



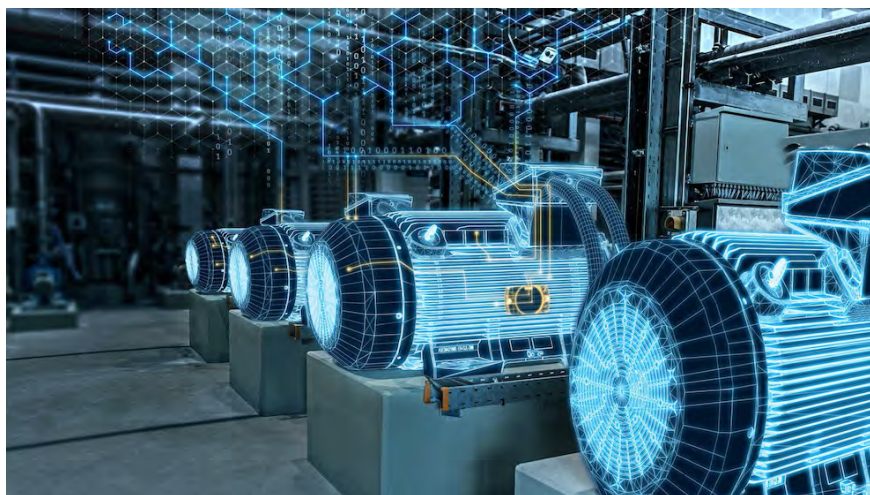
Rijksdienst voor Ondernemend
Nederland

Verkenning Groeimarkten en CO₂-reductie in de industrie

Focus op ICT toepassingen (digitalisering) en Elektrische Aandrijvingen

In opdracht van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat

Verkenning Groeimarkten en CO₂-reductie in de industrie - *Focus op ICT toepassingen (digitalisering) en Elektrische Aandrijvingen*



29 juni 2018, v2

TPA adviseurs
M. van Werkhoven
Aerdenhout, Nederland

Colofon

Deze verkenning is uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat.

Contactpersoon van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat: ir. G.P.J. Hellings.

De verkenning is begeleid door drs. F. Hartkamp van Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

TPA adviseurs, tel. 023 5368090

Inhoud

Samenvatting	4
1. Inleiding	5
2. Doelstelling & Onderzoeksopzet.....	6
3. Efficiënte Aandrijfsystemen, CO ₂ -emissiereductie in de industrie	8
3.1 CO ₂ emissies en energiegebruik in de industrie	8
3.2 Elektrische Aandrijfsystemen	10
4. Digitalisering in de industrie	15
4.1 Digitalisering - Inleiding	15
4.2 Digitalisering in de industrie - Thema's.....	16
4.3 Voorbeelden naar enkele digitaliseringsthema's en groeimarkt	20
4.4 Prioritering digitaliseringsthema's in de industrie – CO ₂ impact	24
4.5 CO ₂ emissiereductie Industrie	26
4.6 Stakeholders	28
5. Conclusies en Aanbevelingen - Groei markten en CO ₂ -emissiereductie, kansen voor ICT en Efficiënte Aandrijfsystemen in de industrie	30
5.1 Conclusies	30
5.2 Aanbevelingen	32
Glossary.....	36
Bronnen.....	47

Bijlagen

- Bijlage I Lijst van bedrijven en organisaties
- Bijlage II Industrieel elektriciteitsverbruik en besparingspotentieel Aandrijvingen
- Bijlage III Smart Industry Thema's, met kernpunten voor energie, emissie en grondstoffen;
Selectie van Field Labs CO₂-emissiereductie potentieel
- Bijlage IV Achtergrond informatie Transitiepaden
- Bijlage V International Energy Agency 4E Electric Motor Systems Annex EMSA – Nederlandse
bijdrage: Digitalization in Motor Systems

Samenvatting

Deze rapportage bevat de resultaten van een eerste beknopte verkenning van de impact van groeiemarkten en CO₂ emissiereductie, toegespitst op het deelterrein elektrische aandrijfsystemen in de industrie en de rol en mogelijkheden van digitalisering.

Het potentieel aan CO₂-emissiereductie middels efficiënte aandrijvingen en digitalisering in de industrie 5,6 tot 8,8 Mton CO₂-reductie, ofwel 32 tot 52 PJ.

Dit potentieel bestaat uit de CO₂-impact van

- brede toepassing van efficiënte aandrijfsystemen in de industrie¹: 4,5 Mton CO₂ (23,6 PJ) (zie ook paragraaf 3.2), en
- digitalisering met de bovengenoemde thema's: 0,8 – 3,0 Mton (4 tot 16 PJ per jaar).
- reductie op verbruik voor warmteprocessen: 0,4 – 1,3 Mton (4 tot 12 PJ per jaar).

Het gezamenlijke CO₂-reductiepotentieel bedraagt 18 tot 26% op het industriële elektriciteitsverbruik.

De combinatie van aandrijftechnologie, digitalisering en diensten vindt weerklank bij een groeiend aantal nieuwe bedrijven (IT, Tech en servicebedrijven) en gevestigde industriële bedrijven. Op basis van het potentieel (Mton CO₂) betekent dit een investeringsomvang van 1,5 tot 2,5 mrd euro voor de industrie de komende tientallen jaren. Hiervoor zullen extra programma's nodig zijn, gericht op het versterken van de toeleveringskosten, kennis en kunde in de industrie, financiering en verder ondersteunend beleid vanuit overheid en samenwerking met stakeholders.

Belangrijke digitaliseringsthema's uit oogpunt van potentiële CO₂-impact in de industrie en realisatietermijn (snelheid, omvang) liggen in de domeinen Equipment en Analytics en betreffen: Smart Sensors, Digital Factory (digital twins and AI), Servitization, Advanced Process Controls en Decision support & Data analytics (Artificial Intelligence).

Aanbevelingen worden gedaan voor aansluiting op het huidige beleidsinstrumentarium, en aanvullingen waar mogelijk en gewenst. Erkende maatregelenlijsten, EIA, IP2020, EED en IEA. Maar ook samenwerking met Smart Industry projecten om het thema van CO₂-reductie, aandrijvingen en digitalisering verder te ontwikkelen, en brede toepassing in de industrie mogelijk te maken.

¹ Industrie inclusief energie en watersector (SBI C, D, E)

1. Inleiding

Deze rapportage verkent de impact van groeimarkten en CO₂ emissiereductie, toegespitst op het deelterrein elektrische aandrijfsystemen in de industrie en de rol en mogelijkheden van digitalisering. In de rapportage wordt een aantal thema's en voorbeeld cases gegeven ter illustratie.

In de verduurzaming van de Nederlandse samenleving nemen de energietransitie en de overgang naar een circulaire economie prominente plaatsen in. Een van de onderliggende hoofddoelstellingen is de EU doelstelling om in 2050 de uitstoot van broeikasgassen met 80 tot 95% te reduceren ten opzichte van 1990. De industrie zal hieraan een belangrijke bijdrage moeten leveren, vanwege de omvang van de uitstoot en de mogelijkheden voor flexibilisering (netwerk) en innovatie (technologisch).

Definities ¹

Groeimarkt: In dit werkveld te definiëren als bedrijven die technieken, producten en/of diensten leveren welke bovenmatig (markt) kunnen groeien in omvang (omzet, energie, grondstoffen, emissie(reductie)).

Automatisering: het gebruik van ICT om een bestaand proces te ondersteunen en de efficiëntie daarvan te verhogen. Betekent generiek een snellere manier om dingen te doen zonder menselijke interactie. Vaak toegepast in fabrieken (robots bij autofabricage), kantoren (ERP en CRM implementaties), maar ook benut in ons dagelijks gebruik wanneer we een telefoongesprek voeren of zelf in- en uitchecken.

Digitalisering: Digitalisering is de adoptie en toepassing van digitale technieken in de maatschappij, in onze huizen, bedrijven of organisaties. De integratie van OT (operationele technologie) en IT (informatie technologie) creëert niet slechts verbeteringen op hetgeen toch al gedaan wordt, maar ook volstrekt nieuwe mogelijkheden; Met alle potentie van waarde toevoeging. Maar ook met maatschappelijke, institutionele en ethische consequenties.

ICT: Onderliggend aan beide ontwikkelingen is vanzelfsprekend ICT, Informatie en Communicatie Technologie. Het samenspel van de afzonderlijke onderdelen (hardware, software, netwerken en data) die automatiseren en digitaliseren mogelijk hebben gemaakt. En met name ten aanzien van digitalisering nog veel meer mogelijkheden zal gaan bieden.

Industrie 4.0: het combineren van productiemethoden met de modernste informatie- en communicatietechnologie. De drijvende kracht achter deze ontwikkeling is de snel toenemende digitalisering van de economie en de samenleving. Het verandert de toekomst van productie en werk: in de traditie van de stoommachine, de productielijn, elektronica en IT bepalen slimme fabrieken nu de vierde industriële revolutie. Het is als Duits initiatief gestart in 2014; in Nederland is de Smart Industry Agenda het vergelijkbare initiatief).

2. Doelstelling & Onderzoeksopzet

Doelstelling

Uitvoeren van een verkenning naar de mogelijkheden van ICT-gerelateerde innovatieve diensten en producten voor efficiënte aandrijvingen en toepassingen, voor een verduurzaming van de industrie, op korte, middellange en lange termijn.

Daarbij is er speciale aandacht voor ‘groeimarkten’ in dit werkveld: te definiëren als bedrijven, technieken, producten en/of diensten welke bovenmatig (markt) kunnen groeien in omvang (omzet, energie, grondstoffen, emissie(reductie)).

Deze beknopte veldverkenning geeft een eerste afbakening van de twee werkvelden (Aandrijvingen en ICT-innovaties), geeft een analyse van de huidige ontwikkelingen in deze (Nederland), de marktspelers en markten(segmenten), en de ontwikkelingen en kansen die voor ons liggen om aan de verduurzaming van de industrie een relevante bijdrage te kunnen gaan leveren.

De veldverkenning sluit af met een aantal aanbevelingen per ‘kans-gebied’ voor overheid en stakeholders, met een ‘zichttermijn’ voor korte (dat is 2020), middellange (tot 2030) en lange termijn (na 2030).

Gerelateerde beleidsinitiatieven en samenwerkingen, zoals de Implementatie Agenda Smart Industry 2018 - 2021, Nederland Circulair 2050 – met Transitieagenda Circulaire Economie Maakindustrie, TKI Energie en Industrie² en het nieuw op te stellen Klimaat Akkoord³ met doelen voor 2030, zijn in de analyse meegenomen.

Onderzoeksopzet

De verkenning is uitgevoerd langs de volgende onderzoeksactiviteiten:

- Deskresearch, naar de werkvelden efficiënte aandrijvingen en ICT, met focus op de rol van start-ups in deze. Hierbij is gebruik gemaakt van informatie van internationaal onderzoek, nationale onderzoeksactiviteiten en rapportages, en informatie van geraadpleegde experts uit onderzoek, industrie en toelevering.
- Interviews met een aantal vertegenwoordigers vanuit de toelevering, technologische industrie, technische dienstverleners, (technische) start-ups, kennisinstellingen, intermediaire organisaties. Bijlage I geeft een overzicht van organisaties.
- Analyse, gericht op koppelingen leggen tussen het industrieel energieverbruik voor aandrijvingen naar diverse sectoren, specifieke digitaliseringsthema's, potentiëlen voor digitalisering en de inzet van start-ups, en andere stakeholders, met mogelijke realisatie termijn.
- Toetsing bij stakeholders van concept uitkomsten.

² TKI Energie en Industrie: De industrie speelt als grootgebruiker een meervoudige rol in de overgang naar het gebruik van duurzame energie. Daarom moet het energieverbruik in deze sector efficiënter worden. De te gebruiken energie zal van fossiel naar duurzaam opgewekt moeten verschuiven. Dit laatste betekent in de (Europese) praktijk vaak een omslag van warmtegedreven processen naar elektrisch gedreven processen. Ook een efficiënter gebruik van grondstoffen leidt tot (secundaire) energie-efficiëntie.

³ De onderhandelingen voor het Klimaatakkoord moeten voor de zomer 2018 tot een akkoord op hoofdlijnen leiden. Doel is om in 2030 de uitstoot van CO₂ met 49 procent terug te dringen.

Leeswijzer

Hoofdstuk 3 geeft een uitwerking van het energiegebruik, CO₂ emissies in de industrie, en het werkveld Elektrische Aandrijvingen met besparingsroutes en detaillering van de mogelijke emissiereductie met efficiënte aandrijfsystemen.

Hoofdstuk 4 gaat in op digitalisering en energie efficiency en in het bijzonder digitalisering in de industrie. De hoofdthema's voor de industrie worden benoemd en met een rangschikking van thema's naar potentiële CO₂-reductie impact, en een kwantificering van de mogelijke CO₂-reductie impact. Tevens wordt een aantal korte cases gegeven ter illustratie van potentiële groeimarkten.

Hoofdstuk 5 geeft conclusies en aanbevelingen, naar (beleids-)activiteiten die tot een verdere ontwikkeling (en emissiereductie) op korte en middellange termijn kunnen leiden.

3. Efficiënte Aandrijfsystemen, CO₂-emissiereductie in de industrie

3.1 CO₂ emissies en energiegebruik in de industrie

De industrie heeft een aandeel van bijna een derde van het finale energiegebruik in Nederland, in 2015 531 PJ. De energie wordt ingezet voor de productie van warmte (voor processen), aandrijvingen en intern transport. Dit is exclusief het gebruik van fossiele energiedragers als grondstof (non-energetische verbruik, met een omvang van 562 PJ).

De 531 PJ energiegebruik levert 64,2 MtCO₂-emissies, zie Tabel 1, welke zijn onder te verdelen naar directe CO₂-emissies van 43,4 MtCO₂⁴ (voor 531 PJ energiegebruik) en indirecte CO₂-emissies van 20,8 MtCO₂ (110 PJ voor elektriciteit, opgewekt door elektriciteitsbedrijven). Het aandeel indirecte emissies door elektriciteitsproductie op de totale industriële emissies bedraagt 32% (2015).

Finaal energieverbruik	2015		
	Totaal PJ	Elektriciteit PJ *)	Emissies Mton CO ₂ **)
Industrie - directe emissies	531	13	43,4
Industrie - indirecte emissies		110	20,8
totaal Industrie	531	123	64,2

Noten

*) 13,1 PJ elektriciteit via wkk industrie

**) CO₂ emissiefactor vlgs referentiepark methode (0,68 kg CO₂/kWh - 2015)

Bronnen: CBS energiebalans, NEV 2017, VEMW

Tabel 1: Industrieel finaal energiegebruik en CO₂-emissies

Wanneer de complete waardeketen van producten wordt meegenomen – productie van feedstock en end of life of a product, dan komt er nog eens 120 MtCO₂ emissies bij, bijvoorbeeld door afvalverbranding en gebruik van brandstof voor transport en feedstock (kraken van plastics). In Bijlage II is een nadere toelichtende figuur opgenomen.

