TB141-E – Introductie in Energie & Industriesystemen

Tentamen 2 – Woensdag 15 april 2015 – 9.00-11.00 uur

Aanwijzingen:

- Lees de vragen vooraf door en deel de beschikbare tijd in voor beantwoording van de vragen.
- Dit tentamen beslaat 30 meerkeuzevragen en 5 open vragen op 16 pagina's.

Toelichting meerkeuzevragen:

- Bij elke meerkeuzevraag is slechts één antwoord juist.
- Aanvinken van meer dan één vakje per vraag wordt gerekend als een foute keuze.
- De antwoorden op de meerkeuzevragen dienen op het antwoordformulier te worden beantwoord.
- Let erop dat de letters A, B, C en D per vraag door elkaar staan op het antwoordformulier.
- Invullen: ☐ C ☐ A ■ D ☐ B
- Corrigeren: ☐ C ■ A ■ D ☐ B

Toelichting open vragen:

- Open vragen moeten op dit blad worden ingevuld. Beantwoord de vragen compleet, maar zo compact mogelijk.

Veel succes met het tentamen!

Naam:
Studienummer:

Meerkeuzevragen

1. Welke van onderstaande beweringen is *niet* waar?
   a. Met fracking wordt de permeabiliteit van een gashoudend gesteente vergroot.
   b. De Wobbe-index van biogas is lager dan die van groen gas.
   c. Bij dezelfde Wobbe-index mag syngas ingevoerd worden in het aardgasnet.
   d. Na verdamping kan LNG door toevoeging van stikstof geconverteerd worden naar G-gas.

2. Welke van onderstaande beweringen is waar?
   a. Bij decompressie van aardgas in de overgang van het hogedruktransportnet naar het distributienet moet het gas worden verwarmd om condensaatvorming te voorkomen.
   b. Het aardgas dat in Nederland wordt geproduceerd bevat veel condensaat.
   c. CNG is aardgascondensaat dat als autobrandstof kan worden gebruikt.
   d. Als je de Wobbe-index van aardgas wil berekenen, moet je rekenen met de lage verbrandingswaarde.

3. In de geologische ondergrond van Nederland vinden we veel gas, maar weinig olie. Onze gasvelden zijn niet geassocieerd met olievelden en leveren "droog" gas. Welke van onderstaande beweringen is *niet* waar?
   a. Dat is goed nieuws, want in "droog" gas worden geen zwavelhoudende componenten aangetroffen.
   b. Dat is goed nieuws, want gas geassocieerd met olievelden bevat veel condenseerbare bestanddelen die verwijderd moeten worden voordat we het gas veilig kunnen transporteren en gebruiken.
   c. Dat is slecht nieuws, want de condenseerbare bestanddelen die in geassocieerd gas voorkomen vertegenwoordigen een waardevolle fractie die als autobrandstof of als grondstof voor de petrochemische industrie gebruikt kan worden.
   d. Dat is goed nieuws, want water en andere condenseerbare bestanddelen in "nat" gas veroorzaken schade aan kleppen en leidingen in het aardgasnet.

4. Welke van onderstaande beweringen is *niet* juist?
   a. Grootschalige industriële productie van waterstof verloopt via synthesegas.
   b. De oxyfuel route voor verwijdering van koolstof uit fossiele brandstoffen verloopt via synthesegas.
   c. Methanol wordt gemaakt uit synthesegas.
   d. Synthesegas is een substituut voor aardgas.

5. G-gas heeft een Wobbe-index met bandbreedte van 43,36 tot 44,41 MJ/m^3. Alle huishoudelijke apparaten die gas verbranden zijn qua toevoer van verbrandingslucht afgesteld op die Wobbe-band. Op zaterdag 7 januari 2012 meldde het jeugdjournaal: *"In het Noord-Hollandse Huizen is een heftig ongeluk gebeurd. Twee meisjes van 11 en 12 jaar zijn gisteravond om het leven gekomen door een koolmonoxidevergiftiging. Een derde meisje van 10 jaar oud ligt in het ziekenhuis."* Koolmonoxide is extreem giftig en wordt veel sneller in het bloed opgenomen dan zuurstof. Het ongeluk gebeurde in de badkamer. De bron van het incident was een warmwatergeiser. Wat kan de oorzaak in elk geval *niet* geweest zijn?
   a. Door harde wind werden de verbrandingsgassen van de geiser niet afgevoerd door het ventilatiekanaal, maar teruggeblazen in de badkamer.
   b. Door een combinatie van een (te) hoge Wobbe-index (op of over de bovengrens van de bandbreedte) en een te lage afstelling van de verbrandingsluchttoevoer verliep de verbranding van het aardgas in de geiser onvolledig.
   c. Door slechte ventilatie van de badkamer was er te weinig aanvoer van verse lucht voor de geiser.
   d. De Wobbe-index van het toegevoerde gas was te laag voor de ingestelde toevoersnelheid van verbrandingslucht naar de geiser.

