



Notitie

Rudolf Steiner College en Rudolf Steiner School te Haarlem

Overwegingen bij en oplossingsrichtingen voor aardgasloos bouwen

Kenmerk: 5068.08.ebr

Voor het Rudolf Steiner College en de Rudolf Steiner School te Haarlem is nieuwe huisvesting gepland tussen de Duitslandlaan, Engelandlaan en Belgiëlaan. Voor de huisvesting van het College wordt uitgegaan van nieuwbouw. Voor de huisvesting van de School wordt met name uitgegaan van hoog niveau renovatie van een bestaand schoolgebouw.

In de onderliggende notitie wordt op verzoek van de Rudolf Steiner College en de Rudolf Steiner School te Haarlem (hierna te noemen: opdrachtgever), ingegaan op de overwegingen bij en de oplossingsrichtingen voor gasloos bouwen voor zowel de nieuwbouw als het te renoveren gebouw.

De onderstaande uitgangspunten en randvoorwaarden zijn hierbij van belang:

- De gebouwvorm uit het SO komt voort uit:
 - De stedenbouwkundige randvoorwaarden.
 - Het functioneel Programma van Eisen.
 - Het relatief beperkte oppervlak van de locatie, met daarop een bestaand (te handhaven) gebouw.
- De wens van de opdrachtgever om:
 - Te voldoen aan Frisse Scholen klasse B en aan het kwaliteitskader PO en VO.
 - Energiezuinige en/of energieneutrale gebouwen te realiseren, mits hiervoor de benodigde financiering gevonden wordt.
 - De nieuwbouw (College) en de renovatie (School) van volledig gescheiden systemen voor o.a. luchtbehandeling alsmede warmte- en koudeopwekking/afgifte en te voorzien.
- De wens van de gemeente Haarlem om:
 - Gasloze gebouwen te realiseren.
 - Rekening te houden met toekomstige Beng-eisen.
 - Uit te gaan van de extra kwaliteitseisen van de gemeente Haarlem, Frisse Scholen klasse B en aan het kwaliteitskader PO en VO.
- Opties zoals de toepassing van aardwarmte of bijvoorbeeld de aanleg van een warmtenet op gebiedsniveau, zijn in het vervolg van deze notitie niet meegenomen.

**moBius
consult**

BOUWFYSICA - AKOESTIEK - BRANDVEILIGHEID - DUURZAAM BOUWEN - INSTALLATIETECHNIEK

Vestiging Driebergen
Patrimoniumstraat 1
3971 MR Driebergen
T 0343 51 28 86

Vestiging Delft
Wallerstraat 16b
2613 ZS Delft
T 015 215 96 00

mail@moBiusconsult.nl · www.moBiusconsult.nl

moBius consult bv / KvK Utrecht 30109543

NL LID
INGENIEURS





1 BENG-eisen

In 2021 wordt volgens de huidige planning afscheid genomen van de EPC als maat voor de energie-efficiëntie van gebouwen. Vanaf dat moment zullen in principe de BENG-eisen gaan gelden. In veel nieuwbouw projecten wordt al gerefereerd aan deze eisen.

De BENG-eisen volgen in principe de Trias Energetica. Er wordt daarbij onderscheid gemaakt in de onderstaande eisen:

1. De energievraag (met name de warmte- en koudevraag van het gebouw).
2. Het primaire energiegebruik (op hoofdlijnen de huidige epc).
3. De hoeveelheid opgewekte duurzame energie.

Er is op dit moment een berekeningsmethode beschikbaar, die in de markt wordt uitgetoetst. Aan deze berekeningsmethode zijn eveneens eisen gekoppeld. Bij de ontwikkeling van het ontwerp kan hiermee rekening worden gehouden. Hierbij wordt de onderstaande kanttekening geplaatst.

MoBius consult ondersteund de overheid intensief in de ontwikkeling van de BENG-eisen en is hierdoor zeer goed op de hoogte van de ontwikkelingen. Op basis hiervan wordt benadrukt dat zowel de berekeningswijze die gebruikt gaat worden, als de eisen die gesteld gaan worden, nog sterk in ontwikkeling zijn. Er moet rekening mee worden gehouden dat de toekomstige berekeningsmethode en de BENG-eisen, significant zullen afwijken van hetgeen nu beschikbaar is.

