



Project : **Model Based Monitoring Bodemenergiesystemen (MoBaMoBES)**

Onderwerp : **Werkpakket 1- Functioneel ontwerp**

1. Inleiding

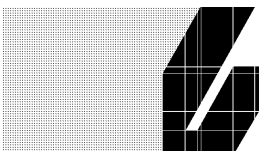
Voor innovaties die duurzaam en economische groei aan elkaar koppelen, zijn subsidies beschikbaar. Deze subsidies voor ondernemers, wetenschappers en kennisinstellingen zijn een onderdeel van de Topsector Energie. De Topsector Energie regelingen zijn onderdeel van de Regeling nationale EZ-subsidies.

Deltares heeft samen met Simaxx, Hogeschool Utrecht, Rijksvastgoedbedrijf, BodemenergieNL, ISSO, DWA, KWA, Engie Services West bv en Techniplan Adviseurs een voorstel ingediend voor deze subsidie. Dit voorstel betreft een monitoringsysteem voor Bodemenergiesystemen (BES) met een real-time vergelijking tussen de gemeten prestatie en de verwachte prestatie op basis van de ontwerputgangspunten. Aangezien de seizoensopslag-functie essentieel is voor een BES, moet een voorspellend monitoringsysteem inzicht verschaffen aan de beheerder over de te verwachten thermische (on)balans in het komende half jaar. Hiertoe zullen eenvoudige modellen van onderdelen van een BES gekoppeld worden aan een bestaand monitoring platform (FEWS en/of SIMAXX), die zodanig beschikbaar komt dat derden het platform kunnen configureren voor een specifieke situatie. Deze modellen worden real-time gevoed met meetdata, zodat kritische prestatie-indicatoren kunnen worden berekend. Deze model-gebaseerde monitoring van BES (MoBaMoBES) zal ertoe leiden dat beheerders enerzijds vroegtijdig geïnformeerd worden over verminderd functioneren en anderzijds uitgedaagd worden om een BES optimaal te laten functioneren. Bovendien vormt deze geavanceerde monitoring een degelijke basis voor verbeterde regelingen in geïntegreerde intelligente energiesystemen.

In dit rapport is het functioneel ontwerp van de monitoring toolbox uitgewerk. In de volgende fase zal door Deltares het functioneel ontwerp worden uitgewerkt in een prototype monitoring systeem op basis van FEWS en SIMAXX.

initialen + paraaf

--	--

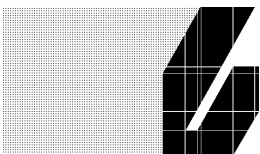


Inhoudsopgave

1.	INLEIDING.....	1
2.	FUNCTIONALITEIT EINDPRODUCT	3
2.1.	Basisfunctionaliteit (met wettelijk verplichte energiemeters)	4
2.2.	Extra functionaliteit (indien extra meters beschikbaar)	5
3.	FUNCTIONALITEIT GRAPHICAL USER INTERFACE (GUI).....	6
4.	RANDVOORWAARDEN MODEL	7
4.1.	Klimaat database.....	7
5.	VOORSTEL REKENKUDIG MODEL.....	8
5.1.	Regelstrategie	9
5.1.1.	Niveau 1	9
5.1.2.	Niveau 2	10
5.1.3.	Niveau 3	10
6.	TOELICHTING EXCEL PROTOTYPE (BIJLAGE 1)	11

Bijlagen

1. Concept begeleidend schrijven Excel prototype '17158EMOU1753252 Begeleidend schrijven Mobamobes' d.d. 26 april 2018 en bijbehorend Excel-model 'Bijlage 1 - 17158EMOU model V1 input DWA'.
2. Instructie Functioneel Ontwerp rekenblok ondergrond '3802130CN01' d.d. 26 april 2018 en bijbehorend Excel-model 'Bijlage 2 - 17158EMOU model - input KWA 3'.
3. Instructie Functioneel Ontwerp rekenblok gebouw '3018DDE-E-MAR002A' d.d. 1 mei 2018.



