

Project SPF bodemenergie

Datum 11 juli 2013

Onderwerp SPF registratie en rapportage

Status definitief

Auteur Ing. A.M. de Vries

Co-lezer Ir. J.J. Buitenhuis

1 Inleiding

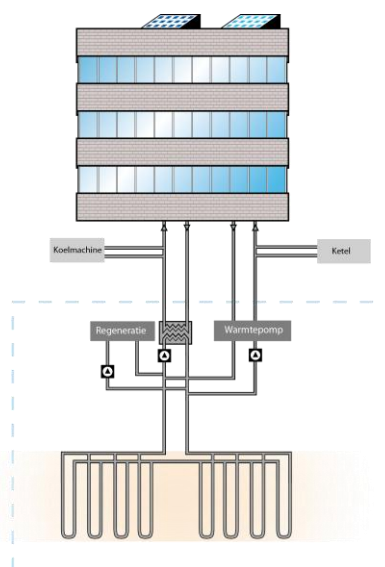
In de AMvB Bodemenergie is het begrip energierendement van het bodemenergiesysteem opgenomen. Dit rendement wordt uitgedrukt in een Seasonal Performance Factor die bij een melding of vergunningaanvraag moet worden opgegeven en tijdens de exploitatiefase moet worden gemeten. In deze rapportage wordt toegelicht hoe dat in z'n werk gaat.

De hoofdstukken 2, 3 en 4 geven een nadere toelichting op het begrip SPF en de uitwerking ervan. Ze zijn geschreven voor lezers die wat minder vertrouwd zijn met installatietechniek, energiestromen en de natuurkundige basisprincipes van de SPF. Hoofdstuk 5 gaat wat dieper in op de toepassing in een aantal concrete concepten. Hoofdstuk 6 geeft een indicatief overzicht van de kosten die met SPF-registratie en rapportage gemoeid zijn.

De technisch inhoudelijke aspecten van het meten en bepalen van de SPF zijn op 6 juni 2013 besproken binnen BodemenergieNL aan de hand van een eerste deelrapportage. De resultaten uit deze bespreking zijn in een 2^e conceptrapportage verwerkt en op 19 juni 2013 besproken met vertegenwoordigers van Provincies, ODNK, DHPA, Uneto-VNI, ISSO, BodemenergieNL. Dit project is uitgevoerd in opdracht van het ministerie van I&M.

2 Globale opbouw van een bodemenergiesysteem

Een bodemenergiesysteem is in de AMvB gedefinieerd als "het ondergrondse opslagsysteem, inclusief de bijbehorende bovengrondse voorzieningen, zoals warmtepomp en regeneratievoorziening. Eventuele ketels, koelmachines of andere apparaten die voor aanvullende warmte- en/of koudeopwekking zorgen, behoren niet bij het bodemenergiesysteem. In figuur 2.1 is dat schematisch weergegeven. De demarcatie van het bodemenergiesysteem is gestippeld weergegeven.



figuur 2.1 Bodemenergiesysteem op basis van een bodemwarmtewisselaar (gesloten systeem)

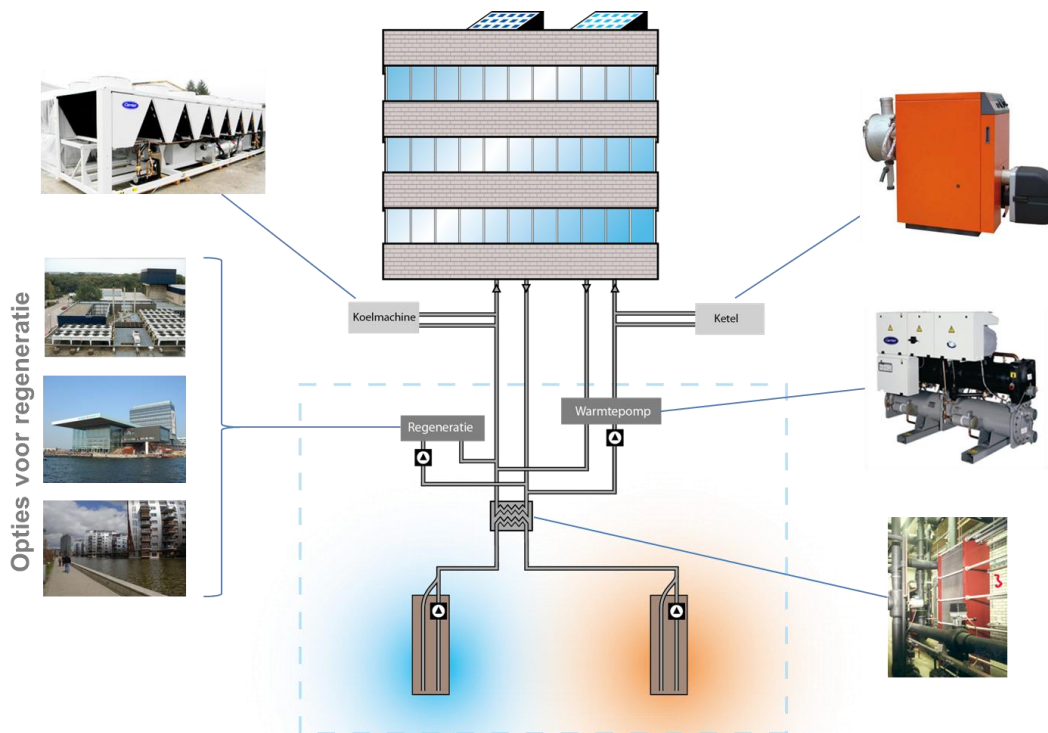
Ondergrondse energieopslag

In het ondergrondse opslagdeel worden twee varianten onderscheiden.

De eerste variant is het gesloten systeem (figuur 2.1). Dit bestaat uit een aantal leidingen die (meestal verticaal) in de bodem gebracht worden. Deze bodemwarmtewisselaar is onderdeel van een gesloten circuit waar water doorheen stroomt dat warmte of koude met de bodem kan uitwisselen. Als het water kouder is dan de omringende bodem, zal het water warmte aan de bodem onttrekken en met in temperatuur stijgen. Met warm water gebeurt het omgekeerde. Er is hier geen sprake van een warme en een koude zijde van de opslag. In een aantal gevallen wordt aan het water een antivries toegevoegd om bevrozing tegen te gaan.

Het bodemenergiesysteem levert 's zomers koeling aan het gebouw. 's Winter moet koude worden geladen. Dat kan met een warmtepomp en/of met een regeneratievoorziening (zie hierna).

De tweede variant is het open systeem (figuur 2.2). Dit systeem bestaat uit bronnen waarmee grondwater wordt opgepompt en weer geïnjecteerd in de bodem. In het algemeen wordt onderscheid gemaakt tussen de koude bron(nen) en de warme bron(nen). In een koude bron wordt water geïnjecteerd dat kouder is dan de natuurlijke grondwatertemperatuur, zodat een ondergrondse voorraad koude wordt gevormd. Dit laden van koude gebeurt in het algemeen tijdens het winterseizoen als er koudeoverschot is. De warme bron ontstaat door het grondwater met een hogere temperatuur dan de natuurlijke bodemtemperatuur te injecteren.



figuur 2.2 Opbouw van een bodemenergiesysteem voor de variant met grondwater als medium voor energieopslag (open systeem)

Warmtewisselaar

De warmtewisselaar vormt de hydraulische scheiding tussen het grondwatercircuit of een bodemwarmtewisselaarcircuit van een gesloten systeem, en het gebouwcircuit. De warmte of koude wordt via de warmtewisselaar overgedragen. In veel gevallen worden zogenaamde platenwisselaars toegepast. Deze zijn opgebouwd uit een aantal dunne platen die de twee vloeistofstromen scheiden.

Warmtepomp

Een warmtepomp onttrekt warmte aan de bodem, eventueel via de scheidingswarmtewisselaar, en levert warmte op een bruikbare temperatuur (30 °C en hoger) aan het klimaatsysteem van het gebouw. De warmteonttrekking (verdampers) en de warmteafgifte (condensator) maken deel uit van een koelmiddelkringloop in de warmtepomp. Onderdeel is ook de compressie van het koelmiddel met een compressor. De compressor wordt meestal elektrisch aangedreven en vraagt relatief veel elektrisch vermogen.

Het onttrekken van warmte uit de bodem betekent dat de bodem afkoelt en dat een koudevoorraad kan worden aangelegd cq. dat de bodem wordt geregenereerd.