Industrie – technologische industrie

‘De industrie’ is een grote groep van zeer diverse bedrijven. Een indeling naar (sub)sectoren, productieprocessen en rol in de (toeleverings)keten biedt inzicht in aspecten voor analyse van energiegebruik, potentieel voor energiebesparing, energietransitie-paden met o.m. elektrificatie en geothermie, de inzet van duurzame energiebronnen, en de (economische) ontwikkelingsmogelijkheden met IT-toepassingen (digitalisering).

De technologische industrie bestaat uit basisindustrie sectoren en fabrikanten van machines en gereede producten, resp. toeleveranciers en eindfabrikanten. De staalproductie, chemie, rubber en kunststof voorzien eindfabrikanten van grondstoffen en halffabricaten. De drie sectoren Transportmiddelen, Elektrotechnische industrie en Machinebouw vormen de kern van de technologische industrie en leveren haar producten (en diensten) aan alle industrie sectoren – in Nederland en Buitenland.

⁴ Om tot de totale directe emissies te komen dient er 5 MtCO₂e-emissies, CO₂ equivalenten, door bijvoorbeeld methaanemissies, te worden bijgeteld.

Eindfabrikanten (OEM-er), produceren eigen ontworpen eindproducten, en de toeleverancier produceert componenten, modules of systemen als onderdeel van een eindproduct. In sommige gevallen is de productie (assemblage) van een eindproduct volledig uitbesteed.

Enkele citaten m.b.t. technologische industrie, efficiency en ICT:

- *In het onderzoeksrapport 'My Smart Industry' concludeert het Economisch Bureau ING dat de **technologische industrie** ook op langere termijn groeimotor van de Nederlandse economie kan zijn. Hiervoor is onder andere nodig dat de sector digitalisering benut om te groeien.*
- *Smart Industry⁵ kan bijdragen aan het oplossen van maatschappelijke vraagstukken, bijvoorbeeld door minder uitval in het productieproces, **hogere efficiëntie** (klimaat en grondstoffen), nieuwe productietechnologie voor duurzame landbouw en robotica voor ondersteuning van personeel in de zorg^{XI}.*
- *De koppeling van ICT met andere technologieën zoals fotonica, nanotechnologie, quantum computing, kunstmatige intelligentie en blockchain wordt steeds belangrijker. Dat vraagt om een **multi-technologie benadering**. De OECD hanteert inmiddels het begrip: The Next Production Revolution (NPR).*

CO₂-emissiereductie

Voor vergaande CO₂-emissiereductie (in absolute zin en in de tijd – met een horizon tot 2050), wordt een aantal transitiepaden⁶ of marsroutes uitgewerkt, met elk realisatiepaden op korte, middellange en lange termijn.

Voor de eerste grote stappen (tot 2030) zijn de benodigde technologische concepten voor een belangrijk deel bekend. Echter, de technologie is nog lang niet op alle onderdelen op het niveau waarbij grootschalige implementatie tegen acceptabele kosten realiseerbaar is. Met het inzetten op opschaling en uitrol van bekende innovaties kunnen deze in 2030 fors bijdragen aan de verduurzaming. Parallel daaraan is inzet nodig op nieuwe innovaties die voor een volledige verduurzaming richting 2050 noodzakelijk zijn, omdat ook radicale innovaties een bijdrage zullen moeten leveren aan het behalen van de emissiedoelen van 2050^{XIII}.

Er zijn **zeven belangrijke marsroutes** zijn geformuleerd om tot een netto CO₂-neutrale industrie te komen:

- A. Verlaging van de energievraag
- B. Verduurzaming van het energie-aanbod via hernieuwbare warmte
- C. Verduurzaming van het energie-aanbod via elektrificatie
- D. Afvangen van CO₂ aan de schoorsteen: CCS
- E. Verduurzaming van het grondstofgebruik: Circulair grondstoffengebruik en biomassa
- F. Herinrichting van het industrielandchap en de energie-infrastructuur
- G. Institutionele, economische organisatorische innovatie

Energie efficiency komt eerst naar voren in Marsroute A: verlaging van de energievraag hangt sterk samen met de vervangingstermijn van installaties, een hogere efficiency wordt stapsgewijs bereikt, met

⁵ 'Smart Industry' wordt gedreven door de ontwikkeling van nieuwe ICT en productietechnologie en verandert de industrie radicaal. Voorop lopen in digitalisering van de industrie is cruciaal voor werkgelegenheid, toekomstige economische groei en een duurzame industrie [SI agenda].

⁶ TKI Energie en Industrie is een Menukaart Innovatie voor de Sectortafel Industrie voorbereid – in het kader van een te sluiten Klimaatakkoord

- Efficiency-verhoging van bestaande processen
- Hergebruik en opwaardering van restwarmte
- Herontwerp van het warmtesysteem vanuit integrale efficiency
- Nieuwe en intrinsiek efficiëntere procesroutes

In Bijlage IV is deze Menukaart kort nader beschreven.

CO₂ emissiereductie via materialen, materiaal gebonden milieubelasting

Deze 'route' voor vermindering van CO₂ emissies omvat een groot aantal en qua karakter sterk variërende maatregelen. Voorbeelden zijn vervanging van fossiele materialen door biobased materialen en de inzet van gerecycled materiaal; maar ook levensduurverlenging waardoor emissies in de productie- en afval/hergebruik fase over langere tijd gespreid worden.

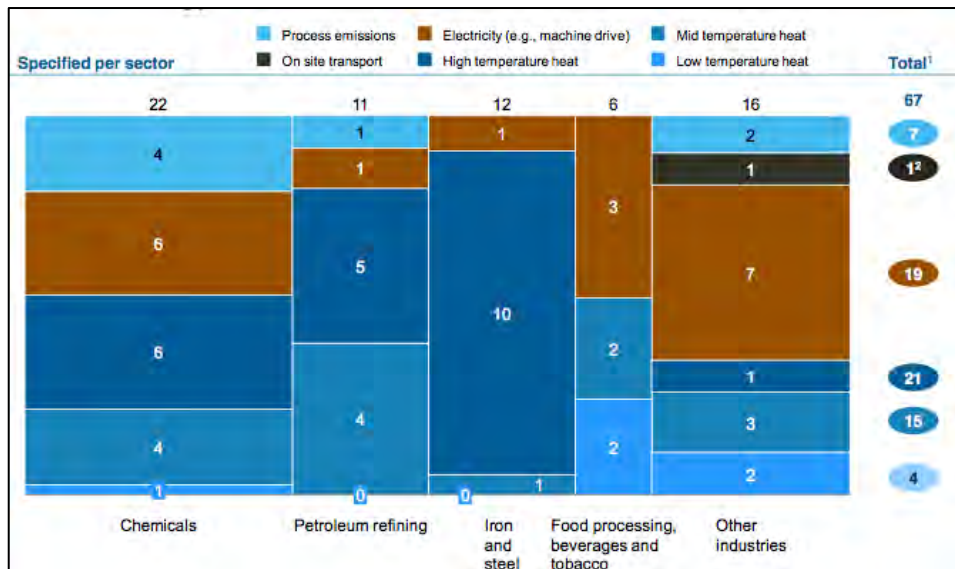
Afwegingen m.b.t. een optimale duur van de levensfasen met oog op minimale emissies zijn complex. Bijvoorbeeld de afweging of levensduur verlenging opweegt tegen versnelde afdanking en vervanging door efficiëntere versie van een product (met lagere emissies gedurende levensfasen). Ook de effecten van bijvoorbeeld efficiënter produceren, met minder materiaal gebruik door bijvoorbeeld zero-defects productie zijn niet eenvoudig te kwantificeren. Deels ook omdat er nog weinig praktische voorbeelden bekend zijn; projecten verkeren nog in R&D-/pilotfase, en beslaan een zeer omvangrijk palet aan materialen en productie technologieën.

In deze rapportage wordt deze 'route' vanwege de genoemde complexiteit niet verder uitgewerkt.

3.2 Elektrische Aandrijfsystemen

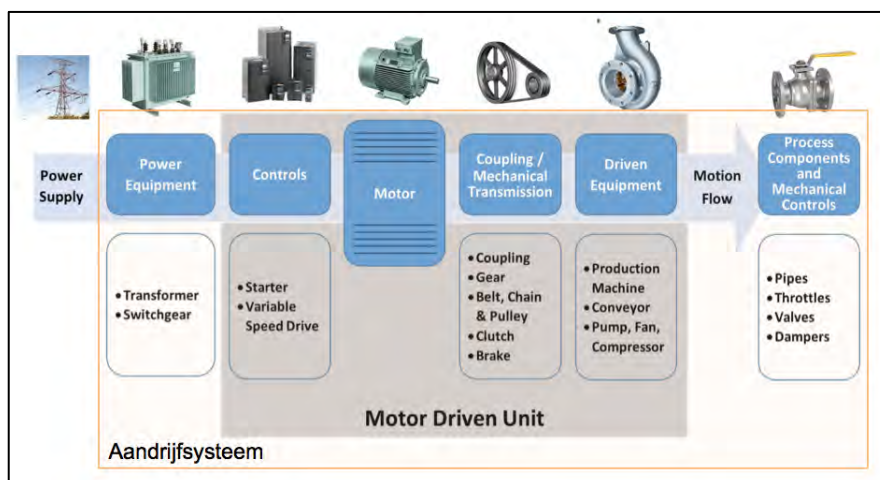
Elektrische Aandrijfsystemen nemen een belangrijk deel (2/3) van het industriële elektriciteitsverbruik voor hun rekening. Deze aandrijfsystemen zijn de machines voor de productie van halffabricaten en eindproducten, pomp-, ventilatie- en compressorsystemen, transportsystemen, en systemen voor klimatisering van productie-omgevingen.

In de totale industriële CO₂-emissies (64 Mton) nemen aandrijfsystemen met circa 2/3 van het elektriciteitsverbruik voor hun rekening. In zie Figuur 2 zijn de CO₂-emissies per functionele toepassing opgenomen, met aandrijvingen als het grootste deel van de bruine vlakken (machine drive).

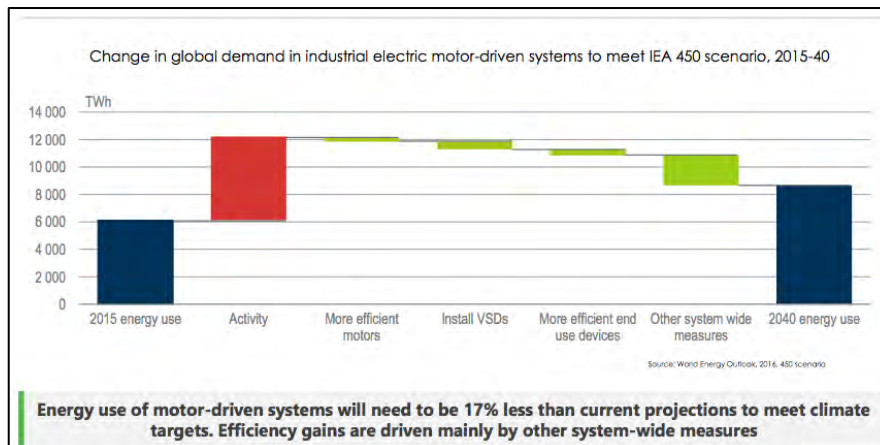


Figuur 2: industriële CO2-emissies (estimated Mton/year, 2014) per functionele toepassing ¹¹

Een aandrijfsysteem bestaat uit een aantal componenten, zoals een elektromotor, regeling, gedreven applicatie en andere componenten, zie Figuur 3. Het systeem rendement is de resultante van de vermenigvuldiging van alle deelrendementen (rendement per component); voor een optimale een systeemoptimalisatie dienen alle componenten te worden 'meegenomen', zie Figuur 4 ('Other system wide measures' in het IEA scenario voor 2040).

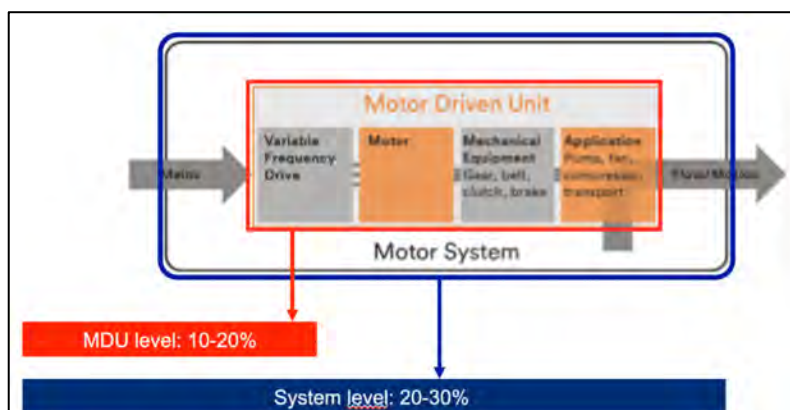


Figuur 3: Componenten van een aandrijfsysteem, met begrenzing van MDU en aandrijfsysteem



Figuur 4: Belang van systeemoptimalisatie aandrijfsystemen ^{III}

Het 'hart' van het aandrijfsysteem bestaat uit de Motor Driven Unit, zie Figuur 5. Dit zijn de elektromotor en de applicatie - een pomp of ventilator bijvoorbeeld; soms aangevuld met een regelaar en een overbrenging. Voor onder meer de componenten elektromotor, (schoon water) pomp en industriële ventilator zijn minimum efficiency eisen van kracht – via Richtlijnen volgens de EU Ecodesign Directive.



Figuur 5: Besparingen (%) naar Motor Driven Unit (MDU) en aandrijfsysteem (Motor System)

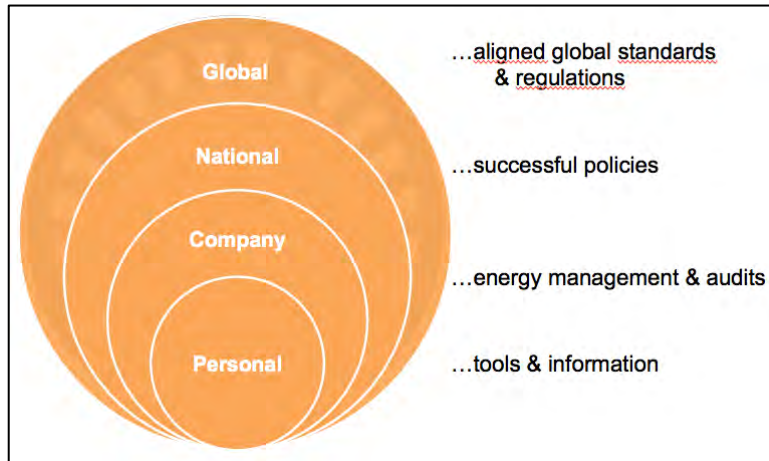
De focus bij de EU-Richtlijnen voor pompen en ventilatoren is om de scope uit te breiden van enkel de component, bijvoorbeeld alleen de elektromotor of de pomp, naar de Motor Driven Unit (MDU). Hiermee kan een groter besparingspotentieel worden aangesproken middels het verplichten van minimum efficiency eisen voor deze MDU's.