6. Welke van onderstaande beweringen is *niet* juist?
   a. Bussen die op aardgas rijden tanken vloeibaar aardgas.
   b. LNG is vrijwel altijd hoog-calorisch aardgas.
   c. De LNG "peak shaver" op de Maasvlakte heeft een bedrijfstijd van circa twee dagen.
   d. LNG tankers vervoeren aardgas bij –162 ^{o}C onder atmosferische druk.

7. Welke van onderstaande beweringen is *niet* juist?
   a. Oevergrondwater is van betere kwaliteit dan ander grondwater, want er zit meer zuurstof in.
   b. Artetisch grondwater kan zwavelwaterstof bevatten door zwavelbacteriën die in een zuurstofloze omgeving gedijen.
   c. De (petro)chemische industrie is de grootste industriële gebruiker van oppervlaktewater.
   d. Paleowaterbronnen zijn geïsoleerd van de grote waterkringloop.

8. Welke van onderstaande beweringen is *niet* juist over de bereiding van drinkwater?
   a. Drinkwater kan uit zeewater gemaakt worden door omgekeerde osmose.
   b. Drinkwater kan uit zeewater gemaakt worden door meertrapsverdamping.
   c. Medicijnen en virussen worden verwijderd door desinfectie met UV.
   d. Drinkwater kan uit afvalwater gemaakt worden door omgekeerde osmose.

9. Welke van onderstaande beweringen is *niet* juist?
   a. Waterleidingbedrijven die van rivierwater afhankelijk zijn stoppen hun waterinname bij (te) *lage* waterstanden en stroomsnelheden, want dan is het ruwe water te sterk verontreinigd.
   b. Waterleidingbedrijven die van rivierwater afhankelijk zijn stoppen hun waterinname bij (te) *hoge* waterstanden en stroomsnelheden, want dan is het ruwe water te sterk verontreinigd.
   c. Door de intensieve landbouw is het grondwater in Nederland met name op de zeeklei- en veengronden in het westen van het land sterk verontreinigd met nitraat.
   d. Waterleidingbedrijven leveren niet alleen drinkwater aan consumenten; buiten die wettelijke taak kunnen zij ook andere waterkwaliteiten leveren aan industriële en agrarische bedrijven.

10. Welke van onderstaande beweringen is *niet* juist?
   a. Waterleidingbedrijven moeten hun netwerk dimensioneren op de bluswaterbehoefte als er in de omgeving geen oppervlaktewater als bluswater beschikbaar is.
   b. Waterleidingbedrijven moeten hun netwerk dimensioneren op voldoende stroomsnelheid om aangroei van micro-organismen aan leidingwanden te voorkomen.
   c. Waterleidingbedrijven moeten hun netwerk dimensioneren op een gemiddelde drinkwaterverblijftijd van minder dan een etmaal om kwaliteitsverlies te voorkomen.
   d. Waterleidingbedrijven moeten hun netwerk dimensioneren op een minimale druk van 20 bar vóór de watermeter op de begane grond.

11. Het drinkwater dient aan de kwaliteitseisen te voldoen op het punt waar het water ter beschikking komt van de klant. De kwaliteitseisen waaraan het drinkwater altijd dient te voldoen zijn onderverdeeld in:
   a. 1) Chemische parameters, 2) microbiologische parameters en 3) indicatorparameters.
   b. 1) Microbiologische parameters, 2) chemische parameters en 3) organoleptische parameters.
   c. 1) Microbiologische parameters, 2) biochemische parameters en 3) fysische, chemische en bedrijfstechnische parameters.
   d. Een andere onderverdeling

12. Welke van onderstaande beweringen is *niet* juist?
   a. *Drinkwater* wordt biologisch gezuiverd met micro-organismen.
   b. *Afvalwater* wordt biologisch gezuiverd met micro-organismen.
   c. Het slib dat afgevoerd moet worden bij *drinkwater*zuiveringsinstallaties bestaat grotendeels uit ijzerhydroxide.
   d. Het spuislib dat afgevoerd moet worden bij *afvalwater*zuiveringsinstallaties bestaat uit een overschot aan micro-organismen.