2. Functionaliteit eindproduct

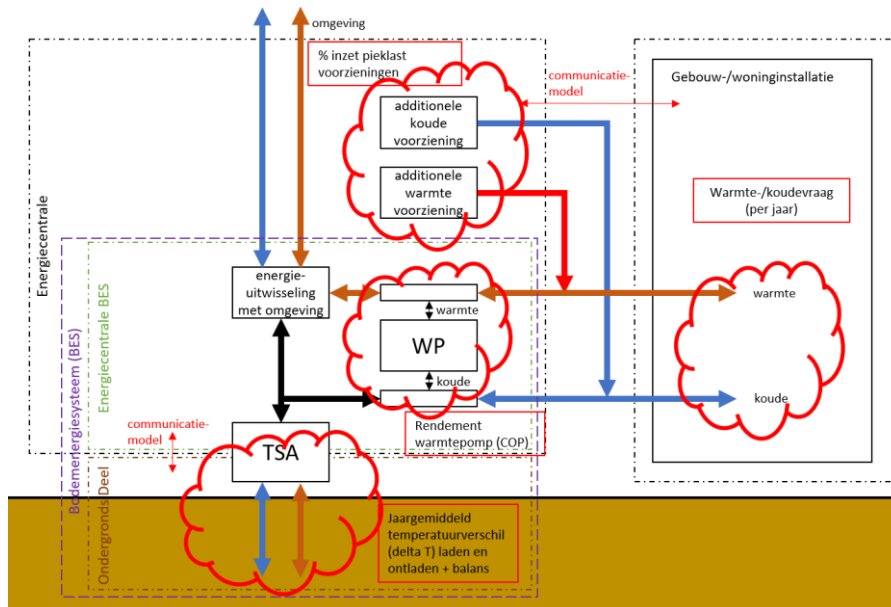
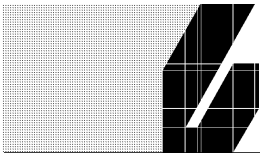
In het 'Model projectplan Urban Energy tender 2017' is omschreven dat het MoBaMoBES het volgende doel heeft:

- Het real time vergelijken van de gemeten prestaties en de verwachten prestaties van een BES;
- Seisoensopslag-functie is essentieel;
 - * Voorspellend monitoringssyteem.
 - * Inzicht verschaffen aan de beheerder over de te verwachten thermische (on)balans in het komende half jaar.
- Beheerders vroegtijdig informeren over verminderd functioneren;
- Beheerders uitdagen om het BES optimaal te laten functioneren.
- Basis voor verbeterde regelingen in geïntegreerde intelligente energiesystemen.

Daarbij is de scope van MoBaMoBES beperkt tot het bodemenergiesysteem (BES), aangevuld met (indien aanwezig) additioenele warmte-/koudevoorzieningen en de warmte-/koudevraag van het gebouw en zal de volgende aspecten beoordelen:

- Eindgebruiker: CO2-besparing
- Prestaties op hoofdlijnen:
 - * Warmte- en koudevraag gebouw
 - * SPFBES (gesplits in SPFwarmte en SPFkoude)
 - * Jaargemiddeld temperatuurverschil laden/ontladen
 - * Balans ondergrond
 - * Jaargemiddelde COPwarmtepomp
 - * Aandeel basislast / pieklast (warmte en koude)
- Verdiepingsniveau
 - * Ontwerp temperaturen en flow gebouw
- Randvoorwaarden
 - * Wettelijk kader (vergunning, BLBI, waterwet, WMB, etc.)

