

OPLEIDING DUURZAME GEBOUWEN

VERWARMING EN SANITAIR WARM WATER: ONTWERP

HERFST 2020

Sanitair warm water: keuze van systemen & ontwerp van
distributienetten

Thomas LECLERCQ



Op basis van de presentatie van Matriciel



Doelstelling van de presentatie

- Overlopen van de belangrijke parameters die het ontwerp van een netwerk voor distributie van sanitair warm water (SWW) beïnvloeden
- Beoordelen van de verschillende technieken voor de bereiding van sanitair warm water
- Berekenen van de energieprestatie van een installatie voor warmwaterbereiding



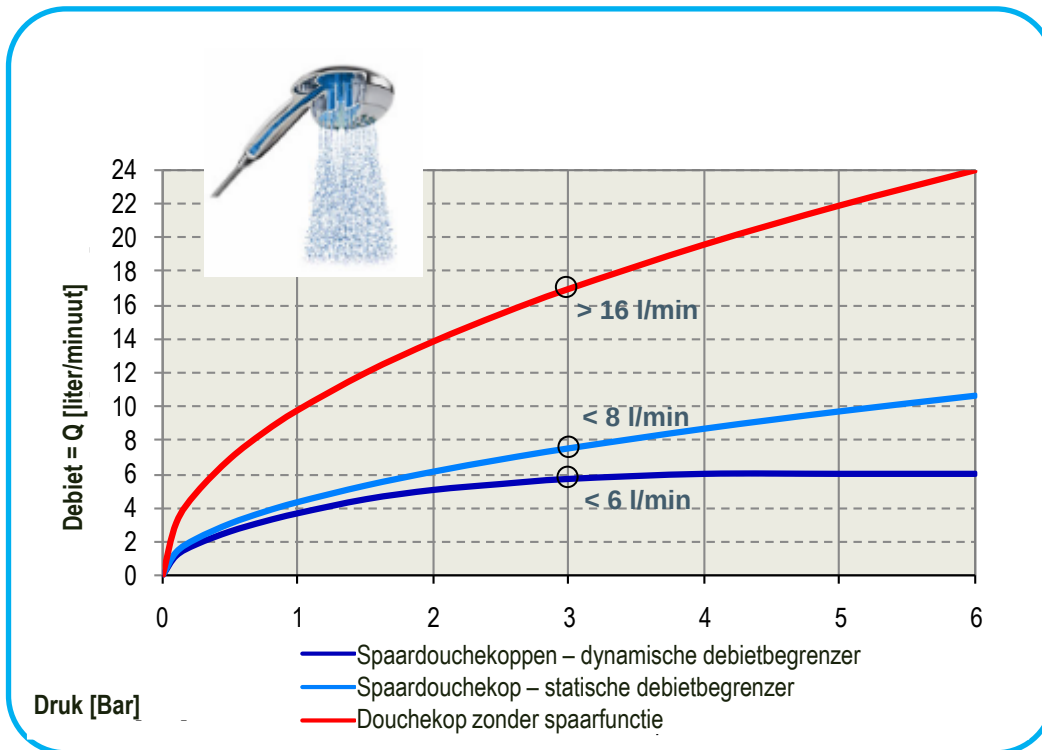
Plan van de uiteenzetting

- Behoefte aan energie
- Distributie
- Opslag
- Productie
- Diversen (hulpuitrustingen)



Netto-energiebehoefte

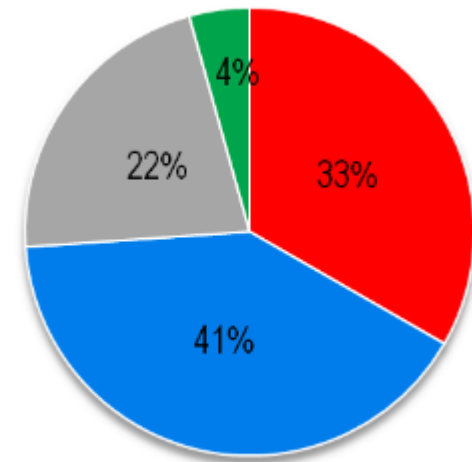
Een denkoefening over SWW is noodzakelijk



Beheer van de druk in het netwerk en de keuze van uitrusting!

Bij renovatie: terugverdientijd van een zuinige “spaardouchekop”: 6 maanden!

Passiefappartement
(behalve hernieuwbare energie)



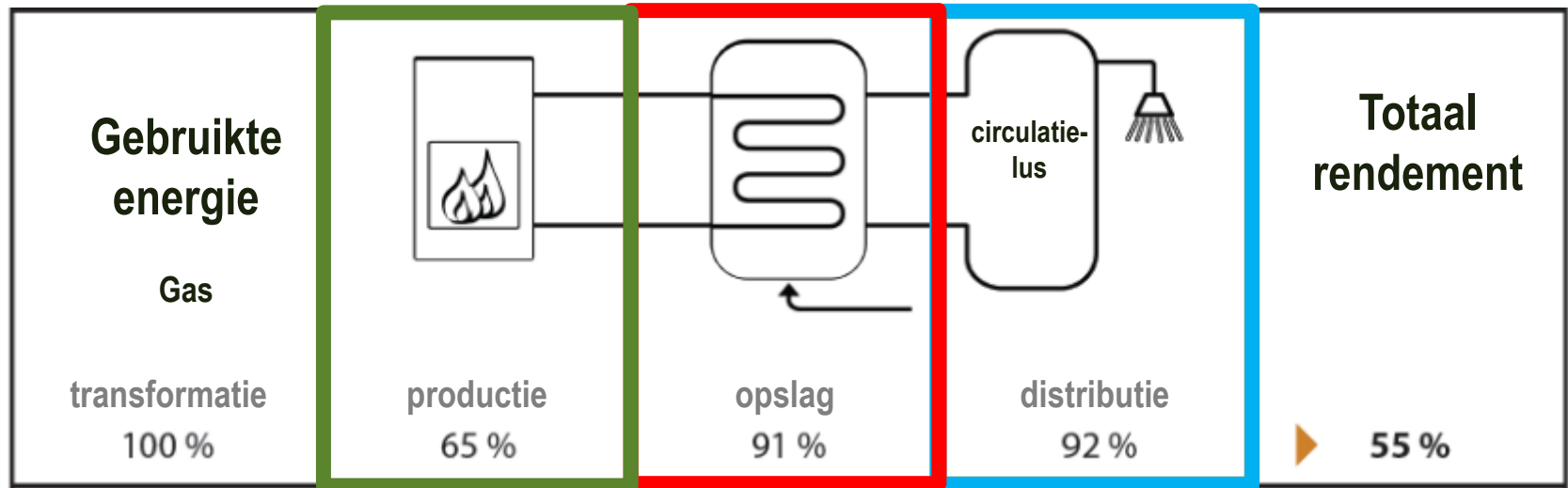
- Verwarming
- SWW
- Ventilatie
- Hulptoestellen



Energieprestatie – rode draad van deze slides

- De energie-efficiëntie van een installatie voor de productie van sanitair warm water hangt af van de prestaties op het vlak van:
 - Productie
 - Distributie (kring, aftappunten)
 - Opslag

$$\eta_{totaal\ SWW} = \eta_{productie,SWW} \times \eta_{opslag\ SWW} \times \eta_{distributie\ SWW}$$



Plan van de uiteenzetting

- Behoefte aan energie
- Distributie
- Opslag
- Productie
- Diversen (hulpuitrustingen)



Distributie van SWW



- Elementen die in aanmerking worden genomen bij het ontwerp van het distributienetwerk:
 - ▶ Energieprestatie / EPB-eisen ...
- ... maar ook:
 - ▶ Programmatie van de verschillende lokalen (waterpunten en stookruimte)
 - ▶ Beheersing van de temperaturen (legionella / bescherming tegen brandwonden);
 - ▶ Wachttijd;
 - ▶ Akoestiek;
 - ▶ Belastingverliezen van het netwerk / comfort / debiet;
 - ▶ Integratie van een systeem voor meting van het verbruik,



Distributie van SWW – Legionella



- Legionella pneumophila:
 - ▶ van nature aanwezig in drinkwater
 - ▶ in vrijwel niet op te sporen concentraties
 - ▶ vrijwel onbestaand risico
- Belangrijkste factor voor verspreiding:
 - ▶ temperatuur
 - › onder de 20°C is de bacterie in aanhoudende slaaptoestand
 - › tussen 20°C en 45°C ontwikkelt ze zich doorlopend,
 - › groeipiek tussen 35 en 40°C (temperatuur om en bij die van het menselijk lichaam)
 - › uitroeiing boven de 50°C (nog sneller bij hogere temperatuur)
 - › hoger dan 55°C: risico op verspreiding valt weg.