Regeneratievoorziening

Dit is een verzamelnaam voor verschillende typen installaties die bedoeld zijn om warmte of koude in de ondergrondse opslag te brengen. De warmte of koude wordt uit de omgeving onttrokken. Dat kan op allerlei manieren: direct uit buitenlucht, met een zonthermisch dak, uit oppervlaktewater, met een asfaltcollector, enzovoort. Met een regeneratievoorziening kan de energiebalans in de bodem (voldoende) in evenwicht worden gehouden. In een open systeem kan de regeneratievoorziening het grondwater uit de warme bron terug koelen tot de gewenste temperatuur in de koude bron, zodat het opslagsysteem 's zomers het gekoeld-watercircuit van het gebouw tot de gewenste waarde kan terug koelen. In dit geval gaat het dus niet alleen om de energiehoeveelheid maar ook het temperatuurniveau dat de regeneratievoorziening moet realiseren.

Afbakening met andere hoofdcomponenten

In een energiesysteem kan warmte en/of koude ook met andere componenten worden opgewekt, bijvoorbeeld een gasgestookte ketel, een warmtekrachteenheid, zonnecollectoren, of een koelmachine. Deze componenten behoren niet tot het bodemenergiesysteem en doen derhalve niet mee in het bepalen van de SPF voor het bodemenergiesysteem.

Voor de prestatie van het totale energiesysteem van een gebouw zijn genoemde componenten uiteraard wel degelijk van belang en het valt zeker te overwegen om ook voor dergelijke componenten te meten hoeveel energie ze verbruiken ten opzichte van de nuttige warmte en/of koude die ze aan het gebouw leveren. Op deze wijze kan de SPF van dergelijke componenten worden bepaald. Als alle componenten van de energiecentrale worden bemeten kan ook de SPF van het totale energiesysteem worden bepaald. Voor gebouweigenaren of –beheerders kan dit waardevolle informatie opleveren.

In het kader van de wettelijke verplichting tot registratie en rapportage voor bodemenergiesystemen beperken we ons in dit rapport tot de afbakening die in de AMvB voor bodemenergie is vastgesteld.

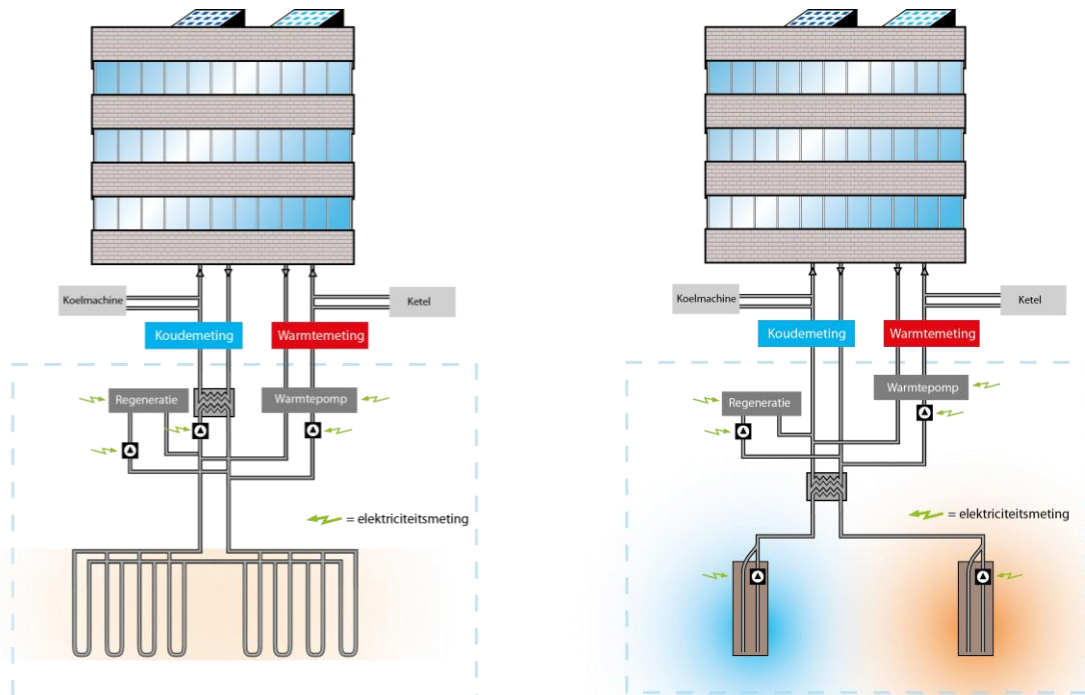
3 Energierendement van een bodemenergiesysteem

Als maat voor het energierendement van bodemenergiesystemen is gekozen voor de Seasonal Performance Factor (SPF), of in Nederlands de Seizoens Prestatie Factor. Dit is in de AMvB Bodemenergie vastgelegd en het sluit aan bij Europese afspraken die hierover gemaakt zijn in onder andere het Sepemo-project [1].

De SPF is een rendementsgetal; het zegt hoeveel nuttige energie het systeem levert ten opzichte van de aandrijfenergie die aan het systeem wordt toegevoerd. De nuttige energie is de warmte en koude die het bodemenergiesysteem aan het gebouw levert. De aandrijfenergie is de elektriciteit en eventueel het gas, die nodig zijn om het bodemenergiesysteem te laten functioneren, zoals:

- Elektriciteit voor de bronpompen
- Elektriciteit voor de warmtepomp en bijbehorende circulatiepompen. Er zijn ook gasgestookte warmtepompen; in dat geval geldt het toegevoerde gas als aandrijfenergie.
- Elektriciteit voor circulatiepompen en eventueel ventilatoren in een regeneratievoorziening.

In figuur 3.1 zijn de te meten warmte, koude en elektriciteit schematisch weergegeven.



figuur 3.1 Aanduiding van de te meten energiestromen ten behoeve van het bepalen van de SPF

In formulevorm ziet de SPF er als volgt uit:

$$SPF = \frac{Q_w + Q_k}{E + G}$$

Met

Q_w	: de geleverde warmte aan het gebouw	[MWh/jaar]
Q_k	: de geleverde koude aan het gebouw	[MWh/jaar]
E	: de door het bodemenergiesysteem verbruikte elektriciteit	[MWh/jaar]
G	: het door het bodemenergiesysteem verbruikte gas	[MWh/jaar]

Opmerkingen:

- De afbakening van het bodemenergiesysteem volgens de AMvB Bodemenergie komt in hoge mate overeen met de systeemgrenzen die in het Europese Sepemo-project worden aangehouden voor SPF_{v2} en SPF_{k0} . Zie voor nadere toelichting lit. 1 en 2. Op Europees niveau lopen overigens meerdere ontwikkelingen met betrekking tot het normeren van rendementsbepaling. Vooral nog hebben we vooral naar Sepemo gekeken.
- Gas en elektriciteit zijn ongelijksoortige energiedragers, maar worden in de noemer van bovenstaande formule toch eenvoudigweg bij elkaar opgeteld. Dit in navolging van de aanpak in het Sepemo-project. Thermodynamisch is daar wel wat op af te dingen, maar dat blijft hier buiten

beschouwing. Vrijwel alle bodemenergiesystemen gebruiken overigens alleen elektriciteit. Alleen de warmtepomp in een bodemenergiesysteem kan als gasgestookte warmtepomp worden uitgevoerd.

- 3 Voor de omrekening van volume gas naar energie, moet gebruik gemaakt worden van de (onderste) verbrandingswaarde van gas. Eén kuub standaard Groninger aardgas (Slochterengas) heeft een verbrandingswaarde van 31,65 MJ wat overeenkomt met 8,79 kWh.
- 4 Warmte en koude worden samen genomen in de bepaling van de SPF. Men zou ook een aparte SPF voor verwarmen en een SPF voor koelen kunnen bepalen. Dit geeft meer informatie, maar maakt het meten en registreren aanzienlijk complexer in systemen zoals in bijvoorbeeld figuur 5.3. Aangezien registratie desgewenst ook handmatig moet kunnen worden uitgevoerd (dus zonder een gebouwautomatiseringssysteem) is er na overleg binnen BodemenergieNL voor gekozen om warmte en koude samen te nemen.