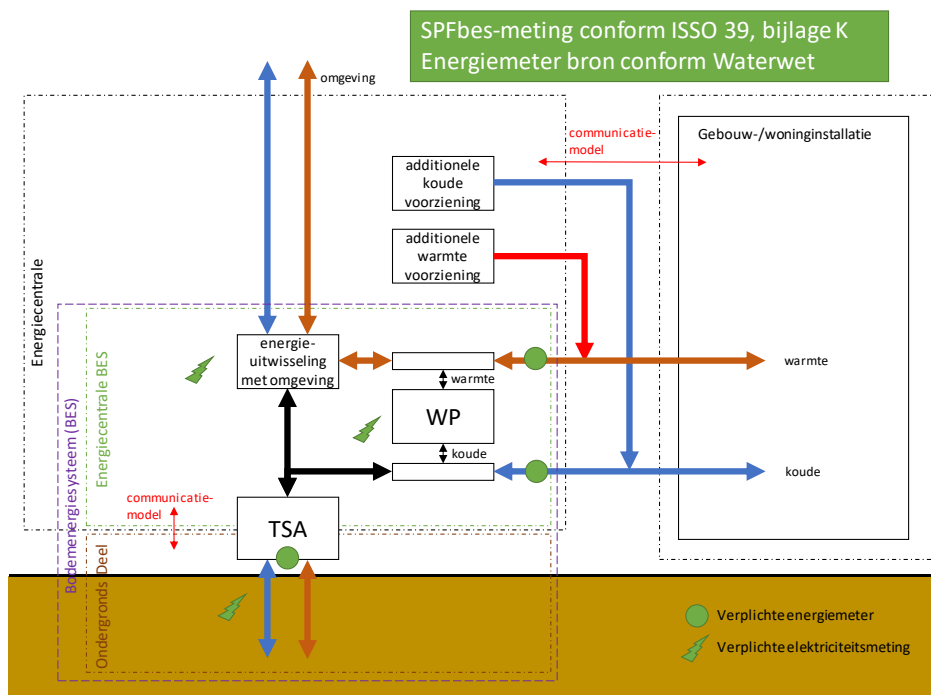
In figuur 2.1 is de scope van MoBaMoBES weergegeven.



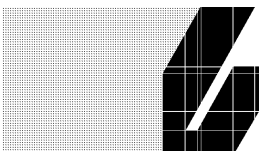
Figuur 2.1: Scope BES (bodemenergiesysteem) in MoBaMoBES

2.1. Basisfunctionaliteit (met wettelijk verplichte energiemeters)

Het systeem moet kunnen werken met minimaal de wettelijk verplichte energiemeters. Dit zijn:



Figuur 2.2: Wettelijk verplichte energiemeters



Vanuit deze meetwaarden kunnen zowel realtime als voorspellend (d.m.v. simulatie) de volgende waarden weergegeven/berekend worden:

Tabel 2.3: Basisfunctionaliteit (met wettelijk verplichte energiemeters)

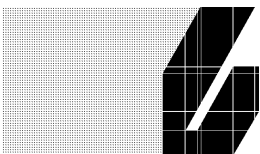
Onderdeel	Realtime	Voorspellend
- Delta T bron	1. Werkelijk gemeten waarde 2. Vergelijking met ontwerpwaarden 3. Verwachte waarde	n.v.t.
- Energiebalans ondergrond	Balansherstel actief: ja/nee Balansherstel noodzakelijk: ja/nee	Jaar energiebalans: tot 5 jaar
- SPF _{BES} (rendement)	n.v.t.	Per jaar
- Jaaropgave provincie	n.v.t. (registratie)	n.v.t. (registratie)
- Infiltratietemperatuur max/min	n.v.t. (registratie)	n.v.t. (registratie)

2.2. Extra functionaliteit (indien extra meters beschikbaar)

Indien er meer (energie)meters zijn dan wettelijk verplicht heeft het MoBaMoBES extra functionaliteit. Vanuit deze meetwaarden kunnen zowel realtime als voorspellend (d.m.v. simulatie) de volgende waarden weergegeven/berekend worden:

Tabel 2.4: Functionaliteit bij extra (energie)meters

Onderdeel	Realtime	Voorspellend
- Warmte-/koude vraag gebouw	1. Werkelijk gemeten waarde 2. 'Verwachte' waarde	Simulatie vs. meetwaarde + jaaropgave
- SPF _{BES} gesplitst in SPF _{warmte} & SPF _{koude}	n.v.t.	Per jaar
- COP-warmtepompen (totaal)	1. Werkelijk gemeten waarde 2. Vergelijking met ontwerpwaarden 3. Verwachte waarde	Jaargemiddelde COP (totaal)
- COP per warmtepomp	1. Werkelijk gemeten waarde 2. Vergelijking met ontwerpwaarden 3. Verwachte waarde	Jaargemiddelde COP per warmtepomp
- Balansherstel	1. Werkelijk gemeten waarde 2. Vergelijking met ontwerpwaarden 3. Verwachte waarde	Energielevering per jaar
- Ontwerptemperaturen/flow gebouw	Vergelijking met simulatie	Visualisatie op 'stooklijnen'
- Aandeel basislast/pieklust	1. Werkelijk gemeten waarde 2. 'Verwachte' waarde	Visualisatie jaaraandelen
- CO2-besparing t.o.v. referentie	n.v.t.	Vergelijking jaarrendementen