Bron: <http://www.wikipedia.org>



Distributie van SWW – Legionella



- Belangrijkste factor voor verspreiding:
 - ▶ Aanwezigheid van “geschikte” voedingsstoffen: biofilm op de binnenwanden van leidingen, kalkaanslag, ijzer in hoge concentraties (bv. corrosie van leidingen en verzinkt staal)
 - ▶ Lage circulatiesnelheid (bevordert de groei van de biofilm)
 - ▶ Stilstaand water (doodlopende leidingen, leidingen met aftappunten die zelden worden gebruikt)
- Voor meer informatie (risicobeheer):
 - ▶ WTCB/Vlaams Agentschap “Zorg en Gezondheid”: 20 fiches over de zones van sanitaire warm- en koudwaterinstallaties die een risico van besmetting door legionella inhouden**
 - ▶ Besluit van de Vlaamse Regering van betreffende de preventie van de veteranenziekte op publiek toegankelijke plaatsen (besluit van 9 februari 2007 gepubliceerd in het Belgisch Staatsblad op 4 mei 2007).



** <http://www.cstc.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=infofiches&pag=38&art=3>

Distributie van SWW – Legionella



- Impact op ontwerp:
 - ▶ Contact tussen leidingen met koud en warm water vermijden!
 - ▶ Water moet op 55°C worden gehouden op minstens één punt in het netwerk
 - ▶ Indien opslag:
 - › Watertemperatuur regelmatig gedurende minstens een uur verhogen tot 60°C (dagelijks in installaties met hoog risico, wekelijks in installaties met beperkt risico volgens WTCB)
 - › Jaarlijks onderhoud nodig
 - ▶ Aftappunt – regel van goede praktijk:
 - › Lengte van de leiding < 5 m
 - › Waterinhoud < 3 l
 - › Opmerking ter informatie [WTCB]: het gebruik van leidingen langer dan 5 m houdt niet noodzakelijk meer problemen van legionella in**
- Opmerking: hoge temperatuur en dus
 - ▶ betere isolatie
 - ▶ mengkranen voorzien op aftappunten om brandwonden te vermijden



Distributie van SWW – SWW-lus



- De circulatie van de sanitaire lussen:
 - ▶ In het verleden: thermosifon ...
 - ▶ Vandaag: geïsoleerde leidingen ⇔ circulatiepomp is onmisbaar
 - ▶ Legionella (zie vorige slides)
- Criterium dimensionering/keuze (vermogen van de pompen):
 - ▶ 3 kringen per uur voor de inhoud van de leidingen
 - ▶ Snelheid van het water < 0,5 m/s (erosiecorrosie)
 - ▶ Legionellabacteriën: temperatuurverschil beperkt tot 5°C
 - ▶ Belastingverlies circuit, hoogte van het gebouw ⇔ manometrische hoogte van de pomp
 - ▶ ErP-reglementering (speelt vandaag echter geen rol voor EPB)
 - ▶ Specifiek model SWW (niet-corrosief materiaal zoals messing) aangezien SWW meer O₂ bevat



Distributie van SWW – SWW-lus

Energie utilisatie	Gas	Elektrisch	Water	Rendement global
transformatie	100 %	95 %	91 %	85 %
productie	85 %	91 %	85 %	
opslag	91 %	85 %	85 %	
distributie	85 %	85 %	85 %	

Isolatieschelp:
vermijdt warm
teverliezen

Circulatiepomp lichaam uit messing
(corrosiewerend). Met afsluiter en
terugslagklep, enkel voor versies X.

"Sferische motor" met stator
hermetisch afgescheiden van
de rotor. Eenvoudig demon-
teerbare rotor om kalkafzet-
ting te verwijderen.

Eenvoudige bekabeling met
behulp van eenvoudige bevestiging-
snoeren voor flexibele of stijve kabels.

Thermostaat voor in-/uitschakeling van de circula-
tiepomp in functie van een gewenste temperatuur
(tussen 35 en 65°C), enkel op de T-modellen.

Signalisatielamp
voor melding van
werking.

Mechanische dagklok met
kantelbare kop. Keuze van
de werkingsperiodes via
ipicots", enkel op de U-mo-
dellen.

Bron: Grundfos



Distributie van SWW – Wachttijden



- Subjectieve gegevens: niet iedereen is even geduldig!
- Duitse literatuur: tijd die nodig is om koud water uit de leiding af te voeren (wachttijd voor water van 40°C ... + 50 tot 60% langer, vooral indien verzinkt staal)

A | Maximale toelaatbare leidinglengtes voor een aantal leidingtypes

Tappunt	Gootsteen	Bad	Bidet	Douche	Lavabo
Maximale wachttijd	5 tot 8 s	15 tot 25 s	8 tot 10 s	10 tot 15 s	8 tot 10 s



- Onderzoeken in Frankrijk, % tevredenheid:
 - ▶ 90% indien wachttijd < 5 seconden
 - ▶ 75% indien wachttijd < 7 tot 8 seconden
 - ▶ 10% indien wachttijd 30 seconden voor water van 40 °C
- ➔ Aanbevolen: wachttijd ten belope van maximum een tiental seconden.



Bron: WTCB-dossiers 2014/2.12

<http://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=bbri-contact&pag=Contact42&art=641>

Distributie van SWW – wachttijden



- Compromis tussen leidinglengte en warmwaterkring
- Praktische gevallen
 - ▶ douche op 10 m:
 - › Kunststof leiding “16 x 2”
 - › 10 meter leiding ⇔ 1,1 liter
 - › 8 liter/minuut ⇔ **8,5 seconden**
 - ▶ gootsteen keuken op 15 m:
 - › Kunststof leiding “16 x 2”
 - › 15 meter leiding ⇔ 1,7 liter
 - › 6 liter/minuut ⇔ **17 seconden**



