



Uitlijning zonnepanelen: Hoe energie in de ruimte te optimaliseren

Docentenhandleiding



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Planet change is the short name of an EU Erasmus+ project aimed at VET teachers and their students. With small activities, the idea is to create awareness about sustainability and acquire 21st century skills. All this is done in a technical context, mostly from space technology.

www.planetchange.eu



Inhoud:

1. Algemene informatie	4
Onderwerp	4
Activiteit	4
2. Introductie	6
3. Beschrijving van de activiteit	10
Deel 1: Klassikale introductie van zonnepanelen op aarde en in de ruimte [35 min]	10
Deel 2: Activiteit Bouw een zonnensensor [20 min]	13
Deel 3: Reflectie [10 min]	17
Deel 4: Een mogelijke toekomst [optioneel]	17
Deel 5: Excursie [optioneel]	17
4. Bijlage I: Materialen	18
5. Bijlage II: Achtergrondinformatie / tutorials / voorbeelden	19



1. Algemene informatie

Doel: Studenten leren hoe ze zonnepanelen het meest efficiënt kunnen bedienen/installeren en hoe satellieten de richting van de zon af kunnen leiden.

Doelgroep, scholen voor beroepsonderwijs en -opleiding: zie bijlage

Doelgroep, leeftijd: 16-18Y / 18-20Y

Niveau van het Europees kwalificatiekader: 1/2/3

Duur: ca. 60 min

Locatie: lokaal

Achtergrond: Om ervoor te zorgen dat zonnepanelen efficiënt energie produceren, moeten ze in een loodrechte hoek met de zon worden geplaatst. Zonnepanelen op de grond worden meestal met een vaste hoek geïnstalleerd. Die hoek hangt vooral af van de breedtegraad op aarde. Zonnepanelen op satellieten moeten echter voortdurend van positie veranderen om naar de zon te blijven kijken.

Onderwerp

Thema: Energie-efficiëntie

Trefwoorden: Satellietoriëntatie, hoek, vermogen, programmeren, zonnepanelen, zonnepanelen, fotovoltaïsche cellen, zonne-energie, zonne-energie, zonnensensor.

Activiteit

Leerdoelen

De student krijgt betere kennis over;

- Algemene kennis;
 - Het belang van zonnepanelen op aarde en in de ruimte
 - De ideale hoek om het maximale vermogen van een zonnepaneel te krijgen
 - Overwegingen bij het installeren van een zonnepaneel op de grond
 - Waarom de positionering voor satellieten anders is dan voor zonnepanelen op aarde
 - Ontdek enkele manieren waarop je de zonnepanelen van een satelliet op de zon kunt richten
- Activiteiten:



- Werking van een zonnensensor. Na een hypothese te hebben opgesteld over hoe satellieten hun zonnepanelen correct gericht houden, maken studenten kennis met de werking van een zonnensensor. De student ontwerpt en bouwt vervolgens een model van een zonnensensor.
- Inleiding tot programmeren. Ze leren hoe ze een virtuele satelliet kunnen programmeren om de hoek van zijn zonnepanelen actief aan te passen, zodat hij perfect op de zon gericht blijft terwijl hij in een baan om de aarde draait.
- Studenten reflecteren op wat ze hebben geleerd over de oriëntatie van zonnepanelen en hoe ze de stand van de zon kunnen bepalen.
- Studenten krijgen voorbeelden te zien van beroepen waar deze kennis wordt toegepast (in een carrière in de ruimtevaartindustrie).
- Voorbeeld medewerker zonnepaneel monteur/installateur (met behulp van satellietdata)

Samenvatting van de activiteit

Eerst leren studenten waarom zonnepanelen in een hoek van 90 graden op de zon moeten worden uitgelijnd om maximaal rendement te bereiken. Ze zullen enkele van de overwegingen bespreken bij het kiezen van de optimale hoek voor vaste zonnepanelen op de grond. Ze leren waarom zonnepanelen op satellieten hun hoek aanpassen en verkennen verschillende methoden om te weten hoe ze dat moeten doen. Tijdens de activiteit ontwerpen en bouwen de leerlingen een papieren versie/mock-up van een zonnensensor, een apparaat dat de richting van de zon meet. Ze presenteren hun zonnensensor aan de klas en testen of ze de richting van het licht kunnen bepalen. Bovendien kunnen studenten een virtuele satelliet programmeren om de oriëntatie van hun zonnepanelen bij te werken om de maximale energie-efficiëntie/stroomoutput te krijgen.

Na de activiteiten reflecteren de leerlingen op wat ze hebben geleerd over de oriëntatie van zonnepanelen en hoe ze de stand van de zon kunnen bepalen. De les kan worden afgesloten met voorbeelden van mbo-studenten met een beroep in deze branche. Deze les zou uitgebreid kunnen worden met een excursie naar een zonne-energiebedrijf.