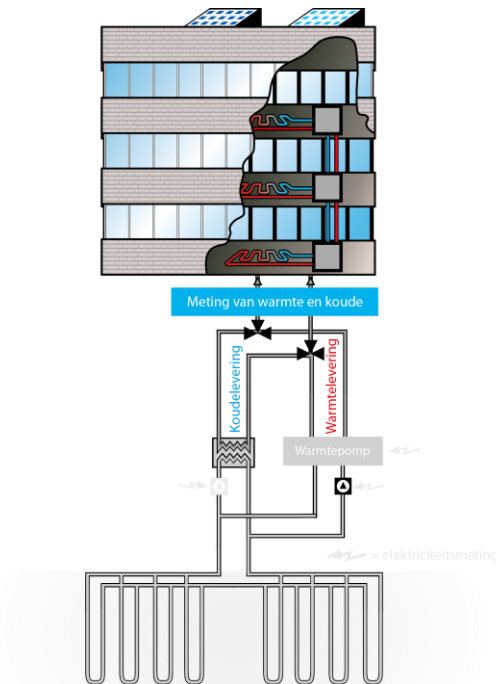
Eenheden en omrekeningen

- De eenheid voor energie is Joule, afgekort als J.
1 kJ = 1.000 J
1 MJ = 1.000.000 J
1 GJ = 1.000.000.000 J
- Het vermogen is de hoeveelheid energie die per tijdseenheid wordt geleverd, dus Joule per seconde.
- In plaats van Joule per seconde wordt Watt als eenheid voor vermogen gebruikt. 1 J/s = 1 W. Dit is simpelweg een definitie.
- In de installatietechniek gaat het meestal om duizenden of miljoenen Watts. Daarom gebruikt men meestal kW en MW als eenheid om grote getallen te vermijden.
1 kW = 1.000 W
1 MW = 1.000.000 W
- In de installatietechniek wordt als tijdseenheid vaak een uur gebruikt in plaats van seconde, ook om grote getallen te vermijden.
- Van een apparaat weet je normaal gesproken het vermogen. Om het energieverbruik te berekenen moet je het vermogen vermenigvuldigen met de tijd.
Energieverbruik = Watt x seconde. Logisch natuurlijk want Watt = Joule/seconde.
- Als je niet met seconden maar met uur (h) als tijdseenheid rekent wordt het energieverbruik van bijvoorbeeld een warmtepomp met een elektrisch vermogen van 30 kW die 4 uur draait: 30 kW x 4h = 120 kWh.
- Als je van kWh wilt omrekenen naar Joule, dan is het van belang om de seconde weer als tijdseenheid te gebruiken, want 1 kW = 1.000 W = 1.000 J/s.
Dus 1 kWh = 1 kW x 3.600 s = 1.000 J/s x 3.600 s = 3.600.000 J = 3,6 MJ.
En 1 MWh = 1 MW x 3.600 s = 1.000.000 J/s x 3.600 s = 3.600.000.000 J = 3,6 GJ.
- Bij optellen, delen enzovoort van verschillende energieverbruiken altijd dezelfde eenheden gebruiken. Dus of alles in MWh of alles in GJ, enzovoort.

Metten van energie

Voor het meten van de geleverde warmte of koude op jaarbasis (MWh/jaar) is een aantal metingen nodig. Het geleverde verwarmings- of koelvermogen (in kW) moet worden gemeten en dat moet worden vermenigvuldigd met de tijd (h).

In het algemeen zullen de geleverde warmte en koude via twee gescheiden afgiftesystemen in het gebouw worden afgegeven. In dat geval zal in het verwarmingsnet de warmtemeting en in het koelnet de koudemeting plaatsvinden. Zie bijvoorbeeld figuur 3.1. In sommige gevallen wordt hetzelfde afgiftesysteem voor warmte- én voor koudeafgifte gebruikt. In dat geval kan wellicht met één meetvoorziening worden volstaan (figuur 3.2).



figuur 3.2 Afgifte van warmte en koude met één systeem (vloerverwarming en –koude) met de mogelijkheid om met één meetvoorziening voor warmte en koude te volstaan.

Warmte en koude

Neem bijvoorbeeld een verwarmingsinstallatie. Er stroomt warm water door leidingen vanuit de energiecentrale naar het afgiftesysteem. Dit kan vloerverwarming zijn of een luchtbehandelingskast of andere componenten. Het warme water geeft z'n warmte af aan het vertrek of de ventilatielucht, het daalt daardoor in temperatuur en stroomt via de retourleiding terug naar de energiecentrale waar het opnieuw wordt opgewarmd.

Voor koeling verloopt dit analoog, maar dan is de aanvoertemperatuur van het water laag en de retourtemperatuur hoger.

Het geleverde verwarmingsvermogen wordt als volgt bepaald:

$$P_v = \rho_w \times C_w \times q_v \times (T_a - T_r)$$

Met

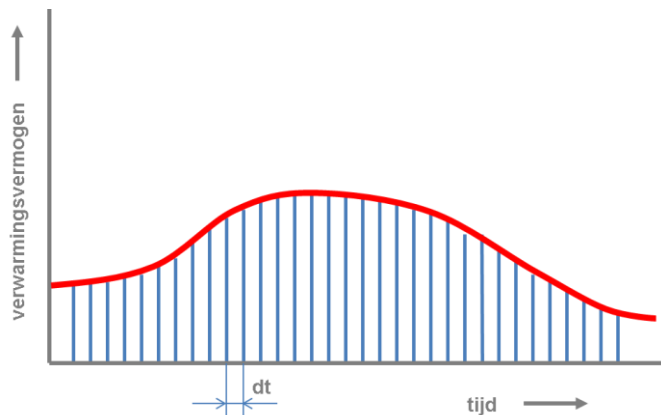
P_v	: geleverde verwarmingsvermogen	[W]
ρ_w	: soortelijke massa van water (constante)	[kg/m ³]
C_w	: soortelijke warmte van water (constante)	[J/kgK]
q_v	: waterdebiet in het leidingnet	[m ³ /s]
T_a, T_r	: aanvoer- en retourtemperatuur van het verwarmingswater	[°C]

Het geleverde vermogen kun je meten door het debiet te meten en het temperatuurverschil tussen aanvoer en retour. In het rekenwerk van de energiemeter wordt bovenstaande formule berekend en daar rolt dan het vermogen uit.

Uit de vermogensmeting kan de geleverde warmte als volgt worden bepaald:

$$Q_w = P_v \times t$$

Met t de tijd gedurende welke het verwarmingsvermogen wordt geleverd. Het vermogen varieert in de tijd, zoals figuur 3.3 illustreert.



figuur 3.3 Voorbeeld van een variërend verwarmingsvermogen in de tijd

De geleverde warmte wordt telkens gedurende een korte periode dt bepaald. De periode dt kan bijvoorbeeld een minuut zijn. Elke minuut wordt dan het verwarmingsvermogen gemeten en vervolgens vermenigvuldigd met 60 s om de energiehoeveelheid gedurende de minuut te krijgen. Op deze wijze kan het verloop van het vermogen goed worden gevolgd. Alle pakketjes warmte gedurende een minuut worden in het telwerk van de warmtemeter opgeteld, zodat uiteindelijk de geleverde warmte per kalenderjaar kan worden bepaald.

Elektriciteit

Het meten van elektriciteit verloopt op een vergelijkbare wijze. Het elektrisch vermogen wordt elke korte tijdsperiode gemeten en vermenigvuldigd met de tijdsperiode om de elektrische energie te bepalen.

Registratie

De bovengenoemde energiestromen moeten gedurende een kalenderjaar continu worden gemeten, gecumuleerd en bewaard (gesloten systemen bij afzonderlijke woningen zijn uitgesloten van deze verplichting). Zowel warmtemeters als elektriciteitsmeters hebben telwerken waarmee dat mogelijk is. De meters kunnen handmatig worden uitgelezen, of ze kunnen gekoppeld worden aan een gebouwautomatiseringssysteem, waar de gegevens naar worden overgedragen, worden bewaard en automatisch worden verwerkt tot overzichten en rapportages.

Energierendement op gebouwniveau

Om het energierendement op gebouwniveau te beoordelen moeten alle energiestromen worden meegenomen. Voor verwarmen en koelen betekent dit dat behalve het bodemenergiesysteem, ook andere voorzieningen voor warmte en/of koudeproductie (ketel, warmtekrachteenheid, koelmachine, enzovoort) worden meegenomen in de bemetering en registratie.

In de AMvB Bodemenergie wordt vanuit bodembelang en bodembescherming naar het energierendement gekeken en blijven derhalve andere energiestromen in het gebouw buiten beeld.

In het kader van de Wet Milieubeheer (Activiteitenbesluit) kan wel naar energiegebruik op gebouwniveau worden gekeken, inclusief de kwaliteit van de gebouwschil, energie voor verlichting en alle andere aspecten die het energieverbruik beïnvloeden.

Rapportage

De SPF moet worden bepaald per kalenderjaar. Bij open systemen en grote gesloten systemen moeten de gegevens binnen drie maanden na afloop van het kalenderjaar worden gerapporteerd aan het bevoegd gezag. Voor open systemen loopt dit gelijk op met de al gangbare rapportage in het kader van de Waterwet. Bij kleine gesloten systemen hoeven de gegevens niet te worden gerapporteerd aan het bevoegd gezag maar moeten wel 10 jaar worden bewaard bij de installatie.