Distributie van SWW – Akoestiek



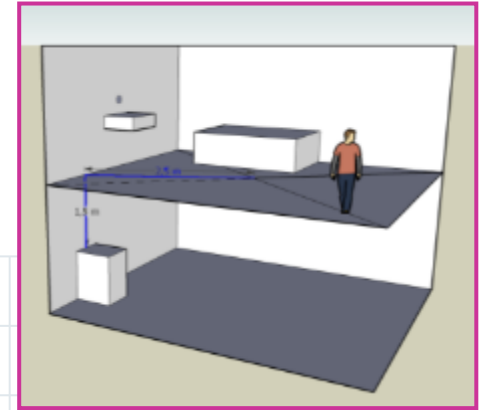
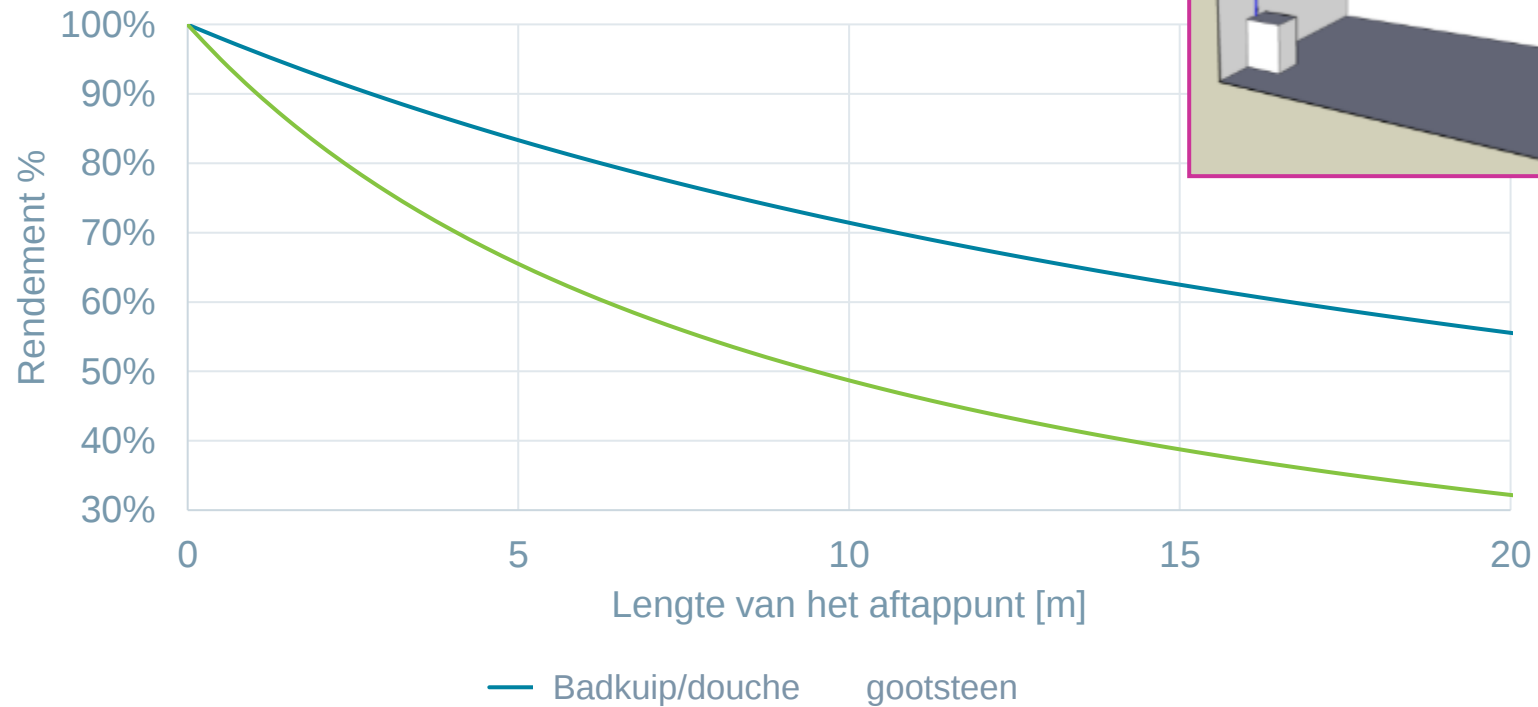
- Geluid van de installaties voor waterdistributie:
 - ▶ Turbulentie in de kranen of in de leidingen (sectiewijzigingen, bochten, ...) die aanleiding geven tot trillingen in de leidingen en in de gebouwstructuur.
 - ▶ Bruuske onderbreking van de watercirculatie (stoten door overdruk in de leiding)
- Maatregelen:
 - ▶ De stroomsnelheid verminderen:
 - › 2 m/s voor leidingen in kelders en technische ruimten
 - › 1,5 m/s voor verticale kokers
 - › 1 m/s voor bewoonde ruimten
 - ▶ Druk ter hoogte van de kranen: afhankelijk van uitrusting/merk en zo laag mogelijk (maximum 3 bar)
 - ▶ Keuze van uitrustingen (geluidsklasse van de kranen)
 - ▶ Krommingsstraal, bevestiging in de wanden



Distributie van SWW – Akoestiek – EPB “aftappunten”



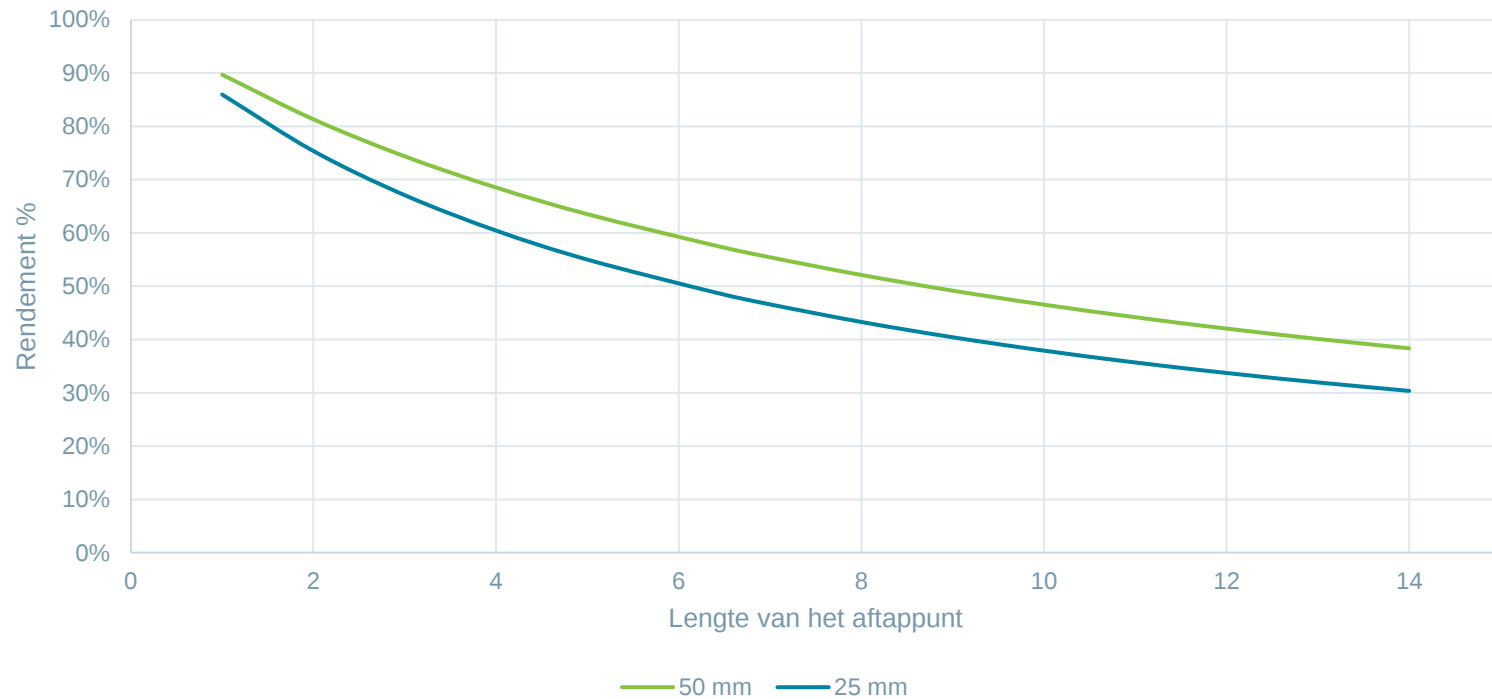
Distributierendement voor de 2 types van aftappunten die in de EPB-reglementering aan bod komen



Distributie van SWW – EPB warmwaterlus



Rendement van een sanitaire warmwaterlus van 5 cm diameter voor verschillende isolatiedikten (berekening volgens EPB-reglementering, lengte van de aftappunten 1 m, appartement 90 m², hoogte 3,2 m)



Distributie van SWW – – kleine oefeningen / vragen



- In het geval van een gebouw van 3 appartementen van 90 m² (hypothese: 3,2 m plafondhoogte), met verwarmingsketel in de kelder:
 - ▶ Wat is het distributierendement zonder lus voor een gootsteen in de keuken net boven de verwarmingsketel op de tweede verdieping?
 - ▶ Idem voor een douche?
 - ▶ En wat zou dit rendement zijn op de laatste verdieping indien een lus wordt geïnstalleerd (aftappunt op 1 m van de aftakking van de lus)?



Distributie van SWW – – kleine oefeningen / vragen



	Aftappunt	Kring	Tap- rendement	Rendement kring	Distributie- rendement
Gootsteen keuken	9,6	0			
Douche	9,6	0			
Gootsteen keuken (25 mm)	1	6,4			
Gootsteen keuken (50 mm)	1	6,4			
Douche (25 mm)	1	6,4			
Douche (50 mm)	1	6,4			



Distributie van SWW – – EPB-eisen warmte-isolatie



- Herhaling/observaties EPB:
 - ▶ De EPB-reglementeringen voor verwarming en werken mogen niet door elkaar worden gehaald
 - ▶ EPB-eisen voor werken:
 - › De plaats van de leidingen van de aftappunten voor SWW (binnen of buiten het beschermde volume) en de isolatie ervan hebben geen invloed
 - › De SWW-kring wordt snel ongunstig, en in dit stadium vermeldt de reglementering niets over temporisatie/uurregeling
 - ▶ EPB-eisen voor verwarming:
 - › Het besluit is van toepassing op alle verwarmingssystemen die zijn uitgerust met een of meer verwarmingsketels,
 - die met een niet-hernieuwbare vloeibare of gasvormige brandstof werken en
 - die water verwarmen als tussenliggend warmtevoerend medium.
 - › Dit geldt ook voor warmwaterboilers / badgeisers
 - › Hierbuiten geldt gezond verstand op het vlak van energie!



Distributie van SWW – – EPB-eisen warmte-isolatie



- EPB-eisen voor verwarming:

- ▶ Welke leidingen moeten geïsoleerd worden?