2. Introductie

Bereiken van duurzame ontwikkelingsdoelen (SDG's)

Zonnepanelen zijn een steeds populairdere manier om elektriciteit op te wekken, en dat is niet voor niets. Ze gebruiken de kracht van de zon om schone en hernieuwbare energie op te wekken, waardoor ze een minder negatieve impact hebben op het milieu. Er zijn veel redenen waarom zonnepanelen belangrijk zijn, waaronder hun bijdrage aan het behalen van de Sustainable Development Goals (SDG's) van de Verenigde Naties.

Ten eerste helpen zonnepanelen om onze afhankelijkheid van fossiele brandstoffen te verminderen, wat essentieel is voor het bereiken van SDG 7: Betaalbare en schone energie. Fossiele brandstoffen, zoals steenkool en olie, zijn niet-hernieuwbare hulpbronnen die bijdragen aan klimaatverandering en luchtvervuiling. Door zonnepanelen te gebruiken om elektriciteit op te wekken, kunnen we onze afhankelijkheid van deze schadelijke brandstoffen verminderen en op weg gaan naar een duurzamere toekomst.

Ten tweede kunnen zonnepanelen helpen om de energiekosten te verlagen, wat ook een belangrijk aspect is van SDG 7. Eenmaal geïnstalleerd, kunnen zonnepanelen gratis elektriciteit opwekken, wat betekent dat je geld kunt besparen op je energierekening. Met een terugverdientijd – afhankelijk van de omstandigheden – van 8 á 12 jaar en diverse regelingen vanuit de overheid voor korting, zal dit uiteindelijk goedkoper zijn.

Ten derde wordt er met onderzoek en ontwikkeling, en het uiteindelijke plaatsen, veel werk gecreëerd, en waardevermeerdering voor huizen en bedrijven; dit draagt bij aan SDG 8: Waardig werk en economische groei.

Ten slotte helpen zonnepanelen de effecten van klimaatverandering te verzachten door de uitstoot van broeikasgassen te verminderen, wat cruciaal is voor het bereiken van SDG 13: Klimaatactie. Door ervoor te kiezen om zonne-energie te gebruiken in plaats van fossiele brandstoffen, kunnen particulieren en bedrijven hun ecologische voetafdruk verkleinen en helpen de planeet te beschermen voor toekomstige generaties.

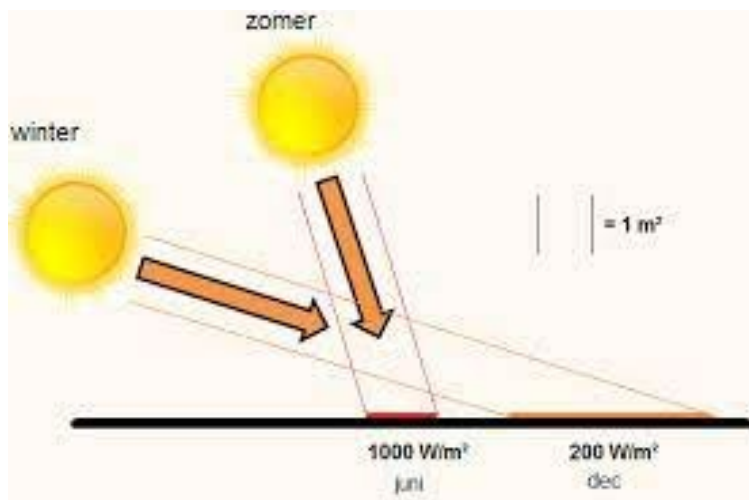


Kortom, zonnepanelen zijn niet alleen belangrijk voor het verlagen van de energiekosten, het verhogen van de waarde van onroerend goed en het creëren van banen, maar ze zijn ook een cruciaal hulpmiddel bij het bereiken van de SDG's, met name SDG 7 en SDG 13. Door de kracht van de zon te benutten, kunnen we werken aan een duurzamere, kosteneffectievere en klimaatbestendigere toekomst.



Efficiëntie van zonnepanelen

Hoeveel stroom een zonnepaneel opwekt, hangt af van een groot aantal factoren, zoals het type zonnepaneel en de grootte ervan. Toch wordt het rendement van een zonnepaneel, ongeacht het type of de grootte, grotendeels bepaald door de hoek waaronder het zonlicht op het oppervlak van het zonnepaneel valt. Zonnepanelen werken het beste als het licht loodrecht op het oppervlak valt. Dat wil zeggen, met een rechte (90 graden) hoek. Op deze manier verlicht een lichtstraal het kleinste plekje en is dus het meest intens. Als een lichtstraal onder een ondiepe hoek op het zonnepaneel valt, wordt dezelfde hoeveelheid licht min of meer 'uitgesmeerd' over een groter oppervlak. Een andere manier om dit te visualiseren is door te beseffen dat er meer zonnestralen in staat zijn om de zonnepanelen onder een loodrechte hoek te raken in vergelijking met een ondiepe hoek.