Het komende jaar zal nog veel onderzoek worden uitgevoerd, om vast te stellen welke methode zal worden toegepast en welke eisen daar bij gaan horen. Een van de grote knelpunten is de eis aan de Energievraag. Deze eis is alleen afhankelijk van de isolatie, gebouwworm, zonbelasting en het ventilatiesysteem. Veel nieuwbouw die op dit moment wordt opgeleverd, zit significant boven de voorgestelde eis.

Gezien de onzekerheid over de wijze waarop de BENG-eisen berekend gaan worden en de hoogte van de te stellen eisen, is het niet mogelijk om een ontwerp volledig aan de criteria te toetsen. Sturing van het ontwerp op de zienswijze die door de BENG-eisen naar voren wordt gebracht, is uiteraard wel mogelijk en zal voor zo ver redelijkerwijs mogelijk, ook plaats vinden.

Op 7 december jl heeft minister Ollongren in haar brief "energiezuinige nieuwbouw per 2020 (BENG)" aan de Tweede Kamer bekend gemaakt dat de ingangsdatum voor de BENG-eisen voor alle gebouwen een jaar wordt vervroegd naar 1 januari 2020.





2 Minimale energiebesparende maatregelen

Nieuwbouw van gebouwen met een schoolfunctie, moeten conform Bouwbesluit een EPC (Energie Prestatie Coëfficiënt) van 0,7 of lager hebben. Aangezien delen van de nieuwbouw een bijeenkomst- respectievelijk een sportfunctie hebben, moet in de gegeven situatie worden uitgegaan van de verhouding tussen $EP_{tot} / EP_{adm,tot}$. Deze verhouding moet daarbij kleiner of gelijk zijn aan 1.

Met het voorliggende SO kan voor de nieuwbouw worden voldaan aan de wettelijke eisen ten aanzien van de energie-efficiëntie, door toepassing van de onderstaande maatregelen:

- Isolatie van dichte delen conform Bouwbesluit ($R_c = 4,5$ respectievelijk $6 \text{ m}^2\text{K/W}$).
- HR⁺⁺-beglazing.
- Gebalanceerde en vraaggestuurde ventilatie met warmterugwinning en CO₂-sturing.
- Automatische buitenzonwering op zuid-, oost- en westgevel.
- Traditionele warmte-opwekking en opwekking warm tapwater door middel van gas.
- Passieve koeling door middel van spuivoorzieningen en zomernachtventilatie.
- LED-verlichting met aanwezigheidsdetectie en/of daglichtafhankelijke regeling.
- 100 m² PV-panelen (op basis van concept epc-berekening).

Aan de energie-efficiëntie van het bestaande gebouw worden wettelijk gezien geen eisen gesteld, tenzij sprake is van grootschalige vervanging van bijvoorbeeld gevels. Het Bouwbesluit geeft aan dat indien 25% van de gevel integraal wordt vervangen, voldaan moet worden aan nieuwbouweisen. Hiervoor geldt een R_c van $4,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ voor de dichte delen en een U-waarde van $1,65 \text{ W/m}^2\text{K}$ voor kozijnen met beglazing.

De wens van de opdrachtgever is het realiseren van een gelijkwaardig kwaliteitsniveau voor de nieuwbouw als voor het bestaande te renoveren gebouw. Om kostentechnische reden is besloten om voor het te renoveren gebouw op de onderstaande punten af te wijken van nieuwbouwniveau:

- Geen toepassing van PV-panelen
- Ventilatie op basis van Frisse Scholen klasse C (renovatie), zonder toepassing van CO₂-sturing.
- Eenvoudig uitvoering gebouwbeheerssysteem in combinatie met traditionele thermostatische radiatorventielen, traditionele lichtschakelaars e.d.





3 Maatregelen voor het verbeteren van de energie-efficiëntie

De energie-efficiëntie van gebouw en installatie kan op verschillende manieren worden geoptimaliseerd. Door de randvoorwaarden vanuit de stedenbouwkundige situatie, zijn de mogelijkheden voor aanpassing van de gebouwworm en oriëntatie van ruimten beperkt. Het verbeteren van de energie-efficiëntie moet daarom met name gezocht worden in een combinatie van:

- Het verbeteren van de gebouwschil wat betreft thermische isolatie en luchtdichtheid.
- Het optimaliseren van kozijnen/ramen.
- Het optimaliseren van de warmte- en eventueel koudeopwekking.
- Het opwekken van duurzame energie (op eigen terrein).