- › Alle leidingen, van welke vorm ook, ongeacht het materiaal waaruit ze bestaan
 - › Leidingen en toebehoren voor het transport van verwarmingswater
 - › Leidingen en toebehoren voor het transport van sanitair warm water (SWW), voor elk leidingsegment met een geforceerde circulatie van minstens 2000 uur per jaar

- ▶ Uitzonderingen:

- › Thermosifon
 - › Leidingen met kleine afmetingen: $\varnothing$ buiten ≤ 20 mm
 - › Leidingen en toebehoren die bestonden voor de inwerkingtreding In het geval van niet-bereikbaarheid
 - › Behalve in nieuwe gebouwen, dienen leidingen en toebehoren thermisch te worden geïsoleerd met de maximale diktes die de onmiddellijke omgeving toelaat, indien deze niet toelaat de in het besluit voorziene minimale dikte te plaatsen.



Distributie van SWW – – EPB-eisen warmte-isolatie



- EPB-eisen voor verwarming:
 - ▶ Isolatieklasse:
 - › klasse 1 : thermisch geleidingsvermogen $< 0,035 \text{ W/mK}$
 - › klasse 2 : $0,035 \text{ W/mK} \leq \text{thermisch geleidingsvermogen} \leq 0,045 \text{ W/mK}$
 - › Opmerkingen:
 - thermisch geleidingsvermogen volgens NBN EN ISO 8497 bij 10°C
 - materialen met een geleidingsvermogen van meer dan $0,045 \text{ W/mK}$ worden niet beschouwd als isolerend.



Distributie van SWW – – EPB-eisen warmte-isolatie



- EPB-eisen voor verwarming (sanitair warm water (SWW) in delen waar er minimaal 2.000 uur per jaar gedwongen circulatie is):

Situatie I: Leidingen en toebehoren

- a. buiten (I.a),
- b. in de vloer (I.b)
- c. of in ruimten die geen deel uitmaken van het beschermd volume van het gebouw (I.c),

Situatie II: Leidingen en toebehoren die zich bevinden in het beschermd gedeelte van het gebouw

- a. in een verwarmingslokaal of in een technisch lokaal, in technische kokers (II.a) ,
- b. direct zichtbaar in elke ruimte zonder verwarmingssysteem en al dan niet uitgerust met een klimaatregelingssysteem (II.b)
- c. direct zichtbaar in elke ruimte uitgerust met een verwarmingssysteem en een klimaatregelingssysteem (II.c)
- d. in verlaagde plafonds, verhoogde vloeren en permanente bekledingen van eenheden (II.d).

Situatie III : Leidingen en toebehoren die zich bevinden in alle andere situaties binnen het beschermd gedeelte van het gebouw (III)



Distributie van SWW – – EPB-eisen warmte-isolatie



- EPB-eisen voor verwarming (sanitair warm water (SWW) in delen waar er minimaal 2.000 uur per jaar gedwongen circulatie is):

	Situatie I		Situatie II	
Buitendiameter van de eiding (mm)	Dikte van het isolatiemateriaal na het aanbrengen ervan, in mm			
	Isolatiemateriaal klasse 1	Isolatiemateriaal klasse 2	Isolatiemateriaal klasse 1	Isolatiemateriaal klasse 2
20 tot 24,9	13	23	11	19
25 tot 29,9	17	29	13	22
30 tot 39,9	22	35	16	26
40 tot 60,9	27	42	21	32
61 tot 89,9	35	54	25	37
90 tot 114,9	39	59	28	41
115 tot 159,9	42	62	32	46
160 tot 229,9	47	68	36	50
230 tot 329,9	49	70	38	53
≥ 330	60	80	50	60

TABEL 1

Isolatie van klasse 1:

$\lambda < 0,035 \text{ W/mK}$

Isolatie van klasse 2:

$0,035 \leq \lambda \leq 0,045 \text{ W/mK}$



Distributie van SWW – belastingverliezen van het netwerk



- Doelstellingen:
 - ▶ Voldoende dynamische druk op de aftappunten
 - › > 1 bar voor de kranen
 - › 2 bar voor de “klassieke” douches
 - ▶ Stoten door overdruk vermijden (zie akoestiek)
- Wanneer de druk van het stadswaternet (statisch en dynamisch) vaststaat, moet het netwerk worden ontworpen om deze doelstellingen te bereiken.
- Belastingverliezen hangen af van:
 - ▶ de leiding (wrijving/viscositeit)
 - ▶ de snelheid van het water (diameter en leidingsectie)
 - ▶ de hulpuitrustingen/bochten/aansluitingen
 - ▶ de plaatwarmtewisselaars
 - ▶ en vooral de hoogte!



Distributie van SWW – belastingverliezen van het netwerk



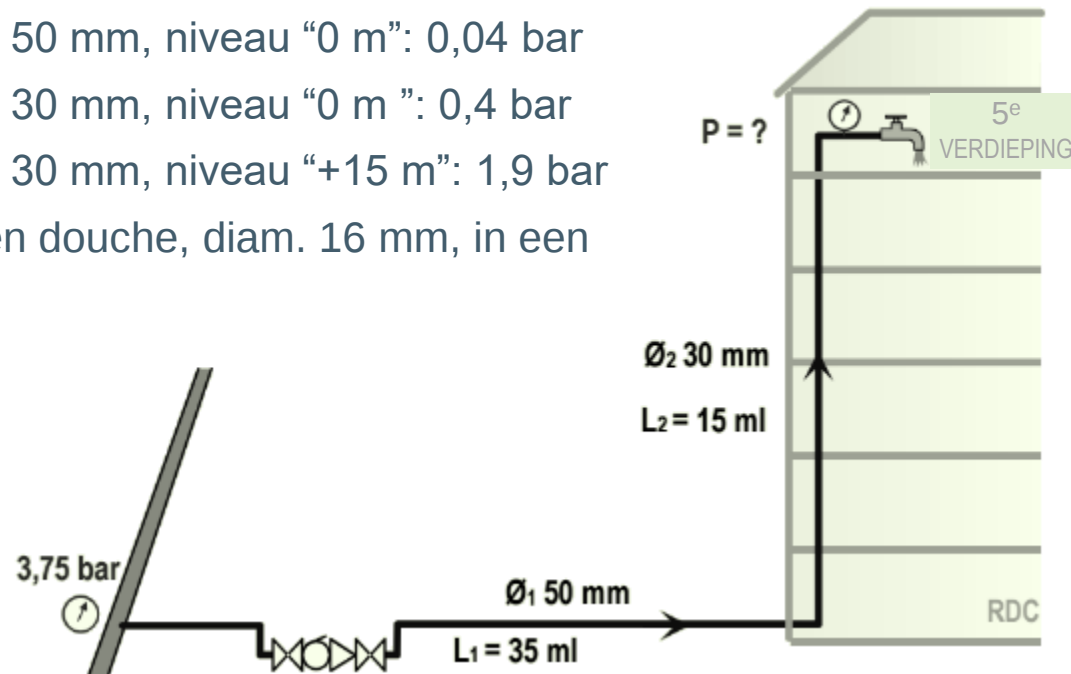
- Voorbeeld:

- ▶ Hypotheses:

- › 6 appartementen die elk zijn uitgerust met een douche, een badkuip, een wastafel en een gootsteen in de keuken.

- ▶ Belastingverliezen van het hoofdnet:

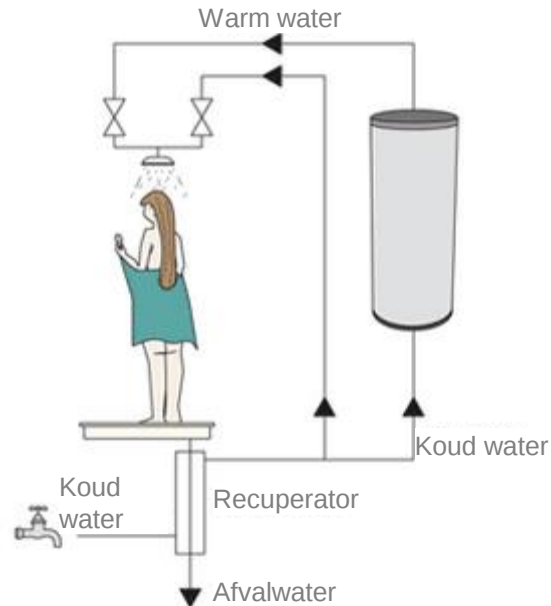
- › Stuk van 35 m, diam. 50 mm, niveau “0 m”: 0,04 bar
 - › Stuk van 15 m, diam. 30 mm, niveau “0 m ”: 0,4 bar
 - › Stuk van 15 m, diam. 30 mm, niveau “+15 m”: 1,9 bar
 - › Stuk van 3 m naar een douche, diam. 16 mm, in een appartement: 0,1 bar



Distributie van SWW – Belang van een recuperator

Energie utilisée				Rendement global
transformation	production	stockage	distribution	
100 %	85 %	91 %	100 %	55 %

- Principe van de recuperator die de afgevoerde warmte van de douche of de badkuip opvangt.



