

Deelname aan conferenties en studiedagen

Op de jaarlijkse meeting van Egnaton werden mijn meetresultaten op een groot scherm voor een zaal van een 100-tal experts gepresenteerd en becommentarieerd. De meetresultaten werden opgepikt door de werkgroep 'Energy Modelling' van Egnaton en verder gebruikt door het studiebureau 'Van Looy' om hun energiemodel te verfijnen.



Figuur 1.3 Deelnemers Egnaton conferentie

Publicatie op buitenlandse website

Door contact met Egbert Dittrich, Board member and managing, van Egnaton. Wordt dit eindwerk ook gepubliceerd op de website van Egnaton.

1.2 Egnaton

Egnaton is een organisatie die duurzaamheid in laboratoria promoot. Hierbij willen ze de internationale referentie worden. Janssens Pharmaceutica is lid van Egnaton en neemt frequent deel aan de verschillende conferenties. Hierna volgen de missie, visie en strategie zoals voorgesteld door Egnaton. (Website Egnaton)



Figuur 1.4 Logo Egnaton

1.2.1 Missie

- lagere levenscycluskosten en een verlengde levenscyclus van de laboratoria;
- een toename in vastgoedwaarde en een hogere productiviteit;
- een verhoogde veiligheid voor gebruikers en operatoren;
- een positieve invloed op de gezondheid van de gebruikers;
- het verminderen van de effecten op milieu, culturele en lokale structuren;
- vrijwaren van de natuurlijke bronnen.

1.2.2 Visie

- streven naar betere publieke perceptie van laboratoriumwetenschappen, chemische en farmaceutische industrie en bio(-medische) wetenschappen;
- stelt zich open voor alle organisaties, ondernemingen, publieke en private onderzoeksinstellingen in de wereld van laboratoria;
- richt zich op personen en organisaties die zich inzetten om de doelstellingen van duurzame laboratoria te realiseren;
- wil duurzaamheid als modetrend voorkomen om zo duurzaamheid duurzaam te maken. Op dit vlak is het noodzakelijk om nieuwe technologieën en relevante onderzoeksprojecten te ontwikkelen en te promoten;
- werkt bewust in een internationale context om zo eenzijdige ontwikkelingen te vermijden en te komen tot een harmonisatie van de evaluatiecriteria voor duurzame laboratoria.

1.2.3 Strategie

- brengt mensen samen rond duurzaamheid in laboratoria;
- geeft advies;

- bundelt de krachten van de laboratoriummarkt in Europa en neemt actief deel in de ontwikkeling van certificatiesystemen met als doel deze Europese standaard als internationale referentie te laten gelden;
- vertaalt de drie pijlers van duurzaamheid, economie, ecologie en socio-culturele aspecten, naar aanbevelingen en concepten voor labplanners, operatoren en gebruikers;
- creëert een draagvlak voor het opnemen van duurzaamheidscriteria in nationale en Europese normeringen (DIN, CEN);
- legt een kader vast voor benchmarking in laboratoria, voert deze uit en analyseert de resultaten. Ze stelt deze resultaten ter beschikking van haar leden;
- ontwikkelt een netwerk voor internationale uitwisseling.

1.2.4 Werkgroepen Egnaton

Egnaton werkt met een aantal werkgroepen. Elke werkgroep werkt rond een bepaald thema en heeft zijn eigen doel.

De verschillende werkgroepen zijn:

- Werkgroep 1: laboratory Ventilation
- Werkgroep 1a: Energy consumption
- Werkgroep 1b: Simulation
- Werkgroep 1c: Experiment
- Werkgroep 2: Future lab architecture – Building engineering services
- Werkgroep 3: Working Conditions
- Werkgroep 4: Life Cycle Cost
- Werkgroep 5: Scientific Research and Studies
- Werkgroep 6: Material Science
- Werkgroep 7: Plug-In-Units

Mijn meetresultaten werden opgepikt door werkgroep 1a.

1.2.5 Jaarlijkse meeting van Egnaton

Jaarlijks organiseert Egnaton een meeting met zijn leden. In het jaar 2011 ging dit door in de Katholieke Universiteit van Leuven. Tijdens deze meeting komen er een aantal gastsprekers die over een belangrijk thema i.v.m. duurzaamheid in laboratoria komen spreken. Een groot deel van deze gastsprekers is afkomstig uit een werkgroep. Zo verspreidt men de kennis tussen de leden.

Mijn meetresultaten werden getoond door 2 gastsprekers en werden gebruikt in het referentiemodel voor duurzame laboratorium. Hier wordt het PJRC als voorbeeldgebouw bekeken.

Na de meeting had ik nog contact met een aantal mensen die geïnteresseerd waren in de gedetailleerdere resultaten. Tijdens dit contact werden er wederzijds een aantal vragen gesteld en beantwoord. Hierdoor leerde ik veel bij op het gebied van duurzame laboratoria. Mijn input werd door de anderen zeer gewaardeerd.

2 DUURZAAMHEID

Duurzaamheid is tegenwoordig een heel populaire term. In dit hoofdstuk wordt verder uitgelegd wat onder duurzaamheid verstaan wordt en hoe dit best toegepast wordt.

2.1 Definitie duurzaamheid

Duurzaamheid kan zeer ruim geïnterpreteerd worden.

Enkele letterlijke vertalingen van duurzaam: durabel, proefhoudend, bestendig, betrouwbaar, degelijk, gedegen, hecht, solide, stabiel, standvastig, voortdurend, blijvend, permanent, vast, consistent, eeuwig, geschikt om lang te bestaan, houdbaar, kostbaar.

Duurzame ontwikkeling is ontwikkeling die aansluit op de behoeften van het heden zonder het vermogen van toekomstige generaties, om in hun eigen behoeften te voorzien, in gevaar te brengen.

Duurzaam in de bedrijfswereld is een strategie of productiemethode die de natuurlijke bronnen of grondstoffen zo weinig mogelijk uitput. Duurzame producten zijn ontworpen voor langdurig gebruik en geproduceerd met respect voor het leefmilieu. We moeten een manier van werken vinden waarbij de natuurlijke voorraden niet uitgeput raken. Zo kunnen gekapte bomen voor de houtverwerking elders terug aangeplant worden. Het toedienen van de juiste hoeveelheid mest, houdt de chemische vruchtbaarheid van de bodem intact.

Duurzame energie is energie waarover de mensheid voor onbeperkte tijd kan beschikken en waarbij, door het gebruik ervan, het leefmilieu en de mogelijkheden voor toekomstige generaties niet wordt benadeeld.

Duurzaamheid kan ook wijzen op duurzame gedachten, duurzame systemen, duurzame materialen, duurzame relatie, duurzaam gedrag, duurzame vrienden, etc. In dit eindwerk wordt duurzaamheid voornamelijk bekeken als een energiebesparend middel. Duurzaamheid is denken aan de toekomst en alles eraan doen om die toekomst zo goed mogelijk te maken.

2.2 Waarom duurzaamheid

Er zijn verschillende redenen waarom we zoveel belang moeten hechten aan duurzaamheid. We denken hierbij aan meer dan alleen de zorg om het milieu. Duurzame ontwikkeling tracht verdere ontwikkeling van de planeet in goede banen te leiden. Ook met economische, menselijke en sociale aspecten moet rekening gehouden worden. Hierin hebben bedrijven een voorbeeldfunctie te vervullen.



Figuur 2.1 Duurzaamheid

Veel bedrijven interpreteren duurzaamheid als een extra kost. Dit is echter een verkeerde inschatting. Eerst moet je investeren en innoveren in duurzame producten en technieken om op langere termijn hiervan de vruchten te plukken. Duurzame producten en toepassingen gaan langer mee en worden ook meer en meer een wettelijke vereiste. Via de overheid zijn er al tal van verplichtingen i.v.m. duurzaamheid die via de wet vastgelegd zijn. Deze wetten zullen in de toekomst nog strenger worden. Bovendien genieten nieuwe systemen die duurzaam zijn meestal de voorkeur van de klant.