Het optimaliseren van de warmte- en eventuele koudeopwekking en de wens om aardgasloos te bouwen, maakt de toepassing van een warmtepomp (warmte en eventueel koudeopwekking) of een alternatieve vorm van opwekking zoals een pelletburner (alleen warmteopwekking) noodzakelijk. In een eerder stadium is door de opdrachtgever aangegeven dat de toepassing van een pelletburner, gezien de locatie in een woonwijk en reeds bestaande bezwaren van omwonende, niet de voorkeur heeft. Deze optie is in het vervolg van deze notitie dan ook niet meegenomen.

Tegen de toepassing van een warmtepomp bestaan geen praktische bezwaren. De vereiste laagtemperatuurverwarming en eventueel hoogtemperatuurkoeling, die hierdoor noodzakelijk wordt, leidt wel tot hogere kosten voor het afgifte systeem. Deze hogere kosten worden met name veroorzaakt door het realiseren van voldoende regelbaarheid van de temperatuur in de winterperiode. Dit impliceert in principe een (aanvullend) en snel reagerend systeem voor warmteafgifte (luchtverwarming).

Voor de opdrachtgever heeft het realiseren van een thermisch goed en gezond binnenklimaat de hoogste prioriteit. Om deze reden wordt onderstaand als eerste ingegaan op het afgifte systeem voor warmte- en /of koude, aangezien dit onderdeel bepalend is voor de kwaliteit van het binnenklimaat.

3.1 Afgiftesysteem voor warmte en eventueel koude.

Bij toepassing van laagtemperatuurverwarming in de vorm van vloer- of eventueel wandverwarming is sprake van een trage regeling (reactiesnelheid circa 2 uur). Hierdoor is ons inziens één van de twee onderstaande (aanvullende) systemen met luchtverwarming noodzakelijk.





1. Uitsluitend luchtverwarming:

- Uit berekeningen is gebleken dat door de beperkte verwarmingscapaciteit een aanzienlijke verbetering van de thermische isolatie noodzakelijk is:
 - $R_c = 6 \text{ m}^2/\text{KW}$ voor gevel en vloer en $R_c = 8 \text{ m}^2/\text{KW}$ voor het dak. Hierdoor is sprake van een toename van de dikte van het gevelpakket met ca. 70 mm.
 - 3-laagse beglazing in de vaste delen
 - Verbeterde luchtdichtheid ($Q_{v10} = 0,20 \text{ dm}^3/\text{s.m}^2$).

Verbetering van de thermische isolatie is zowel noodzakelijk vanwege de beperkte verwarmingscapaciteit als vanwege het beperken van het aantal bedrijfsuren van het ventilatiesysteem buiten de gebruiksuren.

- De kosten voor het afgiftesysteem zijn op hoofdlijnen vergelijkbaar met verwarming door middel van hoogtemperatuur radiatoren. De meerkosten worden dan ook met name gevormd door de verbeterde thermische isolatie en luchtdichtheid van de bouwschil.
- De mogelijkheden en regeling voor koeling zijn zonder aanvullende maatregelen gering en beperken zich tot het centraal koelen van ventilatielucht.

2. Vloerverwarming aangevuld met luchtverwarming:

- De vloerverwarming zorgt bij deze optie voor de basisverwarming. Een regelbaarheid die vergelijkbaar is met de toepassing van radiatoren / convectoren, wordt gerealiseerd door aanvullende luchtverwarming.
- De kosten voor het afgiftesysteem nemen aanzienlijk toe als gevolg van een dubbel warmteafgifte systeem en de benodigde regeling. Daarnaast zijn er bouwkundige kosten als gevolg van de benodigde aanpassingen van de trappen en een droog vloerverwarmingssysteem in het bestaande gebouw.
- De mogelijkheden voor koeling zijn groter doordat het vloerverwarmingssysteem kan worden ingezet voor koeling. Hierbij bestaat de mogelijkheid om (buiten het stookseizoen) oriëntatie afhankelijk te koelen.