13. Welke van onderstaande beweringen is *niet* waar?
    a. De procesindustrie maakt bulkproducten; in de lichte industrie worden vooral consumptiegoederen gemaakt.
    b. De papierindustrie maakt deel uit van de kapitaalgoederenindustrie.
    c. De grondstoffen voor de basismetaalindustrie worden in Nederland geïmporteerd.
    d. Nederland is na de VS de grootste exporteur van agro- en voedingsproducten ter wereld.

14. Welke van onderstaande beweringen is *niet* waar?
    a. De productieprocessen van chloor en aluminium gebruiken veel elektriciteit.
    b. De hoge energie-intensiteit van de Nederlandse economie in vergelijking met andere Europese landen is grotendeels te wijten aan de grote warmtevraag van de Nederlandse procesindustrie en de glastuinbouw.
    c. De warmtevraag van huishoudens wordt vooral voorzien met aardgas, die van de industrie vooral met aardolie en daarvan afgeleide producten.
    d. Stadsverwarmingsprojecten met industriële restwarmte komen moeilijk van de grond omdat ze de industrie verplichten energie-inefficiënte industriële processen voor lange tijd in stand te houden.

15. Welke van onderstaande beweringen is waar?
    a. Per hoofd van de bevolking is de materiaalconsumptie in Nederland veel hoger dan in de meeste andere Europese landen, als gevolg van het grote aandeel procesindustrie in onze economie.
    b. De basismetaalindustrie realiseert een veel hogere toegevoegde waarde per kg grondstof dan de metaalproductenindustrie.
    c. Bij de winning van grondstoffen in Nederland is de materiaalintensiteit van de aardgaswinning veel hoger dan die van andere delfstoffen, terwijl de materiaalproductiviteit ongeveer even groot is.
    d. De grondstof-footprint (in kg) van de Nederlandse economie is ongeveer twee keer zo groot als de daadwerkelijke invoer van grondstoffen in kg.

16. Welke van onderstaande beweringen is *niet* waar?
    a. Chloor en chloorbleekloog zijn effectieve desinfectiemiddelen die om hygiënische redenen gebruikt worden in zwembaden en het drinkwaterleidingnet.
    b. Bij afvalverbranding kunnen chloor en chloorhoudende stoffen in combinatie met organische verbindingen een bron zijn van de vorming van giftige dioxinen.
    c. Door hun wateroplosbaarheid accumuleren dioxinen en persistente chloorhoudende bestrijdingsmiddelen in de voedselketen.
    d. Bij elektrolyse van een pekeloplossing wordt behalve chloor ook natriumhydroxide (of natronloog) gevormd.

17. Welke van onderstaande beweringen is *niet* waar?
    a. Door het delen van utilities (energiedragers en hulpstoffen) op een industrieterrein wordt de materiaalproductiviteit van alle aangesloten productieprocessen vergroot.
    b. Chloor is een belangrijke grondstof voor polycarbonaten en epoxyharsen.
    c. Bij de expansie van kooldioxide uit een CO_2 brandblusser gaat kooldioxide over in de vaste toestand.
    d. Bij de winning van zeldzame aarden is de materiaalproductiviteit veel lager dan 1.

18. Welke van onderstaande beweringen is *niet* waar?
    a. De productiviteit van een doublet voor diepe geothermie is afhankelijk van de permeabiliteit van de ondergrond.
    b. Nederland gebruikt petrothermale systemen voor de winning van diepe aardwarmte.
    c. Dankzij waterkracht en hoge enthalpie aardwarmte kan IJsland op duurzame wijze in zijn elektriciteitsbehoefte voorzien.
    d. De levensduur van een doublet voor diepe geothermie is afhankelijk van de mineralen in het formatiewater.

19. Welke van onderstaande beweringen is *niet* waar?
    a. Voor transport over lange afstanden wordt CO_2 vloeibaar gemaakt bij –163°C.
    b. Door opslag van CO_2 in olie- en gasvelden kan de productieve levensduur van die velden worden verlengd.
    c. Zoutcavernes worden onder meer gebruikt voor opslag van stikstof, aardgas en perslucht (compressed air energy storage).
    d. De CO_2 die in een aquifer (watervoerende laag) bij Sleipner wordt opgeslagen is afkomstig uit het Sleipner-gasveld zelf.