Volgend voorbeeld illustreert de catastrofale gevolgen die kunnen voortvloeien uit een gebrek aan duurzaamheid. Gedurende de beeldencultuur (1250 tot 1550) werden op Paaseiland grote stenen beelden gemaakt die verplaatst werden naar de kustlijn, vermoedelijk door middel van boomstammen. Er werd zoveel bos omgekapt dat het eco-systeem niet meer in evenwicht was. De vruchtbare grond ging verloren. Dit leidde tot uitputting van de hulpbronnen, hongersnood, kannibalisme, stammetwisten en uiteindelijk tot het uitsterven van een groot deel van de bevolking. Het voorbeeld van Paaseiland wordt dikwijls gebruikt als voorbeeld voor de hele planeet. (Ponting, 1992)



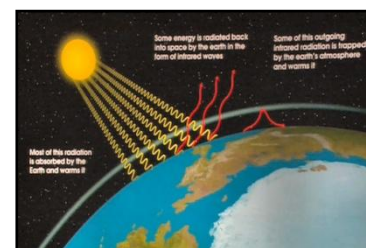
Figuur 2.2 Paaseiland

2.2.1 Beter leefmilieu

Een beter leefmilieu is niet alleen belangrijk voor de huidige generatie maar vooral voor de toekomstige generaties. We zien dat vooral de laatste tientallen jaren meer en meer milieuproblemen opduiken die te maken hebben met de activiteiten van de mens. Er zijn drie grote problemen: de bevolkingsexplosie, de opwarming van onze aarde en de slinkende grondstoffenvoorraad van de aarde.

De bevolkingsexplosie zorgt ervoor dat niet iedere mens voorzien kan worden in zijn behoeftes. Bovendien heeft de stijging van bevolking ook een invloed op de uitputting van de grondstoffen en de opwarming van de aarde. Uit een studie van J. Rowlin's blijkt dat de bevolkingsexplosie afhankelijk is van kennis en onderwijs. Door meer onderwijs uit te bouwen in de ontwikkelingslanden en door onze kennis over te dragen naar de ontwikkelingslanden zorgen we voor een afname van de bevolkingsgroei en een verbetering van de productie van meer duurzame producten.

De opwarming van de aarde heeft grote gevolgen voor ons en het milieu. Het opwarmen van de aarde ontstaat door een toenemende isolatielaag van CO₂ rond de aarde. De aarde absorbeert de warmte van de zon en zendt op haar beurt warmtestralen uit onder de vorm van infraroodstraling. Deze infraroodstraling heeft een andere golflengte dan de straling die rechtstreeks van de zon



Figuur 2.3 Atmosfeer aarde

komt. Ze wordt gedeeltelijk geabsorbeerd en teruggekaatst door de broeikasgassen in de atmosfeer.

Een stijging van de hoeveelheid broeikasgassen veroorzaakt door dit effect een stijging van de aardtemperatuur. De CO₂-uitstoot is de grootste oorzaak hiervan. CO₂ komt vrij bij de verbranding van fossiele brandstoffen hout, olie, gas, etc.).

De temperatuurstijging van de aarde veroorzaakt veranderingen in weer en klimaat. Hittegolven, droogte, watertekort, plotse overstromingen komen meer en meer voor. De winters worden warmer. IJsmassa's smelten weg waardoor de zeespiegel stijgt en er minder land beschikbaar is. Als gevolg van een grotere verdamping valt er meer regen. De kans op mislukte oogsten neemt toe. Woestijngebieden worden groter. Als het klimaat verandert, heeft dat gevolgen voor mens, plant en dier.



Figuur 2.4 Cartoon (AAARGH, 2009)

Grondstoffen worden gebruikt bij het produceren van producten en het opwekken van energie. De grondstoffenvoorraad van de aarde is beperkt en bovendien komt er veel CO₂ vrij bij al deze processen. Duurzaam produceren zorgt er niet alleen voor dat we minder grondstoffen nodig hebben, we kunnen ze ook beter benutten en recyclen. Tevens wordt er naar alternatieven en nieuwe technologieën gezocht. Hierdoor neemt

de CO₂-uitstoot af. Afval dient herbruikt te worden als voedingsbron voor de fabricatie van nieuwe producten.

Duurzaamheid moet toegepast worden om voor iedereen een beter leefmilieu te creëren, anders zal dit catastrofale gevolgen hebben voor de toekomst van de mens.

2.2.2 Europese visie en Kyoto-protocol

De Europese Unie streeft een daling van het energieverbruik na zodat ze minder afhankelijk wordt van de energie-import. Ze wil vooruitlopen op een nieuw wereldwijd milieupact voor de beperking van de uitstoot van broeikasgassen en ten slotte wil ze haar positie aan de wereldtop op het vlak van energietechnologie versterken.

In 1997 werd in de Japanse stad Kioto het Kyoto-protocol opgesteld om de uitstoot van broeikasgassen te beperken. Het is een bindend verdrag dat door bijna alle landen ondertekend werd. De Verenigde Staten zijn echter een grote tegenstander van het Kyoto-protocol. Ze vinden dat de eisen te streng zijn, waardoor hun economische groei wordt afgeremd. Rusland dat aanvankelijk wel geïnteresseerd was heeft lang getwijfeld over de ratificatie, terwijl Europa al in 2002 het verdrag ondertekende. Pas in 2005 werd het officieel in werking gesteld.



Figuur 2.5 Kyoto-protocol

Oorspronkelijk gold het Kyoto-protocol tot 2012 maar het is op de klimaatop in Durban, einde 2011, verlengd met 5 jaar. Toch verzetten landen zoals Canada, Rusland en Japan zich omdat de grote vervuilers zoals China en VS niet meedoen. China werd nog gezien als ontwikkelingsland en is daarom vrijgesteld van het Kyoto-protocol. Canada is als eerste land uit het verdrag gestapt. Op de conferentie in Durban is overeengekomen om vanaf 2015 een globaal klimaatplan op te zetten om de broeikasemissie te verlagen. Dat akkoord zou in 2020 van start moeten gaan.

Europa was al eerder met deze materie bezig. Tijdens de Europese Raad van maart 2007 werden doelstellingen uitgewerkt die tegen 2020 de uitstoot moeten verminderen. Het uitgangspunt van de Europese Unie is dat de aarde niet meer dan 2 graden Celsius mag opwarmen. Om dit te bereiken, moet de uitstoot van broeikasgassen in industrielanden in 2020 gedaald zijn tot 30% onder het niveau van 1990! Dit is erg veel en de EU heeft daarom besloten voorlopig te streven naar een reductie van 20%. Zo kwam men tot de 20-20-20 doelstellingen.

De 20-20-20 doelstellingen houden in:

- 20% van energiebehoeften uit hernieuwbare energiebronnen
- 20% daling van het energieverbruik
- 20% van uitstoot van broeikasgassen verminderen

Het referentiejaar is 1990. De doelstellingen zijn een Europees gemiddelde en de inspanningen worden op nationaal vlak verdeeld.

België vertaald dit als volgt: 13% van de energiebehoeften moet van hernieuwbare energiebronnen komen. Hiervan moeten we zelf de helft produceren. De rest wordt aangekocht omdat België op geografisch vlak minder geschikt is voor de productie van hernieuwbare energie. Mogelijkheden voor stuwmeren zijn er nauwelijks of niet en de zon laat het vaak afweten. Wind hebben we wel, maar veel plaats om krachtige windmolens te plaatsen is er niet. De broeikasgasreductie in sectoren als transport, huisvesting, landbouw en afvalverwerking moet met 15% verminderen in vergelijking met 2005.