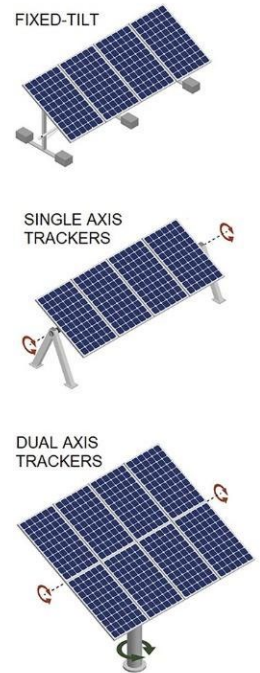
Er zijn nog andere factoren en overwegingen om het vermogen van zonnepanelen te maximaliseren, vooral voor panelen op aarde. Omdat de zon voortdurend van positie en hoek verandert, zullen zonnepanelen die hun oriëntatie aanpassen om een loodrechte hoek met de zon te behouden, efficiënter zijn, maar ook duurder. Om dit te doen, moet u eerst de zon volgen of de positie ervan gedurende het hele jaar kennen. Vervolgens kunnen de panelen worden verplaatst om de loodrechte hoek (zoveel mogelijk) te behouden. Dit betekent dat dergelijke systemen sensoren, procesgegevens, motoren of actuatoren nodig hebben om het paneel te verplaatsen, een geavanceerder raamwerk om het paneel op te installeren en meer service en onderhoud. Hoewel deze systemen steeds gebruikelijker worden en in bepaalde situaties economisch haalbaar zijn, is het vaak nog steeds gemakkelijker en goedkoper om meer, maar onder een suboptimale hoek geplaatste vaste zonnepanelen te installeren.



Het plaatsen van vaste zonnepanelen is dus noodzakelijkerwijs een compromis. Er moet een vaste hoek worden gekozen die gemiddeld de meeste energie levert. Om te bepalen wat die hoek is, kijken we naar verschillende factoren:

- ten eerste moeten vaste zonnepanelen, wanneer ze op het noordelijk halfrond worden geïnstalleerd, naar het zuiden gericht zijn, terwijl zonnepanelen op het zuidelijk halfrond naar het noorden moeten worden gericht.
- Daarnaast hangt de optimale hellingshoek af van de breedtegraad. Hoe extremer de breedtegraad, hoe hoger de hellingshoek moet zijn. Op de evenaar betekent dit dat vaste zonnepanelen recht naar boven wijzen (d.w.z. dat ze plat op de grond liggen). Op de polen zouden de panelen echter loodrecht op de grond moeten worden geïnstalleerd.

Er zijn nog enkele andere overwegingen waarmee rekening moet worden gehouden bij het oriënteren van vaste zonnepanelen. Er kunnen objecten zijn (bijv. huizen, bergen of bomen) die de zon op bepaalde uren blokkeren. Bijvoorbeeld wanneer de ochtendzon wordt geblokkeerd door een berg. In dergelijke gevallen moeten zonnepanelen niet het midden houden tussen de opkomende zon in het oosten en de ondergaande zon in het westen door naar het Noorden of zuiden te kijken (afhankelijk van welk halfrond), maar meer naar het westen gericht te zijn. Omgekeerd moeten de panelen meer oostwaarts wijzen als de late middagzon wordt geblokkeerd.



Wanneer is zonne-energie het meest nodig? Dit kan een andere overweging zijn, vooral wanneer elektriciteit niet kan worden opgeslagen of teruggeleverd aan het elektriciteitsnet. Omdat het stroomverbruik over het algemeen in de ochtend of middag hoger is, betekent dit een optimale paneeloriëntatie naar respectievelijk het oosten of het westen. Een hoger stroomverbruik hoger in de winter (bijv. verwarming) of juist in de zomer (bijv. airconditioning) weegt ook mee.

Ten slotte presteren zonnepanelen het beste bij gematigde temperaturen, omdat hogere of lagere temperaturen het rendement kunnen verminderen. De optimale temperatuur voor de meeste zonnepanelen ligt rond de 25°C. Voor elke graad boven 25°C kan het vermogen van een zonnepaneel met ongeveer 0,3% tot 0,5% afnemen. Of zonnepanelen nu in een briesje worden geplaatst of beschut tegen de wind, omgeven door objecten in de schaduw of watermassa's, dit heeft allemaal invloed op de temperatuur en dus het rendement van het zonnepaneel.

Zonnepanelen in de ruimte

Zonnepanelen zijn een van de belangrijkste manieren waarop satellieten en ruimtestations zichzelf voorzien van de energie die nodig is om operationeel te zijn. Satellieten moeten vele jaren zelfstandig werken. Om voor de hand liggende redenen kun je een satelliet niet aansluiten op het elektriciteitsnet, de meeste batterijen gaan geen jaren mee of kunnen niet de benodigde stroom leveren, en je zou ook geen dieselgenerator op een ruimteschip kunnen hebben. Gelukkig is er veel zonne-energie in de ruimte en zijn er geen wolken die dit blokkeren. Maar: hoe positioneer je zonnepanelen als je met halsbrekende snelheden door de ruimte zoekt?