Om het grotere potentieel aan te spreken - op systeem niveau, zie Figuur 5 met een indicatie van de besparingen op MDU-niveau en systeemniveau, zijn andere complementaire beleidsprogramma's nodig, gericht op bijvoorbeeld algemene energie efficiency doelen, toepassing van energie audits, energiemangement en kennisopbouw.

Onderstaande Figuur 6 geeft het perspectief weer van deze stapsgewijze, op elkaar afgestemde benadering: de ontwikkeling van wereldwijd toepasbare standaarden voor het testen van en efficiency-classificaties van componenten en MDU's is een eerste stap; deze standaarden worden vervolgens gebruikt voor regelgeving op dit vlak; en gebruikt worden in nationale beleidsprogramma's, voor minimum efficiency eisen; aangevuld met beleid dat zich richt op het stimuleren, verplichten van doelstellingen voor energiebesparing, emissiereductie en hernieuwbare energie. Op bedrijfsniveau worden deze programma's toegepast en systematieken

als energiemangement (bijvoorbeeld ISO 50001 - energiemangement) en monitoring geïmplementeerd.

Enkele voorbeelden om de bedrijven direct aan te spreken (verplichten) en tegelijk voor te lichten en te faciliteren (meewerken) is bijvoorbeeld het MJA-programma Industrie, maar ook kennisnetwerken als het ISPT (Institute for Sustainable Process Technology) en het KEEA (Kennisnetwerk Efficiënte Elektrische Aandrijfsystemen).



Figuur 6: Standaarden, regelgeving en beleidsprogramma's (bron 4E EMSA)

Efficiënte Elektrische Aandrijfsystemen kunnen een belangrijke bijdrage leveren aan het bereiken van nationale energiebesparings- en CO₂-emissiereductiedoelstellingen. Met moderne aandrijftechnologieën en systeemoptimalisaties is aanzienlijke energiebesparing en CO₂ emissiereductie mogelijk: tussen de 10% en 30%^{IV V VI} op het verbruik van aandrijfsystemen, afhankelijk van de sector en economie. De inzet en mogelijkheden van ICT is hierbij een nieuw en nog relatief onontgonnen terrein.

Het potentieel aan CO₂-emissiereductie middels efficiënte aandrijvingen naar industriële sectoren bedraagt 4,5 Mton en is in Tabel 7 naar sectoren gedetailleerd.

Het besparingspotentieel⁷ voor de Nederlandse industrie bedraagt ruim 22% op het verbruik voor aandrijvingen; dat is 15% (19 PJ) op het totale industriële elektriciteitsverbruik^{IV}, zie Tabel 7 en ook Bijlage II. Inclusief de energiesector en afval- en waterbedrijven bedragen de besparingen op aandrijfsystemen 23,6 PJ, ofwel 4,5 Mton CO₂. Dit staat gelijk aan 6,3% van het nationale elektriciteitsverbruik in Nederland.

⁷ Op het elektriciteitsverbruik; indirecte besparingen op bijvoorbeeld verminderde energievraag in processen (gas- e/o elektrisch gedreven) zijn hier niet in meegenomen.

	Final use		CO2-emissions		Savings efficient motor systems	
	Total Energy (2015) PJ	Electricity PJ	Electricity TWh	Electricity Mton CO2 *)	Electricity PJ	CO2-emissions Mton CO2 *)
Industry						
<i>technologische industrie</i>						
Base metal ferrous	40	10	2,7	1,8	1,5	0,3
Base metal non-ferrous	12	8	2,1	1,4	1,2	0,2
Chemical	273	45	12,4	8,5	6,9	1,3
Metal products	20	10	2,8	1,9	1,6	0,3
Vehicle manufacturing	5	2	0,6	0,4	0,3	0,1
Other	5	1	0,2	0,2	0,1	0,0
<i>overige industrie</i>						
Construction materials	24	4	1,2	0,8	0,6	0,1
Food and beverage	84	23	6,4	4,3	3,5	0,7
Pulp and paper, board	24	9	2,4	1,6	1,3	0,3
Other	45	12	3,4	2,3	1,9	0,4
Total Industry (SBI C)	531	123	34	23	19,0	3,6
Industry-plus						
Energy sector (SBI D)	180	22	6	4,1	3,4	0,6
Waste and Water (SBI E)	17	8	2	1,5	1,2	0,2
Total Industry'+ (SBI C, D, E)	728	153	43	29	23,6	4,5

Noot:

*) CO2 emissiefactor vlgs referentiepark methode (0,68 kg CO2/kWh - 2015)

Bronnen: CBS energiebalans, NEV 2017

Tabel 7: Finaal energieverbruik en CO2 emissies voor elektriciteit (naar sectoren - benadering)

De ambities voor verduurzaming van de industrie – met de thema's energietransitie, verlagen van de CO₂-footprint en overgang naar een circulaire economie – bieden goede mogelijkheden voor verdergaande CO₂-emissiereductie middels efficiënte aandrijvingen.

4. Digitalisering in de industrie

4.1 Digitalisering - Inleiding

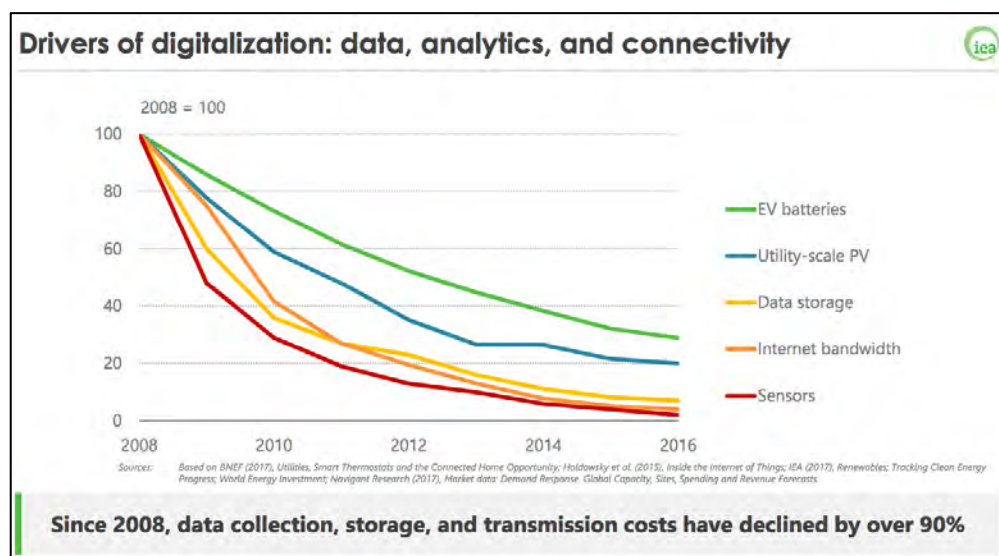
De term digitalisering komt in een groot aantal beleidsdocumenten en -initiatieven terug, in Nederland, EU en daarbuiten. Digitalisering beschrijft de toenemende toepassing van digitale technologieën (dat wil zeggen ICT) in de hele economie, inclusief energie, om gewenste resultaten te bereiken, zoals verbeterde veiligheid, efficiëntie en productiviteit.

Deze rapportage richt zich in het bijzonder op de mogelijkheden van digitalisering in de industrie.

Over het belang van digitalisering

- “Digitalisering is een van de belangrijkste factoren voor de groei van de Nederlandse industrie.”^{VII}.
- “Digitalisering: De digitale revolutie speelt zich af in elke sector. Ook in de energiesector. De gewenste energietransitie bereiken we niet alleen met techniek. Digitalisering speelt hier een belangrijke rol in. Met automatische aansturing kunnen we grote besparingen realiseren. Maar deze toenemende automatisering vergt ook aandacht voor beveiliging van onze energie-infrastructuur.”^{VIII}
- Digitalisering vindt in snel tempo plaats in alle facetten van de samenleving. Via communicatiesystemen voor transport, logistieke processen, energiesystemen, financiële transacties, communicatie via telefoon, tv, computer en auto. De ontwikkeling van de digitalisering vindt plaats met enorme dynamiek en snelheid: de infrastructuur voor opslag en uitwisseling – datacenters, netwerken en apparatuur, en de technieken en systemen voor besturing en voor gebruik – chiptechnologie, sensoren, etc., en de softwaresystemen om allerlei processen te automatiseren^{IX}

Figuur 8 illustreert dit (tempo) aan de hand van de omvang en snelheid van kostenverlaging van de ‘drivers of digitalization’ over de laatste acht jaar.



Figuur 8: Omvang en snelheid van kostenverlaging van de 'drivers of digitalization'^X

Digitalisering en kansen voor Energie Efficiency

Het IEA (International Energy Agency) onderzoek 'Benefits of Digitalization' ^{IX} geeft het volgende beeld voor de drie sectoren gebouwen, transport en industrie:

- Gebouwen: wijdverbreide inzet van slimme gebouwbeheersing kan het energieverbruik met 10% verminderen tot 2040.
- Transport: digitale oplossingen voor vrachtwagens en logistiek kunnen het energieverbruik voor vrachtvervoer over de weg met 20-25% verminderen. Digitale oplossingen omvatten platooning (treintjes), route-optimalisatie en gegevensuitwisseling in de hele supply chain. Voor het autoverkeer kunnen automatisering en connectiviteit de vraag naar energie halveren of verdubbelen, afhankelijk van hoe technologie, gedrag en beleid evolueren.
- Industrie: o fabrieksniveau kan het energieverbruik stapsgewijs worden verminderd, maar wijdverbreid gebruik van 3D-printen, Artificial Intelligence (AI) en robotica zouden transformatieve veranderingen kunnen aankondigen, met grote effecten op het energieverbruik. Een kwantificering van de mogelijke effecten wordt niet gegeven.

4.2 Digitalisering in de industrie - Thema's

Deze paragraaf beschrijft de industriële digitaliseringsthema's zoals het International Energy Agency (IEA) die in een recent onderzoek (2017) heeft gecategoriseerd, en de thema's zoals die in de vorm van transformatiethema's in de Smart Industry Agenda zijn uitgewerkt. Tenslotte wordt kort ingegaan op de verduurzamingsroutes van de IndustrieTafel.

Het IEA-onderzoek onderscheidt de volgende thema's voor digitalisering in de industrie:

1. Binnen de fabriek

- Industrieel Equipment: Smart sensors, 3D-printing, Industrial Robotics,
- Analytics: Procesbesturingssystemen, Data analytics & Decision Support, Digital Twin factories, Artificial Intelligence

2. Buiten de fabriek

- Connectivity: Remote controlled operations, Connected industrial equipment, Connected supply value chains.

Figuur 9 geeft deze thema's weer, met een indicatie van de adoptiesnelheid waarmee de thema's toegepast zouden kunnen worden in de Nederlandse industrie.

Binnen de fabriek

Industrial Equipment

Digitale technologie heeft een impact op de manier waarop producten worden vervaardigd. Technologieën zoals smart sensors, industriële robots en 3D-printen worden standaard in bepaalde industriële toepassingen. Deze technologieën kunnen helpen de nauwkeurigheid te vergroten en industrieel schroot te verminderen.

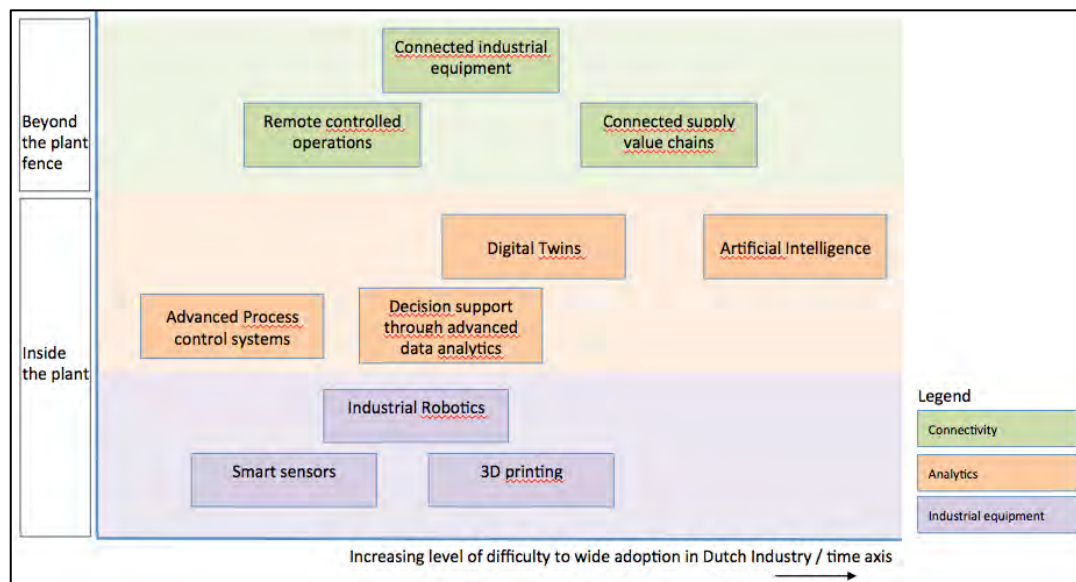
Analytics Services – Innovatie

De potentiële besparingen die digitalisering kan opleveren in de industrie variëren afhankelijk van het type activiteit, managementsystemen, cultuur en de mate van integratie langs aanbod-waardeketens. Voorbeelden uit fabrieken tonen aan dat de winst uit energie-efficiëntie door de toepassing van geavanceerde digitale

procesbesturingssystemen aanzienlijke besparingen met weinig of geen netto kosten kan opleveren (zie Case 1).

Door virtueel industriële fabrieken te repliceren - door het creëren van een "digitale tweeling" die de impact van wijzigingen op een bestaand productieproces nauwkeurig modelleert - kunnen nieuwe gefabriceerde producten eerder op de markt komen door tijd en middelen te besparen in productontwerp en in de ontwikkeling en optimalisatie van nieuwe productieprocessen.

De industrie kan het proces- en productontwerp verbeteren, zuiniger maken en verkorten door middel van digitalisering. Door continue gegevensverzameling en -uitwisseling kan het leren van fabrieksactiviteiten in realtime worden geïntegreerd in nieuwe en vernieuwde technische ontwerpen. Het versnellen van deze fase van leren door te doen kan zich vertalen in energiebesparing, omdat opkomende industriële processen sneller hun optimale energieprestatieniveau kunnen bereiken.