Joke Schauvliege, Vlaams minister van Leefmilieu, wil de uitstoot van broeikasgassen zelfs met 30% verminderen. Deze ambitie maakt deel uit van het Vlaams Klimaatplan dat ze eind dit jaar wil voorstellen. Hiermee wil ze de druk op haar collega's verhogen. (De Standaard, 2012)

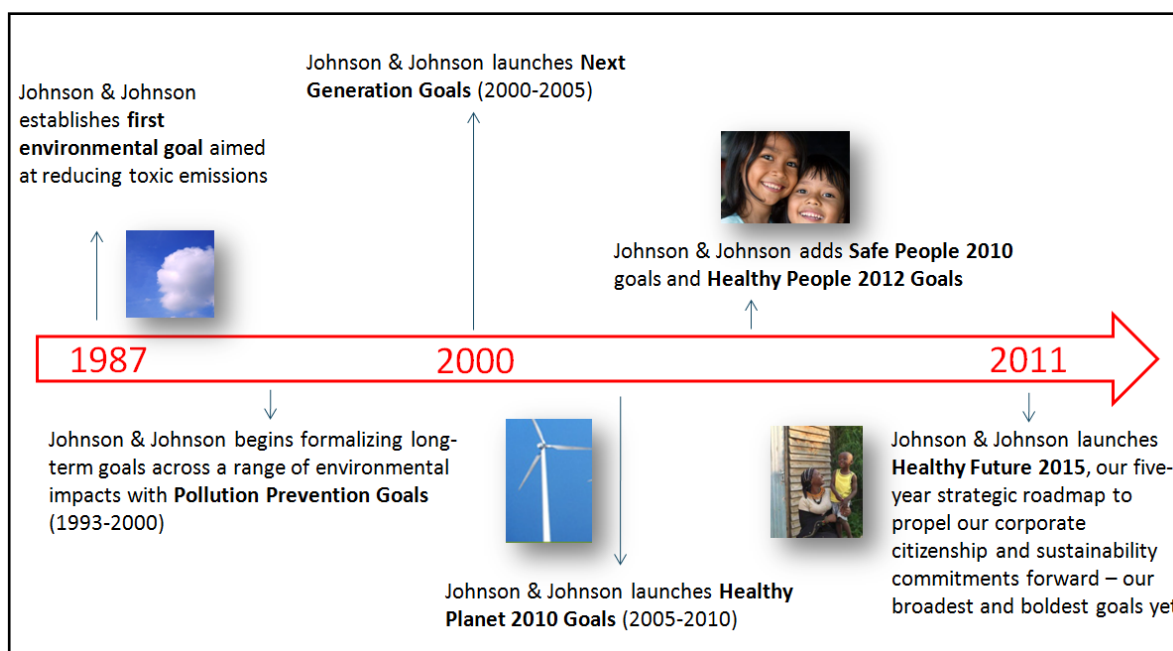
Een andere manier waarop België probeert om aan deze doelstellingen te voldoen is subsidiëring van energiebesparende investeringen en het opleggen van wettelijke verplichtingen bv. isolatienormen voor nieuwe gebouwen, subsidie zonnepanelen, etc.

De Europese Unie besliste tevens dat tegen 2021 alle nieuwe gebouwen bijna-nul-energiegebouwen moeten zijn. De term bijna-nul-energiegebouwen wordt verder omschreven in hoofdstuk 2.1.2.

De Europese Unie zit voorlopig op schema om de Kyoto-doelstellingen te halen. Toch moeten we blijven investeren in maatregelen en nieuwe ontwikkelingen.

2.2.3 Healthy future 2015

Op figuur 2.6 kan je de evolutie zien van de verschillende projecten binnen J&J in verband met duurzaamheid en omgeving. Healthy future 2015 (HF 2015) is het huidige initiatief van J&J waar ze doelstellingen die in het credo van het bedrijf passen, willen realiseren tegen 2015.



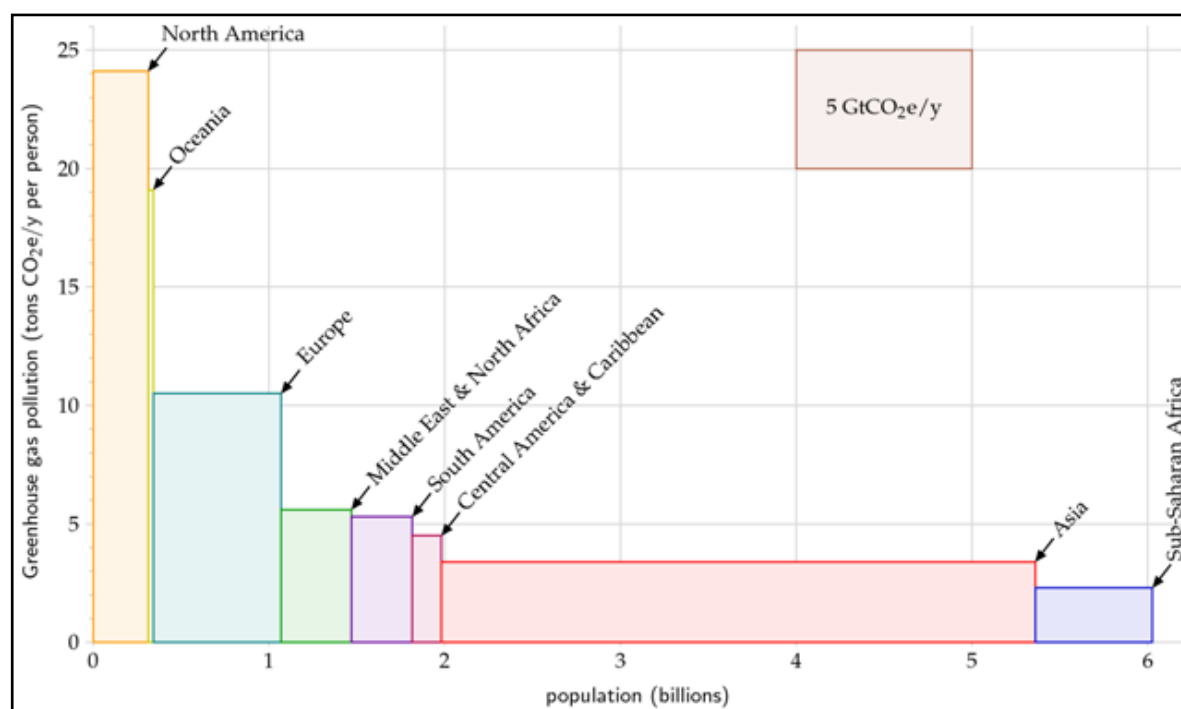
Figuur 2.6 Johnson&Johnson projecten

Het initiatief HF 2015 is opgestart in 2011. Hun duurzame strategieën hebben betrekking op 6 groepen: klanten, leveranciers, medewerkers, gemeenschap, aandeelhouders en milieu. Voor elk van deze groepen zijn specifieke doelen opgesteld. Deze doelen zijn een eenvoudige leidraad van wat er moet gebeuren. Hierna worden ze ingedeeld in gedetailleerdere doelen die meetbaar zijn, zodat kan bepaald worden of de doelstellingen behaald worden of niet. Deze doelstellingen helpen het bedrijf om op een duurzame manier producten te produceren.

2.2.4 Politieke verantwoordelijkheid

De laatste rapporten van het 'Intergovernmental Panel on Climate Change' (IPCC) over de klimaatverslechtering en de sociale, economische en ecologische gevolgen ervan, zijn meer dan alarmerend. Nochtans blijken de politieke verantwoordelijken niet echt in te schatten hoe verpletterend hun verantwoordelijkheid wel is. Door steeds maar de beslissing over een juridisch afdwingbaar eindakkoord uit te stellen, schuift men steeds meer de last en de verantwoordelijkheid door naar de toekomstige generaties.

Op figuur 2.7 zie je op de verticale as de gemiddelde CO₂-uitstoot per persoon en op de horizontale as het aantal personen dat overeenkomt met deze uitstoot. De oppervlakte van de rechthoeken is een maat voor de grootte van de CO₂-uitstoot van dat continent. De minder ontwikkelde regio's stoten veel minder uit dan de ontwikkelde regio's. Er dreigt een enorme toename van de CO₂-uitstoot indien de minder ontwikkelde landen op het zelfde niveau komen als Noord-Amerika.



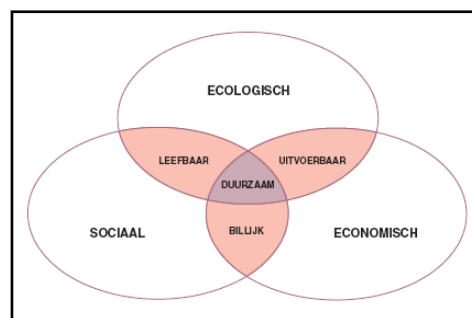
Figuur 2.7 Uitstoot per continent (David Mackay, s.a.)

