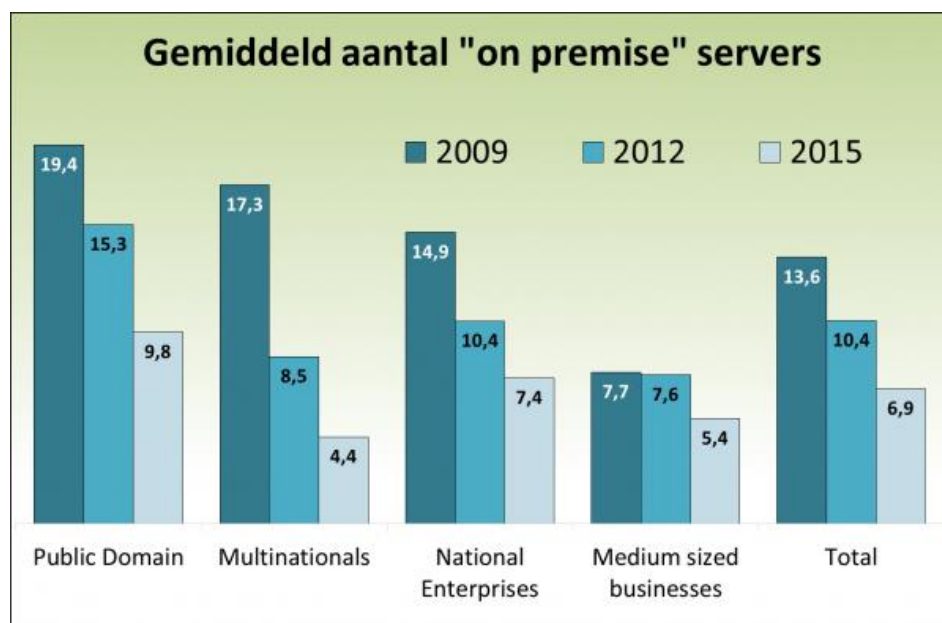
Impact van cloud en virtualisatie op serverruimtes kantoren

ComputerProfile (2015a) laat zien dat interne serverparken in toenemende mate worden geoutsourcet: tussen 2013 en 2015 ging het om een toename van +31%. Dit heeft zijn weerslag op het energiegebruik van in pandige server-

ruimtes en datacenters. Circa één derde van het aantal bedrijfslocaties gebruikte in 2015 geen servers op de eigenlocatie meer, terwijl die er in 2009 nog vrijwel overal waren (97%). Het gemiddeld aantal fysieke servers per locatie is dus aan het dalen, van gemiddeld 13,6 stuks in 2009 tot 10,4 in 2012 en 6,9 in 2015.

Dit is een belangrijke trend: een halvering ten opzichte van 2009, zie Figuur 34. Dit komt niet alleen door de 'cloud', want de virtualisatie van servers zorgt ook voor een daling van het aantal fysieke servers. In 2011 was 46% van de servers gevirtualiseerd, in 2015 betrof dat 77% van de servers.

Figuur 34 Ontwikkeling van gemiddeld aantal fysieke servers, per type bedrijf/instelling.



Bron: (Computer Profile, 2015a).

Wat betekenen deze trends voor het energiegebruik van serverruimtes in de toekomst? Als we de trend doortrekken tot 2020, dan is het plausibel te veronderstellen dat:

- 95% van de bedrijven een deel van de servers extern gehost heeft en slechts 40% van de bedrijven volledig eigen servers op de locatie zelf gebruiken;
- het gemiddelde aantal servers per locatie nogmaals zal halveren: tot 3,5 per locatie;
- de virtualisatiegraad zal zijn opgelopen tot 90%;
- opslag en infrastructuur zullen analoge ontwikkelingen ondergaan.

Als deze ontwikkelingen zich inderdaad zo manifesteren, dan is te verwachten we hiermee dat het energiegebruik voor de ICT-apparatuur in serverruimtes in kantoren (van klein tot groot) gemiddeld is gedaald met 40% in 2020¹⁴. Voor de 2030-scenario's brengen we enerzijds in beeld dat deze trend zich doorzet tot 60% reductie, en anderzijds dat deze trend niet verder doorzet.

¹⁴ Gekeken is naar de ontwikkeling van het gemiddelde aantal servers per locatie, gecorrigeerd voor toegenomen belasting in verband met de virtualisatiegraad.

In deze genoemde percentages zit nog niet een EUE-effect van de toename van de efficiency van serverruimtes.