4 Doelmatig gebruik van de bodem

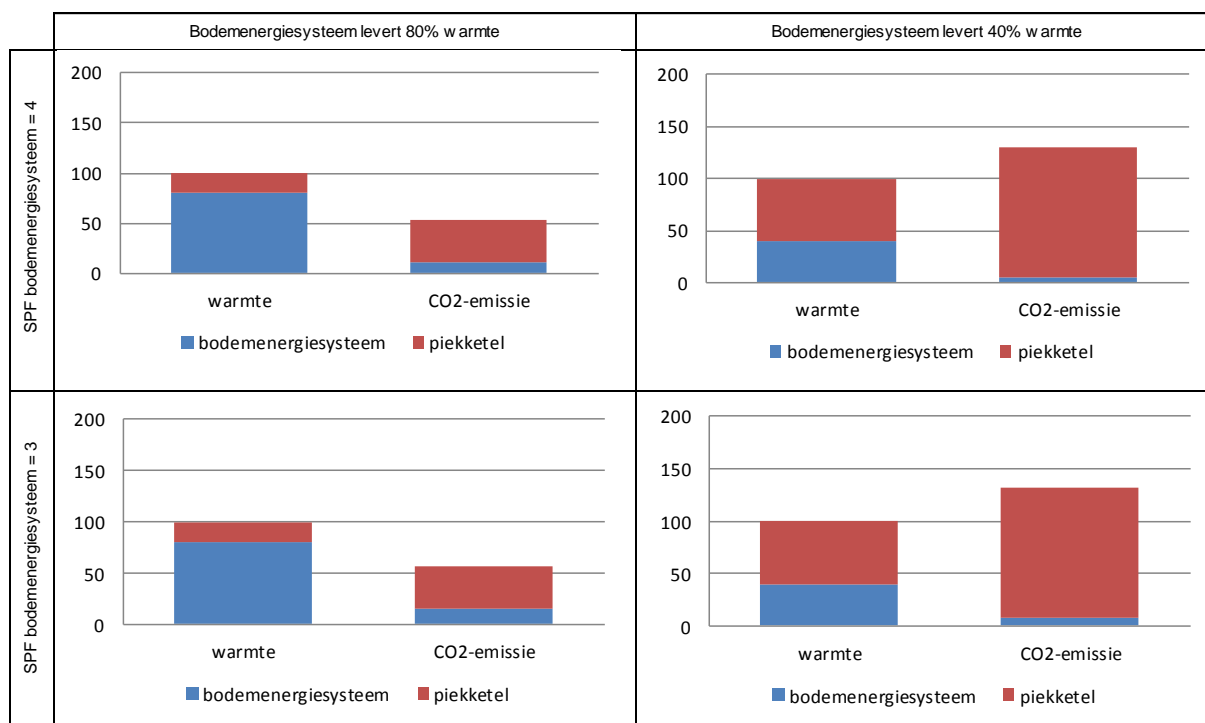
Het gebruik van de bodem om energie in op te slaan beoogt de reductie van het energieverbruik en de daaraan gerelateerde CO₂-emissie voor verwarmen en/of koelen van een gebouw of woning. De SPF geeft een goede indicatie van de mate waarin de beoogde energiebesparing wordt gerealiseerd en het bodemenergiesysteem dus aan z'n doel beantwoordt.

Hier moeten nog wel twee kanttekeningen bij gemaakt te worden met betrekking tot:

- 5 de mate waarin het bodemenergiesysteem de totale warmte- en/of koudevraag dekt;
 - 6 het doelmatig gebruik van de bodem vanuit het perspectief van de grondwaterbeheerder.
- Beiden worden nader toegelicht.

Dekking van de warmte- en koudebehoefte door bodemenergiesysteem

Als een bodemenergiesysteem met een hoge SPF draait, betekent dat nog niet automatisch dat veel energie bespaard wordt. Als het bodemenergiesysteem slechts een klein gedeelte van de warmte en/of koudebehoefte dekt en de rest wordt met een conventionele ketel of koelmachine geleverd, dan wordt niet de beoogde energiezuinigheid bereikt. In figuur 4.1 wordt dit geïllustreerd.



figuur 4.1 De bijdrage van het bodemenergiesysteem aan de warmtelevering bepaalt in sterke mate de energiezuinigheid. Een halvering van de bijdrage van bodemenergiesysteem (kolommen) heeft in dit voorbeeld een grotere impact dan een 25% lager SPF (rijen)

Voor een doelmatig gebruik van de bodem is het zaak dat het bodemenergiesysteem de beoogde warmte en koude daadwerkelijk gaat leveren. Het is daarom aan te bevelen om in de rapportage niet alleen de SPF, maar ook de door het bodemenergiesysteem aan het gebouw geleverde warmte en koude separaat te rapporteren. Opgemerkt zij dat de huidige AMvB geen kapstok biedt om ook een rapportage over de hoeveelheid aan het gebouw geleverde warmte en koude te eisen.

Doelmatig gebruik van de bodem vanuit perspectief grondwaterbeheerder

Voor open systemen wordt grondwater gebruikt als transportmedium voor warmte en koude. Het doelmatig gebruik van grondwater kan worden uitgedrukt in de zogenoemde 'productiviteit'. Dit is de hoeveelheid warmte of koude die per kuub grondwater wordt getransporteerd. In formulevorm

$$\text{productiviteit bij warmtelevering} = \frac{\text{geleverde warmte door ondergrondse opslag}}{\text{verplaatst grondwater van warme naar koude bron}}$$

$$\text{productiviteit bij koudelevering} = \frac{\text{geleverde koude door ondergrondse opslag}}{\text{verplaatst grondwater van koude naar warme bron}}$$

De productiviteit kan afgeleid worden uit de gegevens die voor opensystemen in het kader van de Waterwet al geregistreerd en gerapporteerd moeten worden.

5 Uitwerking van de SPF voor enkele basisconcepten

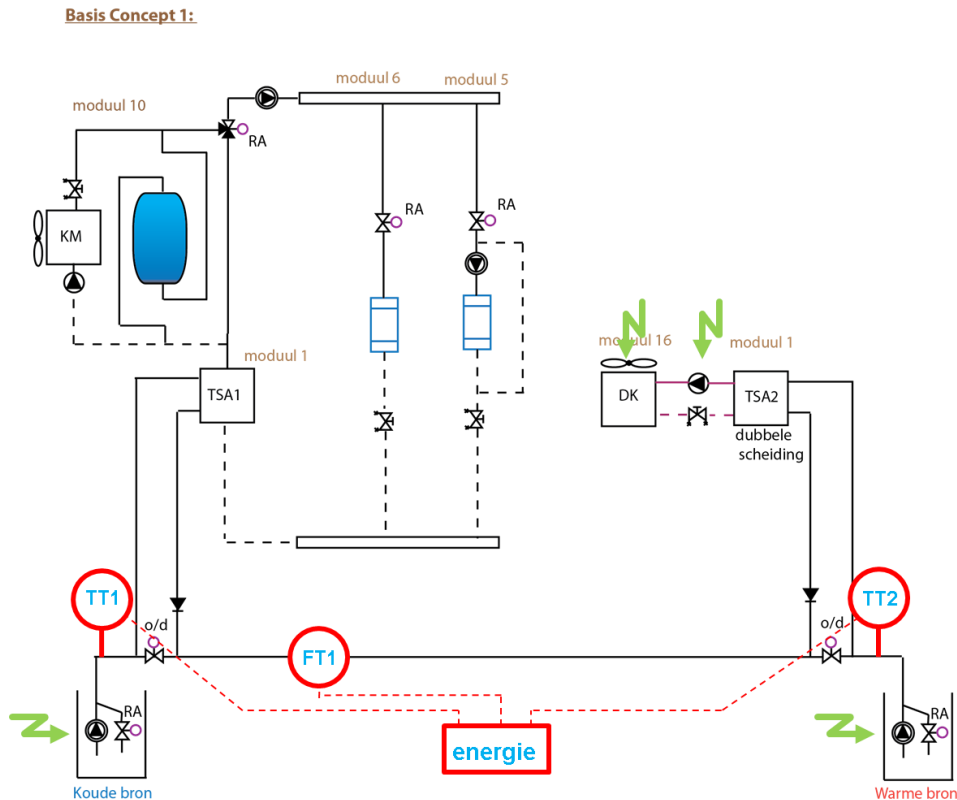
Om duidelijk te maken hoe de SPF in de praktijk moet worden vastgesteld, is dit in de navolgende paragrafen geïllustreerd aan de hand van enkele basisconcepten voor open bodemenergiesystemen, die in ISSO39 [3] zijn omschreven. Voor gesloten bodemenergiesystemen verloopt de uitwerking op vergelijkbare wijze. Ook daar moeten debieten en temperaturen worden gemeten om de geleverde koude en warmte aan het gebouw vast te stellen. En tevens moeten het elektriciteitsverbruik en eventuele gasverbruik van het bodemenergiesysteem worden gemeten om de SPF te kunnen berekenen. Zie ook figuur 3.1

5.1 Basisconcept 1

In basisconcept 1 (zie ISSO 39) wordt alleen koude als nuttig product geleverd. Het bodemenergiesysteem bestaat in hoofdzaak uit:

- de ondergrondse opslaginstallatie;
- een regeneratievoorziening, zoals een droge koeler, maar dit kan ook een koeltoren, oppervlaktewater of een energiedak zijn.