We moeten zorgen dat onze systemen duurzaam zijn, zodat wij als ontwikkelde landen minder broeikasgassen uitstoten en minder energie verbruiken. We kunnen dan onze kennis en duurzaam ontwikkelde technieken exporteren naar de hele wereld, zodat de uitstoot beperkt wordt. Onze wereld wordt duurzaam of hij gaat ten onder aan de klimaatverandering.

2.3 Hoe bekom je duurzaamheid?

Duurzaamheid integreren in de bedrijfswereld en de samenleving is zeer complex en bestaat uit een hele waaier van acties bij planning, productie, transport en gebruik van producten en diensten. Vooreerst kan men duurzame systemen en materialen gebruiken, maar het is beter zelf deze duurzame systemen te ontwikkelen. Het is hierbij noodzakelijk de volledige levenscyclus van het product te bekijken: benodigde grondstoffen, productieproces, transport, recyclage, energieverbruik bij productie en energieverbruik bij gebruik.

De manier waarop producten en systemen worden gebruikt is belangrijk. Een zuinige computer die de hele tijd draait zonder gebruikt te worden is niet duurzaam. Menselijk gedrag heeft een grote invloed en moet daarom zeker bekeken worden. Duurzaamheid is een evenwicht tussen sociale, ecologische en economische factoren.



Figuur 2.8 Duurzaam

Duurzaam wil niet zeggen dat al het oude materiaal zomaar vervangen moet worden door ander, duurzamer, beter en nieuw materiaal. Oud materiaal optimaal (her)gebruiken of eventueel blijven gebruiken, kan een juistere keuze zijn. Men is pas duurzaam bezig wanneer de hele levenscyclus bekeken wordt. Zoals de ijsbergtheorie zegt, het primaire (bovenste van ijsberg) is maar een klein deel van het totale. Bijvoorbeeld de kosten van een systeem van aankoop (primaire) is klein in verhouding met onderhoud- en energiekosten (secundaire).



Figuur 2.9 Ijsberg

Een voorbeeld hiervan zijn de elektrische auto's. Zeggen dat deze auto's geen uitstoot hebben en dus duurzaam zijn voor onze aarde is te kortzichtig. Volgende vragen moeten eerst beantwoord worden: Hoeveel uitstoot gaat gepaard met de productie van elektriciteit voor deze auto's? Hoeveel is er uitgestoten om die auto te maken? Wat gebeurt er achteraf met de auto's? ...? Een ander interessant voorbeeld is het gebruik van aluminium als materiaal. Er is meer energie voor nodig om het te winnen dan staal, maar het is 100% recycleerbaar en makkelijk te bewerken. Door het eenvoudig spuitgieten van aluminium kan er aan materiaalbesparing gedaan worden. Bijkomend voordeel van aluminium is dat het maar 1/3^{de} van het gewicht van staal heeft. Zeker de moeite waard om voor jouw toepassing te overwegen.

Je kan overal duurzaamheid integreren. In een gebouw kunnen we ervoor zorgen dat het zich kan aanpassen aan de toekomstige vraag van de bewoners. Zo kunnen we bv. flexibele werkplaatsen voorzien en wordt het gebouw duurzamer.

De sleutel tot duurzaam succes is innovatie, onderzoek en ontwikkeling! Nieuwe, creatieve ideeën zijn nodig om nieuwe, duurzame technologieën en producten te ontwikkelen. Een voorbeeld hiervan zijn de zonnepanelen. Door de subsidiering was de komst van zonnepanelen een groot succes. Hierdoor moest men ook andere factoren van de elektriciteitsverdeling herbekijken waardoor er verschillende andere problemen ontstonden. Er gebeurde meer studie en onderzoek waardoor het rendement en de productiemethoden sterk verbeterden. Men moet verder onderzoeken en investeren om zonnepanelen zo efficiënt mogelijk toe te passen samen met bv. energieopslagsystemen.

Energiebesparing is ook een van de pijlers van duurzaamheid. Om energie te sparen moeten we het energieverbruik eerst zichtbaar maken. Als we weten wat en hoeveel we verbruiken, kunnen we dit beter plannen en beheersen. We kunnen best beginnen met de grote verbruikers omdat hier de mogelijke besparingen het grootst zijn.



Figuur 2.10 Verbruik baby

3 LITTERATUURONDERZOEK NET ZERO ENERGY BUILDINGS

3.1 Definities

3.1.1 Wat is energie?

Er kan heel veel over energie gezegd worden. Hier wordt enkel een bondige toelichting gegeven in functie van dit eindwerk.

Energie is een natuurlijke grootheid met SI-eenheid de Joule (J). De energie van een systeem is de totale hoeveelheid arbeid verricht door dat systeem. Bv. een persoon heeft energie nodig om een object vanaf de grond op de tafel te zetten. Zo wordt potentiële energie aan dit object toegevoegd.

De wet van behoud van energie zegt dat de totale hoeveelheid energie in een geïsoleerd systeem altijd constant blijft. Er kan dus geen energie worden gecreëerd of vernietigd, maar alleen omgezet van de ene vorm in de andere vorm, bijvoorbeeld van chemische naar kinetische energie

Overall is energie te vinden. De zon is onze grootste energieleverancier. Door chemische reacties in de zon straalt de zon warmte en licht naar onze aarde. Deze energie kunnen we voor een gedeelte omzetten in andere energievormen (warmte, elektriciteit). Ook uit natuurlijke grondstoffen zoals olie en aardgas kan energie gewonnen worden. Door verbranding wordt olie omgezet in warmte.

Energie kan onder verschillende vormen voorkomen: kinetische energie (massa in beweging), potentiële energie (energieverandering in gravitatie veld), warmte energie, stralingsenergie, elektrische energie, chemische energie, etc.

Als we spreken over machines of installaties gebruiken we de term vermogen. Het vermogen van een machine geeft aan hoeveel energie (J) het verbruikt op 1 seconde (s). De SI eenheid van vermogen is watt (W).

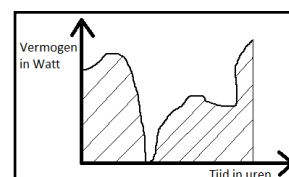
$$\text{Vermogen (W)} = \frac{\text{Energie (J)}}{\text{Tijd (s)}} \quad \text{Formule 3.1}$$

$$1 \text{ Joule} = 1 \text{ Ws} = \frac{1}{3600} \text{ Wh} = \frac{10^{-3}}{3600} \text{ kWh} \text{ dus } 1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ} \quad \text{Formule 3.2}$$

Energie wordt dikwijls bepaald uit het vermogen. Als we het vermogen vermenigvuldigen met de tijd bekomen we de hoeveelheid energie die verbruikt is. Als we een motor hebben van 5 kW (vermogen) en we laten die 3 uur aan dit vermogen draaien, dan hebben we 15 kWh (energie) verbruikt.

$$\text{Energie} = \int_{t_1}^{t_2} P(t) * dt \quad \text{Formule 3.3}$$

We kunnen ook de energie van een veranderlijk vermogen bepalen. Dit kan door de integraal te nemen van het vermogen in functie van de tijd zoals formule 3.3.



Figuur 3.1 Vermogen in functie van tijd

Bij aardgas en aardolie wordt de hoeveelheid energie bepaald aan de hand van de verbrandingswaarde. Voor bv. aardgas type Slochteren geldt een verbrandingswaarde van 35,17 MJ/m³ (=9,77 kWh/m³).

3.1.2 Definities duurzame gebouwen

3.1.2.1 Types gebouwen en afkortingen

Een 'Net Zero Energy Building' heeft verschillende afkortingen. De meest volledige is NZEB die wij dan ook verder in de tekst gebruiken. In tabel 3.1 vind je enkele afkortingen die dikwijls gebruikt worden in de literatuur.