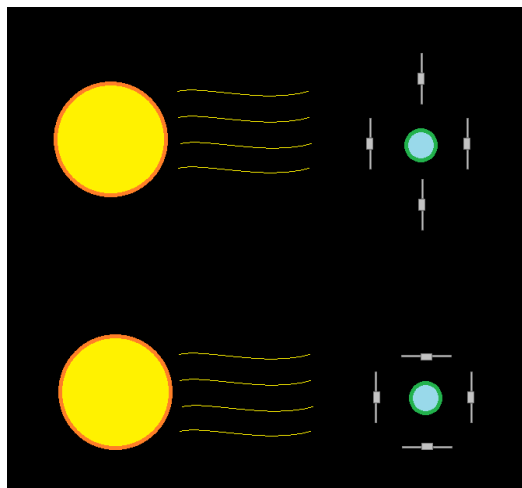
Zoals we hebben gezien, hebben zonnepanelen op aarde om economische redenen meestal een vaste oriëntatie en standplaats. Omdat het erg duur is om materiaal de ruimte in te krijgen, geldt deze reden niet voor zonnepanelen in de ruimte. Hoewel de prijzen gestaag dalen, kost het nog steeds duizenden euro's om één kilo de ruimte in te krijgen. Het is daarom goedkoper om een klein en licht systeem toe te voegen dat de oriëntatie van het zonnepaneel



kan aanpassen, dan meer zonnepanelen mee te nemen. Dit is ook de reden waarom zonnepanelen die in de ruimte worden gebruikt van de beste kwaliteit zijn. Om de maximale hoeveelheid energie per kilogram naar de ruimte te brengen. Bovendien, wanneer een satelliet in een baan om de aarde wordt gebracht, worden de zonnepanelen opgevouwen en verpakt in de lading van een raket. Panelen op satellieten moeten dus al uitklappen en toch bewegen. Een andere reden om de oriëntatie van het zonnepaneel aan te passen, is dat het bereik van de hoeken van de zon in de ruimte doorgaans veel variabeler is dan op aarde. Terwijl een zonnepaneel op de grond op dezelfde breedtegraad blijft, doen de meeste satellieten dat niet. Ondertussen verandert die hoek continu, door de enorme snelheden waarmee satellieten rond de aarde suizen.

Ten slotte is het verplaatsen van massa op aarde veel moeilijker dan in de ruimte. Waar zo'n verstelsysteem op aarde veel gewicht moet verplaatsen en dragen, zijn zonnepanelen in de ruimte door microzwaartekracht gewichtloos. Zonnepanelen in de ruimte zijn daarom veel gemakkelijker in elke richting te bewegen en hebben geen ondersteuning nodig om in die positie te blijven.

De oriëntatie van een satelliet wordt meestal zo geplaatst/gedraaid dat een deel van de satelliet, meestal een sensor of zender, altijd naar de aarde is gericht. Satellieten bewegen op vrijwel dezelfde manier als de maan; altijd met dezelfde kant naar de aarde gericht. Zulke objecten noemen we 'tidally locked'. Dit zorgt ervoor dat de hoek van de zon in de loop van de tijd meer verandert in vergelijking met een satelliet die niet 360 graden draait tijdens een volledige rotatie rond de aarde.



Gelukkig is er in een baan om de aarde weinig dat de gegeven hoek of rotatie van een satelliet verstoort, dus zijn baan is bijna volledig van tevoren bekend. Kleine verschillen in de sterkte van het zwaartekrachtsveld van de aarde, zonnewinden en het kleine beetje weerstand van de paar moleculen daarboven veranderen uiteindelijk de positie, rotatie en/of oriëntatie van een satelliet enigszins. Na verloop van tijd kunnen dergelijke kleine verstoringen uitgroeien tot aanzienlijke. Dus zelfs als de juiste positie van het zonnepaneel van een satelliet van tevoren zou kunnen worden berekend en gepland, zouden onbekende maar onvermijdelijke kleine verstoringen nog steeds moeten worden gecontroleerd en gecorrigeerd.

Theoretisch zouden er naast de geplande manier verschillende methoden kunnen worden bedacht om de loodrechte hoek te behouden. Zo kan de satelliet kleine aanpassingen maken in elke richting. Alleen als de afstelling leidt tot een vermogensverhoging, blijft de afstelling behouden. In werkelijkheid gebruiken de meeste, zo niet alle satellieten, zonnensensoren. Deze speciale navigatieapparaten laten een klein beetje licht binnen dat vervolgens op een detector valt. Hiermee kunnen we de invalshoek van het zonlicht, en dus de locatie van de zon, bepalen.