De regeneratievoorziening kan in dit basisconcept alléén worden gebruikt om koude te laden, dus niet voor directe koudelevering aan het gebouw. Om koude te laden, wordt grondwater uit de warme bron opgepompt, afgekoeld met de regeneratievoorziening via TSA2 en vervolgens geïnjecteerd in de koude bron. Het grondwater kan géén koude leveren aan het gebouw via TSA1. In onderstaand schema uit ISSO-publicatie 39 is dit weergegeven. In het schema is ook een extra koelmachine weergegeven voor aanvullende koeling, maar die behoort niet tot het bodemenergiesysteem.



figuur 5.1 Basisconcept 1 met de voorzieningen om de geleverde koude te registreren

Geleverde koude door bodemenergiesysteem

De koudelevering door het bodemenergiesysteem is gedefinieerd als de koude vanuit de koude bron van de ondergrondse opslag. De geleverde koude wordt gemeten met een energiemeter in het grondwatercircuit, zoals in bovenstaand schema is weergegeven. Deze meetvoorzieningen zijn al standaard aanwezig ten behoeve van een rapportage in het kader van de vergunning Waterwet.

Koude laden ten behoeve van bodemenergiesysteem

Het koude laden ten behoeve van het bodemenergiesysteem gebeurt met de droge koeler en TSA2. De geladen koude wordt gemeten met dezelfde energiemeter waarmee ook de koudelevering wordt gemeten, maar deze behoort *niet* als nuttige energie meegeteld te worden.

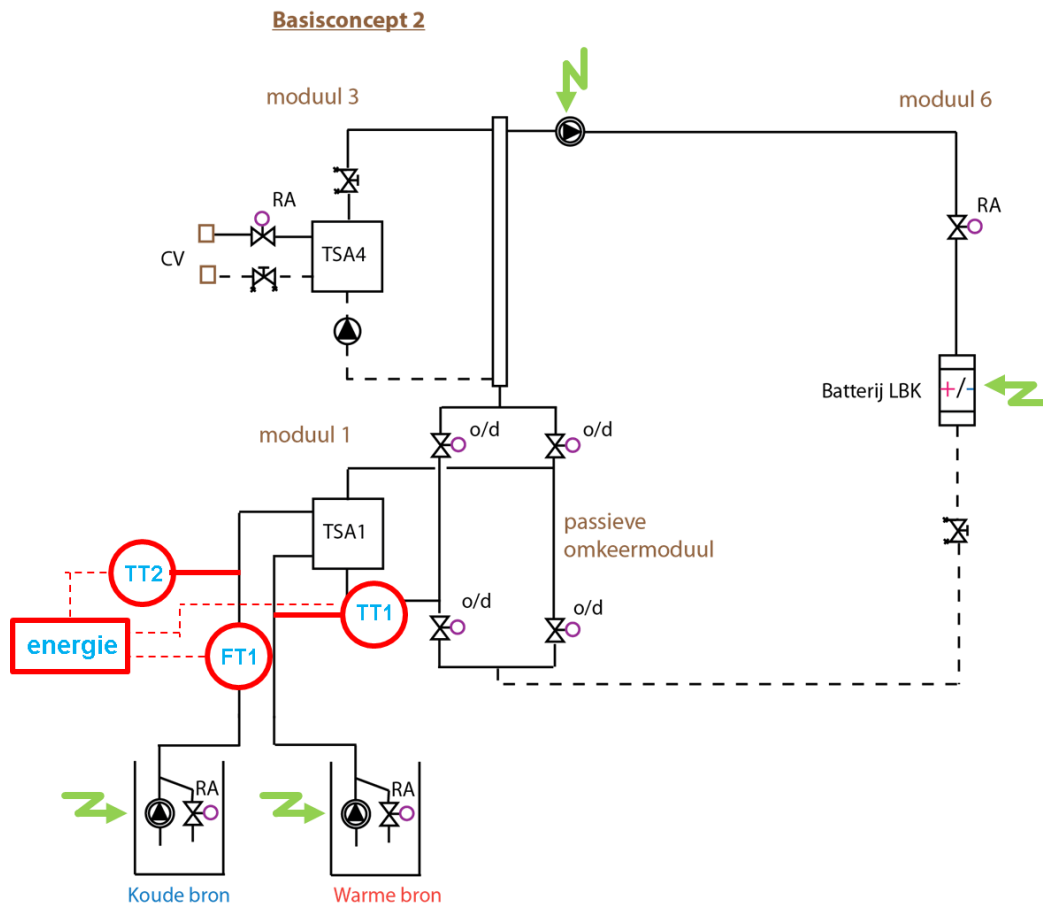
Te meten elektriciteitsverbruiken

Te meten elektriciteitsverbruiken zijn:

- 1 bronpompen:
 - a voor het leveren van koeling aan het gebouw;
 - b voor het laden van koude;
- 2 drycooler + circulatiepomp drycooler:
 - a voor het laden van koude.

5.2 Basisconcept 2

In basisconcept 2 (zie ISSO 39) levert de ondergrondse opslag koude aan het gebouw en wordt de koude voor het laden van de opslag geproduceerd met het luchtbehandelingsstelsel. De warmte uit de warme bron wordt benut om de aangezogen koude ventilatielucht vóór te verwarmen. In onderstaand schema staat dit weergegeven. TSA4 is bedoeld voor vorstbeveiliging en doet niet mee in het bepalen van de SPF voor het bodemenergiesysteem.



figuur 5.2 Basisconcept 2 met meetvoorzieningen voor het bepalen van de geleverde warmte en koude

Geleverde koude door bodemenergiesysteem

De koudelevering door het bodemenergiesysteem is gedefinieerd als de koude die geleverd wordt door de koude bron van de ondergrondse opslag. Eventuele separate koelmachines vallen buiten het bodemenergiesysteem. De nuttig geleverde koude aan de luchtbehandelingskast wordt gemeten met een warmtemeter, zoals in bovenstaand schema aangegeven. Deze meetvoorzieningen zijn al standaard aanwezig ten behoeve van rapportage in het kader van de vergunning Waterwet.

Koude laden ten behoeve van bodemenergiesysteem

Het koude laden ten behoeve van het bodemenergiesysteem gebeurt met koude buitenlucht die in de luchtbehandelingskast(en) wordt aangezogen. De koude uit de buitenlucht wordt overgedragen aan het watercircuit en via TSA1 overgedragen aan het grondwatercircuit en in de koude bron geladen.

De geladen koude wordt gemeten met dezelfde energiemeter waarmee ook de koudelevering wordt gemeten, maar deze behoort *niet* als nuttige energie meegeteld te worden.

Het gebruik van de luchtbehandelingskast(en) voor het regenereren van de bodem (koude laden) is een complicerende factor met betrekking tot de toerekening van elektriciteitsverbruiken.

- Tijdens bedrijfstijd is het luchtbehandelingsstelsel in bedrijf ten behoeve van ventilatie van het gebouw. De elektriciteit voor ventilatoren komt voor rekening van de ventilatie. De ingevangen

koude uit de ventilatielucht is 'gratis'; alleen de elektriciteit van de circulatiepomp in het gekoeldwatercircuit moet toegerekend worden aan het laden van koude.

- Als er buiten bedrijfstijd ook koude geladen moet worden, wordt het luchtbehandelingssysteem als een soort droge koeler gebruikt. De aangezogen koude buitenlucht wordt gebruikt om koude te laden en wordt daarna weer direct naar buiten afgevoerd. In deze situatie moet zowel de elektriciteit voor de circulatiepomp in het gekoeldwatercircuit als de elektriciteit voor de luchtbehandelingskast worden toegerekend aan het laden van koude.

Toerekening elektriciteitsverbruiken en warmtelevering

Het elektriciteitsverbruik van de luchtbehandelingskast(en) waarmee koude voor het opslagsysteem wordt geproduceerd en van de circulatiepomp in het gekoeld-watercircuit, moet worden gemeten. Het elektriciteitsverbruik wordt forfaitair voor 85% toegerekend aan het bodemenergiesysteem.