De bovenstaande informatie moet op een overzichtelijke manier worden gepresenteerd aan de gebruiker d.m.v een GUI (zie hoofdstuk 3).

3. **Functionaliteit Graphical user interface (GUI)**

De weergaven van het MoBaMoBES systeem moet de volgende functionaliteit bevatten.

De volgende grafieken moeten worden kunnen worden weergegeven:

- Kolom
- Lijn
- Cirkel
- Staaf
- Vlak
- Spreiding
- Boxplot
- Histogram

Hierbij moet de gebruiker in staat zijn om zelf een grafiek samen te stellen en kunnen selecteren welke waardes op de horizontale en verticale as worden weergegeven en binnen welk bereik deze worden weergegeven. Tabellen moeten ook door de gebruiker geproduceerd kunnen worden. De gebruiker moet zonder al te veel moeite zelf exports kunnen maken van tabellen en grafieken en deze als PDF, xls, csv of xml te kunnen downloaden. Hier dient geen bijzondere programmering kennis voor nodig te zijn, maar moet dus op een simpele manier kunnen met bijvoorbeeld een drop down menu.

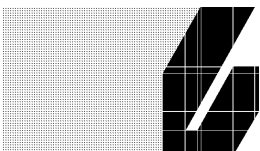
Het programma moet automatisch de documentatie genereren die verplicht is gesteld door de bevoegde gezagen m.b.t. bodemenergie systemen . De format hiervan moet tevens voldoen aan de eisen die door dezelfde bevoegde gezagen zijn gesteld (zie bijlage 2). De documentatie moet gemakkelijk door de gebruiker gedownload te kunnen worden.

GUI moet web based zijn en bij voorkeur geprogrammeerd in HTML 5. De GUI moet bereikbaar via een internet browser¹, waar de gebruiker kan inloggen in het systeem. Hierbij moet er onderscheid gemaakt worden in twee login accounts:

- Alleen lezen (User)
- Schrijven en lezen (Admin)

Waarbij een User account geen bevoegdheid heeft om rekenwaardes aan te passen of op de een of andere manier het systeem te beïnvloeden. Het Admin account heeft alle rechten en kan bepalen per User of deze wel of niet enige vorm van exports kan maken.

¹ De ondersteunde internet browsers moeten minimaal zijn: Internet Explorer, Google Chrome, Safari en Mozilla Firefox. Hierbij wordt aangenomen dat de gebruiker werkt met de meest recente versie.



4. Randvoorwaarden model

Alle eenheden die worden gebruikt in het systeem zijn SI eenheden of direct equivalente eenheden, alleen voor de visualisatie in het GUI kunnen eenheden worden omgezet .

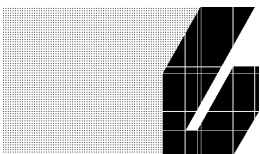
4.1. Klimaat database

De klimaat database moet bestaan uit uurlijkse waardes van:

- **Temperatuur**
 - * Gemiddeld [K]
 - * Maximum [K]
 - * Minimum [K]
- **Zon**
 - * Gemiddelde globale straling noord [W/m²]
 - * Gemiddelde globale straling oost [W/m²]
 - * Gemiddelde globale straling zuid [W/m²]
 - * Gemiddelde globale straling west [W/m²]
 - * Duur van de zonschijn [%]
- **Wind**
 - * Windrichting [°]
 - * Uurgemiddelde windsnelheid [m/s]
 - * Hoogste windstoot [m/s]
- **Tijd**
 - * Datum [dd-MM-yyyy]
 - * Tijd [hh:mm]