20. In het Sleipnerveld op de Noordzee wordt door Statoil koolstofdioxide geïnjecteerd. Welke van onderstaande beweringen is waar?
    a. Het koolstofdioxide wordt in het Sleipner gasveld geïnjecteerd om de productiviteit te verhogen.
    b. Het koolstofdioxide is afkomstig uit de rookgassen van elektriciteitscentrales op het vaste land, waaruit het door absorptie in amines is afgescheiden.
    c. Het koolstofdioxide is met behulp van absorptietechnologie verwijderd uit het aardgas dat geproduceerd wordt door het Sleipner veld.
    d. Het koolstofdioxide wordt onder hoge druk als gas geïnjecteerd.

21. Bij de geologische opslag van CO_2 spelen diverse mechanismen een rol. Welke van onderstaande beweringen is *niet* waar?
    a. CO_2 wordt gevangen in de poriën van het formatiegesteente.
    b. CO_2 wordt opgeslagen door micro-organismen in het formatiegesteente.
    c. CO_2 lost op in het formatiewater.

d. CO_2 vormt vaste carbonaatverbindingen met het formatiegesteente.

22. In de Verenigde Staten wordt koolstofdioxide over lange afstanden in superkritische toestand vervoerd naar olievelden om door injectie de productieve levensduur van die velden te verlengen. Daar duidt men superkritisch CO_2 ook wel aan als "dense liquid". Welke van onderstaande beweringen is *niet* juist?

    a. De aanduiding "dense liquid" is feitelijk onjuist omdat superkritisch CO_2 geen vloeistof is.
    b. De aanduiding "dense liquid" is feitelijk onjuist omdat superkritisch CO_2 in stromingseigenschappen meer op een gas lijkt dan op een vloeistof.
    c. De aanduiding "dense liquid" is feitelijk juist omdat de dichtheid van superkritisch CO_2 significant hoger is dan die van CO_2 in de vloeistoffase.
    d. De aanduiding "dense liquid" is feitelijk juist omdat superkritisch CO_2 in chemische eigenschappen lijkt op die van CO_2 in de vloeibare fase.

23. In de omgeving van het Nyosmeer in Kameroen kwamen op 26 augustus 1986 meer dan 1700 mensen om toen onder bijzondere geografische omstandigheden een grote hoeveelheid CO_2 uit het meer vrijkwam. In Berkel en Rodenrijs sneuvelden in december 2008 enkele eenden door een lek in een transportleiding voor CO_2. Welke van onderstaande verklaringen is *niet* juist?

    a. Koolstofdioxide is giftig en wordt in de Arbo-wetgeving tot de gevaarlijke stoffen gerekend.
    b. Koolstofdioxide is zwaarder dan lucht en verspreidt zich over de grond; daarbij verdringt het de lucht.
    c. Koolstofdioxide is geur- en kleurloos. Omdat de Nyos-ramp 's nachts gebeurde terwijl de mensen sliepen werd niemand tijdig gealarmeerd.
    d. De in Nederland geldende publieke grenswaarde (van 0,5 vol%) die als maximum geldt voor beroepsmatige blootstelling werd bij het incident in Kameroen ruimschoots overschreden.

24. De jaarlijkse berg huishoudelijk afval in Europa bedraagt 220 miljoen ton, waarvan op termijn 70% moet worden verbrand. Dat betekent straks jaarlijks 30 miljoen ton bodemas. Als de samenstelling van al die bodemas vergelijkbaar is met die in Nederland, dan is er jaarlijks 500.000 ton koper en 500.000 ton aluminium terug te winnen, met een totale waarde van 2 miljard euro. Behalve koper en aluminium bevat bodemas ook roestvrijstaal (rvs; staal met ongeveer 10% nikkel en 20% chroom), lood, tin, zink, zilver, en goud. Welke van onderstaande beweringen is waar?

    a. In een wervelstroomscheider worden non-ferrometalen van ferrometalen gescheiden.
    b. In een natte wervelstroomscheider worden non-ferrometalen van elkaar gescheiden door turbulente wervelingen in de vloeistof.
    c. Non-ferrometalen kunnen onder meer van elkaar worden gescheiden door gebruik te maken van de verschillen in dichtheid.
    d. De koperconcentratie in de bodemassen van Nederlandse afvalverbrandingsinstallaties is bijna net zo groot als die in commerciële koperertsen.