De warmte die door het bodemenergiesysteem wordt geleverd wordt forfaitair voor 20% als nuttige warmte voor verwarming van ventilatielucht gerekend. De overige 80% is de warmte die buiten bedrijfstijd door de opslag wordt geleverd en met de ventilatielucht weer direct naar buiten wordt afgeblazen.

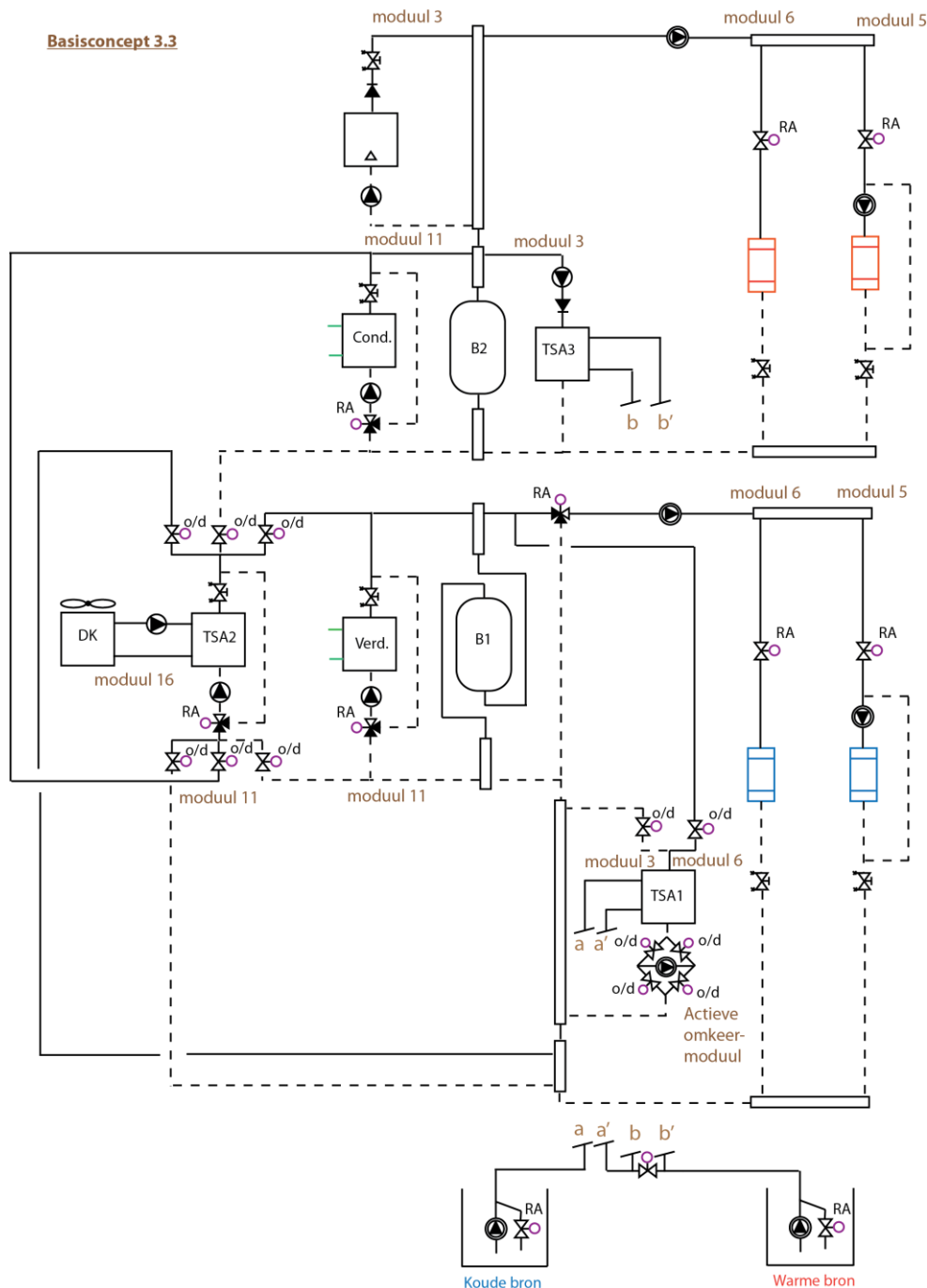
Als men wil afwijken van deze forfaitaire waarden, dient de volgende onderscheiding te worden gemaakt en in de registratie te worden verwerkt:

- | | | |
|---|---|--|
| 1 | Koude laden binnen de bedrijfstijd van het gebouw | <ul style="list-style-type: none">• Warmte uit de opslag meetellen als nuttige warmte• Elektriciteitsverbruik van de circulatiepomp in het gekoeld-watercircuit meetellen bij het verbruik van het bodemenergiesysteem.• Het elektriciteitsverbruik van de luchtbehandelingskast(en) niet meetellen. |
| 2 | Koude laden buiten de bedrijfstijd van het gebouw | <ul style="list-style-type: none">• Warmte uit de opslag niet meetellen als nuttige warmte• Elektriciteitsverbruik van de circulatiepomp in het gekoeld-watercircuit en de luchtbehandelingskast(en) meetellen bij het verbruik van het bodemenergiesysteem. |

5.3 Basisconcept 3

Basisconcept 3, conform de opzet in ISSO-publicatie 39, betreft bodemenergiesystemen met open bronnen en toepassing van een warmtepomp. In het algemeen wordt zowel warmte als koude geleverd. De regeneratie van de bodem gebeurt met de warmtepomp (koude laden) en/of met specifieke regeneratievoorzieningen, zoals een droge koeler, een energiedak, asfaltcollectoren of energie uit oppervlaktewater.

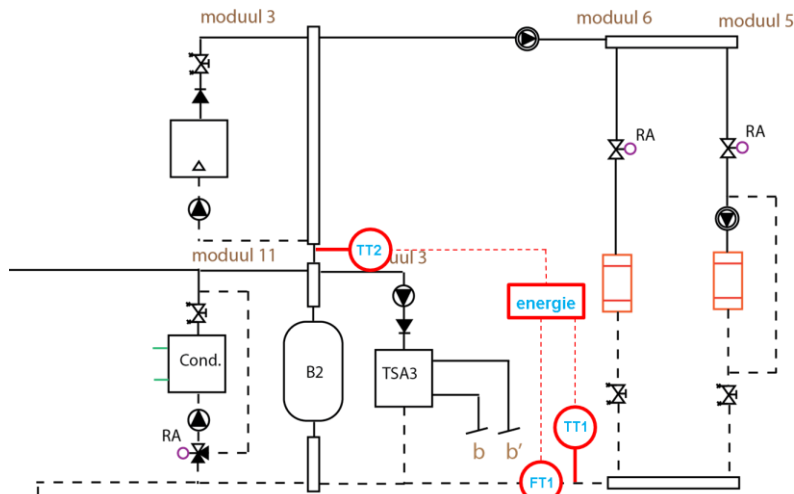
Bij basisconcept 3 kunnen eenvoudige en meer complexe varianten worden onderscheiden. In het navolgende is de meest uitgebreide variant (basisconcept 3.3) als uitgangspunt genomen. In figuur 5.3 is het prinsipeschema weergegeven.



figuur 5.3 Prinsipeschema van basisconcept 3.3.

Geleverde warmte door het bodemenergiesysteem

De warmtelevering vindt plaats met een warmtepomp en een piekkel. Laatstgenoemde behoort niet tot het bodemenergiesysteem en blijft verder buiten beschouwing. In onderstaande uitsnede van het schema uit de ISSO 39 staan de warmtelevering en -meting weergegeven.



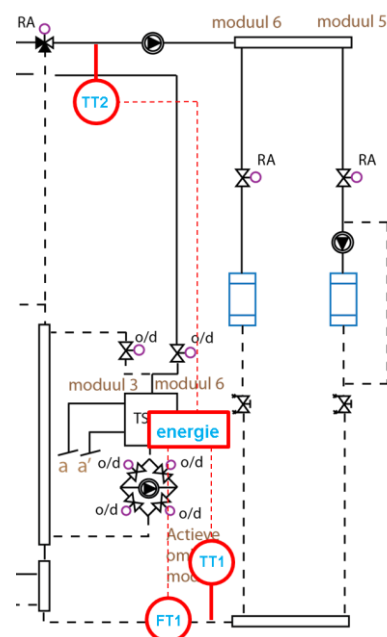
figuur 5.4 Uitsnede uit het prinsipeschema van basisconcept 3.3. met de warmtemeting aangegeven

Opmerkingen

- Warmteopwekking door de warmtepomp: het gaat alleen om de warmte die direct ten goede komt aan het gebouw, dus niet de warmte die via TSA3 wordt afgevoerd naar de energieopslag of een droge koeler.
- De positie van de flowmeter en van de temperaturopnemers is zodanig gekozen dat alleen de warmtelevering van de warmtepomp die als nuttige warmte het gebouw in gaat, wordt gemeten. Deze meetvoorzieningen zijn in het algemeen nog niet aanwezig en moeten specifiek voor de SPF-bepaling worden opgenomen.