Bron: wtcb

- EPB: methode voor bepaling van de reductiefactor ligt nog niet vast
- Rendabiliteit?



Plan van de uiteenzetting

- Behoefte aan energie
- Distributie
- Opslag
- Productie
- Diversen (hulpuitrustingen)



Opslag van SWW



- Dimensionering en comfort
- Beperkingen
- Energieaspecten
 - ▶ EPB-reglementering
 - ▶ Interessante parameter voor de keuze van een product
 - ▶ Impact op het verbrandings- en condensatierendement (indien productie = verwarmingsketel)



Opslag van SWW – Comfort/beperkingen



- Dimensionering en comfort:
 - ▶ Vermindering van het piekvermogen en dus van de generatoren (impact op prijs, ruimere keuze)
 - ▶ Minder beperkingen voor debiet
- Beperkingen:
 - ▶ Plaatsinname
 - ▶ Structurele belasting
 - ▶ Risico voor gezondheid en temperatuurbeheer (legionella)



Bron: Energie +



Opslag van SWW – EPB-reglementering

- Het opslagrendement – Theorie



$$\eta_{\text{opslag}} = \frac{\text{Energie uit opslag}}{\text{Energie uit verwarmingsketel}} = \frac{\text{Energie uit opslag}}{\text{Energie uit opslag} + \text{opslagverlies}}$$



Opslag van SWW – Productkeuze



- Het opslagrendement – fysisch: notie onderhoudsverliezen:
 - ▶ onderhoudsverlies of -verbruik (warmwateropslag) wordt vastgesteld zelfs indien geen warm water wordt afgetapt;
 - ▶ nodig om de watervoorraad op de richttemperatuur te houden en zo thermische verliezen te compenseren (verspreiding van de warmte in het omgevende milieu).
 - ▶ hangt af van het opgeslagen volume (van de isoaltie ervan) en van het temperatuurverschil tussen “binnen” en “buiten”.
 - ▶ (vaak) uitgedrukt in kWh/24 uur voor een verschil van 45K (een omgevingstemperatuur van +20°C en een SWW-temperatuur van 65°C).
 - ▶ Referentienorm: DIN 4753/8, norm EN 12897 of norm EN 12977-3



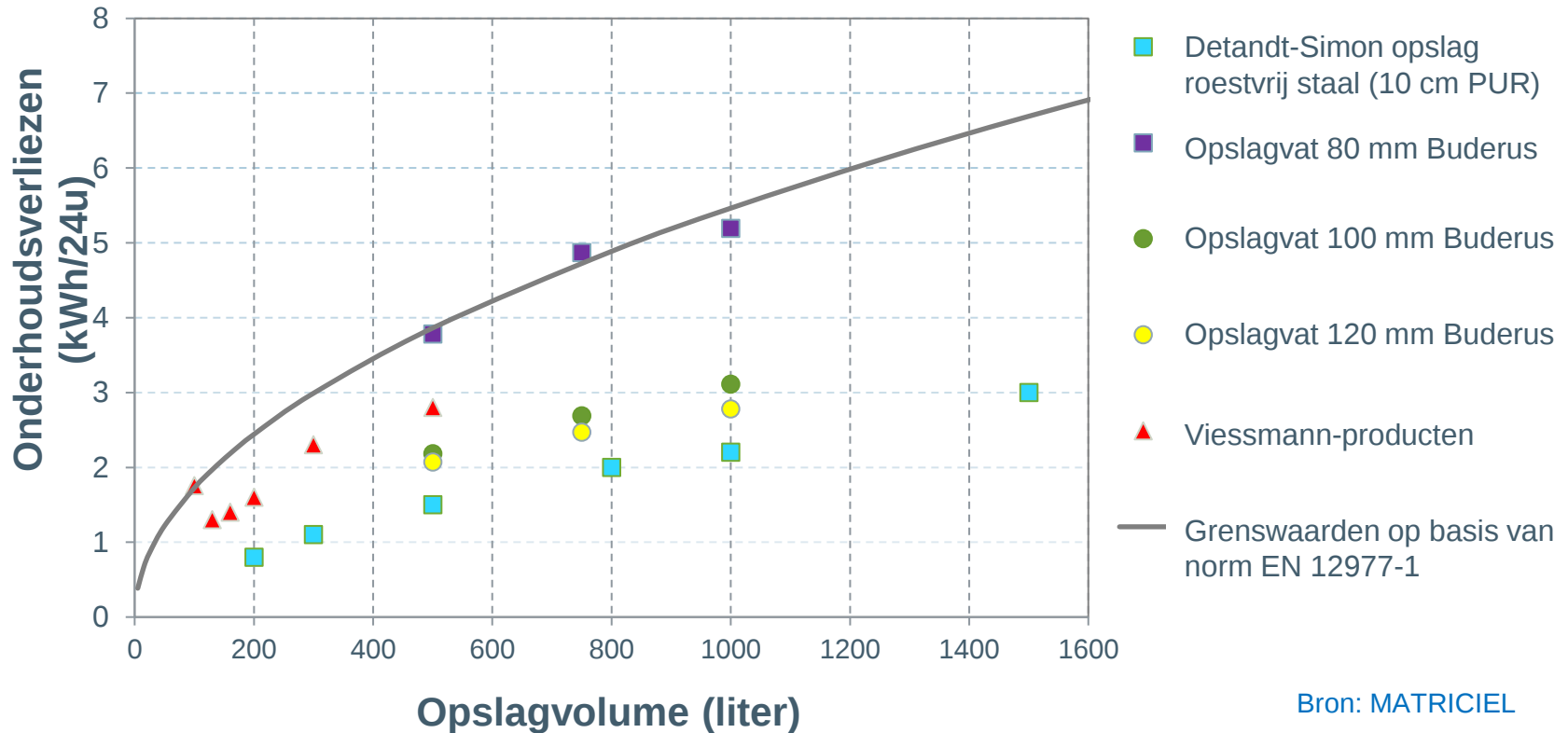
Opslag van SWW – Productkeuze



- Orde van grootte van de jaarlijkse verliezen:
 - ▶ Geïntegreerde opslag van 100 liter: 640 kWh/jaar
 - ▶ Standaardopslag van 100 tot 150 liter: 500 kWh/jaar
 - ▶ Opslag van 300 liter: 400 kWh/jaar (performante isolatie) tot 840 kWh/jaar (standaardproduct)
 - ▶ Opslag van 1.000 liter: 800 (performant) tot 1.900 kWh/jaar (minder performant)



Opslag van SWW – Productkeuze



Bron: MATRICIEL

Onderhoudsverliezen in kWh per 24 uur voor een temperatuurverschil van 45K voor verschillende producten (Buderus, Viessmann, Detandt-Simon) en de waarden opgelegd door norm EN 12977-1 Thermische zonne-energiesystemen en componenten (algemene eisen voor boilers en combisystemen).



Opslag van SWW – Productkeuze: oefening



- Wat kost een boiler van 15 liter onder een gootsteen per jaar?
En een van 150 liter in de badkamer?

- Gegevens:

- ▶ kWh elektr.: € 0,2/kWh
- ▶ Fabrikant:

liter	kWh/24 u
5	0,21
15	0,37
150	2,9

- Resultaten:

- ▶ Keuken:
- ▶ Badkamer:



SN(U) 5 SLI, 10 SLI, 15 SLI, 15 SL

SN: boiler voor montage onder het aanrecht met een inhoud van 5, 10 of 15 liter (volgens model)

SNU: boiler voor montage onder het aanrecht met een inhoud van 5 of 10 liter (volgens model)

Vermogen van 2,0 tot 3,3 kW (volgens model)

Temperatuur instelbaar van 35 tot 83°C

Spanning: 230 V in monofase, geleverd met aansluitkabel en stekker

Onderhoudsverbruik 0,21 / 0,37 kWh per dag volgens model

Signaallamp

Ecostand op 60°C

Bescherming: IP24



Opslag van SWW – Doorstroming, geen verliezen?