25. Steeds meer plastic wordt tegenwoordig gescheiden ingezameld. Er zijn echter heel veel verschillende soorten plastics in omloop, die samen in de plastic afvalberg terechtkomen. Afzonderlijk zijn veel plastics goed te recyclen, maar gemengd niet. Dan kunnen er eigenlijk alleen maar laagwaardige producten van worden gemaakt, zoals bermpaaltjes. Er is dus veel belang bij een scheidingstechniek die in staat is de afzonderlijke kunststoffen te scheiden, zodat ze in zuivere vorm beschikbaar komen voor hergebruik in hoogwaardige toepassingen. Welke van onderstaande beweringen is *niet* juist?
    a. Op basis van het drijfvermogen in water kunnen kunststofsoorten met een relatief lage dichtheid als PP en PE gescheiden worden van "zwaardere" kunststoffen als PET en PVC.
    b. Verschillende kunststoffen kunnen elektromagnetisch van elkaar gescheiden worden in een natte wervelstroomscheider.
    c. Gecombineerde toepassing van verschillende kunststoffen in één product is een belangrijke hindernis voor het recyclen van kunststoffen.
    d. In een paramagnetische vloeistof in een niet-lineair magnetisch veld kunnen verschillende kunststoffen op dichtheid van elkaar worden gescheiden.

26. Volgens het Duurzaamheidsverslag 2013 van het Afval- en Energiebedrijf Amsterdam (AEB), leverde Westpoort Warmte (WPW), een dochteronderneming van AEB en Nuon, in 2013 stadswarmte aan circa 20.000 aangesloten woningequivalenten (weq) in Amsterdam. De ambitie is om in 2030 130.000 aansluitingen te hebben gerealiseerd. Het potentieel voor het stadswarmtenet in Amsterdam is becijferd op 230.000 weq in 2040. Daarnaast onderzoekt AEB de levering van stoom aan bedrijven die behoefte hebben aan proceswarmte op temperaturen boven 150 graden Celsius. Welke van onderstaande beweringen is *niet* juist?
    a. Voor de levering van stoom aan bedrijven in de omgeving van AEB zal een nieuw warmtedistributienet moeten worden aangelegd.
    b. Voor de leveringszekerheid van stadswarmte is het belangrijk dat AEB warmte betrekt uit diverse bronnen en diverse verbrandingsinstallaties.
    c. De procesindustrie is een aantrekkelijke warmteklant omdat de warmtevraag nauwelijks fluctueert met de seizoenen.
    d. Het biogas dat AEB produceert uit GFT-afval kan in de zomer, als er geen behoefte is aan verwarming in huishoudens, in het aardgasnet worden geïnjecteerd.

27. AEB, het afval- en energiebedrijf van Amsterdam, is een onderzoek gestart naar de mogelijkheden om in de toekomst geothermie (diepe aardwarmte) in te zetten als energiebron. Het vermogen van een geothermiebron wordt bepaald door de temperatuur en de waterdoorlatendheid van de bodemlaag waaruit wordt geput. Welke van onderstaande beweringen is *niet* juist?

    a. Om warmte te winnen voor het stadsverwarmingsnet moet AEB rekenen op een winningsdiepte van minstens 2 kilometer.
    b. Hoewel het bovengrondse ruimtebeslag heel gering is, moet AEB rekenen op een flink ruimtebeslag in de ondergrond, aangezien de afstand tussen de winningslocatie van het warme water en de terugvoerlocatie van het afgekoelde water in de diepe watervoerende laag zo'n 20 km moet bedragen.
    c. Om geothermie als bron voor elektriciteitsopwekking te gebruiken moet AEB rekenen op een winningsdiepte van 3 à 4 km.
    d. AEB mag rekenen op een levensduur van 20 à 30 jaar voor een geothermisch doublet.