Tabel 3.1 afkortingen

Afkorting	Betekenis
NZEB	Net Zero Energy Building
NZEB	Nearly Zero Energy Building
NZEH	Net Zero Energy Homes
ZEB	Zero Energy Building
ZNE	Zero Net Energy
NZB	Net Zero Building
ZONE	ZerO Net Energy
NNZ	Nearly Net Zero
NNZEB	Nearly Net Zero Energy Building
BEN	Bijna energie neutraal huis

Nearly ZEB, BEN, NNZ en NNZEB zijn niet hetzelfde als een NZEB. Hoe dicht dit tegen een NZEB aanleunt wordt op nationaal vlak bepaald. Hierbij wordt rekening gehouden met:

- Hoeveel % van het primair energieverbruik moet gecompenseerd worden met hernieuwbare energie?
- Wat zijn de optimale kosten en technische haalbaarheid ervan?
- Welke soorten energie worden meegerekend en welke niet?
- Wat is het ambitieniveau dat ze willen bereiken?

Bij een NZEB wordt 100% of meer primair energieverbruik gecompenseerd met hernieuwbare energie en wordt alle energie mee in rekening gebracht.

Er zijn nog meerdere termen zoals: nulenergiegebouw, LEED-gebouw, carbon neutral, passive house, Earthships, positiefenergiegebouw, etc.

Een nulenergiegebouw is bijna hetzelfde als een NZEB. Energie nodig voor warmte en koeling komt hierbij van hernieuwbare bronnen.

Een Carbon neutral-gebouw draagt op geen enkele manier bij aan het uitstoten van broeikasgassen.

De term 'passive house' betekent hetzelfde als passief huis. Dit gebouw heeft een laag energieverbruik. Dit wordt bereikt door het beperken van warmteverlies en de warmtewinst te optimaliseren



Figuur 3.2 Passive house

Earthships zijn bouwwerken die volledig geïntegreerd zijn in de omgeving. Ze zijn niet aangesloten aan nutsbedrijven en verbruiken zeer weinig energie die ze bovendien zelf opwekken. Water wordt opgevangen en het afval wordt gecomposteerd. Earthships worden hoofdzakelijk gebouwd uit gerecyclede materialen en aarde zoals bv. oude autobanden gevuld met zand. Vanzelfsprekend is een Earthship ook een NZEB.



Figuur 3.3 Earthship

3.1.2.2 Definities energiezuinige woningen volgens Belgisch Staatsblad

Er wordt enkel over woningen gesproken, de definities zijn echter ook toepasbaar voor andere gebouwen.

Onder lage energiewoning wordt verstaan:

Een woning die is gelegen in een lidstaat van de Europese Economische Ruimte waarvan de totale energievraag voor ruimteverwarming en koeling moet beperkt blijven tot 30 kWh/m² geklimatiseerde vloeroppervlakte.

Onder passiefwoning wordt verstaan:

Een woning die is gelegen in een lidstaat van de Europese Economische Ruimte en die aan de volgende voorwaarden voldoet :

- De totale energievraag voor ruimteverwarming en koeling moet beperkt blijven tot 15 kWh/m² geklimatiseerde vloeroppervlakte.
- Bij een luchtdichtheidsproef (overeenkomstig de norm NBN EN 13829) met een drukverschil tussen binnen- en buitenomgeving van 50 pascal is het luchtverlies niet groter dan 60 procent van het volume van de woning per uur.

Onder nulenergiewoning wordt verstaan:

Een woning gelegen in een lidstaat van de Europese Economische Ruimte die voldoet aan de voorwaarden van een passiefwoning en waarin de resterende energievraag voor ruimteverwarming en koeling volledig wordt gecompenseerd door ter plaatse opgewekte hernieuwbare energie. Per Koninklijk Besluit wordt bepaald welke wijze van opwekking van hernieuwbare energie in aanmerking wordt genomen voor de compensatie.

(Belgisch staatsblad, 2009)

Een energiepositieve woning gaat nog een stapje verder. Deze levert ook de nodige energie voor verlichting, koken, en ander huiselijk comfort.

3.1.3 Definitie NZEB

De Nederlandse term voor NZEB is 'positief energie gebouw'.

Een NZEB is een gebouw dat op jaarlijkse basis evenveel of meer hernieuwbare (positieve) energie produceert dan het energie verbruikt (negatieve), zodat de totale jaarlijkse balans minstens nul is. Meer dan nul wil zeggen dat het gebouw energie opwekt. Hernieuwbaar energie is afkomstig van een onuitputtelijke bron zoals bv. de zon.

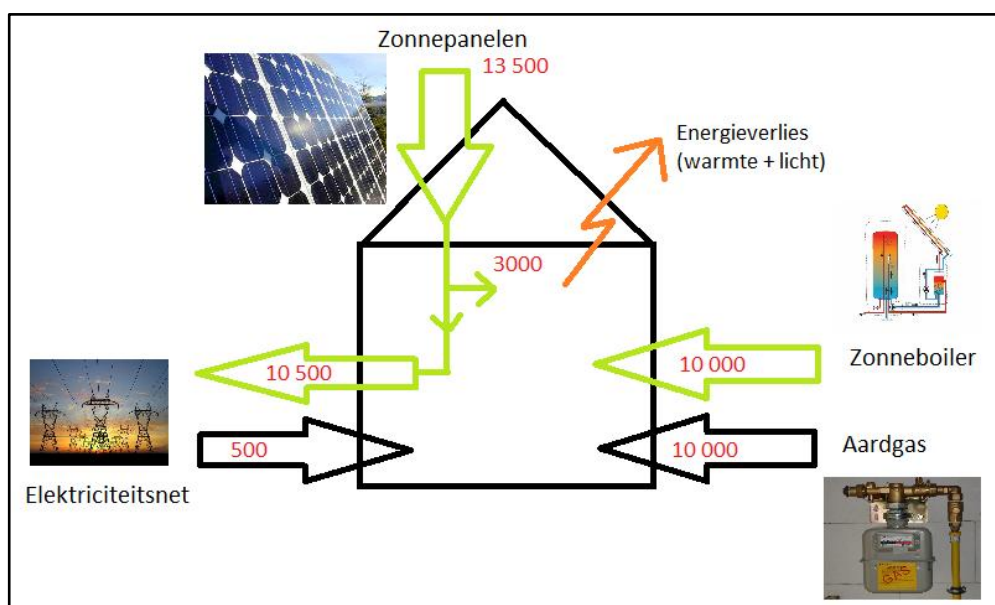
Bij deze balans wordt geen rekening gehouden met gebruikte energie voor het bouwen van het gebouw. De balans geldt enkel voor het gebouw in werking.

Een NZEB bekom je als: positieve energie – negatieve energie ≥ 0

Negatieve energie is alle energie die we gebruiken in ons gebouw: aardgas, elektriciteit, warm of koud water, etc. Het maakt niet uit vanwaar deze energie afkomstig is.

Positieve energie is hernieuwbare energie die we zelf opwekken: elektriciteit van zonnepanelen of windmolens, warm water van een zonneboiler, etc. Een gedeelte van deze positieve energie kan terug naar het net gestuurd worden, waardoor we een positieve jaarlijkse balans kunnen bekomen.

Een voorbeeld ter illustratie. Op figuur 3.4 zien we de energiestromen in een gebouw. Het gebouw haalt zijn energie van: het elektriciteitsnet, de aardgasaansluiting, een zonneboiler en zonnepanelen. De hoeveelheid energie is weergegeven door de rode getallen en de eenheid ervan is kWh per jaar. Een doorsnee gezin verbruikt ongeveer 3.500 kWh elektriciteit per jaar en 23.260 kWh gas per jaar. (Vreg, 2012)



Figuur 3.4 Energiestromen gebouw

In ons voorbeeld nemen we een elektriciteitsverbruik van 3.500kWh per jaar en een warmteverbruik van 20.000kWh per jaar. De zonneboiler levert jaarlijks 10.000kWh en de zonnepanelen leveren jaarlijks 13.500kWh. Van de zonnepanelen gaat jaarlijks 3.000 kWh naar het gebouw voor gebruik in het gebouw en 10.500 kWh gaat terug naar het net.

In België wekken zonnepanelen ongeveer 120 kWh/m² per jaar op en zonneboilers 390 kWh/m² per jaar als ze goed georiënteerd en geplaatst zijn. Dit wil zeggen dat we een oppervlakte van 113 m² moeten bedekken met zonnepanelen en een oppervlakte van 26 m² met zonnecollectoren. We hebben in totaal 139 m² nodig voor onze hernieuwbare installaties. Een gemiddeld huis heeft ongeveer 75 m² bruikbare dakoppervlakte. Het is dus niet evident om deze installaties te plaatsen.