Efficiency serverruimtes kantoren

Het bovenstaande betreft het energiegebruik in serverruimtes voor de ICT zelf. Ook in de energie-efficiëntie van de inrichting van de koeling en stroomvoorziening van serverruimtes zal het nodige gebeuren. In 2016 wordt gestart met erkende maatregelen energiebesparing voor de werkplek ICT en serverruimtes. Deze erkende maatregelen voor energiebesparing beogen te leiden tot een vergrote aandacht voor en implementatie van efficiënte technieken. In (CE Delft, 2014) is ook aangestipt dat er nog zeer veel efficiëntiewinst is te behalen voor kleine tot middelgrote datacenters door maatregelen in de koeling-sfeer te treffen. Ook is restwarmtebenutting in kantoren mogelijk.

Gegeven de technische mogelijkheden en de aandacht van overheid/ beleidsmakers veronderstellen we ten aanzien van deze efficiency het volgende:

- in 2020 is de efficiency van de koeling en stroomvoorziening met 20% verbeterd ten opzichte van 2013;
- in 2030 is de efficiency van de koeling en stroomvoorziening met 40% verbeterd in het 2030-hoogscenario, en 80% verbeterd in het 2030-laagscenario (beide ten opzichte van 2013).

Scenario 2020: EUE gemiddeld 1,48

Scenario 2030-laag: EUE gemiddeld 1,12

Scenario 2030-hoog: EUE gemiddeld 1,36

Bijlage D Resultaten trendonderzoek aanbodzijde

Voor het duiden van de trends aan de aanbodzijde is gebruik gemaakt van desk research en van andere onderzoeken. Voor de datacenters is dat het onderzoek van Pieter Mels. Voor de telecom hebben we input verzameld in een sessie op 23 juni 2015. Hieronder worden de resultaten gegeven en hebben we de impact van trends op het energiegebruik gescoord met +/0/-.

D.1 Onderzoek datacenters trends en impact

Pieter Mels heeft in het kader van MBA-onderzoek aan de Rotterdam School of Management onderzoek gedaan naar trends in de datacenter sector en de impact daarvan op een datacenterbedrijf (Mels, 2015). Deze trends zijn interessant om te gebruiken voor het 'Energie & ICT'-onderzoek omdat het een groot aantal gecheckte kwalitatief benoemde trends bevat waarvan de relatieve impact is onderzocht. Dit geeft dus aan hoe de datacenter sector deskundigen zelf over de trends denken. Hieronder worden een aantal resultaten getoond met een duiding van het effect op het energiegebruik door CE Delft.

Het onderzoek is uitgevoerd door middel van een Delphi-methode; sector-specialisten met kennis van de Nederlandse datacentermarkt zijn in twee rondes geconsulteerd. In een eerste ronde werd gevraagd trends te benoemen en te beschrijven. In een tweede ronde werd gevraagd de impacts van de trends te duiden. Het onderzoek bestaat uit twee deelonderzoeken, gericht op enerzijds de groei van de vraag naar datacenters, en anderzijds ontwikkelingen in het energiegebruik van datacenters.

Het aantal respondenten van de eerste ronde van het onderzoek naar groei bedraagt 35, van de tweede ronde over groei bedraagt N=26. Het aantal respondenten van de eerste ronde van het onderzoek naar energie bedraagt N=14, van de tweede ronde over energie bedraagt de respons N=12.

Trends ten aanzien van de groei van de vraag naar datacenters

De toptrends wat betreft impact op groei zijn weergegeven in Tabel 33. Alle trends zijn gevisualiseerd op de as impact/onzekerheid in Figuur 35.