3. Beschrijving van de activiteit

Deel 1: Klassikale introductie van zonnepanelen op aarde en in de ruimte [35 min]

- a. Laat de studenten kennismaken met het belang van zonnepanelen op aarde (bijv. energieonafhankelijkheid, lokaal geproduceerd, niet-fossiel/hernieuwbaar, minder uitstoot, het bereiken van SDG's, klimaatverandering, enz.). **[5 minuten]**
- b. *Vraag de klas wat volgens hen de optimale oriëntatie van een zonnepaneel is.*

Laat de studenten met behulp van een zaklamp en een vel ruitjespapier zien waarom zonnepanelen loodrecht op de zon moeten worden gericht om het maximale rendement en dus het hoogste vermogen te krijgen. **[5 minuten]**

TIP: Met een eenvoudige opstelling van een kleine zonnecel die is aangesloten op een voltmeter, ventilator of gloeilamp kun je de optimale oriëntatie aantonen door te laten zien dat het veranderen van de hoek van het licht van de zon of een zaklamp resulteert in een snellere/langzamere ventilator of helderdere/zwakkere gloeilamp.

- c. Hoe je een vast zonnepaneel moet oriënteren om het grootste deel van de stroom die het levert te benutten, kan van veel overwegingen afhangen. Vanuit ons oogpunt beweegt de zon van oost naar west door de lucht. Bovendien staat de zon overal behalve op de evenaar hoog aan de hemel in de zomer, maar blijft laag in de winter.
 - *Vraag de klas waarom deze feiten over onze zon een 'probleem' zijn bij het installeren van vaste zonnepanelen. [5 minuten]*
- d. Vertel de studenten dat zonnepanelen op aarde meestal om economische redenen vast komen te liggen. Leg uit dat dit ook betekent dat we een suboptimaal vermogen krijgen.
 - *Vraag de klas naar overwegingen bij het bepalen van de optimale vaste positie en hoek van zonnepanelen [5 minuten]*



Mogelijke overwegingen (vermeld de overwegingen die de studenten hebben gemist):

- Optimaliseer je voor ochtend-, middag- of middagzon? Dit kan afhangen van het stroomverbruik gedurende de dag. Als je bijvoorbeeld alleen in de ochtend thuis bent en dan energie verbruikt, dan wil je misschien de hoek van het zonnepaneel zo plaatsen dat het vermogen in de ochtend het hoogst is. Of je energie kunt opslaan of terug kunt verkopen aan het net is ook relevant in dit scenario.
- Zijn er obstakels die de zon blokkeren tijdens bepaalde delen van de dag?
- Heb je de stroom meer nodig in de winter of zomer? Als je stroomverbruik in de zomer hoger is (bijv. airconditioning), wil je de zonnepanelen misschien hoger kantelen, zodat ze meer loodrecht staan tijdens zomerdagen wanneer de zon een hoger punt aan de hemel bereikt.

e. Laat de studenten kennismaken met het belang van zonnepanelen op satellieten en ruimtevaartuigen als energiebron (bijv. voldoende zonne-energie, geen wolken, heel weinig andere haalbare opties). **[5 minuten]**

- *Vraag en bespreek met de klas waarom zonnepanelen op satellieten hun hoek aanpassen.* **[5 minuten]**

Mogelijke antwoorden:

- Materialen in de ruimte krijgen is duur. Waar het op aarde goedkoper is om meer zonnepanelen te krijgen in plaats van de zon actief te volgen, is dit in de ruimte niet waar.
- Vanwege de vaak snel veranderende positie van satellieten ten opzichte van de zon. [Opmerking: dit is minder het geval voor geostationaire satellieten.]
- Microzwaartekracht maakt het verplaatsen en ondersteunen van zware zonnepanelen veel gemakkelijker.

f. Satellieten hebben sensoren en/of communicatieapparatuur die we in een bepaalde richting willen richten, meestal naar de aarde. Daarom draaien satellieten bij elke baan rond de aarde ook 360 graden, zodat hun sensor in dezelfde richting blijft wijzen. Om deze reden bewegen satellieten, wanneer ze hun zonnepanelen naar de zon richten, meestal alleen hun zonnepanelen en niet hun eigen (lichaams)oriëntatie. Maar hoe 'weet' een satelliet hoe hij zijn panelen correct moet oriënteren?



Mogelijke methoden:

- Ten eerste, als het vluchtplan van de satelliet bekend is en op de juiste koers ligt, moeten de positie en hoek van de zon al ver van tevoren bekend zijn. In de ruimte is er geen wind en geen hobbels op de weg die de positie/oriëntatie van de satelliet kunnen veranderen. Dus eenmaal daarboven is de vliegroute van een satelliet heel voorspelbaar. In dat geval hoeft alleen de gedetailleerde oriëntatie van de satelliet bekend te zijn om zijn zonnepanelen in de juiste richting te sturen. We gaan dit '*de geplande manier*' noemen.
- Een andere oplossing voor dit probleem is om het zonnepaneel geleidelijk om drie assen te draaien en het vermogen te meten. Als beweging in een bepaalde richting het vermogen verhoogt, zou dat erop wijzen dat het zonnepaneel beter is uitgelijnd. Als een dergelijke beweging resulteert in minder vermogen, is het zonnepaneel minder uitgelijnd en moet het naar achteren worden verplaatst. Door dit incrementele vallen en opstaan te herhalen, de treffers te behouden en terug te gaan op de missers, worden de zonnepanelen uiteindelijk op zo'n perfecte manier uitgelijnd dat elke verandering van hoek het vermogen zal verminderen. We gaan dit '*de trial-and-error-manier*' noemen.
- Ten derde kan een satelliet 'weten' waar de zon is door de sterkte van het licht te detecteren op meerdere sensoren die onder verschillende hoeken op de satelliet zijn geplaatst. Die informatie kan worden gebruikt om de positie van de zon op dat moment te berekenen en hun zonnepanelen daarop af te stemmen. We gaan dit '*de gemeten manier*' noemen.

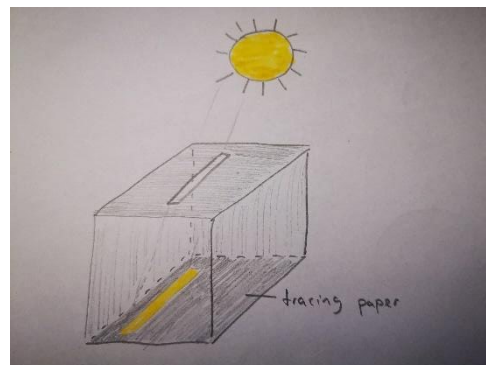
- *Besprek in groepjes van 4: hoe kun jij ervoor zorgen dat een satelliet zijn zonnepanelen op de zon gericht houdt? Wat zou je moeten weten of meten? Wat zijn de voor- en nadelen van elke methode die je hebt bedacht? Welke methode zou je gebruiken? [5 minuten]*
- *Vraag de klas welke methoden ze hebben bedacht en welke volgens hen de beste zijn. Introduceer een van de volgende methoden als deze nog niet door de studenten zijn genoemd. [5 minuten]*



Deel 2: Activiteit Bouw een zonneseensor [20 min]

In deze activiteit bootsen de studenten het concept van een zonneseensor na. Een zonneseensor is een navigatie-instrument dat door ruimtevaartuigen wordt gebruikt om de positie van de zon te detecteren. Zonneseensoren worden echter ook gebruikt in weerstations op de grond en zonnevolgsystemen. In typische zonneseensoren zorgt een dunne spleet of venster aan de bovenkant van een rechthoekige kamer ervoor dat een lichtlijn op een reeks fotodetectorcellen aan de onderkant van de kamer valt. Afhankelijk van waar in de kamer dit licht wordt gedetecteerd, verdeeld in kwadranten, kan de hoek van de zon worden bepaald. Een mock-upversie hiervan kan eenvoudig worden gemaakt van een kartonnen doos en overtrek- of calqueerpapier (zie afbeelding). Hierdoor geef je de richting van de zon in 180 graden.

Wanneer meerdere sleuven loodrecht op elkaar worden samengevoegd, kun je de richting van de lichtbron bepalen. Het overtrekpapier kan ook als een halve cilinder onder de spleet worden bevestigd. Stukjes van een lege toilet- of keukenpapierrol kunnen worden gebruikt om de cilindrische vorm van het calqueerpapier te ondersteunen en te behouden. Door het op deze manier te doen, kan één doos worden gebruikt om meerdere spleten te maken.



Soms gebruiken zonneseensoren één gaatje in plaats van een spleet. Wanneer het licht op de detector (overtrekpapier) eronder valt, zal de helderheid op elk van de vier kwadranten van de detector omgekeerd corresponderen met de richting van de zon. Dat wil zeggen, wanneer de zon recht boven het hoofd staat, worden alle vier de kwadranten gelijkmatig verlicht. Als de zon in het westen staat, zijn de twee oostelijke kwadranten verlicht. Als de zon in het noorden staat, worden de zuidelijke twee kwadranten verlicht. Als de zon in het noordoosten staat, wordt het zuidwestkwadrant het meest verlicht, enz.

Opdracht

Bereid een verduisterde kamer voor met drie verspreide lampen die afzonderlijk kunnen worden ingeschakeld (licht A, B en C). In deze opdracht gaan de leerlingen met de materialen een zonneseensor maken. Daarna zouden ze moeten kunnen zien, door alleen in hun kartonnen doos te kijken, welk van de drie lichten schijnt. Verdeel de klas in groepjes van 3 tot 5 studenten. Geef elke groep de onderstaande materialen. Laat elk groepje eerst binnen hun team bespreken wat er nodig is om de zonneseensor te laten werken en laat ze een eenvoudig ontwerp tekenen. Pas dan beginnen ze met het bouwen van een zonneseensor. Laat ze nadenken over de volgende aspecten;

- Waar plaats je de sleuven en in welke richting?
- Hoeveel sleuven heb je nodig om de richting van een lichtbron te weten?
- Waar en hoe bevestig je het overtrekpapier?
- Kun je één stuk overtrekpapier gebruiken voor meerdere sleuven?
- Kan je een werkende zonneseensor maken met andere vormen dan sleuven?
- Hoe kalibreer je de zonneseensor?