Figuur 9: Scope van digitalisering in de Nederlandse industrie - binnen de fabriek en erbuiten (bewerking) ^{IX}

Opmerkingen bij Figuur 9:

- 1) De thema's (scope) zijn gerangschikt naar 'de mogelijkheid voor een brede adoptie in de industrie'. Naarmate de mogelijkheden als hoger worden aangemerkt, zijn er meer voorbeelden van adoptie, van toepassing in de industrie.
- 2) De mate waarin industriële proces automatisering wordt toegepast in de industrie verschilt sterk per bedrijf en sector. De eerste toepassingen gaan ver terug. Verhogen van de productiviteit en veiligheid waren de belangrijkste drivers. In de praktijk blijkt echter ook dat de huidige generatie proces automatisering nog lang niet op het niveau van Industrie 4.0 ligt. De conversie, of transitie, daarnaartoe door de industrie heeft als startpunt 'Industrie 3.0' ('gebruik van computer en automatisering de industrie; met inzet van programmeerbare logica-controllers, en van robots voor assemblagelijnen').

Buiten de fabriek

Connectivity

De impact van digitalisering in de industrie gaat ook verder dan het hek van de fabriek. Digitalisering opent een breed scala aan mogelijkheden bij het aansluiten van een bepaalde industriële faciliteit op de omgeving. Digitalisering kan bijvoorbeeld producenten beter verbinden langs productwaardeketens, waardoor hergebruik en recycling van materialen wordt vergemakkelijkt.

Door industriële apparatuur op het netwerk aan te sluiten, kunnen bedrijven ook profiteren van het identificeren en verstrekken van realtime informatie over de beschikbaarheid van lokale afvalstromen, die kunnen worden opgevangen en gebruikt om andere vormen van energie te verdringen. Voorbeelden hiervan zijn overtollige warmte, organisch afval en afgassen, die kunnen worden opgevangen en gebruikt voor de productie van warmte of elektriciteit, waardoor zowel de kosten voor het kopen van andere vormen van energie als de ecologische voetafdruk van de installatie worden verlaagd.

Binnen een bedrijf kunnen gegevensanalyses die de energieprestaties van verschillende locaties vergelijken, worden gebruikt om knelpunten en mogelijkheden voor energiebesparing te identificeren, terwijl werknemers in de cloud kunnen profiteren van een meer dynamische uitwisseling van geleerde lessen en ervaring. Het minimaliseren van energiekosten vermindert de blootstelling van een bedrijf aan prijsvolatiliteit en kan een concurrentievoordeel opleveren.

Connected industrial equipment kan het mogelijk maken dat industriële processen in verschillende faciliteiten op afstand kunnen worden bestuurd om zich in real time aan te passen aan marktbehoeften en potentiële beperkingen van de energievoorziening, waardoor systeeminefficiënties worden verminderd.

Smart Industry

De Smart Industry Agenda 2018 – 2021 (SI) onderscheidt acht industrietransformaties, thema's voor digitalisering in de industrie, zie Figuur 8. De SI-Agenda richt zich primair op de maakindustrie en het vergroten van de economische waarde en concurrentiekracht van de maakindustrie. Mogelijke effecten op CO₂-emissiereductie via de 'smart technologies' zijn niet onderzocht (vallen buiten het kader).



Figuur 8: Smart Industrie - industrietransformaties ^{XI}

De Smart Industry-thema's met een directe link naar elektrische aandrijvingen (en potentiële CO₂-reductie) zijn:

- Slim en Flexibel Produceren, met o.a. zero defects productie
- Servitization (slimme diensten), met o.a. condition based maintenance; remote monitoring; toepassen block chain technologie
- Digitale fabriek, met o.a. continue optimalisatie van processen, producten, equipment, etc.

In Bijlage III is een korte beschrijving opgenomen per thema, met de kernpunten voor energie, emissie en grondstoffen.

In Figuur 10 zijn de onderlinge verbanden tussen de IEA-digitalisering thema's en de Smart Industry industrietransformaties aangegeven.

Industrie-transformaties SI				
Digitalisering Thema's		Industry 4.0 Factories		
A	Equipment			
	1 Smart sensors	X	X	X
	2 3D-printing	X		
	3 Industrial Robotics	X		
B	Analytics and enabled workforce			
	4 Advanced Process control systems		X	
	5 Data analytics & Decision Support	X	X	X
	6 Digital Twin factories			X
C	Connectivity			
	8 Remote controlled operations	X	X	
	9 Connected industrial equipment	X	X	X
	10 Connected supply value chains			X

Figuur 10: Smart Industrie - industrietransformaties

Menukaart Innovatie van de Sectortafel Industrie

In paragraaf 3.1 zijn de zeven belangrijke marsroutes genoemd zoals die zijn geformuleerd voor de Sectortafel Industrie om tot een netto CO₂-neutrale industrie te komen.

In deze Menukaart^{xii} is de volgende typering van Digitalisering opgenomen: "beschikbaarheid van goedkope sensoren en de toegankelijkheid van rekenkracht en data-analyse brengen digitalisering dichtbij industriële processen. Dit biedt kansen voor verbeterde procescontrole en leidt op langere termijn mogelijk tot nieuwe processen en productieketens. Beschikbaarheid van deze technologieën is een randvoorwaarde voor verregaande procesoptimalisatie en flexibele processen."

In de Marsroute A: Verlaging van de energievraag zijn 5 Oplossingsroutes met bijhorende innovaties gedefinieerd, met daarin aandacht voor Digitalisering en Aandrijvingen. Hieronder

een korte opsomming van die benodigde innovaties per route die toe te rekenen zijn aan **‘digitalisering en/of aandrijvingen’**:

Bij ‘Vraagvermindering door uitwisseling tussen processen en/of tussen bedrijven’:

Operationele coördinatie en demand-side-management: Monitoring en control van energie- en processtromen die uitgewisseld worden, operationele optimalisatie over de energie keten,

Bij ‘Vraagvermindering door vergaande verhoging van de proces efficiency en procesvernieuwing’: Gebruik van efficiënte aandrijfsystemen, randapparatuur en ondersteunende installaties.

Bij ‘Vraagvermindering door slimmere monitoring, besturing, operatie en coördinatie van processen, sites en ketens’:

- (Digitale) Monitoring en instrumentatie – zichtbaar maken en slimme analyse van energie verbruik; operationele optimalisatie van processen;
- Data driven condition-based maintenance voor betrouwbaarheid en energie efficiency.
- Optimalisatie van operatie en planning, minimaliseren niet-waarde-toevoegende handelingen; intelligente proces sturing, optimale scheduling van installaties, integrale plant-wide coördinatie van operaties van feedstock tot product.
- Operationele coördinatie op feedstock en energie over sites en tussen bedrijven en met behulp van optimalisatietechnieken.
- Ontwikkeling modellen en optimalisatie strategieën die op verschillende schalen kunnen worden ingezet en deze verbinden (schaal: apparaat, proces, bedrijf, site, productieketen, energiesysteem).

Bij ‘Vermindering van energie gebruik door design, analyse en optimalisatie van producten, processen, sites en ketens’:

- Proces ontwerp met gebruik van moderne optimalisatie technieken, proces modellering en design kennis en data van energie-efficiënte processing technologieën. Ontwerp van slimme greenfield installaties en her-ontwerp en optimalisatie van brownfield installaties.
- Product ontwerp gericht op functionele specificaties, bereid met minimale processing, en met minimale afval en bijproducten; gericht op circulair gebruik van producten en hergebruik van afvalstoffen.
- Intelligent ontwerp van industriezones; optimalisatie van proces integratie in ketens en op sites; afstemming van utilities en energie infrastructuur tussen bedrijven in industriegebieden en regio’s.

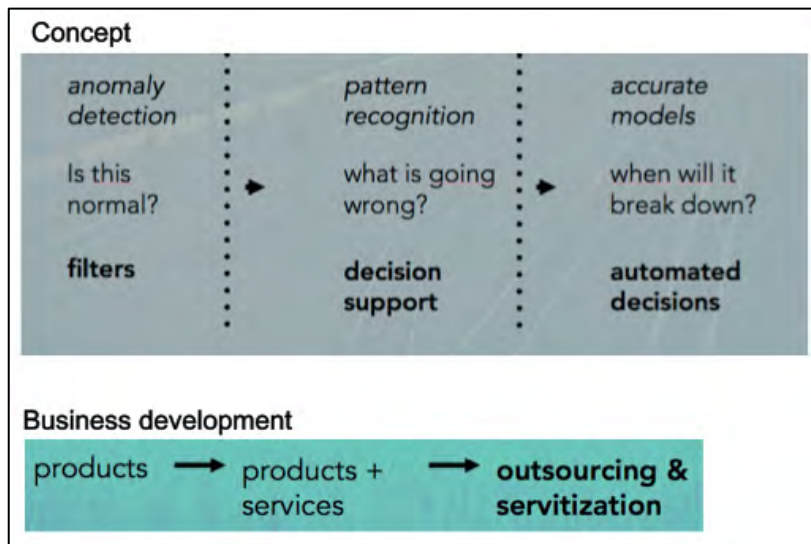
4.3 Voorbeelden naar enkele digitaliseringsthema’s en groeimarkt

In deze paragraaf wordt een aantal thema’s korte toegelicht en worden enkele cases gegeven van projecten en/of eerste toepassingen.

Condition based monitoring

Dit veld omvat de ontwikkeling en toepassing van nieuwe technologieën die onderhoud voorspelbaar maken. Projectpartners – veelal consortia van grootbedrijf, MKB en kennisinstellingen - werken samen in testopstellingen of fysieke proeffabriek(en) en werken aan de digitalisering van processen, middels inzet van sensoren, datavergaring en –verwerking,

algoritmes voor optimalisaties (analyse van big data) en, verdergaand, ontwikkeling van geautomatiseerde besturingen, zie Figuur 11. De ontwikkeling van technologie en business-modellen gaan hand-in-hand; zowel voor servicebedrijven als industriële bedrijven liggen er potentieel grote voordelen: productieprocessen zo inrichten dat er tegen zo laag mogelijke kosten en zo min mogelijk energieverbruik zo veel als mogelijk geproduceerd kan worden; dienstverleners kunnen bijvoorbeeld industrie helpen met deze optimalisaties, diepergaand kennis ontwikkelen en delen van activiteiten overnemen.



Figuur 11: Condition based monitoring – concept

Case 1 100% voorspelbaar onderhoud

Technologie: monitoring van de conditie van installaties, middels sensing (op elektromotoren en applicaties), data-analyse en decisiontools. Systemen leggen verbanden tussen faalgedrag van apparatuur en de gegevens die dit falen kunnen voorspellen. Het gaat hierbij om een combinatie van proces-, machine-, instrumenten- en omgevingsdata.

Locatie: Chemelot Limburg, deelnemer in Fieldlab Campione.

Ontwikkelingsfase: van start up naar opschalen. Investeren in ontwikkeling van diensten, technologie en markt.

Voordelen: Het tijdig voorspellen van een mogelijke storing heeft een positief effect op de veiligheid, de betrouwbaarheid en de beschikbaarheid van de installatie. Daarnaast dalen door tijdig ingrijpen de vaste en variabele onderhoudskosten. Voorkomen van stilstand is belangrijk winstpunt. Voorbeeld besparingen van 100 k EUR per lijn.

Energie en CO₂: door tijdig signaleren van vervuiling (warmtewisselaars), lekkages e.d. kunnen apparaten op goede werkpunten blijven draaien.

Impact industrie: procesindustrie is belangrijke doelgroep vanwege hoge kosten van ongeplande stilstand, lange bedrijfstijden en hoog energieverbruik installaties. Ontwikkeling van technologie en diensten maakt een bredere toepassing in andere industrieën mogelijk.



In Nederland is het Fieldlab Campione (Gilze Rijen) met diverse Living Labs actief met deelnemers op locaties op onder meer Chemelot (Zuid Limburg), het Noordzeekanaalgebied (Tech Port) en in Brabant/Zeeland. De projecten hebben het karakter van ontwikkelingsprojecten. Een enkel project verkeert in de opschalingsfase. Van een grotere, bredere toepassing is nog geen sprake. Nieuwe technieken worden getest en innovaties marktrijp gemaakt. In andere EU landen en Verenigde Staten onder meer lopen vergelijkbare pilotprojecten.

Advanced process control systems (geavanceerde procesbesturingssystemen)

Met geavanceerde procesbesturingssystemen is verdergaande optimalisatie mogelijk, per lijn, per unit en fabrieksbrede optimalisatie.

Projecten richten zich op het ontwikkelen en demonstreren van methoden en hulpmiddelen voor procesbewaking en optimale dynamische planning, planning en regeling van plants, industriële sites; op de ontwikkeling van technologie voor het in evenwicht houden (balanceren) van de productie en consumptie (grondstoffen, halffabricaten, energie) in industriële procesinstallaties.

Er is aandacht voor beslissingsondersteuning aan operators en managers en geautomatiseerde closed-loop oplossingen om een energie- en hulpbronnefficiënte productie te bereiken.

Case 2 Resource Efficiency procesindustrie

Technologie: geavanceerde procesbesturingssystemen voor optimale resource efficiency.

Beslissingsondersteuning bieden aan operators en managers middels methoden en hulpmiddelen voor procesbewaking en optimale dynamische planning, planning en controle van fabrieken, industriële sites en clusters onder dynamische marktomstandigheden.

Volgende fase is stap naar geautomatiseerde closed-loop oplossingen voor een optimale energie- en hulpbronnefficiënte productie.

Locatie: EU project CoPro

Ontwikkelingsfase: Ontwikkeling en demonstratie

Energie en CO₂: enkele deelprojecten rapporteren concrete besparingen, bijvoorbeeld 3-5% kostenbesparing op een productielijn in een raffinaderij; gelijk aan 1 tot 5 mln euro per jaar; met 3,4% reductie van broeikasgassen.

Digital Twins / Digital Factory

Een digitale twin van een product of proces houdt in dat er een digitale kopie beschikbaar van/voor ontwerp en proces modellering, simulatie, controle, onderhoud en beheerregistratie.

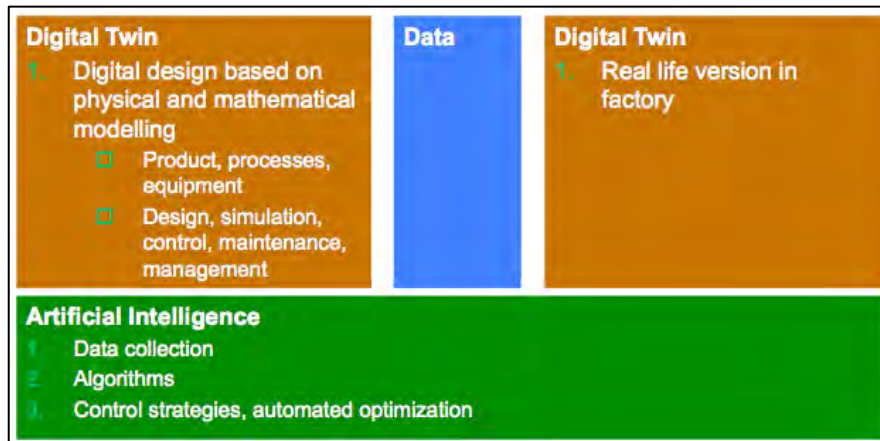
Een nieuw proces wordt digitaal ontworpen op basis van minimale benodigde materialen en energie, en zo gebouwd. Met sensing, dataverzameling en algoritmes kunnen steeds meer processen automatisch verlopen. Op fabrieksschaal kan met deze technieken de toestand worden bewaakt, geoptimaliseerd en veranderingen gesimuleerd, zie Figuur 12.