Geleverde koude door het bodemenergiesysteem

In onderstaand schema staat een uitsnede van het prinsipeschema voor de koudelevering en de meting van de geleverde koude aan het gebouw



figuur 5.5 uitsnede uit het prinsipeschema van basisconcept 3.3. met de meting van de geleverde koude aangegeven

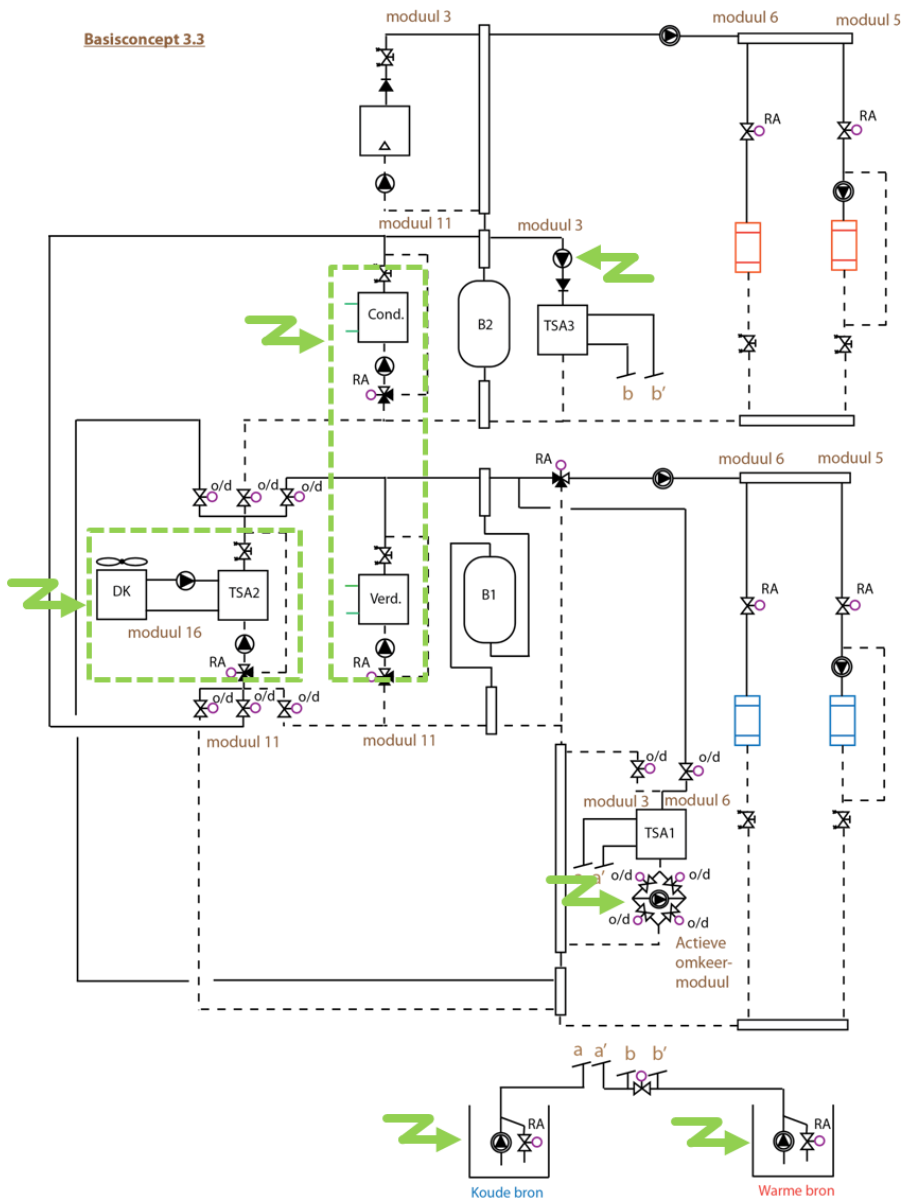
Opmerkingen

- De koudelevering door het bodemenergiesysteem is gedefinieerd als:
 - koude vanuit de koude bron van de ondergrondse opslag en/of;
 - koude vanuit de warmtepomp die in zomerbedrijf draait en/of;
 - koude uit de droge koeler door middel van vrije koeling, eventueel in combinatie met koude laden in de opslag.
- Eventuele separate koelmachines vallen buiten het bodemenergiesysteem.
- De nuttig geleverde koude aan het gebouw wordt gemeten met een warmtemeter zoals in bovenstaand schema aangegeven. In veel gevallen is de flowmeter FT2 al aanwezig ten behoeve van de regeling van het brondebiet.

Elektriciteitsverbruik bodemenergiesysteem

De te meten elektriciteitsverbruiken zijn (zie ook figuur 5.6):

- 1 bronpompen + circulatiepomp ten behoeve van TSA1.
- 2 warmtepomp + circulatiepompen behorende bij de condensor en verdamper van de warmtepomp.
- 3 drycooler + circulatiepomp drycooler + circulatiepomp ten behoeve van TSA2:
- 4 circulatiepomp ten behoeve van TSA3.



figuur 5.6 Principeschema van basisconcept 3.3. met aanduiding van de te meten elektriciteitsverbruiken

6 Kosten van meetvoorzieningen

Voor het bepalen van de SPF zijn meetvoorzieningen nodig. In hoofdzaak zijn dit:

- Warmtemeter. Hiermee kan warmte of koude worden gemeten. Een warmtemeter bestaat uit een debietmeter, twee temperatuursensoren om een temperatuurverschil te meten en een rekenmodule om uit deze gegevens de energie te berekenen.
- Elektriciteitsmeter of kWh-meter. Hiermee kan het elektriciteitsverbruik worden gemeten. Bij kleine elektrische vermogens kan de stroom door de elektriciteitsmeter lopen, bij grote vermogens is dat niet mogelijk en moeten stroomtrafo's worden toegepast, wat de elektriciteitsmeting ook kostbaarder maakt.

In deze paragraaf zijn de kosten voor de meetvoorzieningen indicatief in beeld gebracht. Per situatie kunnen verschillen optreden. Als referentie wordt de huidige situatie genomen, waarbij onderscheid moet worden gemaakt tussen open en gesloten bodemenergiesystemen.

Open bodemenergiesystemen

In het kader van de vergunning Waterwet zijn voor open systemen een energiemeting in het grondwatercircuit, registratie en rapportage nu al een verplicht. Dit betekent dat voor de basisconcept 1 (paragraaf 5.1) en basisconcept 2 (paragraaf 0) geen flowmeter, temperatuuropnemers en energieberekeningsmodule opgenomen behoeven te worden. In deze concepten levert het ondergrondse systeem alle warmte en/of koude. Er moeten alleen elektriciteitsmeters worden geplaatst. Zie ook de toelichting bij de betreffende concepten. In basisconcept 3 (paragraaf 5.3) wordt de nuttige koude of warmte niet alleen door het ondergrondse opslagsysteem geleverd, maar ook door de warmtepomp en de regeneratievoorziening (vrije koeling). In dit geval zijn dus aanvullend warmtemeters nodig voor de aan het gebouw geleverde warmte en koude.

Voor wat betreft de registratie en rapportage is er sprake van een uitbreiding op datgene wat in het kader van de Waterwet altijd al moest gebeuren.

Gesloten bodemenergiesystemen

Voor gesloten bodemenergiesystemen golden tot 1 juli 2013 nog geen voorschriften voor meting, registratie en rapportage. In het kader van de AMvB Bodemenergie ontstaat deze verplichting wel, maar alleen voor gesloten systemen die niet voor individuele woningen zijn bedoeld.

De benodigde meetvoorzieningen om de SPF te bepalen zijn identiek aan die voor open systemen: de geleverde warmte en koude moeten worden gemeten met warmtemeters en het elektriciteitsverbruik moet worden gemeten met kWh-meters. Zie ook figuur 3.1.