- Bij doorstroming zijn er geen opslagverliezen, maar dit betekent niet dat de warmtewisselaar niet geïsoleerd moet worden!
- De cijfers bewijzen het ...



650 kWh

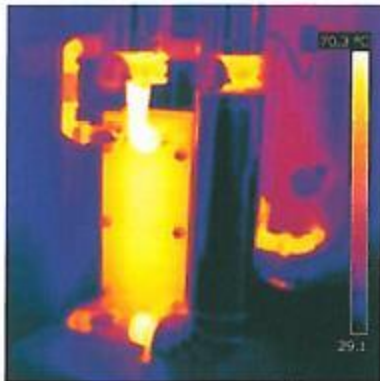


1.350 kWh



Opslag van SWW – Doorstroming, geen verliezen?

- De foto's bewijzen het ...



Bron: Iris Ziekenhuizen Zuid

Plan van de uiteenzetting

- Behoefte aan energie
- Distributie
- Opslag
- Productie
- Diversen (hulpmiddelen)



Productie van SWW



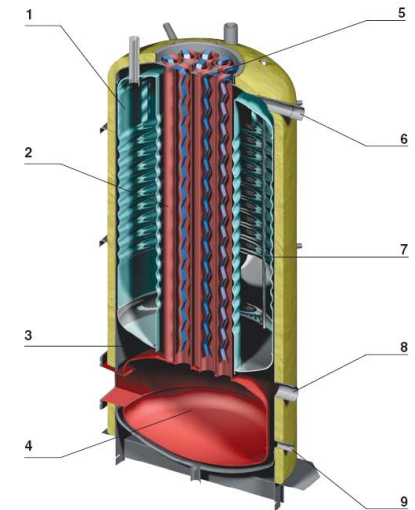
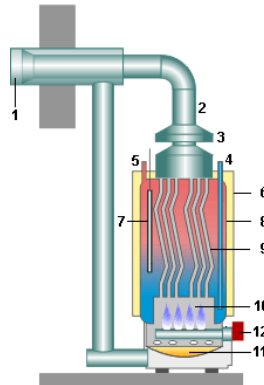
- De bestaande technieken:
 - ▶ Boiler
 - ▶ Verwarmingsketel
 - ▶ Warmtepomp
 - ▶ Warmtekrachtkoppeling
 - ▶ Thermische zonne-energie
- Gecentraliseerd of gedecentraliseerd: keuze
- Het Combilus-systeem



Productie van SWW – Boiler



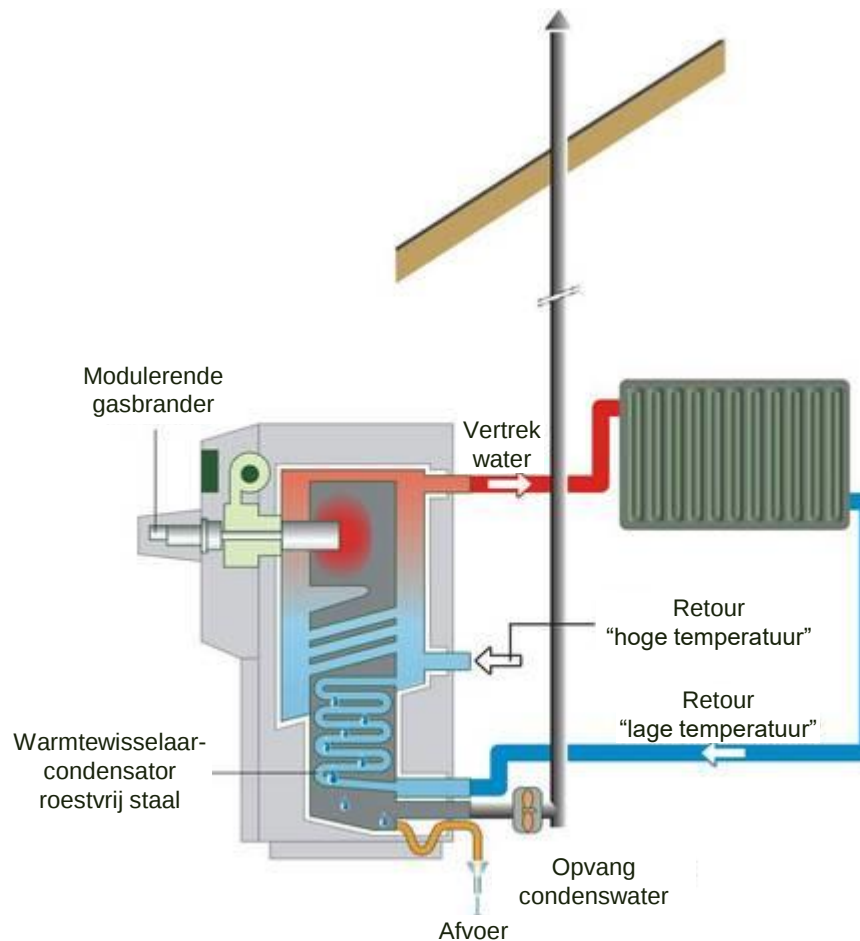
- Gas:
 - ▶ Doorstroming
 - ▶ Met opslag
 - ▶ Met condensatie
- Elektriciteit:
 - ▶ Opslag vrijwel onmisbaar voor elektrische productie (behalve bij laag debiet)



- Opslagvat 185 l
- Onderhoudsverbruik: 5,05 kWh/24 u!

Productie van SWW – Condensatieboiler

Energie utilisee	Gas	Elektrisch	Warmte pompe	Verwarmings- systeem	Rendement global
100 %	100 %	91 %	92 %	85 %	



Productie van SWW – Boiler - Herhaling



Wat is het verband tussen 16,4 liter/min. en 35°C?
Het warmtevermogen dat aan het water moet worden geleverd:

$$P = d \times C_p \times \Delta T$$

d = debiet van het te verwarmen water (in kg/s).

C_p = warmtevermogen van het water ($C_p = 4.186 \text{ J/kg/}^\circ\text{C}$)

ΔT = de temperatuurstijging

Minimale water bedrijfsdruk	bar					
Maximale water bedrijfsdruk	bar					
Restvoerophoogte circulatiepomp ($\Delta T=20\text{K}$)	mbar	545	295	291	295	291
Sanitairzijdig						
Tapcapaciteit (60°C) ($\Delta T=50\text{K}$)	l/min	–	–	–	8,2	11,1
Tapcapaciteit (40°C) ($\Delta T=30\text{K}$)	l/min	–	–	–	13,7	19,5
Tapcapaciteit (35°C) ($\Delta T=25\text{K}$)	l/min	–	–	–	16,4	23,3
Jaartaprendement (Hi)	%	–	–	–	90,6*	92,3**
Elektrisch						
Aansluitspanning	V/Hz	230/50				
Max. opgenomen vermogen - vollast	W	88	116	129	124	139
Max. opgenomen vermogen - laaglast	W	21	21	22	21	22
Max. opgenomen vermogen - stand-by	W	4				



Productie van SWW – Boiler Oefening



- Controle van de gegevens van de ketel van 28 kW. Is het opgegeven debiet realistisch?

	Debiet (l/min)	Delta T (K)	Vermogen (kW)
Gegevens 1	8,2	50	
Gegevens 2	13,7	30	
Gegevens 3	16,4	25	

		28c
Algemeen		
Nominaal vermogen	(80/60°C) kW	5 - 24,1
	(50/30°C) kW	5,6 - 25,5
Deellast rendement (EN 92/42) retour 30°C	%	108,0
Gas- en rookgaszijdig		
Gascategorie		
Type-indeling i.v.m. rookgasafvoer		C53, C83, C93
Cv-zijdig		
Minimale water bedrijfsdruk	bar	
Maximale water bedrijfsdruk	bar	
Restvoerophoogte circulatiepomp (ΔT=20K)	mbar	295
Sanitairzijdig		
Tapcapaciteit (60°C) (ΔT=50K)	l/min	8,2
Tapcapaciteit (40°C) (ΔT=30K)	l/min	13,7
Tapcapaciteit (35°C) (ΔT=25K)	l/min	16,4
Jaartaprendement (Hi)	%	90,6*
Elektrisch		
Aansluitspanning	V/Hz	
Max. opgenomen vermogen - vollast	W	124
Max. opgenomen vermogen - laaglast	W	21
Max. opgenomen vermogen - stand-by	W	



Productie van SWW - Boiler Oefening



- Wat is de temperatuur aan het aftappunt dat wordt gevoed door het volgende toestel?