Dit veld is in ontwikkeling, op het vlak van ontwerp tools, sensing, en algoritmes. Belangrijk onderscheid is voor nieuwe machines/equipment (green field) en bestaande lijnen (brown field), en onderscheid naar process toepassingen (chemie, raffinage), en machinebouw en OEM partijen.

Voorbeeld 1: Pilot project waarbij een industriële partij de efficiency van productiemachines kan beoordelen, bij inkoop van de machine, en gedurende het

gebruik, middels de toepassing van een (efficiency)meetprotocol, sensing en benchmarking. Dit is een pilot project van Siemens Duitsland.

Voorbeeld 2: Chemie concern BASF heeft digital twins toegepast voor de productie van expanded polystyrene (EPS). Men heeft eerst een gedetailleerd kinetisch model van het batchproces ontwikkeld en vervolgens met dynamische optimalisatietechnieken verbeterd. Het bedrijf constateerde een reductie van 30% van de batchtijd, wat leidde tot aanzienlijke energiebesparingen.



Figuur 12: Digital Twin - concept

Case 3 Digitale Twin

Technologie: gebruik van een digitale kopie van/voor het ontwerp en proces modellering, simulatie, controle, onderhoud en beheerregistratie van installaties.

Locatie: diverse locaties, o.a. Chemieconcern BASF Duitsland

Ontwikkelingsfase: in eerste toepassingen (demonstratie), verder R&D gaande

Voordelen: vergaande optimalisering van processen middels digitaal ontwerpen op basis van minimale benodigde materialen en energie. Kan toegepast worden voor bestaande installaties en nieuwe ontwerpen.

Energie en CO₂: voorbeeld BASF waar eerst een gedetailleerd kinetisch model van het batchproces expanded polystyrene (EPS) is ontwikkeld en vervolgens met dynamische optimalisatietechnieken verbeterd. Het bedrijf constateerde een reductie van 30% van de batchtijd, wat leidde tot aanzienlijke energiebesparingen.

Impact industrie: breed toepassingsgebied; veld is in ontwikkeling, met verbindingen naar sensing, artificial intelligence, servitization, zowel service industrie als procesengineers.

Case 4 Trillingsvrije koppeling voor elektromotor en applicatie

Technologie: Magneet koppeling

Locatie: Vlaardingen

Ontwikkelingsfase: uitrol

Voordelen: bij veel procesinstallaties worden pompen op 1 snelheid ingesteld (100%, 75%) en wordt verdere regeling uitgevoerd met regelkleppen (smoorkleppen). Dit is energetisch zeer ongunstig. Directe regeling van de pomp met een variabele magneetkoppeling is met name in ATEX-omgevingen (speciale industriële veiligheidsomgeving, in de procesindustrie) zeer aantrekkelijk. Andere (onderhouds) voordelen liggen in de trillingsvrije loop van de koppeling.

Energie en CO₂: besparingen van 10 tot 30% op applicatie energieverbruik.

Case 5 Big data en energiebesparing

Technologie: Artificial Intelligence or Computational Intelligence

Locatie: Groningen

Ontwikkelingsfase: van start up naar opschalen. Investeren in ontwikkeling van tools, sensors, efficiency en diensten; intensiveren van uitrol.

Voordelen: systematisch monitoren van energiegebruik op gedetailleerd niveau, maakt het mogelijk om met de kunstmatige intelligente afwijkingen te signaleren en proces en energieverbruik te optimaliseren.

Energie en CO₂: efficiency winst op energie en CO₂ emissies. Project voorbeelden van besparingen van 5% tot 30% op het energieverbruik.

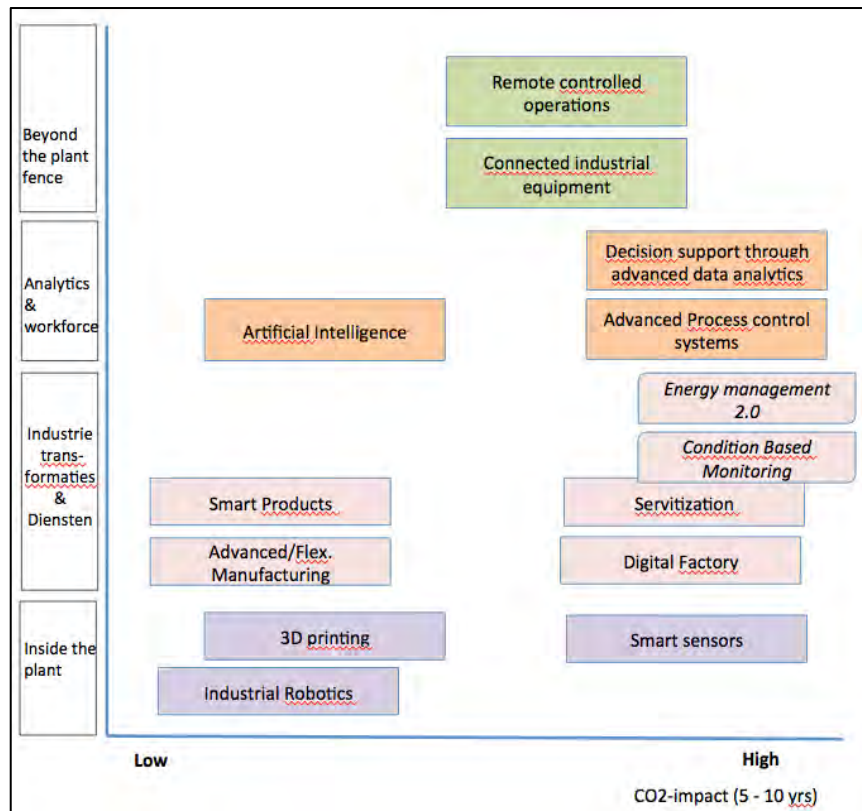
Impact industrie: klanten in de procesindustrie, waterbedrijf, farmacie (clean rooms). Verbreding naar allerlei typen industrie is mogelijk. Verdere ontwikkeling van technologie en diensten maken een breder toepassingsveld mogelijk.

4.4 Prioritering digitaliseringsthema's in de industrie – CO₂ impact

De belangrijke thema's uit oogpunt van potentiële CO₂-impact in de industrie en realisatietermijn (snelheid, omvang) liggen in de domeinen Equipment en Analytics en betreffen, zie Figuur 13:

- Smart Sensors
- Digital Factory (digital twins and Artificial Intelligence)
- Servitization
- Advanced Process Controls
- Decision support & Data analytics (Artificial Intelligence)

Het betreft technologieën voor 'in de fabriek' en de bijhorende randvoorwaardelijke of enabling technologieën zoals data analytics en decision support systemen. Voorbeeld toepassingen zijn bijvoorbeeld Energy Management 2.0 en Condition Based Monitoring. In het domein Servitization worden technologieën gekoppeld aan dienstverlening en bijhorende business modellen. De lijst van potentiële kansrijke toepassingen is lang en groeiend, waarvan de cases uit paragraaf 4.3 een eerste indruk geven.



Figuur 13: CO2-impact van de verschillende thema's (transformaties) en stakeholders

De thema's hebben veelal een sectordoorsnijdend karakter, zie Figuur 14, waar een detaillering naar industriesectoren is opgenomen.

Digitalisering Thema's	Industrietransformaties SI						Sectorbreed e/o Specifiek			
	Advanced Manufacturing	Smart products	Servitization	Digital Factory	Connected Factories	Sustainable Factory	Doorsnijdend	Basis/procesindustrie	Fijn chemie, kunststof	Productie (oa Food, Paper, Bouwmat.)
A Equipment										
1 Smart sensors		x	x	x			X			
2 3D-printing									X	X
3 Industrial Robotics	x									X
B Analytics and enabled workforce										
4 Advanced Process control systems							X			
5 Data analytics & Decision Support	x		x	x			X			
6 Digital Twin factories				x				X		X
7 Artificial Intelligence	x			x			x	X		
C Connectivity										
8 Remote controlled operations		x	x				(X)	X	X	X
9 Connected industrial equipment		x	x				X			
10 Connected supply value chains					x		X			

Figuur 14: Toepassingen van Thema's naar sectoren voor digitalisering en EEA

4.5 CO₂ emissiereductie Industrie

Deze paragraaf geeft een korte uitwerking van de potentiële CO₂ impact voor Aandrijfsystemen en Digitalisering.

Onderzoek naar de mogelijke bijdrage van *digitalisering* aan de reductie van emissies en grondstoffenverbruik zijn schaars, vanwege het nieuwe doorsnijdende karakter en de complexiteit van de materie en mogelijk ook de innovatiesnelheid. Onderstaand 2 bronnen:

Het internationale 'GeSI Smart 2030' onderzoek, met een verbijzondering voor Nederland^{xiii}, laat voor 2030 een CO₂ emissiereductie van 74 Mton zien via de toepassing van ICT technologie voor de Nederlandse samenleving in alle geledingen. In de industrie levert 'smart manufacturing', en met name process automation en engine optimization een belangrijke bijdrage (20% van de reductie) aan deze reductie. Economische voordelen zijn becijferd op 74 mrd euro, waarvan de helft als extra omzet, en 30% als kostenbesparingen voor stakeholders. De rapportage noemt voor Smart Manufacturing de volgende technologieën: Augmented reality devices, Cyber-physical systems (CPS), Data analytics & cloud computing, Drones & Robotics, Embedded system production technology, Global network, Industrial Internet of Things (IoT) and Machine-to-Machine (M2M), 3-D printing.

Voor de Sectortafel Industrie (Menukaart Innovatie) – in het kader van het Klimaatakkoord – is bij Marsroute A (Energie Efficiency) Geavanceerde procescontrole en digitalisering genoemd met een reductiepotentieel van 1-2 Mton CO₂ in 2030.

CO₂ emissiereductie met Aandrijfsystemen en Digitalisering

Op basis van de gegevens van individuele projecten en verdere onderzoeksgegevens van genoemde digitaliserings-thema's naar sectoren (in par. 4.2 - 4.4) bedraagt de potentiële CO₂ impact 5,6 tot 8,8 Mton CO₂-reductie, ofwel 32 tot 52 PJ.

Dit potentieel bestaat uit de CO₂-impact van

- brede toepassing van efficiënte aandrijfsystemen in de industrie⁸: 4,5 Mton CO₂ (23,6 PJ) (zie ook paragraaf 3.2), en
- digitalisering met de bovengenoemde thema's: 1,0 – 4,0 Mton (5 tot 21 PJ per jaar)⁹. en
- reductie op verbruik voor warmteprocessen: 0,4 – 1,3 Mton (4 tot 12 PJ per jaar).

In deze benadering ligt er een potentiële overlap in het toerekenen van de besparingen, door definitie van toepassing, van technologie. Figuur 15 geeft de twee CO₂-impact-gebieden schematisch weer: efficiënte aandrijfsystemen en de digitalisering daarvan op systeemniveau. Met een conservatieve benadering bedraagt het overall, gecombineerde potentieel 5,2 – 7,5 Mton CO₂, 7,7 – 11 TWh per jaar (28 – 40 PJ)¹⁰. Dit betekent een CO₂-besparingspotentieel van 18 - 26% op het industriële elektriciteitsverbruik.

Dit reductiepotentieel is volledig geënt op het elektriciteitsverbruik. Met het inbrengen van digitale technologieën ligt het zeer voor de hand dat er ook een reductiepotentieel is aan de zijde van de warmteprocessen. Bijvoorbeeld bij de optimale processturing middels de

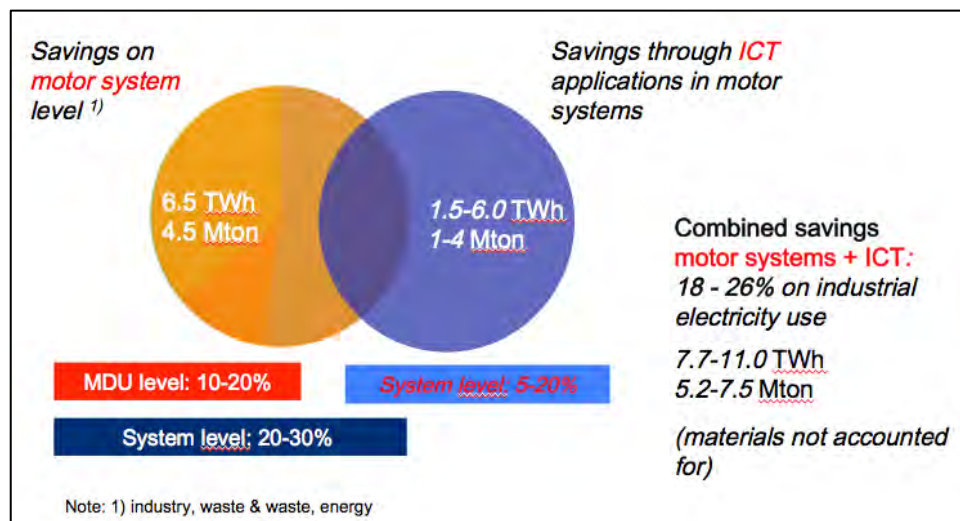
⁸ Industrie inclusief energie en watersector (SBI C, D, E)

⁹ Niet gecorrigeerd voor dubbeltelling met aandrijfsystemen. Gecorrigeerd is dit 0,8 – 3,0 Mton (4 – 16 PJ).

¹⁰ Exclusief besparingen op warmte.

aandrijvingen van bijvoorbeeld industriële verwarmingspompen liggen er ook reducties aan de warmteproductie zijde. Wanneer we deze effecten globaal kwantificeren op 1% tot 3% van het warmteverbruik in de industrie (SBI C), betekent dit met 1% besparing een extra resultaat van 4 PJ (0,4 Mton CO₂reductie) en met 3% 12 PJ (1,3 Mton CO₂reductie).

Een kwantificering van de parallel mogelijke CO₂-emissiereducties via materialen is hier niet in opgenomen.



Figuur 15: Besparingen via Aandrijvingen en Digitalisering

Termijn

Het potentieel heeft een bepaalde minimale realisatietermijn (termijn waarop grootschalige industriebrede toepassing mogelijk is).

Technologieën als bijvoorbeeld sensoren met analytics kunnen op kortere termijn een bredere toepassing krijgen, bijvoorbeeld voor 2030. En voor andere technologieën geldt dat dit op langere termijn mogelijk kan worden, met een blik naar 2050.