Gehanteerde uitgangspunten bij de kostenraming

De volgende uitgangspunten liggen ten grondslag aan de kostenraming:

- Er is onderscheid gemaakt tussen een kleine en een grote installatie. Onder een kleine installatie wordt verstaan een installatie met een koelvermogen tot ongeveer 150 kW. Bij grotere koelvermogens spreken we van een grote installatie.
Let op: deze indeling heeft niets te maken met het onderscheid in de AMvB Bodemenergie tussen 'grote' en 'kleine' systemen, maar komt alleen voort uit de verschillen in kosten van de debietmeters en de kWh-meters.
- Bij een kleine installatie kunnen eenvoudige kWh-meters opgenomen worden die de fase direct kunnen meten. Bij een grote installatie worden kWh-meters met stroomtrafo's toegepast.
- Er is bij open systemen onderscheid gemaakt tussen twee typen energiemetingen. Bij type 1 worden een debietmeter, temperatuuropnemers en een energieberekeningsmodule opgenomen. Bij type 2 alleen de temperatuuropnemers en een energieberekeningsmodule. Type 2 wordt toegepast bij grote installaties van basisconcept 3.3, omdat in deze installatie al een debietmeter is opgenomen ten behoeve van de regeltechnische besturing van de installatie. Deze debietmeter dient alleen te worden opgevaardeerd naar een energiemeting.
- De kosten voor temperatuuropnemers en de energieberekeningsmodule zijn onafhankelijk van het basisconcept en de schaalgrootte van de installatie.
- De kostenpost voor de engineering en inbedrijfstelling wordt bepaald door het aantal debiet- en/of warmtemeters en kWh-meters.
- In de investeringskosten is geen rekening gehouden met mogelijke productontwikkeling om voor deze toepassing specifieke oplossingen te ontwikkelen die kosteneffectiever zijn dan wat nu op de markt beschikbaar is.

- De kosten zijn gebaseerd op het prijspeil juni 2013 en zijn exclusief BTW.
- De kosten zijn inclusief toeslagen, winst en risico (materiaal 10%, algemene kosten 3%, winst en risico 3%)
- In de kostenopzet is onderscheid gemaakt tussen projecten die voorzien zijn van een gebouwbeheersysteem (GBS), waarin registratie en rapportage geautomatiseerd plaats vindt, en projecten zonder een dergelijk besturingssysteem, waarin registratie en rapportage handmatig moeten worden uitgevoerd.
- De 'jaarlijkse kosten' omvatten het opstellen van de rapportage (€100), eventueel overleg met bevoegd gezag over deze rapportage (€ 200) en de meteropname indien geen GBS wordt toegepast (€280).

De onderstaande tabel geeft een indicatief overzicht van de te verwachten kosten om de SPF te registreren en rapporteren. Hierin zijn de drie basisconcepten voor open bodemenergiesystemen en een gesloten bodemenergiesysteem onderscheiden en er is onderscheid gemaakt in schaalgrootte van het bodemenergiesysteem.

Kleine installaties				
---------------------	--	--	--	--

Basisconcept 1 (ISSO 39)				
Koude laden met DK en koude leveren aan gebouw				
			handmatig	met GBS
Energimeting 1 (incl. debietmeter)	0 stuks	2300		
Energimeting 2 (excl. debietmeter)	0 stuks	900		
kWh-meting 1 (met communicatiemodule)	1 stuk	500	€	500
kWh-meting 2 (zonder communicatiemodule)	1 stuks	300	€	300
Engineering	1 keer	300	€	300
Bekabeling	25 mtr	10	€	250
Investeringskosten t.b.v. SPF			€	600
Percentage van de totale investering				0,7%
				1,2%
Jaarlijkse kosten			€	580
				€
				300

Basisconcept 2 (ISSO 39)				
Koude laden met LBK en koude leveren aan gebouw				
			handmatig	met GBS
Energimeting 1 (incl. debietmeter)	0 stuks	2300		
Energimeting 2 (excl. debietmeter)	0 stuks	900		
kWh-meting 1 (met communicatiemodule)	2 stuk	500	€	1.000
kWh-meting 2 (zonder communicatiemodule)	2 stuks	300	€	600
Engineering	2 keer	300	€	600
Bekabeling	50 mtr	10	€	500
Investeringskosten t.b.v. SPF			€	1.200
Percentage van de totale investering				1,4%
				2,5%
Jaarlijkse kosten			€	580
				€
				300

Basisconcept 3.3 (ISSO 39)				
Concept met WP en DK, verwarmen en koelen gebouw				
			handmatig	met GBS
Energimeting 1 (incl. debietmeter)	1 stuks	2300	€	2.300
Energimeting 2 (excl. debietmeter)	1 stuks	900	€	900
kWh-meting 1 (met communicatiemodule)	2 stuks	500	€	1.000
kWh-meting 2 (zonder communicatiemodule)	2 stuks	300	€	600
Engineering	4 keer	300	€	1.200
Bekabeling	100 mtr	10	€	1.000
Investeringskosten t.b.v. SPF			€	5.000
Percentage van de totale investering				4,0%
				5,1%
Jaarlijkse kosten			€	580
				€
				300

Gesloten bodemenergiesysteem				
Concept met WP, regeneratie, verwarmen en koelen gebouw				
			handmatig	met GBS
Energimeting 1 (incl. debietmeter)	2 stuks	2300	€	4.600
Energimeting 2 (excl. debietmeter)	0 stuks	900		
kWh-meting 1 (met communicatiemodule)	2 stuks	500	€	1.000
kWh-meting 2 (zonder communicatiemodule)	2 stuks	300	€	600
Engineering	4 keer	300	€	1.200
Bekabeling	100 mtr	10	€	1.000
Investeringskosten t.b.v. SPF			€	6.400
Percentage van de totale investering				4,1%
				5,0%
Jaarlijkse kosten			€	580
				€
				300

Grote installaties				
--------------------	--	--	--	--

Basisconcept 1 (ISSO 39)				
Koude laden met DK en koude leveren aan gebouw				
			handmatig	met GBS
Energimeting 1 (incl. debietmeter)	0 stuks	3000		
Energimeting 2 (excl. debietmeter)	0 stuks	900		
kWh-meting 1 (met communicatiemodule)	2 stuks	900	€	1.800
kWh-meting 2 (zonder communicatiemodule)	2 stuks	700	€	1.400
Engineering	2 keer	300	€	600
Bekabeling	50 mtr	10	€	500
Investeringskosten t.b.v. SPF			€	2.000
Percentage van de totale investering				1,1%
				1,6%
Jaarlijkse kosten			€	580
				€
				300

Basisconcept 2 (ISSO 39)				
Koude laden met meerdere (3) LBK's en koude leveren aan gebouw				
			handmatig	met GBS
Energimeting 1 (incl. debietmeter)	0 stuks	3000		
Energimeting 2 (excl. debietmeter)	0 stuks	900		
kWh-meting 1 (met communicatiemodule)	4 stuks	900	€	3.600
kWh-meting 2 (zonder communicatiemodule)	4 stuks	700	€	2.800
Engineering	4 keer	300	€	1.200
Bekabeling	50 mtr	10	€	500
Investeringskosten t.b.v. SPF			€	4.000
Percentage van de totale investering				2,1%
				2,7%
Jaarlijkse kosten			€	580
				€
				300

Basisconcept 3.3 (ISSO 39)				
Concept met WP en DK, verwarmen en koelen gebouw				
			handmatig	met GBS
Energimeting 1 (incl. debietmeter)	1 stuks	3000	€	3.000
Energimeting 2 (excl. debietmeter)	1 stuks	900	€	900
kWh-meting 1 (met communicatiemodule)	4 stuks	900	€	3.600
kWh-meting 2 (zonder communicatiemodule)	4 stuks	700	€	2.800
Engineering	4 keer	300	€	1.200
Bekabeling	150 mtr	10	€	1.500
Investeringskosten t.b.v. SPF			€	7.900
Percentage van de totale investering				3,3%
				4,3%
Jaarlijkse kosten			€	580
				€
				300

Gesloten bodemenergiesysteem				
Concept met WP, regeneratie, verwarmen en koelen gebouw				
			handmatig	met GBS
Energimeting 1 (incl. debietmeter)	2 stuks	3000	€	6.000
Energimeting 2 (excl. debietmeter)	0 stuks	900		
kWh-meting 1 (met communicatiemodule)	4 stuks	900	€	3.600
kWh-meting 2 (zonder communicatiemodule)	4 stuks	700	€	2.800
Engineering	4 keer	300	€	1.200
Bekabeling	150 mtr	10	€	1.500
Investeringskosten t.b.v. SPF			€	10.000
Percentage van de totale investering				3,4%
				4,1%
Jaarlijkse kosten			€	580
				€
				600

7 Literatuur

- [1] Informatie over Sepemo op <http://www.sepemo.eu/spf-methodology/>
- [2] Bepalen van het energetisch rendement van een warmtepompinstallatie met een gesloten bodemenergiesysteem, Groenholland, 2012.
- [3] ISSO publicatie 39, Ontwerp, realisatie en beheer van een energiecentrale met warmte en koudeopslag (WKO), 2012.