Ten aanzien van afgiftesysteem 2 wordt het onderstaande opgemerkt:

- Door Merosch is in een tussentijds overleg aangegeven dat door hun diverse projecten zijn geadviseerd met uitsluitend vloerverwarming. Ten opzichte van een traditioneel systeem neemt bij vloerverwarming de regelbaarheid echter af. Aangezien het realiseren van een thermisch goed en gezond binnenklimaat de hoogste prioriteit heeft voor de opdrachtgever, is een vermindering van de regelbaarheid ongewenst. Navraag bij de opgegeven voorbeeldprojecten, heeft hierin geen verandering gebracht.
- Door Pieters bouwtechniek (constructeur) is op basis van onderzoek aangegeven dat de draagkracht van de vloeren in het bestaande schoolgebouw volledig is benut. Hierdoor is het niet mogelijk om op de vloeren in het bestaande gebouw een traditioneel vloerverwarmingssysteem aan te brengen. Het is wel mogelijk om een droog vloerverwarmingssysteem aan te brengen in het bestaande gebouw.



3.2 Opwekkingsstelsel voor warmte en eventueel koude

Bij de toepassing van een warmtepomp kan gekozen worden voor de toepassing van een lucht-water warmtepomp of een warmtepomp in combinatie met bodembronnen.

1. Lucht-water warmtepomp

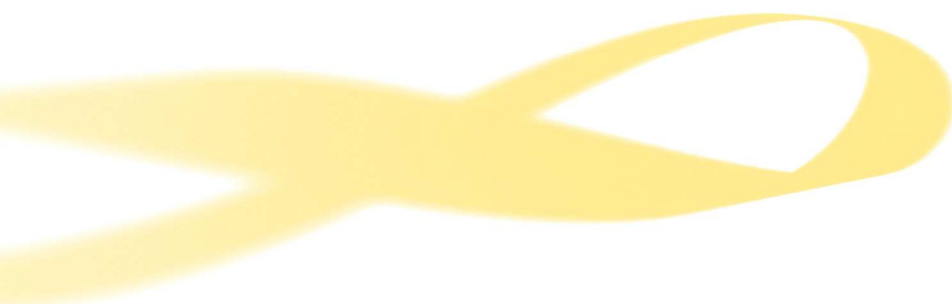
- Bij de toepassing van een lucht-water warmtepomp neemt het rendement van de warmtepomp af bij een buitenluchttemperatuur van ca. 5 °C of lager. Dit heeft de onderstaande consequenties:
 - Een hoog elektragebruik tijdens piekbelastingen.
 - Een aanzienlijke toename van het benodigde opgestelde warmtepompvermogen om het volledig benodigde vermogen bij een sterk afnemende rendement bij lage buitentemperaturen te compenseren.
- Het is mogelijk om de volledige opwekking van warmte te realiseren met lucht-water warmtepompen. Voor een energie- en kostenefficiënte warmte-opwekking in alle seizoenen, ligt de combinatie van een warmtepomp met Cv-ketel voor het opvangen van piekbelastingen echter meer voor de hand.

2. Warmtepomp in combinatie met bodembronnen

- Uit een eerste verkennend onderzoek is gebleken dat de toepassing van bodembronnen op de locatie mogelijk is. Voor deze toepassing is het noodzakelijk om ruimte te creëren voor de opstelling van warmtepomp(en), buffervaten e.d. Rekening moet worden gehouden met een extra benodigde vloeroppervlak van 8 x 6 m².
- Voordeel van deze optie is de mogelijkheid voor energiezuinige koeling. NB Koeling leidt tot een verbetering van het binnenklimaat in de zomerperiode, maar is in principe niet noodzakelijk om te voldoen aan het Bouwbesluit (hoofdstuk 2).
- Met de genoemde voorzieningen kunnen de gebouwen in principe all-electric worden uitgevoerd. Een punt van nadere uitwerking is de opwekking van warm tapwater, bijvoorbeeld door middel van een zonneboiler in combinatie met elektrische naverwarming.