- ▶ 5,6 liter/min
- ▶ 11,1 kW (16 A)
- ▶ Stadswater: 10°C
- ▶ SWW: °C



Model		DHB-E 11 SLi	DHB-E 18 SLi 25 A
		227485	227486
Aansluitvermogen	kW		
Nominaal vermogen 1	kW	11,1	18
Nominale stroom 1	A	16	26
Nominale stroom	A		
Fasen		3/PE	3/PE
Frequentie	Hz	50/60	50/60
Max. toevoertemperatuur	°C	60	60
Warmwateraanbieding	l/min	5,6	9,2
Temperatuurstelling	°C	ca. 30-60	ca. 30-60
Beschermingsgraad (IP)		IP25	IP25
Kleur		wit	wit
Hoogte	mm	478	478
Breedte	mm	225	225
Diepte	mm	105	105
Gewicht	kg	3,6	3,6



Bron: Stiebel Eltron

Productie van SWW – Verwarmingsketel



- Technisch gesproken kunnen alle verwarmingsketels warm water produceren via een opslagvat of een plaatwarmtewisselaar, al dan niet geïntegreerd in de ketel.
- De keuze zal afhangen:
 - ▶ van de beschikbare brandstoffen (stadsgas)
 - ▶ van de “aanvaardbare” plaatsinname voor het project (opslag van pellets bijvoorbeeld)
 - ▶ van de gemaakte keuze voor verwarming
 - ▶ van de energieprestatie ... en dus de rendabiliteit
- Behandelde elementen:
 - ▶ Rendement en prestatie
 - ▶ Condensatie en SWW



Productie van SWW - Verwarmingsketel



		Solo verwarmingsketel: Enkel verwarming			Combi verwarmingsketel: Verwarming en instante productie van sanitair warm water	
		15s	25s	35s	28c	40c
Algemeen						
Nominaal vermogen	(80/60°C) kW	5 - 14,5	5 - 24,1	6,3 - 34	5 - 24,1	6,3 - 34
	(50/30°C) kW	5,6 - 15,8	5,6 - 25,5	7 - 35,9	5,6 - 25,5	7 - 35,9
Deellast rendement (EN 92/42) retour 30°C	%	108,5	108,0	108,2	108,0	108,2
Gas- en rookgaszijdig						
Gascategorie		I _{2E(S)B} , I _{3P}				
Type-indeling i.v.m. rookgasafvoer		B23, B23p, B33, C13, C33, C43, C53, C83, C93				
Cv-zijdig						
Minimale water bedrijfsdruk	bar	0,8				
Maximale water bedrijfsdruk	bar	3				
Restvoerophoogte circulatiepomp (ΔT=20K)	mbar	545	295	291	295	291
Sanitairzijdig						
Tapcapaciteit (60°C) (ΔT=50K)	l/min	–	–	–	8,2	11,1
Tapcapaciteit (40°C) (ΔT=30K)	l/min	–	–	–	13,7	19,5
Tapcapaciteit (35°C) (ΔT=25K)	l/min	–	–	–	16,4	23,3
Jaartaprendement (Hi)	%	–	–	–	90,6*	92,3**
Elektrisch						
Aansluitspanning	V/Hz	230/50				
Max. opgenomen vermogen - vollast	W	88			124	139
Max. opgenomen vermogen - deellast	W					
Max. opgenomen vermogen - deellast	W					
Puissance nominale	W					

De productie van sanitair warm water heeft niet noodzakelijk hetzelfde rendement als de verwarmingsproductie

De productie van sanitair warm water heeft niet noodzakelijk hetzelfde rendement als de verwarmingsproductie ...



Productie van SWW - Verwarmingsketel



Vitocrossal 200 (type CM2)– 87 tot 311 kW
Condenserende HR-gasketel met Matrix-stralingbrander

Nominaal vermogen bij							
$T_V/T_R = 50/30\text{ °C}$	kW	87	115	142	186	246	311
$T_V/T_R = 80/60\text{ °C}$	kW	80	105	130	170	225	285
Rendement η_{bij}							
- 100% van het nominaal vermogen	%	97,2	97,4	97,6	97,7	97,8	97,8
- 30% van het nominaal vermogen	%	107,9	108,0	108,0	108,1	108,2	108,2
Onderhoudsverlies $q_{B,70}$							
	%	0,6	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3
Elektrisch opgenomen vermogen bij							
- 100% van het nominaal vermogen	W	85	150	195	300	340	395
- 30% van het nominaal vermogen	W	35	50	55	75	60	65

Parameters van een condensatieketel en in het bijzonder rendement bij 30% belasting en 100% belasting. Bron: Viessmann.

De productie van sanitair warm water heeft niet noodzakelijk hetzelfde rendement als de verwarmingsproductie ...



Productie van SWW - Verwarmingsketel



- Productinformatieblad volgens EU-regelgeving
- Voorbeeld voor een productinformatieblad. EU-regelgeving nr. 811/2013.

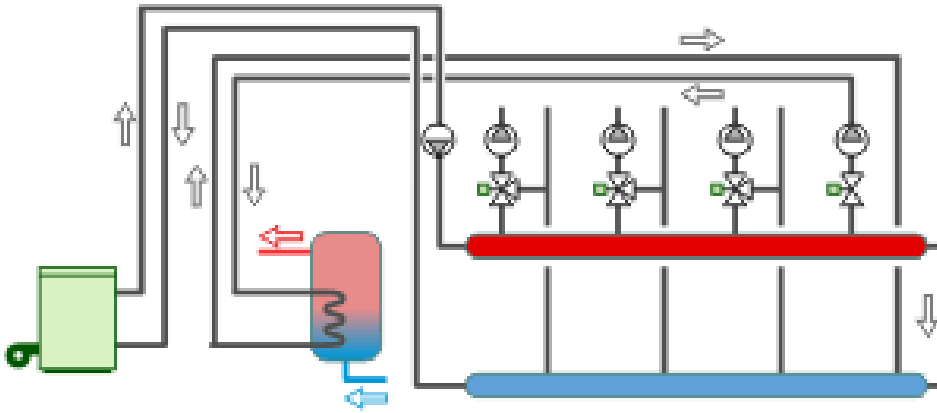
Product Information as required by EU regulations No 811/2013 and No 813/2013

Product Fiche (according to EU regulation No 811/2013)

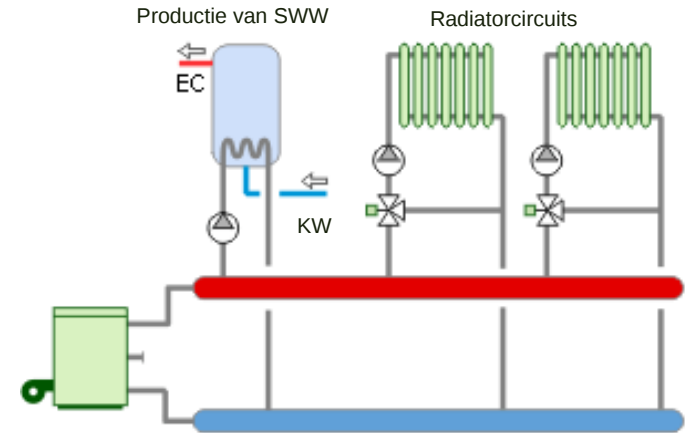
(a) Supplier's name or trademark	Baxi				
(b) Supplier's model identifier	Baxi 128 Combi				
(c) Space heating: medium temperature application	0	Water heating: declared load profile			XL
(d) Seasonal space heating energy efficiency class	A	Water heating energy efficiency class			A
(e) Rated heat output, including the rated heat output of any supplementary heater	24	kW			
(f) Space heating: annual energy consumption	20,556	kWh	and/ or	74	GJ
Water heating: annual electricity and/ or fuel consumption	51	kWh	and/ or	17	GJ
(g) Seasonal space heating energy efficiency	93	%	water heating energy efficiency	86	%
(h) Sound power level, indoors	50	dB(A)			
(i) Combination heater is able to work only during off-peak hours	no				
(j) Specific precautions for assembly, installation and maintenance	Before any assembly, installation or maintenance the user and installation manual has to be read attentively and to be followed				