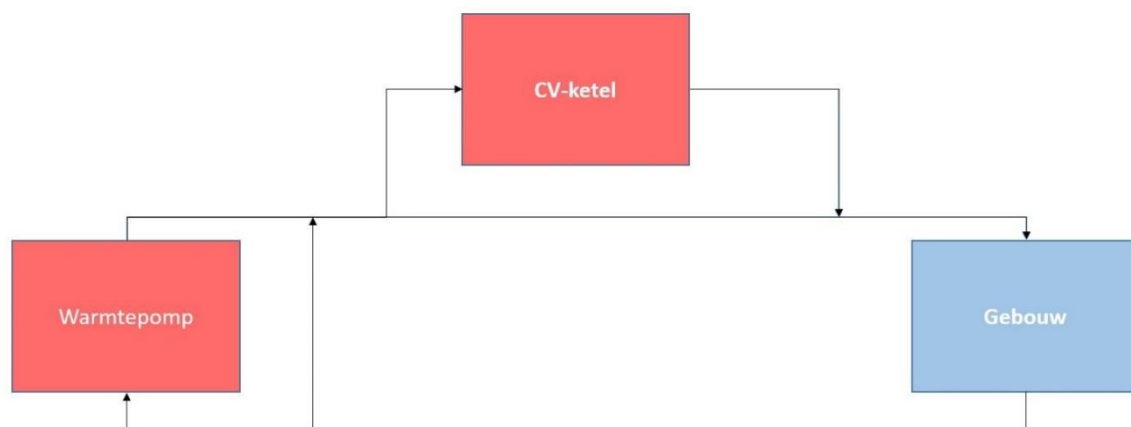
Het klimaat jaren **2008EN** moet beschikbaar zijn voor de volgende locaties:

- Den Helder
- Hoek van Holland
- Amsterdam
- Rotterdam
- De Bilt
- Maastricht



5. Voorstel rekenkundig model

Om de complexe installatie goed te kunnen modeleren is ook een complex rekenmodel nodig. Omdat ieder gebouw een unieke installatie heeft, betekent dit ook dat ieder installatie een uniek rekenmodel nodig heeft.

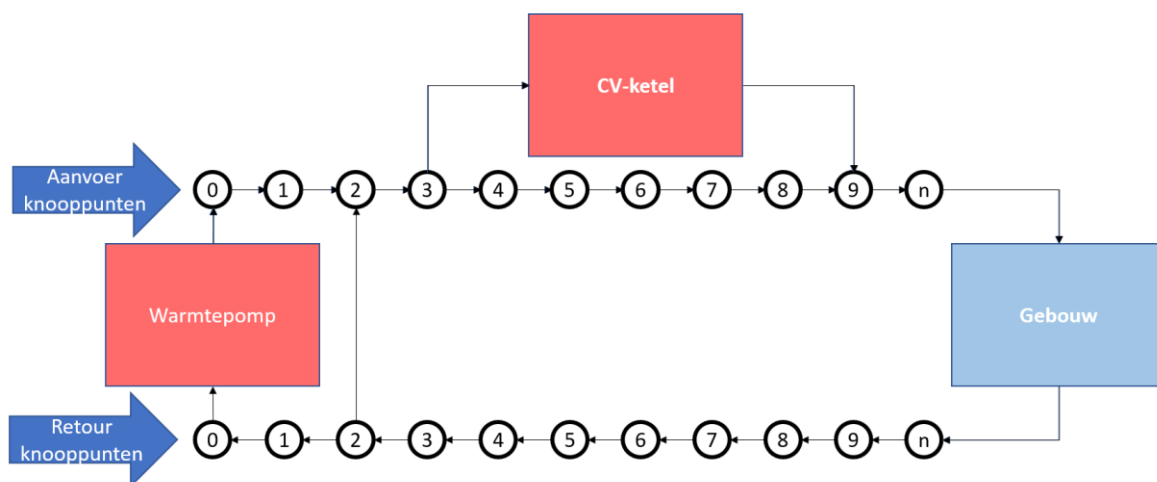
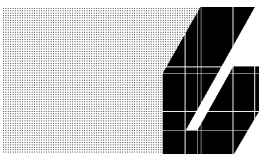


Figuur 5.1: Schematische weergave verwarmingszijde BES

Om ervoor te zorgen dat er zo min mogelijk werk nodig is om de installatie te modeleren is het voorstel om een modulair model op te stellen.