Criteria

1. De doos moet ten minste één kijkgaatje hebben waardoor je kunt kijken.
2. Als je in de doos kijkt, mag het licht van A, B of C niet direct te zien zijn.
3. Je kunt alleen gebruik maken van de meegeleverde materialen.

Materialen per groep:

- Kartonnen doos
- Overtrekpapier
- Band
- Stanley mes en/of schaar
- Lege toilet- of keukenpapierrol (optioneel)

Voorbereiding in de klas

- Verduisterde het lokaal.
- Zorg voor drie plekken met ofwel drie felle lampen die afzonderlijk kunnen worden in- of uitgeschakeld, of van waaruit een enkel fel licht kan worden vastgehouden. Als je een zaklamp gebruikt, zorg er dan voor dat je rechtstreeks op de geteste zonnensensor schijnt en dat deze helder genoeg is.
- (optioneel) Stuk verduisterende doek dat over het hoofd van de persoon die test/demonstreert kan worden gedrapeerd, zodat ze niet direct kunnen zien waar het licht vandaan komt.

Presentatie en demonstratie

Nadat alle groepen klaar zijn met het bouwen van hun zonnensensor, of als de tijd om is, presenteert elke groep hun zonnensensor. Vraag elke groep naar de redenen voor hun ontwerp. Laat elke groep een demonstratie/test uitvoeren waarbij een van hun teamleden identificeert welk van de drie lichten (A, B of C) schijnt door alleen in hun zonnensensor te kijken.



Werkblad - Bouw een zonneseensor

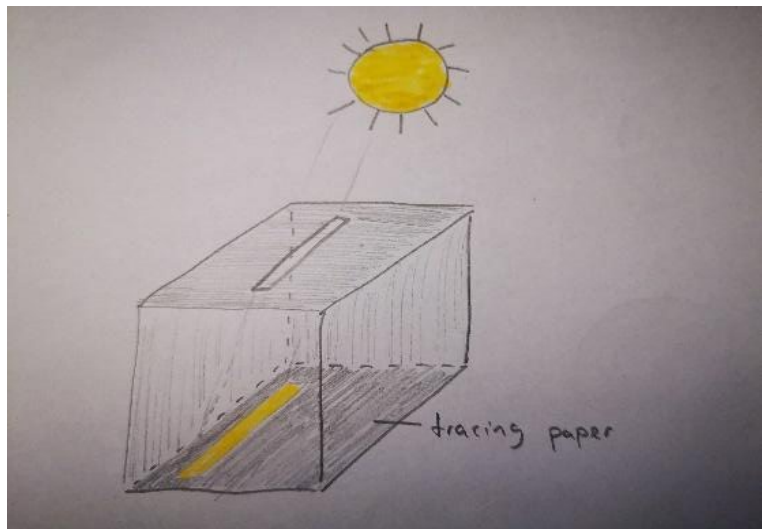
Een zonneseensor is een navigatie-instrument dat door ruimtevaartuigen, zoals satellieten, en het internationale ruimtestation ISS wordt gebruikt om de positie van de zon te bepalen.

Zonneseensoren worden ook gebruikt in weerstations op de grond en zonnevolgsystemen.

In een zonneseensor zorgt een dunne sleuf aan de bovenkant van een rechthoekige kamer ervoor dat licht op fotodetectorcellen aan de onderkant van de kamer valt.

Een mock-upversie hiervan kan eenvoudig worden gemaakt van een kartonnen doos en overtrekpapier (zie afbeelding).

Soms gebruiken zonneseensoren één gaatje in plaats van een sleuf. Wanneer het licht op de detector (overtrekpapier) eronder valt, zal de helderheid op elk van de vier kwanten van de detector omgekeerd evenredig zijn met de richting van de zon. Dat wil zeggen, wanneer de zon recht boven het hoofd staat, worden alle vier de kwanten gelijkmatig verlicht. Als de zon in het westen staat, zijn de twee oostelijke kwadranten verlicht. Als de zon in het noorden staat, worden de zuidelijke twee kwadranten verlicht.



Opdracht: Bouw een zonneseensor

De docent heeft een verduisterd lokaal voorbereid met drie lampen die apart kunnen worden ingeschakeld (licht A, B en C). Bouw een zonneseensor en bepaal daarna uit welke richting het licht komt.

Regels en specificaties

- De doos moet ten minste één kijkgaatje hebben waardoor je kunt kijken.
- Als je in de doos kijkt, mag het licht van A, B of C niet direct te zien zijn. Met andere woorden, je moet de richting van het licht afleiden van het licht dat op het overtrekpapier valt.



Aan de slag!