3.3 Gescheiden installaties voor College en School

De beide gebouwen kunnen wat betreft de E-voorzieningen en het grootste deel van de W-voorzieningen, van gescheiden systemen worden voorzien. Bij de toepassing van lucht-water warmtepompen voor de warmte-opwekking, is het mogelijk om ook dit deel van de installaties volledig gescheiden uit te voeren. Bij de toepassing van warmtepompen in combinatie met bodembronnen, is het om de onderstaande redenen ongewenst om voor de warmte- en koude-opwekking van gescheiden systemen uit te gaan:





- Gezien de verschillende oriëntaties van beide gebouwen, is het met een gecombineerd systeem eenvoudiger om op jaarbasis het benodigde evenwicht tussen warmte- en koudevraag te realiseren.
- Tussen de verschillende bronnen zijn minimale afstanden vereist. De mogelijkheid van een eigen systeem voor ieder gebouw, moet onderzocht worden. Ook indien een gescheiden systemen mogelijk zijn, worden hiermee de toekomstige mogelijkheden voor aangrenzende percelen beperkt.
- De meerkosten voor gescheiden systemen, ten opzichte van een gecombineerd systeem, zijn aanzienlijk.

De warmte- en of koudeafname van het systeem kan per gebouw, met behulp van separate meters, worden bepaald zodat gescheiden afrekening mogelijk is. Desgewenst kan het beheer van de installatie worden uitbesteed, zodat geen van beide scholen hier de verantwoordelijkheid voor draagt.





4 Financiering

4.1 Opbrengsten

Het optimaliseren van gebouw en installatie leidt in de komende jaren tot een besparing op het jaarlijks energiegebruik. Toekomstige besparingen kunnen in principe contant worden gemaakt en ingezet worden om een deel van de extra investeringen te dekken. Hiervoor is het noodzakelijk dat voorfinanciering mogelijk is.

Aandachtspunt is de "besparing" als gevolg van koeling bij de toepassing van bodembronnen. In de basisvoorzieningen conform Bouwbesluit (hoofdstuk 2) wordt uitgegaan van geen of slechts beperkte koeling. Vanuit dat oogpunt biedt gebouwkoeling wel een kwaliteitsverbetering, maar is niet direct sprake van een besparing ten opzichte van de basis.

Voor de nieuwbouw is de contante waarde van de besparing bepaald, ten opzichte van de basisvariant (Bouwbesluit). De berekeningen zijn als bijlage 1 (epc-berekeningen) en bijlage 2 aan deze rapportage toegevoegd.

- Bij de toepassing van lucht-water warmtepompen voor verwarming, bedraagt de contante waarde van de besparing €86.231,- excl. BTW.
- Bij de toepassing van warmtepompen in combinatie met bodembronnen voor verwarming en koeling, bedraagt de contante waarde van de besparing bedraagt €57.144,- excl. BTW.

De besparing voor het te renoveren gebouw zal naar rato van het vloeroppervlak op ca. 45% van de hierboven genoemde bedragen uitkomen.

4.2 Meerkosten

Het nauwkeuriger bepalen van de meerkosten voor de verschillende optie vereist in een volgende fase dimensionering van de benodigde voorzieningen, bodemonderzoek e.d. De onderstaande bedragen zijn dan ook uitsluitend bedoeld om een globale indruk te geven van de meerkosten ten opzichte van een basissysteem (hoofdstuk 2). De indicatieve bedragen zijn excl. BTW, advieskosten, opslagen, onvoorzien e.d.

Bij het beoordelen van de indicatieve bedragen moet rekening worden gehouden met een kortere afschrijvingstermijn voor installaties in vergelijking met bouwkundige onderdelen.

Aanpassen van het afgiftesysteem voor warmte en eventueel koude.

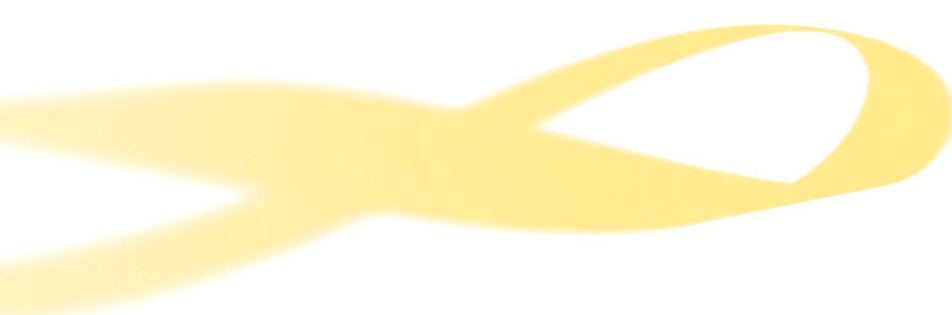
1. De meerkosten voor het verbeteren van de thermische gebouwschil conform hoofdstuk 3.1, bedragen €169.500 voor de nieuwbouw en €81.800,- voor de renovatie (opgave IGG).