Hierbij kan er simpleweg een blokschema worden opgesteld van de schakeling van het bodemenergiesysteem. In het schema zijn blokken opgenomen die binnen het schema werken als consument of producent van energie. Het schema kan versimpeld werken, omdat er in het schema alleen een bepaald volume met een bepaalde temperatuur van één punt naar één ander punt gaat. Hierdoor is het schema relatief simpel. De blokken in het schema hebben altijd ook alleen een input en output in de vorm van een bepaald volume met een bepaalde temperatuur die relevant is voor overige blokken.

De werking binnen de blokken kan zo complex zijn als noodzakelijk om een realistische werking voor de simulatie te krijgen.



Figuur 5.2: Schematische weergave knooppunten

Door het systeem te versimpelen tot een serie knooppunten, kan de gebruiker zelf de blokken in het systeem schakelen.

Binnen de blokken wordt er gerekend met formules, door de waarden in de formule aan te passen kunnen verschillende varianten worden gesimuleerd. In basis zullen de formules per type blok hetzelfde zijn. De formules vertegenwoordigen dus het template/rekenmodel van het blok, de gebruiker geeft hier vervolgens eigenschappen aan waardoor er b.v. een type CV-ketel of warmtepomp ontstaat.

Het is de bedoeling dat er een bibliotheek ontstaat waarin alle blokken zijn opgenomen. Hiermee kan de gebruiker de keuze maken om een bestaand blok te gebruiken, deze zelf te maken of een bestaand type aan te passen.

Om te kunnen werken met Fews dient de in-output van de rekenmodules te worden opgeslagen in xml format.

5.1. Regelstrategie

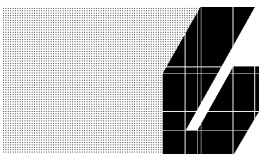
Om MoBaMoBES als geheel werkend te krijgen is er een regelstrategie nodig. Deze regelstrategie leest de eigenschappen van de blokken binnen het schema. Dit wordt gecombineerd met door de gebruiker ingevoerde constraints. Er is onderscheid te maken tussen drie verschillende regelniveaus.

5.1.1. Niveau 1

Niveau 1 bestaat voornamelijk uit de door de gebruiker gedefinieerde constraints en abstracte regelstrategie.

Constraints:

- Schakelvolgorde van opwekkers;



- Niet meer dan x energie geproduceerd door een bepaalde opwekker;
- Etc.

Regel strategie:

- Maximale energiebesparing (Joules/uit gas/elektrisch/etc.)
- Minimale CO₂ productie
- Zo goedkoop mogelijk
- Etc.

5.1.2. Niveau 2

Niveau 2 bepaald de input naar de blokken. De input wordt bepaald door de eigenschappen van de blokken uit te lezen, deze eigenschappen worden gekoppeld aan de regelstrategie van niveau 1.

Er zijn verschillende soorten inputs voor een blok:

- Constante inputs zoals maximaal koelvermogen, het aantal trappen/standen warmtepomp, maximaal debiet, etc.
- Tijdsafhankelijk inputs zoals zonbelasting, buitentemperatuur, etc.
- Variabele inputs zoals het debiet en temperatuur van het koudemiddel

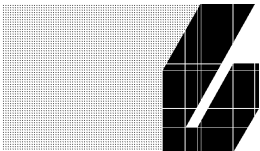
Er zijn verschillende manieren om te bepalen wat geschikt variabele inputs zijn per blok in relatie tot niveau 1. Dit kan bijvoorbeeld door:

- Diverse iteraties van dezelfde tijd te berekenen, en de variabele inputs van de beste situatie te gebruiken;
- Op basis van een geschiedenis van inputs en outputs en vervolgens een inschatting te maken welke input in het huidige geval gepast is;
- Een hybride systeem waarbij er iteraties worden berekend op basis van de geschiedenis van het systeem.