Volgens de wet van behoud van energie gaat er geen energie verloren. In ons voorbeeld gaat er daarom evenveel energie in als uit het gebouw. De energie die uit het gebouw stroomt, verdwijnt voornamelijk onder de vorm van elektrische energie en warmteverlies en is 23.500 kWh (3.000+500+10.000+10.000). De warmteverliezen (23.500-10.500 kWh) zijn aangegeven door de oranje pijl. Dit geeft aan dat door isolatie al veel energie gespaard kan worden.

Berekenen we nu of ons gebouw een NZEB is.

De som van negatieve energie:

$$[3.000 + 500] \text{ (elektriciteit)} + 10.000 \text{ (aardgas)} + 10.000 \text{ (zonneboiler)} = 23.500 \text{ kWh per jaar}$$

De som van positieve energie:

$$13.500 \text{ (zonnepanelen)} + 10.000 \text{ (zonneboiler)} = 23.500 \text{ kWh per jaar}$$

Energiebalans:

$$\textit{positieve energie} - \textit{negatieve energie} = 23.500 - 23.500 = 0 \geq 0$$

We hebben hier dus een NZEB. Zonder zonneboiler zou het geen NZEB zijn, omdat we dan minder positieve energie hebben en de negatieve energie hetzelfde blijft. De zonneboiler vervangt in dit geval 10.000 kWh aardgas in positieve energie.

De som van negatieve energie:

$$3.500 \text{ (elektriciteit)} + [20.000 - 10.000] \text{ (aardgas)} + 10.000 \text{ (zonneboiler)} = 23.500 \text{ kWh per jaar}$$

Er zijn meerdere hernieuwbare bronnen zoals zonlicht en zonnewarmte. Door oordeelkundig gebruik te maken van zonlicht, kan de kunstmatige verlichting en het bijhorend elektriciteitsverbruik verminderd worden. Hetzelfde geldt voor de zonnewarmte en de verwarming. Deze hoeveelheid energie, afkomstig van de zon, kan nooit juist berekend of gemeten worden en bij positieve of negatieve energie gezet worden. Deze energie zit, zoals in voorgaand voorbeeld met de zonneboiler, al verrekend in de daling van het elektriciteitsverbruik en het aardgasverbruik en moet niet verder verrekend worden.

Het kan zijn dat een NZEB niet elk jaar zijn doelstelling bereikt. Dit kan door externe factoren zoals het weer en abnormaal energieverbruik in het gebouw. Een gebouw dat niet elk jaar de doelstellingen van een NZEB haalt valt dan onder het type 'Nearly NZEB'.

Bij dit voorbeeld hebben we geen rekening gehouden met de officiële definities van een NZEB. Deze definities geven aan hoe we het energieverbruik moeten doorrekenen in het eindtotaal. Het 'National Renewable Energy Laboratorium' (NREL), één van de nationale laboratoria van 'Department of Energy' (DOE), heeft 4 specifieke definities van NZEB opgesteld.

De definities staan in het werk *Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition* van het NREL:

- **“Net Zero Site Energy:** A site ZEB produces at least as much energy as it uses in a year, when accounted for at the site.
- **Net Zero Source Energy:** A source ZEB produces at least as much energy as it uses in a year, when accounted for at the source. Source energy refers to the primary energy used to generate and deliver the energy to the site. To calculate a building’s total source energy, imported and exported energy is multiplied by the appropriate site-to-source conversion multipliers.
- **Net Zero Energy Costs:** In a cost ZEB, the amount of money the utility pays the building owner for the energy the building exports to the grid is at least equal to the amount the owner pays the utility for the energy services and energy used over the year.
- **Net Zero Energy Emissions:** A net zero emissions building produces at least as much emissions-free renewable energy as it uses from emissions-producing energy sources.” (Torcellini, Pless, Deru & Crawley, 2006, p.5)

Een gebouw kan aan meerdere definities van een NZEB voldoen.

3.1.3.1 Site NZEB

Een site NZEB produceert minstens zoveel hernieuwbare energie als het gebruikt in een jaar, berekend vanuit energiestromen in en uit het gebouw. Hier is 10.000 kWh aardgas hetzelfde als 10.000 kWh elektriciteit. Het kan ook voor warm of koud water hetzelfde zijn, maar dit hangt af van het feit of het lokaal wordt opgewekt of van het net komt.

Deze definitie is gemakkelijk te begrijpen en de berekening simpel. De verschillende parameters zijn meetbaar op het gebouw zelf. Een tweede voordeel is dat een site NZEB de minste invloeden van buitenaf heeft. Slechts weinig externe factoren beïnvloeden de berekening (het weer en energieprestatie gebouw). Kostenfluctuaties in energieprijzen en een andere energieleverancier met andere methodes van energieopwekking veranderen niets aan de berekening van een site NZEB.

Een gebouw kan een site NZEB zijn, maar geen vergelijkbare kostvermindering realiseren. Het kan zijn dat het energieverbruik met 80% daalt en de kosten slechts met 30%. Dit kan gebeuren als de piek verbruiken niet goed gemanaged wordt.

Een zwakheid van een site NZEB is dat het aanleiding geeft tot elektrische verwarmingssystemen, aangezien gas en elektriciteit met elkaar kunnen gecompenseerd worden. Elektrische warmtepompen worden verkozen boven natuurlijke gasverwarming, omdat ze voor dezelfde hoeveelheid energie die toestroomt in het gebouw, 2 tot 4 keer meer warmte opwekken. Het rendement van gasverwarming is ongeveer 90%.

De voornaamste beperking van een site NZEB is dat er geen verschil wordt gemaakt in verschillende types van energie. Er is bijna 3 keer meer energie nodig om elektriciteit lokaal te voorzien dan aardgas, omdat voor de generatie en transport van elektriciteit meer energie verloren gaat dan bij aardgas. Deze verschillen worden wel doorgerekend bij een source NZEB. Voor compensatie van aardgas is bij een site NZEB meer elektrische energie nodig dan bij een source NZEB, omdat bij een source NZEB de elektrische energie zwaarder doorweegt.

3.1.3.2 Source NZEB

Een source NZEB produceert evenveel energie als het verbruikt, berekend vanuit de bron. Bronenergie refereert naar primaire energie. Voor de opwekking en het transport

van 1 kWh elektriciteit is 3 kWh energie nodig. Bij de berekening rekenen we voor 1kWh elektriciteit dus 3 kWh. Hiervoor rekenen we met site-to-source en source-to-site-conversies.

Voorlopig rekenen we met nationale gemiddelden om de source-to-site factoren te bepalen, maar eigenlijk moeten we de regionale cijfers gebruiken omdat de elektriciteit van andere soorten elektriciteitscentrales kan komen en over andere afstanden moet getransporteerd worden. Tevens zijn de verliezen afhankelijk van de tijd. 's Nachts zijn de verliezen anders dan op piekmomenten. Deze factoren zijn onderzocht door het 'California Energy Commission'. Zij bepaalden de source-to-site factoren op elk uur voor 16 zones in California.

In een source NZEB kunnen we overwegen om zelf elektriciteit op te wekken. Deze methode kan toegepast worden als opwekking rendabeler is dan gebruik van het net, zoals bijvoorbeeld met warmtekrachtkoppeling (WKK). Opwekking van elektriciteit gaat gepaard met verliezen onder de vorm van warmte. Bij een WKK-installatie gebruiken we deze warmte voor het verwarmen van het gebouw. Bovendien hebben we bijna geen transportverliezen meer.

Men mag in een source NZEB zelf elektriciteit opwekken met fossiele brandstoffen. Deze elektriciteit mag niet geëxporteerd worden naar het net, vermits dit geen hernieuwbare positieve energie is. De installatie moet gedimensioneerd zijn op de elektriciteitsvraag van het gebouw. De fossiele brandstoffen die we gebruiken tellen als negatieve energie en moeten gecompenseerd worden door positieve energie.