2. Bij het ongewijzigd laten van de bouwkundige schil en het realiseren van een dubbel afgifte systeem voor warmte, bedragen de extra kosten circa €3.000 per lokaal.. Dit bedrag is excl. bouwkundige kosten voor het aanpassen van de trappen in het bestaande gebouw als gevolg van vloerverwarming en excl. een bedrag van €100.000,- voor de toepassing van een droog vloerverwarmingsysteem in het bestaande gebouw.

Opwekking van warmte en eventueel koude middels warmtepompen.

1. Bij de toepassing van meerdere lucht-water warmtepompen. €125.000,-, excl. kosten trafo.
2. Bij de toepassing van warmtepompen in combinatie met bodembronnen bedragen bij de toepassing in beide gebouwen de totale meerkosten €340.000:
 - o €225.000,- voor warmtepompen en bodembronnen.
 - o €40.000,- voor een trafo.
 - o €75.000 voor een kelder van 80 m² (opgave IGG).
3. Bij optie 1 zijn ten opzichte van de basis ca. 60 m² PV-panelen minder benodigd en bij optie 2 ca. 100 m² PV-panelen. De besparing die hierdoor ontstaat bedraagt respectievelijk €11.500,- en €19.000,-.





5 Scenario's

Om een aardgasloos gebouw te realiseren, zijn meerdere scenario's mogelijk. Ieder scenario leidt tot andere kosten en tot andere voor- en nadelen. In het vervolg van dit hoofdstuk zijn de uitgangspunten, kenmerken en kosten weergegeven voor 2 scenario's:

- Minimum scenario wat betreft kosten.
- Gewenst scenario wat betreft thermische behaaglijkheid.

5.1 Minimum scenario

Uitgangspunten

- Sterk verbeterde thermische schil en verbeterde luchtdichtheid.
- Verwarming op basis van alleen lucht.
- Warmteopwekking door middel van lucht-water warmtepompen.

Kenmerken

- Laagste investeringskosten
- Hoogste energiegebruik
- Goede regelbaarheid
- Gemiddeld comfort; geen koeling mogelijk
- Volledig gescheiden installaties

Indicatieve meerkosten t.o.v. basissysteem (hoofdstuk 2)

Voorzieningen	Meerkosten in €	
	Nieuwbouw	Renovatie
Sterk verbeterde thermische schil / luchtdichtheid	169.500	81.800
Warmteopwekking lucht-water warmtepompen	85.000	40.000
Aanpassen regelsysteem bestaande bouw		39.500
Trafo	40.000	
Vermindering PV-panelen 60 m ²	-11.500	
Totaal	283.000	161.300

Alle bedragen in bovenstaande tabel zijn excl. BTW, advieskosten, opslagen, onvoorzien e.d.

5.2 Gewenst scenario thermisch binnenklimaat

Uitgangspunten

- Basis verwarming op basis van vloerverwarming
- Naregeling temperatuur op basis van luchtverwarming.
- Warmteopwekking door middel van warmtepompen en bodembronnen.



Kenmerken

- Hoogste investeringskosten
- Laagste energiegebruik
- Goede regelbaarheid
- Hoog comfort; koeling mogelijk
- Gecombineerde installatie voor warmte- en koude opwekking

Indicatieve meerkosten basissysteem (hoofdstuk 2)

Voorzieningen	Meerkosten in €	
	Nieuwbouw	Renovatie
Meerprijs vloerverwarming en naregeling op basis van lucht.	129.000	62.000
Meerprijs droog vloerverwarmingssysteem.		100.000
Aanpassen regelsysteem bestaande bouw		39.500
Vermindering PV-panelen 60 m ²	-19.000	
Subtotaal	110.000	201.500
Warmteopwekking warmtepompen en bodembronnen, trafo en kelder. <u>NB bedragen alleen van toepassing indien beide gebouwen worden aangesloten.</u>	235.000	105.000
Totaal	345.000	306.500

Alle bedragen in bovenstaande tabel zijn excl. BTW, advieskosten, opslagen, onvoorzien e.d.
Indicatieve meerkosten basissysteem (hoofdstuk 2).

Driebergen, 23 januari 2018

ir. Peter Erdsieck
ing. Erik de Bakker