Er zijn meer mogelijkheden te bedenken. De voorkeur gaat dan ook naar een systeem dat goed blijft functioneren ook wanneer het systeem veel complexer wordt, door bijvoorbeeld complexere blokken die veel inputs hebben en bestaan uit een complexer rekenmodel.

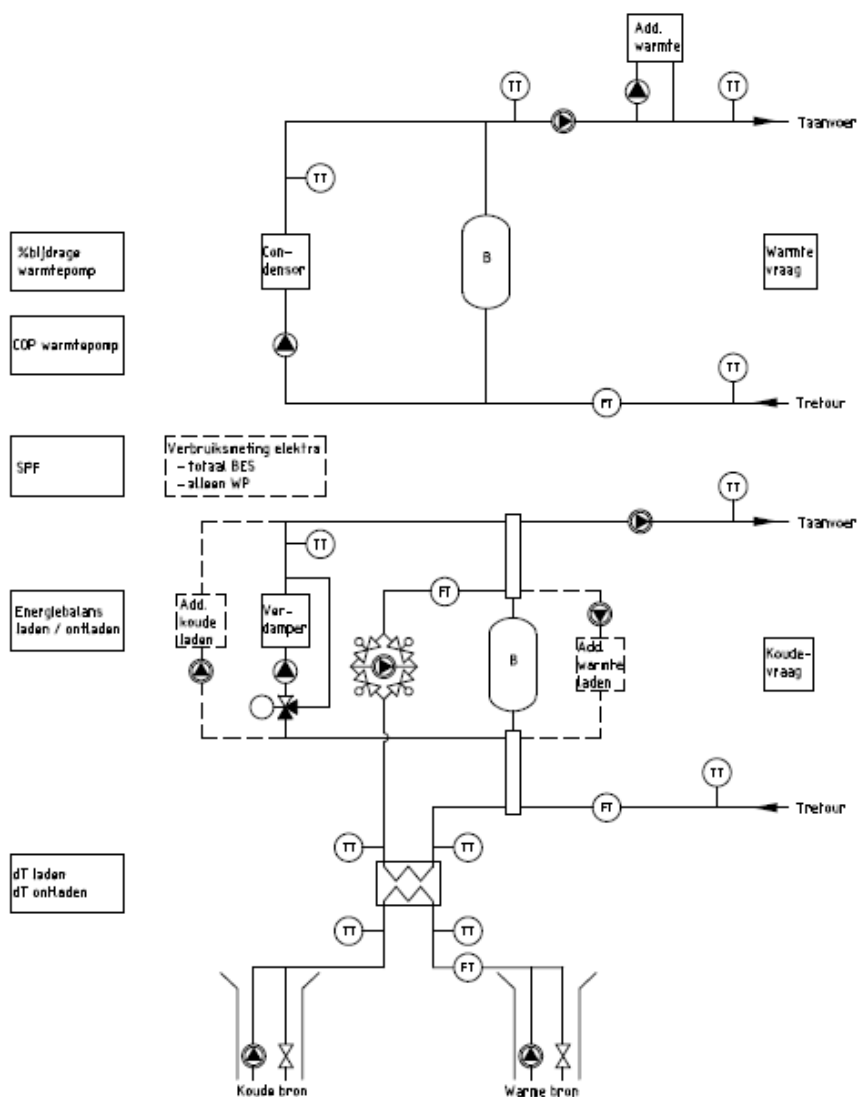
5.1.3. Niveau 3

Niveau 3 gebeurt binnen een blok. Hierbij wordt op basis van het rekenmodel en de ingestelde input aan het blok door niveau 2 een output berekend. De benodigde input en de regelstrategie binnen niveau 3 moet dus goed te lezen en begrijpen zijn door niveau 2.



6. **Toelichting Excel prototype (bijlage 1)**

Het prototype is in Excel uitgewerkt op basis van het onderstaande principe schema (bijlage 1).



Figuur 6.1: Principeschema prototype zoals uitgewerkt in Bijlage 1