1. Bespreek wat er nodig is om een werkende zonnensensor te maken.

Het kan helpen om na te denken over de volgende vragen:

- Waar op de doos zou je de sleuven plaatsen en in welke richting?
- Hoeveel sleuven heb je nodig om de richting van een lichtbron te weten?
- Waar en op welke manier zou je het overtrekpapier bevestigen?
- Kun je één stuk overtrekpapier gebruiken voor meerdere sleuven?
- Zou je een werkende zonnensensor kunnen maken met andere vormen dan sleuven?

2. Teken een ontwerp van de zonnensensor die jullie willen bouwen.
3. Bouw jullie ontwerp.
4. Als iedereen klaar is met zijn zonnensensor, of als de tijd om is, presenteer jullie bouwwerk aan de klas.
 - a. Leg het ontwerp uit.
 - b. Demonstreer jullie zonnensensor waarbij één van de teamleden bepaald welke van de drie lichten (A, B of C) schijnt door alleen in de zonnensensor te kijken.



Deel 3: Reflectie [10 min]

Voer een klassikale bespreking over de volgende vragen:

- Nu jullie meer weten over vaste zonnepanelen, wat kunnen we doen om nieuwe woningen geschikter te maken voor de productie van zonne-energie?
- Van de verschillende methoden die in eerder zijn besproken (trial-and-error, geplande of gemeten manier), in welke zou de zonneseensor vallen?
- Waar, of in welke situaties, denk je dat zonnepanelen met het volgen van de zon hier op aarde economisch haalbaarder zouden zijn?

Deel 4: Een mogelijke toekomst [optioneel]

Een mogelijke toekomst van het werken met zonnepanelen in de ruimte

- Voorbeeld van een project bij LiS waarbij studenten een kalibratiesysteem hebben gemaakt voor een zonneseensor.
- Voorbeeld van het gebruik van satellietbeelden om te bepalen waar en hoe zonnepanelen het beste geplaatst kunnen worden.

Deel 5: Excursie [optioneel]

Deze les is te combineren met een excursie naar een regionale lokale zonnepaneel fabrikant, leverancier of installatiebedrijf. In sommige landen is het mogelijk om een excursie te regelen naar een bedrijf dat zich bezighoudt met zonnepanelen voor de ruimte.

- *In Nederland zou bijvoorbeeld een uitstapje naar [Airborne](#) of [Airbus](#) die zonnepanelen maakt voor ruimtevaartuigen, zoals ESA's JUICE-missie, een interessante excursie kunnen zijn.*



4. Bijlage I: Materialen

Materiaal:

Demonstratie:

- *zaklantaarn*
- *ruitjespapier*
- *(optioneel) toiletrol*
- *(optioneel) circuit met zonnecel, ventilator of licht, (en voltmeter)*

Activiteit per groep:

- *kartonnen doos (minimale grootte van schoenendoos)*
- *band*
- *overtrekpapier*
- *lege toiletrol (optioneel)*
- *schaar*
- *stanleymes (optioneel)*



5. Bijlage II: Achtergrondinformatie / tutorials / voorbeelden

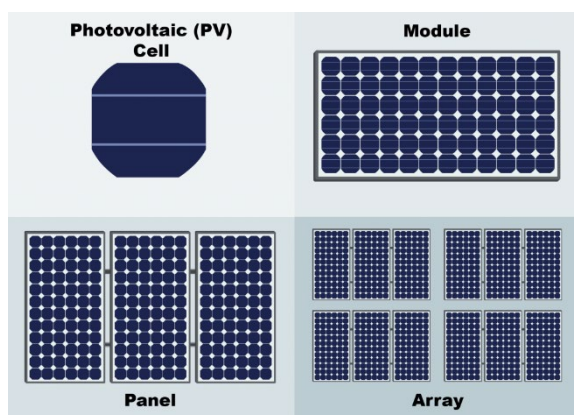
<https://space.stackexchange.com/questions/49398/how-many-sun-sensors-are-required-to-find-a-cubesats-orientation>

<https://www.bbc.com/future/article/20221116-the-floating-solar-panels-that-track-the-sun>

[https://www.cell.com/joule/fulltext/S2542-4351\(20\)30188-4?returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2542435120301884%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/joule/fulltext/S2542-4351(20)30188-4?returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2542435120301884%3Fshowall%3Dtrue)

<https://www.solar-mems.com/how-sun-sensors-work/>

<https://blog.ecoflow.com/us/effects-of-temperature-on-solar-panel-efficiency/#:~:text=The%20optimal%20temperature%20for%20solar%20panels%20is%20around%2025%C2%B0,%25%2C%20affecting%20overall%20energy%20production.>



Figuur 2. Verschillen tussen de gebruikte termen: Een array heeft meerdere panelen, een paneel heeft meerdere modules en een module is gemaakt van vele fotovoltaïsche cellen (Bron: <https://energyresearch.ucf.edu/consumer/solar-technologies/solar-electricity-basics/cells-modules-panels-and-arrays/>)