Voor de periode tot 2030 bedraagt het potentieel 3,8 tot 6 Mton, zie Tabel 16.

Barrières die een snelle, brede toepassing tegenhouden zijn bijvoorbeeld onbekendheid met technologische mogelijkheden, onvoldoende capaciteit (en kennis) toeleveringsketen, en verwachte hoge(re) kosten voor implementatie (rentabiliteit).

Voor de periode 2030-2050 zijn ontwikkelingen vereist op het gebied van bijvoorbeeld Procesvernieuwing – intrinsiek efficiëntere unit operations, en Digitalisering – Industrie 4.0; nu op te pakken als pilotprojecten.

Voor de periode na 2030 bedraagt het potentieel 1,6 tot 2,6 Mton.

Voor het potentieel tot 2020 is uitgegaan van de doelstellingen van het Auditprogramma, zoals dit op korte termijn zou moeten gaan starten.

	Mton	PJ
Totaal (min. variant)	5,6	32
tot 2020 (Audit prog)	0,2	1,0
wv. aanvullend	0,2	0,9
wv. staand	0,0	0,1
na 2020	5,5	31
wv. 2020-2030	3,8	21
wv. na 2030	1,6	9
Totaal (max. variant)	8,8	52
tot 2020 (Audit prog)	0,2	1,0
wv. aanvullend	0,2	0,9
wv. staand	0,0	0,1
na 2020	8,6	51
wv. 2020-2030	6,0	36
wv. na 2030	2,6	15

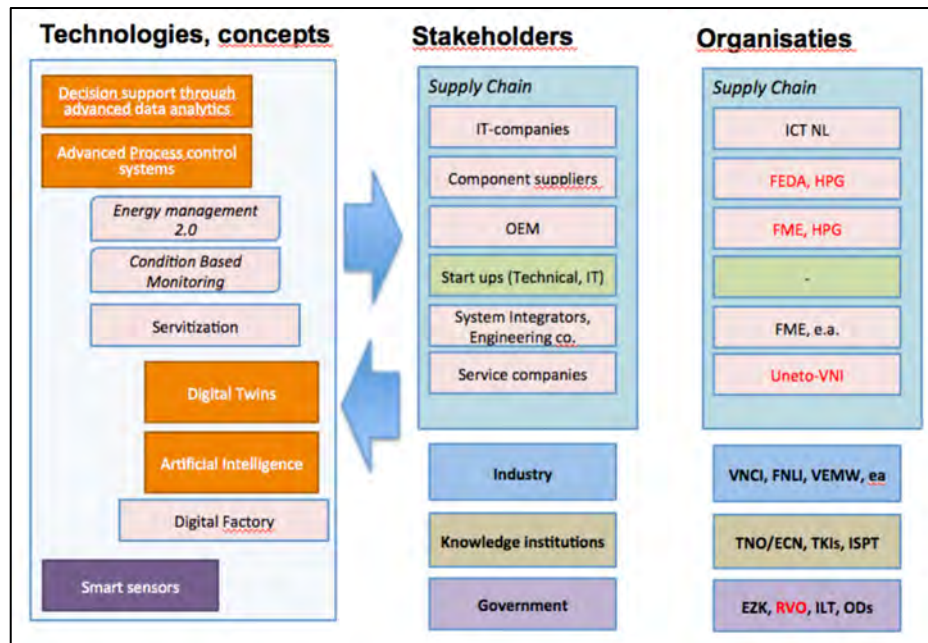
Tabel 16 Benadering realisatietermijnen

4.6 Stakeholders

Vanuit de perspectieven van CO₂-emissiereductie (energieverbruik, transitiepaden), digitalisering en groeiemarkten zijn de belangrijkste stakeholders:

1. Industrie
 - Toeleveranciers, dit zijn sectoren van grondstoffen en halffabrikaten
 - Maakindustrie of Eindfabrikanten, dit zijn de 3 genoemde sectoren, met productie van eindfabrikaten
 - Overige industrie
2. Technische dienstverleners
 - service bedrijven, system integrators, ingenieursbureaus
3. Start-ups en ICT sector
4. Kennisinstellingen (R&D – economie)
 - Universiteiten, Hogescholen, Instituten/Labs
5. Overheid (stimuleren emissiereductie, concurrentiekracht)
6. En de diverse samenwerkingsplatformen en -verbanden.

In Figuur 17 zijn de thema's en stakeholders weergegeven.



Figuur 17: Identificatie van 1 op 1-verbanden tussen ICT thema's en stakeholders

- Binnen industrie sectoren bestaat grote diversiteit aan productieprocessen, energieverbruik, en productiepark (machines en systemen).
- Sectoren zijn met elkaar verbonden via toelevering van grondstoffen en halffabricaten; van componenten en machines, en in toenemende mate van diensten.
- De rol van dienstverlening in de industrie groeit; met daarbij 'samenwerking' tussen bedrijven (industrie en start-ups; system integrators en toelevering) als een van de sleutels voor groei.
- Kennisinstellingen en overheden hebben een innoverende (middels regeling, financiering en regelgeving) rol, alsmede een controlerende rol (milieu en klimaatwetgeving)

5. Conclusies en Aanbevelingen - Groeimarkten en CO₂-emissiereductie, kansen voor ICT en Efficiënte Aandrijfsystemen in de industrie

In dit hoofdstuk worden conclusies gepresenteerd voor groeimarkten en CO₂-emissiereductie en de kansen voor ICT en Aandrijfsystemen. Paragraaf 5.2 geeft vervolgens aanbevelingen voor de overheid en stakeholders om dit potentieel zo goed als mogelijk te gaan benutten in de voorliggende jaren. Deze rapportage betreft een eerste verkenning van een breed domein met grote potenties in relatie tot energie- en klimaatdoelstellingen dat in nabije toekomst nadere uitwerking verdient.

5.1 Conclusies

- Onderzoeken naar de rol van groeimarkten bij de link tussen digitalisering en besparingen op energie en CO₂-emissies en grondstofgebruik zijn in een verkennend stadium; kwalitatieve (internationale) studies zijn recent of worden uitgevoerd, waarin de potentie van digitalisering en klimaatbeleid / efficiency-voordelen voor de industrie duidelijk naar voren komen.
- In deze beknopte verkenning is een eerste kwantificering uitgewerkt, op basis van een aantal pilot projectresultaten, case studies en verdere analyses (nationaal en internationaal). Daarbij ligt een korte en langere termijn van realisatie voor.
- De definities van de diverse thema's is niet vastomlijnd; sterker: hier is sprake van een breed werkveld van verschillende technologieën, componenten en concepten, waarbij de benamingen soms doorelkaar heen worden gebruikt.

Energie en CO₂ impact

- In de industrie ligt een groot energie-besparingspotentieel via het optimaliseren van *elektrische aandrijfsystemen* (24 PJ, 6,5 TWh) met een direct effect in CO₂ emissiereductie van circa 4,5 Mton (2015).
- De CO₂-impact van *digitalisering* bedraagt 0,8 – 3 Mton (1,1 tot 4,5 TWh)¹¹ per jaar, met de thema's Smart Sensors, Digital Factory (digital twins and AI), Servitization, Advanced Process Controls, en Decision support & Data analytics (Artificial Intelligence).
- Met het combineren van digitale technologieën in aandrijvingen ontstaat er ook een reductiepotentieel aan de zijde van de *warmteprocessen*; een globale kwantificering geeft een extra resultaat van 0,4 Mton – 1,3 Mton CO₂ emissiereductie (4 – 12 PJ) met 1% tot 3% besparing op het warmteverbruik.
- Het gezamenlijke CO₂-reductiepotentieel bedraagt 18 tot 26% op het industriële elektriciteitsverbruik¹². Inclusief de besparingen op warmteprocessen betekent dit een totaal potentieel van 5,6 tot 8,8 Mton CO₂-reductie (32 tot 52 PJ). Een kwantificering van de parallel mogelijke CO₂-emissiereducties via materialen is hier niet in opgenomen.

Groeimarkten

De omvang van mogelijkheden voor besparingen en emissiereducties in de industrie is zeer aanzienlijk. Evenals de relatief korte termijnen waarop realisatie moet gaan plaats vinden. De

¹¹ Gecorrigeerd voor dubbeltelling met besparingen op aandrijfsystemen

¹² Industrie SBI C, inclusief Energiesector en Afval & Water (SBI D en E)

combinatie van aandrijftechnologie, digitalisering en diensten vindt weerklank bij een groeiend aantal nieuwe bedrijven (IT, Tech en service) en gevestigde industriële bedrijven. Op basis van het potentieel (Mton CO₂) betekent dit een investeringsomvang van 1,5 tot 2,5 mrd euro voor de industrie de komende tientallen jaren.

Termijnen

- Dit potentieel heeft een realisatietermijn, waarbij technologieën als sensoren met analytics op korte termijn een bredere toepassing kunnen krijgen, en andere technologieën juist op iets langere termijn.
- De uitvoeringsagenda voor het oogsten van de besparingen met efficiënte aandrijfsystemen kent routes via het stellen van minimum efficiency eisen voor een aantal componenten en motor driven units, en via programma's gericht onder meer op energie efficiency, audits, systeemoptimalisatie, kennisdelen en opleidingen. De combinatie maakt de programma's effectief.
- Voor de vergaande CO₂-emissiereductie-doelen op middellange en langere termijn (EU 2030 en 2050) zijn transitiepaden in ontwikkeling, waarbij digitalisering, aandrijvingen en efficiency in warmte en elektrisch gedreven processen belangrijke dragers kunnen worden. Technologie-transities zijn daarbij van groot belang: zoals bijvoorbeeld elektrificatie.
- Voor de periode tot 2020 bedraagt het potentieel 0,2 Mton, voor de periode 2020-2030 bedraagt het potentieel 3,8 tot 6 Mton, en voor de periode na 2030 1,6 tot 2,6 Mton.

Samenwerking

- In het Smart Industry programma is een aantal digitaliseringsthema's opgenomen. Focus ligt op het opzetten en uitvoeren van pilots, en ontwikkelingen van technologieën, identificeren van benefits voor industriële bedrijven en toeleveringsindustrie (maakindustrie).
- Binnen de Smart Industry Agenda 2018 - 2021 is er geen koppeling tussen (of identificatie van kansen van) digitalisering en CO₂-emissiereductie. Het programmabureau heeft wel de wens om hiermee op korte termijn een stap te zetten.

Specifieke thema's

- Belangrijke digitaliseringsthema's uit oogpunt van potentiële CO₂-impact in de industrie en realisatietermijn (snelheid, omvang) liggen in de domeinen Equipment en Analytics en betreffen:
 - Smart Sensors
 - Digital Factory (digital twins and AI)
 - Servitization
 - Advanced Process Controls
 - Decision support & Data analytics (Artificial Intelligence)
- De bovengenoemd thema's bieden zeer goede dragers om gecombineerd met het werkveld 'aandrijvingen' verdergaande CO₂-emissiereductie in de industrie te bewerkstellingen.
 - Digitale toepassingen bieden de mogelijkheid op transparantie, (systeem)analyses, en monitoring – e elementen die waardevol zijn bij aandrijf-systeemoptimalisatie.

- Het adresseren van efficiency mogelijkheden in aandrijfsystemen gaat 1-op-1 samen met veel van de verbindingen die “digitalisering in de fabriek” met zich mee brengt.
- Digitalisering is continu in ontwikkeling: de technologie, aanbieders, en toepassingen. Op dit moment zijn er veelbelovende pilots gestart. Voor een bredere uitrol is verdere begeleiding en ondersteuning noodzakelijk.
- De vraag vanuit de industrie naar digitale oplossingen – gerelateerd aan CO₂-reducties – is op dit moment nog mager.
- De toepassing(sgraad) van (autonome) ICT toepassingen voor sturing en controle in de industrie is momenteel laag; in termen van versies geeft Industrie 3.0 (gebruik van computer en automatisering de industrie; met inzet van programmeerbare logica-controllers, en van robots voor assemblagelijnen) de huidige staat beter weer. Grootschalige toepassing van Industrie 4.0 is iets voor 2030-2050.
- De internationale component is sterk, d.w.z. Nederland kan profiteren van internationale samenwerking, leren van pilot resultaten aldaar, en er ligt potentieel een goede export markt voor digitale oplossingen voor de industrie.

5.2 Aanbevelingen

Op basis van de voorgaande conclusies geeft deze paragraaf een aantal vervolg stappen aan om het emissiereductie potentieel van de twee domeinen aandrijfsystemen en digitalisering in de industrie verder te ontwikkelen en te oogsten, met onderscheid naar stappen gericht op kortere en langere termijn:

Kennis

Ontwikkel meer kennis van en inzicht in de CO₂-emissiereductie kansen van dit werkveld. Tot op heden ligt de focus op energie-efficiency en op economische voordelen als concurrentiekracht via flexibilisering, en nieuwe producten en diensten. Deze aspecten gaan samen, versterken elkaar, echter de insteek CO₂-emissiereductie biedt nieuwe kansen: vanuit overheidsbeleid, vanuit duurzaamheidsdoelen, nationaal en mondiaal. Het werkveld biedt ‘multiple benefits’ waarvan kostenreductie, concurrentiekracht en CO₂-reductie de belangrijkste zijn. De link naar de maak- en procesindustrie en digitalisering bieden bovendien extra exportkansen.

Concreet:

- Zoek aansluiting bij een selectie van pilots (zie Bijlage III – shortlist) die momenteel starten, lopen (veelal onder de vlag van Smart Industry, bij een aanzienlijk aantal deelnemers – groot bedrijf, kennisinstelling, mkb bedrijven als maakindustrie, servicebedrijven en technische start-ups).
- Zorg dat energie en CO₂ onderdeel wordt bij Smart Industry, en bij de invulling van de Skills Labs van Smart Industry.
- Programmeer nadere onderzoeksacties om 1) aspect CO₂-reductie kwalificeren en kwantificeren), met inbegrip van identificatie van eventuele barrières (voor implementatie) en manieren om dit op te heffen, 2) definitie van toegepaste technologieën naar proces, product (voor herkenbaarheid, communicatie en beleidsvorming).
- Ook voor de korte termijn is verdere ondersteuning (bij de pilots) wenselijk. Vooralsnog lijkt de industrie terughoudend, en van nature maakt men kleine stappen vooruit; techniek

moet eerst bewezen zijn voordat grotere toepassing plaats vindt. De successen moeten worden uitgenut, met focus op uitrol en communicatie.