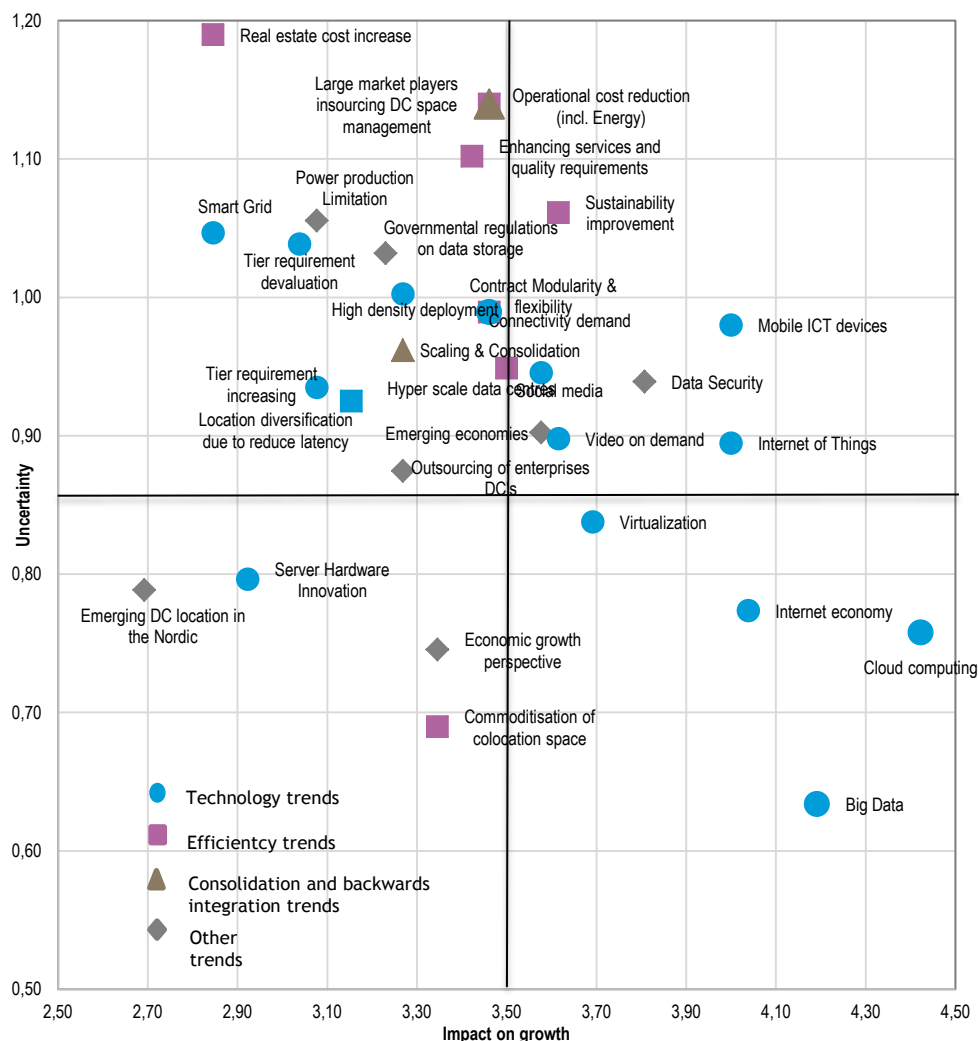


Tabel 33 Trends wat betreft impact op groei

	Duiding groei +/-	Opmerking
'Cloud computing'	+ DC als geheel - Colo-markt	+ Zeer veel CAPEX-investeringen wereldwijd, veel zelfbouw datacenters i.p.v. colo, webreuzen investeren op een massale schaal in 'hyper scale datacenters'. - Effectiever benutten van infrastructuur (IaaS, SaaS, etc.) waardoor minder vraag naar traditionele DC space.
'Big data'	+	Storage en analyse vergen DC-ruimte.
Internet economy	+	De grote internetbedrijven bouwen daar waar koeling en elektriciteit goedkoop is, en bouwen caching DC's bij de eindgebruiker in de buurt.
'Internet of Things'	+	Alle 'devices' creëren veel meer data en vraag naar rekenkracht. Sommige respondenten verwachten een graduele ontwikkeling, andere verwachten een revolutie.
'Mobile ICT devices'	+	Iedere applicatie op een smartphone, tablet, etc. vereist een datacentercomponent. Grote impact. Wifi is wereldwijd geen optie meer maar een vereiste. Miljarden 'devices' continu in verbinding met DC.
Data Security	+	In toenemende mate vereisten overheden dat data en intellectueel eigendom in het eigen land blijft, waardoor de lokale vraag naar DC-ruimte toeneemt.
Virtualization	-	DC-ruimte wordt effectiever en intensiever benut.
Sustainability improvement	+/-	In toenemende mate stellen klanten eisen aan duurzaamheid van datacenters, heeft consequenties voor tal van aspecten van DC-operatie, hardware, etc.

Bron: P. Mels (2015).

Figuur 35 Trends, impact op datacenter groei en onzekerheid daarvan



Bron: P. Mels (2015).