Bij een source NZEB is 10.000kWh warm water niet hetzelfde als 10.000kWh aardgas of 10.000kWh elektriciteit. We rekenen in ons voorbeeld met een site-to-source- en source-to-site factor van 3 voor elektriciteit en een factor van 1,12 voor aardgas. Voor de zonneboiler hoeven we geen factor te definiëren, want deze energie komt zowel in de negatieve als positieve energie en dit zou elkaar toch opheffen.

We rekenen volgens deze definitie ons voorbeeld uit.

De som van negatieve energie:

$$[3.000 + 500] * 3 \text{ (elektriciteit)} + 10.000 * 1,12 \text{ (aardgas)} + 10.000 \text{ (zonneboiler)} \\ = 31.700 \text{ kWh per jaar}$$

De som van positieve energie:

$$13.500 * 3 \text{ (zonnepanelen = elektriciteit)} + 10.000 \text{ (zonneboiler)} = 50.500 \text{ kWh per jaar}$$

Energiebalans:

$$\text{positieve energie} - \text{negatieve energie} = 50.500 - 31.700 = 18.800 \geq 0$$

We zien hier duidelijk dat een source NZEB gemakkelijker te bekomen is. Dit komt omdat de opgewekte elektrische hernieuwbare energie met een site-to-source factor van 3 wordt doorgerekend.

Zoals onderstaande berekening laat zien, hebben we in ons voorbeeld eigenlijk maar 7.233 kWh jaarlijks nodig van de zonnepanelen.

$$31.700 \text{ (positieve energie nodig)} = X * 3 \text{ (zonnepanelen)} + 10.000 \text{ (zonneboiler)}$$

$$\text{dus } X = \frac{31.700 - 10.000}{3} = 7.233 \text{ kWh per jaar}$$

3.1.3.3 Cost NZEB

De opbrengst van geëxporteerde hernieuwbare energie van het gebouw moet minstens zo groot zijn als de kosten van de geïmporteerde energie, zodat een cost NZEB op jaarlijkse basis geen kosten heeft aan energie. De kosten van installaties en onderhoud worden niet meegerekend. De totale kosten aan energie worden in België bepaald door de som van energieprijzen, nettarieven en heffingen.

De energieprijzen wordt vrij bepaald door de leverancier. Zo kan hij zich onderscheiden van zijn concurrenten. De energieprijzen zijn afhankelijk van:

- de kosten van elektriciteit of aardgas;
- de investeringen in de productie van groene stroom en warmtekrachtkoppeling opgelegd door de Vlaamse overheid;
- de winstmarge van de leverancier;
- het tijdstip van verbruik, dag-nachttarief of uitsluitend nachttarief;
- een vaste vergoeding voor administratieve kosten;
- hoeveelheid gratis elektriciteit bij huishoudelijke verbruikers.

In de industrie wordt ook rekening gehouden met piekverbruik en $\cos\phi$. Door bv. een dieselgenerator te gebruiken bij piekverbruik, kunnen we mogelijk een andere energieprijzen afspreken met de energieleverancier, omdat hij op deze manier niet in extra piekvermogen moet voorzien.

De nettarieven zijn de tarieven voor het gebruik van het net en voor de geleverde diensten. Dit bedrag wordt bepaald door de netbeheerder. Ze bestaan uit volgende elementen:

- de transmissiekosten voor het vervoer van elektriciteit over het hoogspanningsnet;
- de vervoerkosten voor het vervoer van aardgas;
- de distributiekosten voor het gebruik van hun distributienet.

De heffingen worden bepaald door de overheid en bestaan uit:

- de energiebijdrage;
- de federale bijdrage:
 1. de financiering van de CREG;
 2. de bijdrage tot het denuclearisatiefonds;
 3. de bijdrage voor het Kyoto-fonds;
 4. de heffing 'Premie Verwarming';
 5. de bijdrage voor het Sociaal Fonds;
 6. de toeslag 'beschermde klanten' voor elektriciteit;
- de toeslag 'beschermde klanten' voor aardgas.

(Vreg, 2012)

De energiekosten van de verschillende energiebronnen en hun beschikbaarheid bepalen welke energievoorzieningen voornamelijk zullen gebruikt worden. Zo kan het veel goedkoper zijn om met fossiele brandstof zelf energie op te wekken in het gebouw. Een nadeel is dat de goedkopere energie aangemoedigd wordt en groene energie meestal duurder is.

Een ander nadeel van cost NZEB is de grotere afhankelijkheid van externe factoren. Grote schommelingen in prijzen kunnen ervoor zorgen dat het gebouw het ene jaar wel en het andere jaar niet voldoet aan een cost NZEB.

Een cost NZEB is niet efficiënt voor toepassingen op grote schaal. Als bv. alle gebouwen in België een cost NZEB zijn, dan zullen de energieleveranciers hun prijzen aanpassen om winst te kunnen maken en blijft de status van cost NZEB niet behouden.

Rekening houdend met de lage verkoopprijzen en het toekomstige smart grid kan het soms nuttig zijn om i.p.v. energie te exporteren, de energie lokaal op te slaan om later te gebruiken. De opgeslagen energie kan gebruikt worden om piekverbruik te verminderen omdat de kosten bij piekverbruik meestal groter zijn. Op deze manier kan de energiekost gereduceerd worden. Energieopslag zal in de toekomst een grotere rol gaan spelen.

De definitie van een cost NZEB moedigt aan om het energieverbruik te reduceren aangezien de kosten van energieaankoop groter zijn dan kosten van verkoop aan het net. Dit heeft als gevolg dat een cost NZEB dikwijls moeilijk te verwezenlijken is.

In ons voorbeeld rekenen we met:

- prijs per kWh elektriciteit: 0,20 eurocent;
- prijs per kWh elektriciteit uit zonnepanelen gespaard: 0,20 eurocent;
- prijs per kWh extra geleverd aan het net: 0,07 eurocent;
- prijs per kWh aardgas: 0,04 eurocent.

Bij analoge elektriciteitsmeters draait de wijzer terug als men energie naar het net exporteert. Hierdoor worden er aankoopkosten bespaard. Als we meer naar het net terugsturen dan eruithalen, wordt deze extra energie verkocht aan de energieleverancier aan een lagere prijs. Digitale meters kunnen onderscheid maken tussen verbruik en generatie en zullen in de toekomst meer gebruikt worden. Ook worden energieprijzen meer afhankelijk van het moment van verbruik door het gebruik van slimme netten en slimme meters.

De energie opgewekt door de zonneboiler kost niets aan geïmporteerde energie. Zonneboilers worden dus ook niet verrekend in de kosten. De zonneboiler heeft als voordeel dat er minder aardgas gebruikt wordt.

De kostensom van negatieve energie:

$$500 * 0,2 \text{ (aankoop elektriciteit)} + 10.000 * 0,04 \text{ (aankoop aardgas)} = 500 \text{ euro}$$

De opbrengstsom van positieve energie:

$$500 * 0,2 \text{ (zonnepanelen)} + 10.000 * 0,07 \text{ (zonnepanelen)} = 800 \text{ euro}$$

We leveren in totaal 10.500 kWh van de zonnepanelen terug aan het net. Van onze zonnepanelen wordt er 3.000 kWh ter plekke in het gebouw verbruikt.

Kostenbalans:

$$\text{positieve energieopbrengst} - \text{negatieve energiekosten} = 800 - 500 = 300 \geq 0$$

Zoals onderstaande berekening laat zien, hebben we in ons voorbeeld eigenlijk maar 9.214 kWh jaarlijks nodig van de zonnepanelen.

$$500 * 0,2 + X * 0,07 = 500 \text{ (nodig voor cost NZEB)}$$

$$\text{Dus } X = \frac{500 - 500 * 0,2}{0,07} = 5.714 \text{ kWh (extra naar net)}$$

$$\text{Totaal} = 5.714 \text{ kWh} + 500 \text{ (compensatie net)} + 3000 \text{ (rechtstreeks in gebouw)} = 9.214 \text{ kWh}$$

3.1.3.4 Emission NZEB

Een gebouw dat evenveel of meer emissievrije energie produceert dan het energie, die emissies met zich meebrengt, verbruikt. Dit wil dus zeggen dat alle uitstoot wordt gecompenseerd met zelf opgewekte energie. De emissies die gepaard gaan met import van energie zijn afhankelijk van de bron (kerncentrales, klassieke centrales, wind, Hydro, etc.) waaruit het zijn energie haalt. Deze verschillende bronnen hebben een andere uitstoot waardoor ze ook verschillend moeten gecompenseerd worden.