28. In Nederland is het niet ongebruikelijk dat er bij de productie van geothermie ook aardgas en/of aardolie worden aangetroffen. Welke van onderstaande beweringen is *niet* juist?

    a. Dat is goed nieuws, want aardgas en/of aardolie vertegenwoordigen een waardevolle "bijvangst" die te gelde kunnen worden gemaakt.
    b. Dat is slecht nieuws, want aardgas en/of aardolie moeten met een dure scheidingsinstallatie uit het warme formatiewater worden verwijderd om een veilige operatie van de warmtewisselaar te verzekeren.
    c. Dat is slecht nieuws omdat olie en/of gas in het formatiewater meer risico's oplevert voor de drinkwatervoorziening uit grondwater.
    d. Verschillende concessies voor warmte- en koudeopslag en voor winning van warmte en delfstoffen op verschillende diepten in de ondergrond mogen elkaar bovengronds niet overlappen.

29. Om in de toekomst vraag en aanbod op elkaar af te stemmen is mogelijk noodzakelijk om de vraag te laten verschuiven met slimme apparaten. Stel dat Nederland geheel overstapt op slimme A+++ koelkasten, met een gemiddeld gebruik van 100 kWh per jaar. Ga er van uit dat de koelkasten normaliter elk uur aanslaan, dan gedurende 10 minuten koelen en de rest van het uur rusten. (Je mag ervan uitgaan dat de verliezen naar de omgeving onafhankelijk zijn van de temperatuur.)
    Welk vragend vermogen kun je dan maximaal schuiven met slimme koelkasten?

    a. ~480 MW
    b. ~50 minuten
    c. ~80 MWh
    d. De antwoorden bij a, b en c zijn *niet* waar.

30. Vervolg op 29. Stel dat Nederland geheel overstapt op slimme koelkasten zoals hierboven beschreven, maar ook op slimme wasmachines (met een jaarverbruik van 200 kWh) en elektrische auto's. Elektriciteitsprijzen voor consumenten gaan real-time variëren en slimme apparaten gaan aan bij goedkope stroom. De gemiddelde stroomprijs blijft gelijk. Wat is dan waar?
    a. Een gemiddeld gezin wordt hierdoor energieneutraal.
    b. Als een slimme wasmachine 250 euro duurder is dan een conventionele, verdien je dit terug binnen 1 jaar.
    c. Het grootste deel van de energievraag wordt hiermee flexibel.
    d. De antwoorden bij a, b en c zijn *niet* waar.

Open vragen

31. Ga uit van de volgende gegevens, die allemaal betrekking hebben op de *papierproductie:*

"In 1973, the amount of energy needed to make one ream (500 sheets) of copy paper was equal to 3.7 gallons of gasoline. Today [2011], with advanced technologies, the energy used to make the same amount of paper would equal just two gallons of gasoline."
Bron: http://www.need.org/needpdf/infobook_activities/IntInfo/ConsI.pdf

"82% van het in Nederland gemaakte nieuw papier en karton bestaat uit gerecycled oudpapier en –karton."
Bron: http://www.papierenkarton.nl/papier-recycling

"Er heeft 42% CO_2 reductie […] tussen 1990 en 2011 plaatsgevonden in Europa."
Bron: http://www.paperforrecycling.eu/uploads/Modules/Publications/WEB_lowres_Monitoring%20report%202012.pdf

Neem aan dat deze gegevens kloppen. Gasoline (benzine) heeft een dichtheid van 0,72 kg/L en een verbrandingswaarde van 47,3 MJ/kg. Een gallon is ongeveer 3,7 L.

a. Hoeveel energie was er in 1973 en in 2011 nodig voor het produceren van 1 A4tje wit papier? Wat was het reductiepercentage?

b. Als we stellen dat de energiebesparing lineair is verlopen (dus elk jaar dezelfde energiebesparing) dan kun je met de genoemde gegevens bepalen dat de behaalde energiebesparing over de periode van 1990-2011 ongeveer 32% bedraagt.

Geef een analyse door 1) de benodigde energie voor papier in 2011 te relateren aan enkele kentallen, 2) door de energiebesparing tussen 1990 en 2011 te vergelijken met de behaalde CO_2 besparing. Laat steeds duidelijk zien wat je hiervan vindt, door de resultaten expliciet te interpreteren. Mocht je a niet hebben berekend, maak dan aanvullende aannames.