Trends ten aanzien van ontwikkeling energiegebruik datacenters

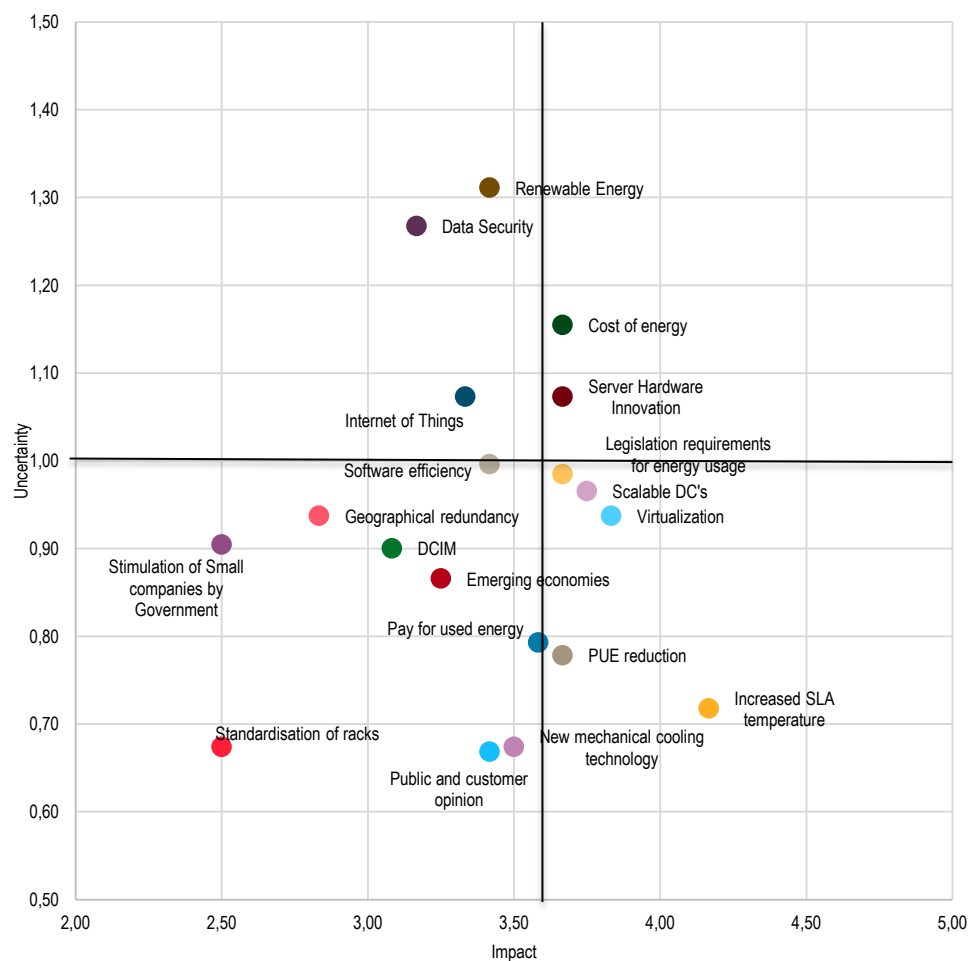
De toptrends wat betreft de ontwikkelingen in het energiegebruik van datacenters zijn weergegeven in Tabel 34. Alle trends zijn gevisualiseerd op de as impact/onzekerheid in Figuur 36.

Tabel 34 Trends datacenters wat betreft impact op energiegebruik (gebaseerd op P. Mels (2015)).

	Duiding groei +/-	Opmerking
Increased SLA temperature	- (EUE-effect)	Toename van de temperatuur stelt DC in staat kosten drastisch te reduceren.
New mechanical cooling technology	- (EUE-effect)	Efficiency-verbetering door meer vrije koeling (EUE-effect).
'Cloud Computing'	+/-	'Cloud computing' betreft een groei van het aantal toepassingen, maar er is een enorme consolidatieslag mee gemoeid, dus een DC wordt veel effectiever benut

	Duiding groei +/-	Opmerking
DC-operator's attitude	-	Sinds er meer focus is op energy-efficiency vanwege externe druk, letten DC-operators in de praktijk meer op energie en good housekeeping. Blindplaten, koude/warme gangen, etc.
Virtualization	-	Efficiency door benuttingsgraad te verhogen (consolideren elimineert servers die weinig doen in verhouding tot energiegebruik).
'High density deployment'	+	Als de energiedichtheid omhoog gaat dan consumeert het DC meer.
Scalable DC's	-	Als een DC schaalbaar wordt ontworpen dan neemt de belasting in de stroomvoorziening toe, waardoor de efficiency verbetert.
Legislation requirements for energy usage/PUE reduction	-	Regelgeving t.a.v. efficiency krijgt ook zijn beslag.
Server Hardware Innovation (&software)	(+:IoT)	Ontwikkelingen in techniek hebben gezorgd voor sterke daling energiegebruik datacenters, en dat blijft ook zo, echter de ontwikkeling van 'Internet of Things' kunnen de andere kant op gaan

Figuur 36 Trends, impact op energiegebruik van datacenters en onzekerheid daarvan



Bron: P. Mels (2015).