- In samenspraak met genoemde Pilots (Smart Industry, en internationale voorbeelden)
- Identificeer (in samenspraak) behoeften om tot opschaling te komen;
 - Dit houdt in: ondersteunen van pilot-projecten (waar nodig) om naar volgende ontwikkelingsfase te komen. Dit kan zijn: communicatie, verdere technologie-ontwikkeling, financieringen, vraagstimulering, e.d. Innovaties kennen typische ontwikkelingsfasen waarbij de stap van eerste toepassers naar opschaling een cruciale en moeilijke is.
 - Ook het stimuleren van de vraag vanuit de industrie naar digitale oplossingen – gerelateerd aan CO₂-reducties – dient te worden opgepakt. Dit kan via bewustwording, met behulp van cases en dergelijke. En door de noodzaak om aan CO₂-reductie te werken sterker aan te zetten.
 - Aan de zijde van de toelevering (Aanbodzijde) zullen ‘slagen gemaakt’ moeten worden: qua capaciteit (kennis en kunde) bij de bedrijven (aanbieders). Vraagstimulering (bv. via zichtbare handhaving op EE en CO₂-reductie), kennisuitwisseling, mobiliseren en voorzien in (toegespitste) vakopleidingen kunnen hier van nut zijn.
- Maak onderscheid tussen de kansen van digitalisering en aandrijvingen **op korte termijn**, en de wat **langere termijn**. Dit kan het beste op basis van een verdere typering (definitie) van de verschillende domeinen (innovaties).
 - Leg daarbij verbinding met de Topsector Energie (TKI Energie en Industrie, Digitaliseringsagenda), ISPT (Institute for Sustainable Process Technologies) en een enkele Technische Universiteit en Hogeschool. Initiatieven moeten worden afgestemd, en een gezamenlijke agenda worden ontwikkeld met oog op kennisontwikkeling, -uitwisseling en opschalen naar uitrol.
- Voer onderzoek uit naar detaillering van specifieke thema's, besparingsmogelijkheden (CO₂, materiaal, kosten (algemene benefits), om zo de agenda verder aan te scherpen en verdere kansen en prioriteiten te kunnen aanbrengen.
- Werk hierbij internationaal samen via het IEA Technical Cooperation Program 4E EMSA (Electric Motor Systems Annex), alwaar het thema digitalisering een van de programmataken kan worden, en via het TKI, ISPT en anderen waar relevant.

Beleidsinstrumentarium

- Check of het werkveld (EEA en Digitalisering) voldoende in het huidige beleidsinstrumentarium is opgenomen, en vul aan waar mogelijk, waar gewenst;
Erkende maatregelenlijsten
 - Check op opname van het domein aandrijving/ICT in de erkende maatregelenlijsten; hierbij gaat het om bovenwettelijke zaken, zoals bijvoorbeeld toepassen van IE4- of IE5-motoren; en optimalisering van de MDU, dus ook de overbrenging, toepassen van regelaars, optimalisering van werkpunten en het aandrijfsysteem.

- Check op de mogelijkheid van opname van advanced monitoring systemen in combinatie met aandrijvingen in de lijsten. Hiervoor is een goede definitie vereist (van de type systemen die hieronder vallen), denk daarbij aan de analogie met GebouwBeheerSystemen.
- Zorg voor frequente actualisatie van de erkende maatregelen voor het domein aandrijving/ICT, gezien de ontwikkelingen is elke twee jaar updaten aan te bevelen

Energie-InvesteringsAftrek (EIA)

- Analyseer het EIA gebruik voor het domein efficiënte aandrijvingen/ICT en voeg indien gewenst onderwerpen toe.

IP2020

- Analyseer de uitkomsten van de IP2020 audit aanpak en vervolg uitrol in kader van programma verduurzaming industrie.

EED en ISO 50001 en 50002

- Breng relevante kennis van efficiënte aandrijvingen/ICT in bij ISO 5000/50002 en EED audit trajecten.

Internationaal Energie Agentschap 4E EMSA (Electric Motor Systems Annex)

- Vervolg in IEA 4E EMSA de internationale kennissamenwerking en breng namens Nederland digitalisering, impact op efficiënte aandrijvingen in.

- Vervolg de nationale kennisnetwerksamenwerking met Uneto-VNI, FEDA en HPG en zorg dat kennis steeds wordt meegenomen in de update van de erkende maatregellijsten.
 - Betrek verdere stakeholders (bij Aandrijvingen en Digitalisering) bij het KEEA en bij het vormen van het bovengenoemd programma-delen.
 - Onderzoek of en hoe de technische en IT-start-ups (werkzaam in dit werkveld) zijn aan te spreken en verder te betrekken. Deze partijen vormen, samen met de toelevering, zijnde service industrie en component leveranciers belangrijke partijen om de 'uitrol' te verbreden. Ook vanuit export potentieel verdient deze groep van bedrijven aandacht.
 - Werk samen met Topsector Energie (TKI Energie en Industrie, Digitaliseringsagenda), ISPT (Institute for Sustainable Process Technologies) en een enkele Technische Universiteit en Hogeschool ontwikkelingsagenda uit voor komende periode.
 - Werk een programma uit met een meerjarenplanning, waarmee het CO₂-reductie potentieel van de twee domeinen (aandrijfsystemen en digitalisering), verder geagendeerd en benut kan gaan worden.
 - Voeg deze actie(s) in de Nationale Digitaliseringsstrategie toe voor domein Energie, vb. Een aanpak met inzet van condition based monitoring leidt tot veel energiedata waarmee gestuurd kan worden op CO₂ reductie.
 - Benoem in de Smart Industry Fieldlabs een aparte lijn efficiënte aandrijving/ICT als onderdeel van het Skills Labprogramma.
- Vraag de participanten in KEEA en ICT Nederland om deze rapportage in te brengen in het overleg over het Klimaatakkoord 2.0, en sluit aan/in afstemming met het te sluiten Klimaatakkoord 2.0 en de nadere uitwerking daarvan.

Gegeven het beknopte en verkennende karakter van dit onderzoek wordt aanbevolen verdere verkenningen uit te voeren naar het terrein van digitalisering, energie en aandrijvingen in de industrie, en verder onderzoek te doen naar gegevens, data en ontwikkelpaden voor de geschetste mogelijkheden.

Glossary

EEA	Efficiënte Elektrische Aandrijfsystemen
Digitalisering	De conversie van analoog naar digitaal.
Digitalisering	Digitalisering beschrijft de toenemende toepassing van digitale technologieën (dat wil zeggen ICT) in de hele economie, inclusief energie, om gewenste resultaten te bereiken, zoals verbeterde veiligheid, efficiëntie en productiviteit. De trend naar meer digitalisering wordt mogelijk gemaakt door vooruitgang in gegevens, analyses en connectiviteit: toenemende gegevensvolumes dankzij de dalende kosten van sensoren en gegevensopslag, snelle vooruitgang in geavanceerde analyses en rekenmogelijkheden en een grotere connectiviteit met snellere en goedkopere gegevensoverdracht.
ICT	Informatie-en communicatietechnologie. In deze publicatie in de ruimste zin van het woord (d.w.z. digitale technologieën) gebruikt om alle soorten digitale apparatuur zoals sensoren, verbonden apparaten, netwerkapparatuur en infrastructuur (bijvoorbeeld datacenters en netwerkkabels) te omvatten.
Predictive Maintenance	Voorspellend onderhoud verwijst naar de mogelijkheid om gericht onderhoud uit te voeren om een mogelijk probleem aan te pakken voordat het gebeurt of verergert, waardoor schade of uitvaltijd wordt veroorzaakt. Voorspellend onderhoud is gebaseerd op directe metingen van de realtime status van componenten.
Smart controls	ICT-geschikte apparaten, zoals besturingssystemen voor gebouwen, die op een adaptieve of voorspellende manier beslissingen kunnen nemen op basis van sensoren en gegevens en mogelijk met behulp van leeralgoritmen. Bijvoorbeeld, slimme LED-verlichting is verbonden met en kan communiceren met gebouwbesturingssystemen om verlichtingsdiensten te voorspellen en te regelen in relatie tot aanwezigheid van de bewoner, routine en daglichtomstandigheden.

BIJLAGEN

Bijlage I Lijst van bedrijven en organisaties

Bijlage II Industrieel elektriciteitsverbruik en besparingspotentieel Aandrijvingen

Bijlage III Smart Industry Thema's, met kernpunten voor energie, emissie en grondstoffen

Bijlage IV Achtergrond informatie Transitiepaden

Bijlage V Kernpunten Nederlandse bijdrage aan Internationaal Energie Agentschap 4E EMSA fase 4 – Digitalization in Motor Systems

Bijlage I Overzicht van Organisaties – welke in het kader van de Verkenning zijn bezocht of waar een gesprek is gevoerd met vertegenwoordiger van de organisatie

Kennisinstellingen

TNO

3D Kenniscentre

IEA

IEA 4E EMSA

TKI Energie & Industrie

TKI Energie

UvA

Dienstverleners / toeleveranciers

PPA - Endress Hauser

Facta

Engie

Advantec

Unica Industry - Profa Automation

Bosma & Bronckhorst

IFM Electronic

Hollander Techniek

IMS Internation

Ergo Design - industrial engineering

Hellebrekers Technieken - Industriële Automatisering

ABB - automation

Siemens

Schneider

Eon

Start ups (scale ups)

SemioticLabs

enerGQ B.V.

Zytec

Sitech

Intermediaire Organisaties

RVO - liaison

Nederland ICT

Fieldlab Campione

Smart Industry

Bijlage II Industrieel elektriciteitsverbruik en besparingspotentieel Aandrijvingen

Finaal energieverbruik	2015			Emissies Mton CO2 **)
	Totaal PJ	Elektriciteit PJ *)	twh	
Industrie - directe emissies		531	13	43,4
Industrie - indirecte emissies			110	20,8
totaal Industrie	531	123		64,2
Noten				
*) 13,1 PJ elektriciteit via wkk industrie				
**) CO2 emissiefactor vlgs referentiepark methode (0,68 kg CO2/kWh - 2015)				
Bronnen: CBS energiebalans, NEV 2017, VEMW				

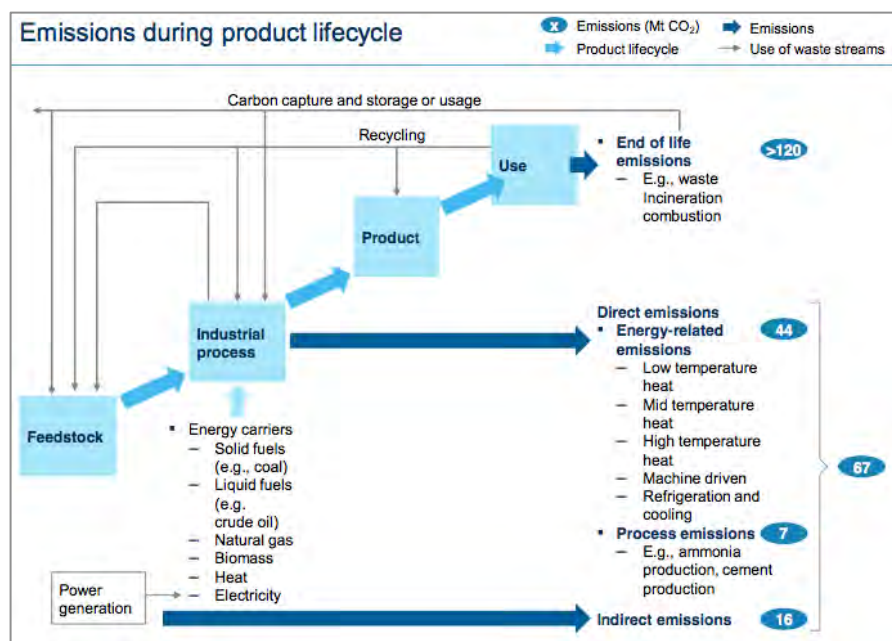
Tabel Finaal energieverbruik Industrie (SBI C) en CO2 emissies

Finaal verbruik	2015		
	Totaal PJ	Elektriciteit PJ	Emissies Mton CO2
Industrie (SBI C)	530,6	123,2	43,4
Energievoorziening (SBI D)	180,2	21,9	54,4
Afvalbeheer, waterbedrijven (SBI E)	16,7	7,9	9,8
Totaal Industrie '+'	728	153	107,6
Noten: 13,1 PJ elektriciteit via wkk industrie; 110 PJ elektriciteit via energiesector; CO2 emissiefactor vlgs referentiepark methode (0,68 kg CO2/kWh - 2015)			

Tabel Finaal energieverbruik Industrie (SBI C) en CO2 emissies

	Final use		CO2-emissions		Savings efficient motor systems	
	Total Energy (2015) PJ	Electricity PJ	Electricity TWh	Electricity Mton CO2 *)	Electricity PJ	CO2-emissions Mton CO2 *)
Industry						
<i>technologische industrie</i>						
Base metal ferrous	40	10	2,7	1,8	1,5	0,3
Base metal non-ferrous	12	8	2,1	1,4	1,2	0,2
Chemical	273	45	12,4	8,5	6,9	1,3
Metal products	20	10	2,8	1,9	1,6	0,3
Vehicle manufacturing	5	2	0,6	0,4	0,3	0,1
Other	5	1	0,2	0,2	0,1	0,0
<i>overige industrie</i>						
Construction materials	24	4	1,2	0,8	0,6	0,1
Food and beverage	84	23	6,4	4,3	3,5	0,7
Pulp and paper, board	24	9	2,4	1,6	1,3	0,3
Other	45	12	3,4	2,3	1,9	0,4
Total Industry (SBI C)	531	123	34	23	19,0	3,6
Industry-plus						
Energy sector (SBI D)	180	22	6	4,1	3,4	0,6
Waste and Water (SBI E)	17	8	2	1,5	1,2	0,2
Total Industry'+ (SBI C, D, E)	728	153	43	29	23,6	4,5

Tabel Finaal energieverbruik Industrie+ (SBI C) en CO2 emissies



Bron: VEMW/Mckinsey

Bijlage III Selectie van Smart Industry Transformatiepaden met kernpunten voor energie en emissie-reducties

1. Advanced Manufacturing *Slim Produceren*

Industrietransformatie (Smart Industry)

Een Nederlandse fabriek levert steeds vaker foutloze producten doordat elke productiestap 100% wordt gecontroleerd. Door altijd binnen de specificaties te blijven aan de uitgangzijde van een productiestap, zijn de ingangs- condities van iedere vervolgstap steeds hetzelfde. Niet alleen is verdere automatisering en bijvoorbeeld robotisering dan mogelijk, maar belangrijker is dat zero defect veel vervolgkosten vermijdt. Zero defect heeft gevolgen voor alle equipment, vereist hogere nauwkeurigheid (micro-/nano-niveau) en uitgebreide data logging. Als dat gerealiseerd is, wordt een volgende stap naar mass customization mogelijk omdat instel- en aanloopverliezen dan ook kleiner worden. Advanced gaat verder dan kwaliteitscontrole. De huidige beschrijving gaat over de situatie waarbij je nog alles checkt. Terwijl we toe gaan naar een situatie met veel datameting, -opslag én analyse in combinatie met machine learning. Dus een digitale fabriek die afwijkingen in processen kan voorspellen, zonder continue kwaliteitsmetingen te hoeven doen.