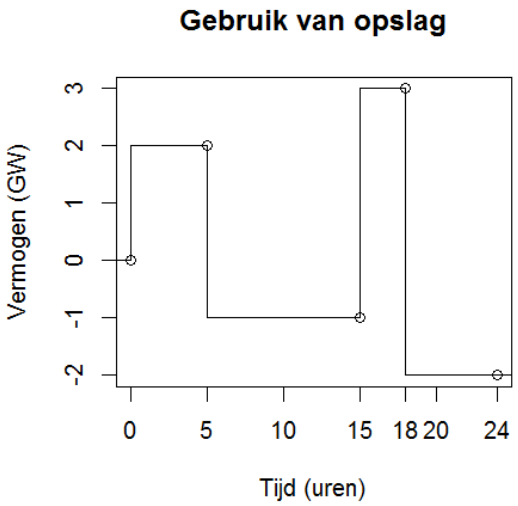
32. Vergelijk de aardgasinfrastructuur en de drinkwaterinfrastructuur in de wijze waarop ze ondanks vraagfluctuaties de levering aan de eindgebruiker garanderen. Denk daarbij zowel aan snelle als aan langzame fluctuaties. Beschrijf de belangrijkste overeenkomsten en de belangrijkste verschillen.

33. *NOS Radio 1 Journaal* (maandag 8 december 2014): "Netbeheerder Liander moet de komende dagen in Apeldoorn vijf kilometer gasleiding schoonmaken." In Apeldoorn zitten 540 huishoudens nog dagen zonder gas. Het probleem is ontstaan door een breuk in de waterleiding. Die ligt vlak naast de gasleiding, die het begaf door de kracht van het water. Water en modder stroomden daarna de gasleiding in. "De oorzaak van de breuk is niet bekend, maar wat wel duidelijk is, is dat de gevolgen desastreus zijn voor de bewoners," zei de woordvoerder. "Die zitten in de kou. De gemeente heeft kachels rondgebracht in de wijk."

    Beargumenteer welke maatregelen het waterleidingbedrijf en de gasnetbeheerder moeten nemen om, *na het herstel van de kapotte leidingen*, de veilige levering van drinkwater en aardgas te hervatten.

34. Hoe verschillen de auto-industrie en de basismetaalindustrie in materiaalintensiteit en materiaalproductiviteit? Leg ook uit hoe dat komt.

35. Het Ministerie van Economische Zaken is benieuwd naar een mogelijke rol van energieopslag in Nederland in 2030, wanneer de stroomvraag mogelijk veel groter is dan nu en er extra dagfluctuaties optreden. Een geschikte technologie daarvoor is een zgn. 'flow' batterij, die naar gelang de behoefte kan opladen en terugleveren. Daarmee kunnen fluctuaties in de stroomvraag worden opgevangen. Gebruik van de batterij volgens het dagelijkse schema in Figuur 1 zou een 'afvlakking' van de stroomvraag bewerkstelligen.



Figuur 1. Gebruik van opslag. Positieve waarden betekenen dat de opslag wordt geleegd. Negatieve waarden dat de opslag wordt gevuld.

Ga ervan uit dat
1) de opslag aan het begin van de dag geheel is gevuld (met het overschot van de vorige dag),
2) in de opslag geen verliezen optreden
3) dat de opslag precies met stroom van een *bestaande* gascentrale kan worden gevuld. We onderzoeken of het gebruik van opslag aantrekkelijk is.

a. Teken een ketenplaatje met de energiestromen in het systeem met opslag.

b. De investeringskosten voor een flow batterij zijn deels afhankelijk van het vermogen dat deze kan leveren en deels van de capaciteit van de opslag. Huidige verwachtingen zijn dat de kosten zullen bedragen: €200 per kW aan vermogen (laden en ontladen) èn €200 per kWh stroom (opslag). Je kan beide typen kosten optellen.

Het alternatief is het gebruiken van een *nieuwe* aardgascentrale om nieuwe pieken op te vangen. De investeringskosten voor een aardgascentrale zijn €750 per kW vermogen. Aardgas kost omgerekend €60 per MWh geproduceerde stroom, en neem aan dat dat geldt zowel voor de nieuw te bouwen aardgascentrale als de bestaande aardgascentrales.

Bereken de kosten van beide opties (1: opslag of 2: een nieuwe aardgascentrale) om de dagfluctuaties op te vangen en interpreteer je resultaat.

c. Geef een korte visie over energieopslag in Nederland in 2030. Doe dit aan de hand van één mogelijke ontwikkeling waarvan je verwacht (en dus beargumenteert) dat de aantrekkelijkheid van energieopslag significant beter of slechter uitpakt dan de verwachting die je hebt berekend in b. Mocht je b niet hebben berekend, maak dan aanvullende aannames.