D.2 Telecom: trends uit workshop

Op 23 juni 2015 is bij Nederland ICT in het kader van dit project een workshop gehouden over het identificeren van trends in de telecomsector. Hieruit zijn de volgende trends voor de telecom naar voren gekomen.

Tabel 35 Overzicht trends voor telecom

Trendbeschrijving	Effect op groei
De energie-efficiëntie van de ICT-sector is enorm verbeterd (groei dataverkeer is in sterke mate ontkoppeld van de toename in het energiegebruik). (Groe van mobiele verkeer is in beeld in het rapport 'Staat van de Telecom' incl. mobiele dataverkeer (Nederland ICT, 2015)).	n.b.
Mogelijk verschuift energiegebruik van telecom naar de eindgebruiker omdat de 'set-top boxen', modems en routers steeds meer de conversie doen.	-
Aan de andere kant is er een trend naar 'cloud', waarbij bijvoorbeeld wordt opgenomen in de 'cloud' i.p.v. op een lokale harddisk. Hierbij verschuift mogelijk weer energiegebruik van huishoudens naar netwerk en datacenters, alhoewel dit typisch wordt gecombineerd met dataduplicatie.	+
De ultra zuinige stand-by mode van 'simple set-top boxes' die door de EU wordt voorgeschreven lijkt nu in de praktijk te betekenen dat te veel belangrijke functies uit moeten. Deze mode wordt dus niet vaak gebruikt.	n.b.
Potentiele trend (verdere toekomst): softwarematige management van routers/modems, 'set-top boxes' en (mobiel) netwerk, waarbij de software op een slimme wijze het energiegebruik regelt, en het apparaat alleen aanstaat wanneer nodig, en waarbij het energiegebruik proportioneel is met de vraag.	-
Het effect van 5G en het tempo van de invoer is nu nog niet bekend (combinatie push/pull). Elk nieuw type verbinding (frequentie, protocol) zorgt voor nieuw netwerk, dit stapelt. Wanneer een oud netwerk uitgefaseerd wordt, wordt dat stuk energiegebruik bespaard. Echter het uitschakelen van netwerken duurt lang en is lastig omdat er allemaal contracten zijn, contractueel met overheid is vastgelegd dat het netwerk verplicht actief gehouden wordt gedurende de gunning (dit is dus vroegste deadline).	+
Uitfasering van 3G of 4G is waarschijnlijker dan 2G, omdat veel M2M- en essentiële toepassingen via 2G lopen. Overheid heeft hier weer niet veel invloed op!	-
Uitschakelen van AM-zenders en vervangen door digitale radio (DAB) levert een reële besparing.	-
'Internet of things' heeft waarschijnlijk ook invloed op het datagebruik, het zorgt voor een groei in datagebruik en dus in energiegebruik telecomnetwerken, dit wordt begrensd doordat op een gegeven moment een verzadiging in het aantal apparaten te verwachten is.	+
Helemaal overstappen naar mobiele verbindingen bespaard wellicht modem, maar voor het netwerk maakt het weinig uit. Laatste stuk naar huis ontbreekt, maar mobiele masten zijn ook aangesloten op het vaste netwerk (wijkniveau). Mobiel kan bij grote verzadiging ook niet meer de gewenste snelheid bieden.	n.b.
Zorgt uitrol van glasvezel voor energiereductie? Daar wordt genuanceerd over gedacht, er is nu al veel glasvezel. Bovendien moet dan op het niveau van huishoudens dan via modem conversie elektrisch <-> glasvezel doen, wat ook energie kost. Aangegeven wordt dat het meeste al glasvezel is, alleen laatste stuk niet overal. Glasvezel is waarschijnlijk wel iets zuiniger, maar niet duidelijk hoeveel. Koper kan tegenwoordig ook veel sneller (200/400 Mbit) doordat (redundante) tweede kabel nu ook wordt gebruikt. Noodzaak voor glasvezel is dus minder, bovendien kan business case alleen uit als de helft van de straat een glasvezelabonnement heeft. Dus vraag is hoe sterk glasvezel nog gaat groeien. Vermoedelijk geen grote klapper.	n.b.

Te zien is dat de trends eigenlijk meerdere kanten op kunnen gaan. Er zijn drie trends die zorgen voor meer energiegebruik, maar er zijn weer vier trends die zorgen voor een daling van het energiegebruik, terwijl er ook vier trends zijn die wel relevant zijn maar waarvan het effect niet in te schatten is.