Een gelijkaardige definitie die veel terug komt:

“Net Zero Emissions: A net-zero emissions building produces (or purchases) enough emissions-free renewable energy to offset emissions from all energy used in the building annually. Carbon, nitrogen oxides, and sulfur oxides are common emissions that NZEB’s offset. To calculate a building’s total emissions, imported and exported energy is multiplied by the appropriate emissions multiplier, based on the utility’s emissions and on-site generation emissions (if there are any).” (Pless & Torcellini, 2010, A classification based on RE, p.8)

Gebouwen die elektriciteit gebruiken van kerncentrales hebben in deze definitie voordelen t.o.v. gebouwen die hun elektriciteit van een klassieke centrale halen. Dit indien de regionale cijfers in rekening worden gebracht en niet de nationaal gemiddelde cijfers. Als alle energie van bronnen komt waar geen broeikasgassen uitgestoten worden (zoals kerncentrales) dan hebben we al een emission NZEB en dient er geen compensatie door hernieuwbare energie gedaan te worden.

Om een emission NZEB uit te rekenen hebben we de juiste emissiefactoren nodig. Deze zijn voor elke regio en bron anders. Het is dikwijls moeilijk te bepalen vanwaar de elektriciteit of het gas komt en welke emissie dit met zich meebrengt. Elke kWh hernieuwbare energie die terug naar het net gestuurd wordt, spaart één kWh energie van dit net waardoor ook de emissie hiervan gespaard wordt.

Het NREL heeft voor verschillende situaties en regio’s bepaald welke source- en welke emissie-omrekeningsfactoren er gebruikt moeten worden.

We gebruiken het nationale gemiddelde in de VS uit tabel 3.2 voor toepassing op ons voorbeeld. We kunnen in deze tabel zien hoeveel kg uitstoot van verschillende stoffen er gepaard gaat bij de productie van elektriciteit die in ons gebouw gebruikt wordt.

Tabel 3.2 emissiefactoren voor geleverde elektriciteit (Deru & Torcellini, 2007)

Table 4 Total Emission Factors for Delivered Electricity (kg of pollutant per kWh of electricity)						
Pollutant (kg)	National	Eastern	Western	ERCOT	Alaska	Hawaii
CO _{2e}	7.58E-01	7.88E-01	5.94E-01	8.34E-01	7.74E-01	8.65E-01
CO ₂	7.14E-01	7.45E-01	5.54E-01	7.74E-01	7.05E-01	8.32E-01
CH ₄	1.68E-03	1.63E-03	1.59E-03	2.40E-03	2.85E-03	1.34E-03
N ₂ O	1.69E-05	1.76E-05	1.35E-05	1.82E-05	1.38E-05	9.06E-06
NO _x	1.25E-03	1.36E-03	8.84E-04	9.98E-04	8.83E-04	1.96E-03
SO _x	3.79E-03	3.89E-03	3.09E-03	4.40E-03	5.09E-03	4.10E-03
CO	3.65E-04	3.87E-04	2.48E-04	4.12E-04	9.31E-04	3.37E-03
TNMOC	3.24E-05	3.29E-05	2.93E-05	3.38E-05	3.81E-05	5.20E-05
Lead	5.92E-08	6.30E-08	4.06E-08	6.44E-08	2.86E-08	5.99E-08
Mercury	1.39E-08	1.52E-08	8.42E-09	1.27E-08	1.72E-08	7.79E-08
PM10	4.16E-05	4.20E-05	3.17E-05	5.92E-05	4.94E-05	8.12E-05
Solid Waste	8.63E-02	9.28E-02	6.29E-02	7.55E-02	3.58E-02	3.37E-02

Wij gebruiken in ons voorbeeld aardgas of in het Engels ‘Natural Gas’. We nemen aan dat we dit gas verwarmen in een gewone boiler om warm water te voorzien. Er bestaan nog andere tabellen voor andere systemen. Het gebouw gebruikt 10.000kWh aardgas.

Via de verbrandingswaarde van het aardgas (9,77 kWh/m³) bekommen we een volume van 1.024 m³ aardgas.

Tabel 3.3 emissiefactors voor lokale verbranding (Deru & Torcellini, 2007)

Pollutant (kg)	Commercial Boiler					
	Bituminous Coal	Lignite Coal	Natural Gas	Residual Fuel Oil	Distillate Fuel Oil	LPG
	1000 kg	1000 kg	1000 m ³ ***	1000 L	1000 L	1000 L
CO _{2e}	2.74E+03	2.30E+03	1.97E+00	3.06E+03	2.73E+03	1.62E+03
CO ₂	2.63E+03	2.30E+03	1.96E+00	3.06E+03	2.73E+03	1.59E+03
CH ₄	1.15E-01	2.00E-02	4.00E-05	2.76E-02	2.78E-02	2.60E-02
N ₂ O	3.68E-01	ND [†]	4.00E-05	1.41E-02	1.43E-02	1.17E-01
NO _x	5.75E+00	5.97E+00	1.78E-03	7.68E-01	2.58E+00	1.88E+00
SO _x	1.66E+00	1.29E+01	1.01E-05	4.79E+00	4.09E+00	0.00E+00
CO	2.89E+00	4.05E-03	1.50E-03	6.40E-01	6.48E-01	2.60E-01
VOC	ND [†]	ND [†]	9.82E-05	4.35E-02	4.39E-02	4.55E-02
Lead	1.79E-03	6.86E-02	8.01E-09	1.81E-07	ND [†]	ND [†]
Mercury	6.54E-04	6.54E-04	4.16E-09	1.35E-08	ND [†]	ND [†]
PM10	2.00E+00	ND [†]	1.35E-04	5.56E-01	2.25E-01	5.86E-02

* from the U.S. LCI data module: Bituminous Coal Combustion in an Industrial Boiler (NREL 2005)
 ** from the U.S. LCI data module: Lignite Coal Combustion in an Industrial Boiler (NREL 2005)
 *** Gas volume at 15.6°C and 101325 Pa.
 † no data available

Uit de tabel halen we voor CO_{2e} 1,97 kg per 1000 m³ gas en 0,785 kg per kWh elektriciteit. We gebruiken 10000 kWh aardgas en 500 kWh elektriciteit van het net. De zonnepanelen sturen 10500 kWh terug naar het net.

CO_{2e} is de equivalente hoeveelheid CO₂ die hetzelfde effect heeft op de opwarming van de aarde als de uitstoot van alle andere schadelijke stoffen. Sommige stoffen blijven langer in de atmosfeer en zijn daarom schadelijker. Deze krijgen een grotere equivalente hoeveelheid CO_{2e} dan stoffen die minder lang blijven hangen. Dit vervangt de zogenaamde 'global warming potential' (GWP). Als de equivalente hoeveelheid CO₂ gecompenseerd wordt, bekommen we een emission NZEB.

De som van emissies CO_{2e}:

$$500 \text{ kWh} * 0,785 \frac{\text{kg}}{\text{kWh}} + \frac{10\,000 \text{ kWh}}{9,77 \text{ kWh/m}^3} * 1,97 * \frac{\text{kg}}{1000 \text{ m}^3} = 395 \text{ kg}$$

De som van compensatie emissies CO_{2e}:

$$10\,500 \text{ kWh} * 0,785 \frac{\text{kg}}{\text{kWh}} = 8242 \text{ kg}$$

Emissiebalans:

$$\text{Compensatie emissie} - \text{som emissie} = 8242 - 395 = 7847 \geq 0$$

Zoals onderstaande berekening laat zien, hebben we in ons voorbeeld eigenlijk maar 3.503 kWh jaarlijks nodig van de zonnepanelen.

$$395 = X * 0,785 \text{ (uitstoot te compenseren)} \rightarrow X = 503 \text{ kWh}$$

$$\text{Onze installatie} = 503 + 3.000 = 3.503 \text{ kWh}$$