Kernpunten & (mogelijke) link met CO2 emissiereductie

Kern

- Minder afval (foutloos, zero defects)
- heeft gevolgen voor alle equipment
- instel- en aanloopverliezen worden kleiner
- Nu: nog alles checken
- Naar: een situatie met veel datameting, -opslag én analyse in combinatie met machine learning
- Digitale fabriek (zie 5.) die afwijkingen in processen kan voorspellen, zonder continue kwaliteitsmetingen

CO2:

- Grondstoffen: minder (%)
- Energie: minder waste-productie (%)

4. Servitization *Slimme Diensten*

Industrietransformatie (Smart Industry)

Nederlandse productleveranciers ontwikkelen zich tot een serviceprovider die zowel producten als diensten levert of hebben de verdienmodellen van hun serviceorganisatie uitgebreid. Voorbeelden zijn leasediensten met bijbehorende financieringen van hardware producten, maar ook condition-based maintenance door middel van remote monitoring van installaties. Het eerste wordt steeds meer mogelijk door toepassing van bijvoorbeeld Internet of Things (IoT), 5G en blockchain technologie zodat een leverancier die zelf hardware/ software bouwt, beheert, onderhoudt en kan terugnemen, alles kan volgen. De ontwikkeling van (digitale) platform oplossingen waarin meerdere toepassingen en meerdere componenten samen komen, spelen hier een belang- rijke rol. Een voorbeeld is de inzet van Artificial Intelligence op de verzamelde data van (vele) sensoren voor remote monitoring ten behoeve van voorspellend onderhoud.

Kernpunten & (mogelijke) link met CO2 emissiereductie

Kern

- Met expertise (leverancier) naar minimale energy use per unit; Optimale benutting van lijnen
- Enabler van remote/cond.based-maintenance; as-a-service

CO2:

- Grondstoffen: minder (%)
- Energie: state-of-the-art technologie (ipv verouderd, niet optimaal) (%)

5. Digital Factory

Digitale Fabriek

Industrietransformatie (Smart Industry)

Een Nederlandse fabriek is intern digitaal naadloos (en veilig) verbonden, van kantoor, design, productie, logistiek tot aan onderhoud en beheer toe. Van alle producten, processen, equipment is een digitale twin beschikbaar van/voor ontwerp, visuele (AR/VR) en proces modellering, simulatie, control, onderhoud en beheerregistratie. En middels verzamelde data zullen met Artificial Intelligence algoritme steeds meer processen automatisch verlopen. Naast de CAD-versie van een object zijn ook Big Data management, IoT-koppelingen en data storage (proces- en onderhouds- data) van het gebruik van belang. Met al deze digitale modellen, data en koppelingen is het mogelijk de toestand van een fabriek te bewaken, te optimaliseren en veranderingen te simuleren. Ook kunnen vanuit de verzamelde historische waarden AI-algoritmen worden getraind. Veel sensoren, equipment en systemen verzamelen meer data dan momenteel worden gebruikt. AI-toepassingen gaan ervoor zorgen dat dit snel gaat veranderen. Nederlandse ondernemingen zorgen ervoor dat deze data, modellen en algoritmen binnen eigen beheer blijven.

Kernpunten & (mogelijke) link met CO2 emissiereductie

Kern

- Beter ontwerp (tools)
- Beter onderhoud (TCO, integraal) alle equipment
- Monitoring + optimalisatie (simulatie, control, onderhoud en beheerregistratie)
- Nu: gefractioneerd; geen overzicht; geen data voor analyse (integraal)

CO2:

- Energie: optimale inzet (%)
- incl. uitwisseling (Q/E), Q->E transitie), inzet DE
- Grondstoffen: in slijpstream; minder (%)

Short list van Fieldlabs

– Selectie voor 'Digitalisering en CO2-emissiereductie'

2. Region of Smart Factories

Concepten voor de Fabriek van de Toekomst, met focus op foutloos produceren en 'First-Time-Right' productontwikkeling.

8. Smart Connected Supplier Network

Informatie-uitwisseling in de toeleverketen efficiënter te laten plaatsvinden door standaardisatie en interoperabiliteit. Start met ERP software.

9. FIELDLAB CAMPIONE

In procesindustrie onderhoud 100% voorspelbaar maken. Condition Based Maintenance: sensoren monitoren de status van installaties om precies te voorspellen wanneer onderhoud nodig is. De fabrieksinstallaties worden beter beschikbaar, tegen lagere kosten.

10. FLEXIBLE MANUFACTURING

Productieprocessen flexibeler te maken met inzet van o.a. robotica, ICT en operator support systemen. Het eenvoudiger, foutloos en flexibeler produceren van grote product-mix in kleine series door kortere omsteltijden en zero programming.

25. INDUSTRIAL ROBOTICS

Gecertificeerde opleidingen

26. TECHNOLOGIES ADDED

Eerste Shared Smart Factory met een gedeelde productielocatie voor Smart Manufacturing, incubators en dienstverleners op het vakgebied.

29. HIGH TECH SOFTWARE COMPETENCE CENTRE

31. DUTCH GROWTH FACTORY

Versnellen de digitale transformatie van maakbedrijven naar nieuwe markten.

32. TECHPORT

Real time data uit fabrieksinstallaties te koppelen aan productie- data en kwaliteitsdata en zo een volledige integratie van data -en daarmee sturing- in de procesindustrie te realiseren: resultaat; 100% voorspelbaar onderhoud van installaties en optimale inzet van productiemiddelen met een maximale output tegen minimale kosten.

Bijlage IV Informatie Transitiepaden – uit Menukaart Innovatie – Sectortafel Industrie

(TKI E&I; vs. maart 2018)

Marsroutes richting 2050 naar verduurzaming van de industrie

Voor de eerste grote stappen naar verduurzaming van de industrie zijn de benodigde technologische concepten voor een belangrijk deel bekend. Echter, de technologie is nog lang niet op alle onderdelen op het niveau waarbij grootschalige implementatie tegen acceptabele kosten realiseerbaar is. Daarom is het noodzakelijk om in te zetten op opschaling en uitrol van bekende innovaties zodat deze in 2030 fors bijdragen. Daarnaast is inzet nodig op nieuwe innovaties die voor een volledige verduurzaming richting 2050 noodzakelijk zijn, omdat ook radicale innovaties een bijdrage zullen moeten leveren aan het behalen van de emissiedoelen van 2050.

Er zijn **zeven belangrijke marsroutes** geformuleerd om tot een netto CO₂-neutrale industrie te komen.

- A. **Verlaging van de energievraag:** Hangt sterk samen met de vervangingstermijn van installaties, en hogere efficiency wordt stapsgewijs bereikt. De EU Energy-Efficiency Directive beschrijft Best Available Technologies (BAT) en werkwijzen en is voor deze route het vertrekpunt.
 - Efficiency-verhoging van bestaande processen
 - Hergebruik en opwaardering van restwarmte
 - Herontwerp van het warmtesysteem vanuit integrale efficiency
 - Nieuwe en intrinsiek efficiëntere procesroutes
- B. **Verduurzaming van het energie-aanbod via hernieuwbare warmte**
 - Geothermie (ondiepe en ultradiepe)
 - Hernieuwbare brandstoffen voor warmte (biostoom, groen gas, pyrolyseolie, waterstof)
 - Elektrische warmteopwekking (hybride boilers, elektrische fornuizen)
- C. **Verduurzaming van het energie-aanbod via elektrificatie:** hernieuwbare energie komt met name beschikbaar in de vorm van elektriciteit waarmee processen verduurzaamd kunnen worden:
 - Directe elektrochemische productie (chemie, metaal) of kracht-toepassingen (compressoren, pompen)
 - Elektrolyse naar waterstof en afgeleiden daarvan, zoals ammoniak en mierenzuur, en het gebruik daarvan als grondstof of energiedrager
- D. **Afvangen van CO₂ aan de schoorsteen: CCS.**

Deze optie kan op korte termijn worden uitgerold. Aandachtspunten zijn extra energiegebruik van afvangen en opzuiveren, opslagcapaciteit, en vermijden van lock-in door parallelle ontwikkeling van circulaire of koolstofloze alternatieven. I.c.m. biomassa zijn negatieve emissies mogelijk.
- E. **Verduurzaming van het grondstofgebruik:** Circulair grondstoffengebruik en biomassa.
 - Circulariteit, sluiten van grondstofkringlopen door hergebruik van eindproducten, hergebruik van reststromen (o.a. CO en CO₂) als grondstof voor lang-cyclische producten, gebruik van afval als grondstof
 - Biomassa: inzet als hernieuwbare grondstof
- F. **Herinrichting van het industrielandchap en de energie-infrastructuur**
 - Productie van hernieuwbare energie(dragers); keuze voor lokale productie of import

- Optimalisatie van infrastructuur (systeemintegratie): verschuivingen in energiedragers vragen om andere fysieke en digitale infrastructuur (gas- en elektriciteitsnet, logistiek, ICT).
- Verschuivingen in productaanbod: op basis van ontwikkelingen op de wereldmarkt kan gekozen worden voor een ander productportfolio van de Nederlandse industrie

G. **Institutionele, economische organisatorische innovatie**

- Nieuwe verdienmodellen en innovatieve financieringsconstructies
- Maatschappelijke verdeling van risico en opbrengsten in de transitie
- Gedrags- en organisatorische innovaties, innovatieve regulering
- Interactie van de industrie in transitie, met andere sectoren in het energiesysteem

Bijlage V Nederlandse bijdrage aan IEA 4E EMSA fase 4 (2019 - 2024)
Werkplan Digitalization in Motor Systems

EMSA

Electric Motor Systems Annex



International Energy Agency



Energy Efficient End-use Equipment
International Energy Agency



Electric Motor Systems
EMSA

- 4E countries: 12
- EMSA countries: 6
- Time: 2009 – 2019
- www.motorsystems.org
- Goal: help governments design & implement successful ee policies



+ CA, FR, KR, JP, SW, UK

Uit Werkplan EMSA, New Industrial Developments and Digitalisation in motor systems

The comprehensive digitalisation of industrial production will enable all production-relevant factors (workers, machinery, work pieces, plants, etc.) to be actively involved in the production process and to communicate with one another via intelligent networks. Intelligent optimization assistants, technical systems with forecasting ability, intelligent networking of consumers and producers, monitoring, analysis and control of production are developments that influence energy consumption.

A impact assessment of technology developments in the field of industrial automation (robots, automation, digitalisation) and the industrial electricity consumption will lead to identification of potential topics for Phase 4. Examples are the coupling of energy and motor management with new maintenance and systems efficiency strategies, and related policy areas as with regard to capacity building, pilots and regulatory issues.

Digitalisation can bring ‘smart’ applications to all kind of energy systems, including motor systems. Interest is into identifying the potential impact and possible policy measures to stimulate the development and implementation of IT-technologies towards more efficient motor systems.

Examples of IT related technologies and products are e.g. sensors and big data analysis, decision tools and new testing tools. These affect the possibilities for conducting audits for motor systems and the daily practice of energy and maintenance management. Motor audits are an essential tool for identifying efficiency measures for installed motor systems.

Focus on

- Analysis of industrial- and research actors and technologies in the field energy efficiency and motor driven systems
- Conducting and analysis of online survey; Conducting on-site visits; Organization of stakeholder-workshop
- Work group: small group of research and developers for knowledge exchange and development
- Workshop: awareness raising, first applications
- Data generation, storage and use: technologies and best practices

Bronnen

-
- ^I Digitalisering van Energielandschap, Arash Aazami en John Post, juni 2017
- ^{II} Decisions on the industrial energy transition, VEMW, april 2017.
- ^{III} Keisuke Sadamori, Head of Energy Markets Directorate IEA, december 2017
- ^{IV} ECN, J. Sipma; Het besparingspotentieel van Elektrische Aandrijfsystemen, april 2017
- ^V IEA, World Energy Outlook 2016, november 2016
- ^{VI} IEA 4E EMSA, Policy Guidelines Motor Driven Units, Part 1, oktober 2016
- ^{VII} Kamerbrief-over-de-nieuwe-implementatieagenda-smart-industry, februari 2018
- ^{VIII} <https://topsectorenergie.nl/digitalisering>
- ^{IX} Digitalization and Energy, IEA Paris, December 2017
- ^X Digitalization and Energy: a spotlight on industry; Araceli Fernandez-Pales, IEA, December 2017
- ^{XI} Smart Industry Implementatie agenda 2018 – 2021, Februari 2018
- ^{XII} Menukaart Innovatie van de Sectortafel Industrie, Peter Alderliesten et.al., TKI Energie en Industrie, maart 2018
- ^{XIII} #SMARTer2030 Business Case for KPN and the Netherlands, Accenture, 2016.
- ISPT and the Digitisation (Industry 4.0) in process technology, Frans van den Akker, May 2018.
- Integrated Energy Management in Digital Enterprise, Engelbert Lang, Eceee Berlin, June 2018.
- Electrification in the Dutch process industry, Berenschot et al, februari 2017.
- Nationale Energieverkenning 2017, ECN.
- Resultatenbrochure Convenanten, Meerjarenaafspraken Energie Efficiency, RVO, september 2015.
- Export opportunities of the Dutch ICT sector to Germany, KPMHG, 25-04-2017
- Trends ICT en Energie 2013-2030, RVO, februari 2016

My Smart Industry Slimmer groeien, sneller groeien; ING Economisch Bureau, November 2017

3D printing: a threat to global trade, ING International Trade Analysis, 28 September 2017

Siemens – KEEA, plant data services, A. Van Beijnum, september 2017

Energy efficiency 2017, Market Report, IEA Paris, 2017.

www.kea.nl

www.motorsystems.org

<https://www.nederlandict.nl/thema/duurzaamheid/>



Dit is een publicatie van:

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland
Croeselaan 15 | 3521 BJ Utrecht
Postbus 8242 | 3503 RE Utrecht
T +31 (0) 88 042 42 42
F +31 (0) 88 602 90 23
E klantcontact@rvo.nl
www.rvo.nl

Deze publicatie is tot stand gekomen in opdracht van
© Rijksdienst voor Ondernemend Nederland | Juli 2018
Publicatienummer: RVO-090-1801/RP-DUZA

De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl) stimuleert duurzaam, agrarisch, innovatief en internationaal ondernemen. Met subsidies, het vinden van zakenpartners, kennis en het voldoen aan wet- en regelgeving. RVO.nl werkt in opdracht van ministeries en de Europese Unie.

RVO.nl is een onderdeel van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat.

Dit document is in opdracht van RVO.nl opgesteld.
Neem contact met ons op als u een toegankelijkheidsprobleem ervaart.
www.rvo.nl/over-rvonl/contact/alle-contactmogelijkheden-op-een-rij
Wij maken het dan graag alsnog voor u in orde!