Productie van SWW - Verwarmingsketel



- Nadelen:
 - ▶ Distributieverliezen
 - ▶ Productie in de zomer

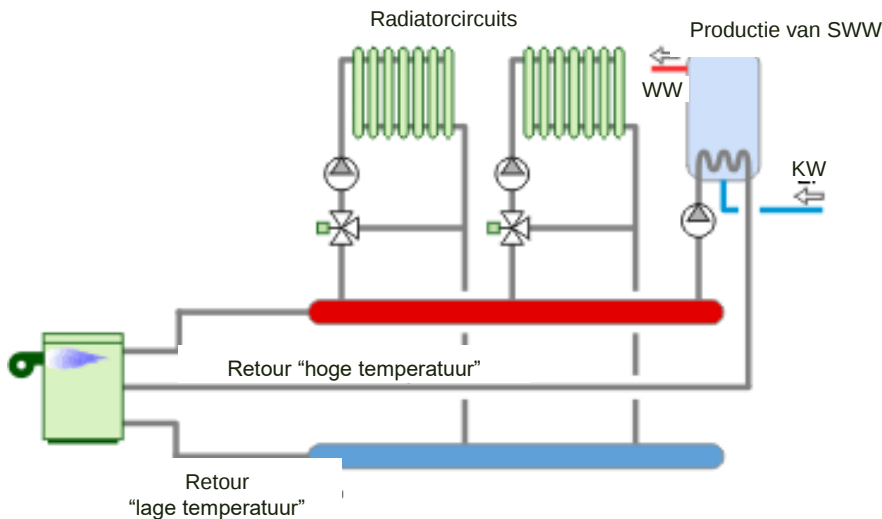


- Voorrang voor SWW en glijdende temperatuurregeling buiten de periodes van lading van het opslagvat

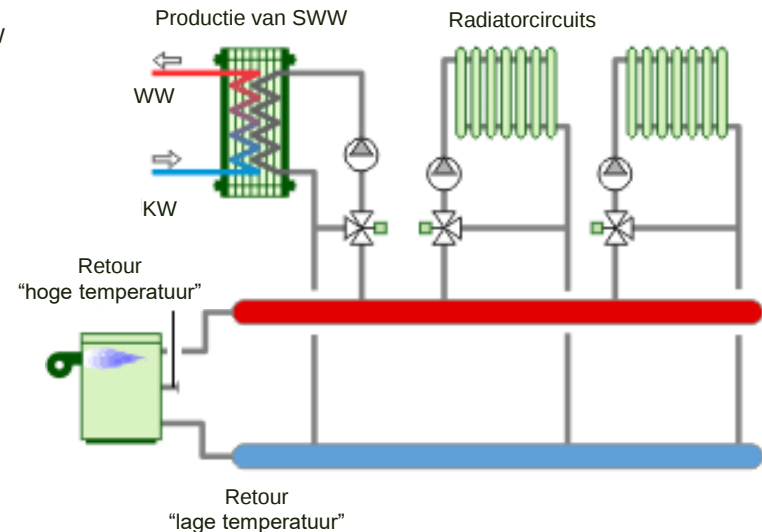


Productie van SWW – Condensatieketel

Energie utilisatie	production	storage	distribution	Rendement global
Gas	100%	91%	92%	85%



- Optie 1: twee retourleidingen op de verwarmingsketel



- Optie 2: dimensionering van de warmtewisselaar voor een retour onder het dauwpunt



Productie van SWW – Warmtepomp



- Onmisbare opslag bij warmtepomp gezien het elektrische vermogen
- Prestatie:
 - ▶ Warmtepomp – bodem/water
 - › Test-COP in omstandigheden B0/W35: 4.30
 - › COP in omstandigheden B0/W45: 3.50
 - › COP in omstandigheden B0/W55: 2.80
 - ▶ Warmtepomp – lucht/water
 - › Test-COP in omstandigheden A2/W35: 3.10
 - › COP in omstandigheden A2/W45: 2.60
 - › COP in omstandigheden A2/W55: 1.68
- Legionella: aanvullende elektrische weerstandsverwarming



Productie van SWW - Warmtepomp: analyse technische specificaties



- COP? In welke omstandigheden? Hoe de COP herberekenen met de geleverde gegevens?
- Max. T° SWW compatibel met legionella?
- Verbruik tijdens een week vakantie?



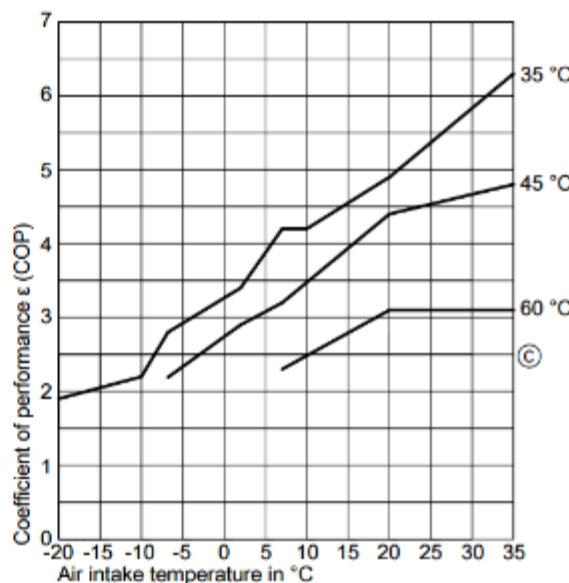
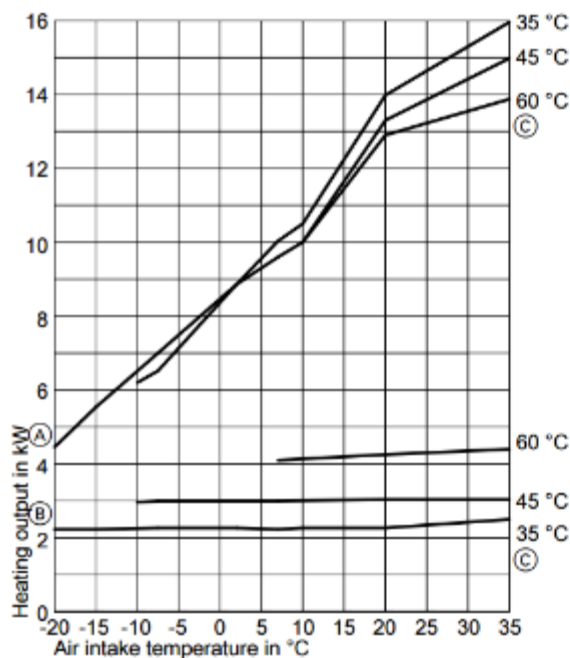
Vitocal 160-A	Type WWK	Type
Vermogengegevens warmtepomp bij tapwateropwarming van 15 naar 45 °C en luchttemperatuur 15 °C		
Nominaal vermogen	kW	1,52
Vermogenscoëfficiënt • (COP)		3,54
Elektrische vermogengegevens		
Opgenomen elektrisch vermogen warmtepomp	kW	0,43
Opgenomen elektrisch vermogen elektrisch verwarmingselement	kW	1,5
Warmtewinning		
Maximaal luchtdebiet	m³/h	250
Warmwaterboiler		
Boilerinhoud	l	285
Maximaal toegestane werkdruk	bar	10
Stand-by warmteverlies q _{ss}	kWh/24 h	2,48
Warmteverlies volgens EnV (E)	kWh/24 h	2,70
Tapwateropwarming uitsluitend door warmtepomp		
Maximale tapwatertemperatuur	°C	55
Vermogenskengatal N _L °C²		1,1
Tapbaar watervolume ²² (mengwatertemperatuur 45 °C, tapsnelheid 15 l/min)	l	260
Tapwateropwarming door warmtepomp en naverwarming met elektrisch verwarmingselement		
Maximale tapwatertemperatuur	°C	65
Vermogenskengatal N _L °C²		1,8
Tapbaar watervolume ²² (mengwatertemperatuur 45 °C, tapsnelheid 15 l/min)	l	320



Productie van SWW - Warmtepomp: analyse technische specificaties



Vitocal 300-A, 230 V



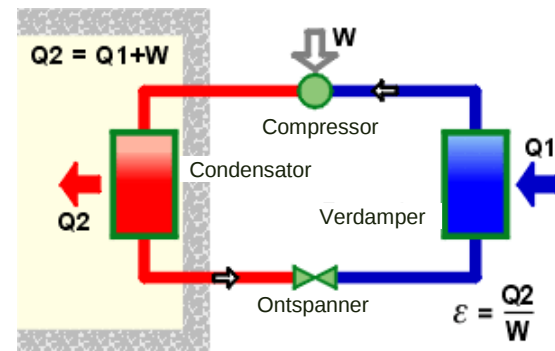
- (A) Heating output
(B) Power consumption
(C) Heating water flow temperatures T_{HV}

Heating output data

Operating point	W	°C	35								45						60		
	A	°C	-20	-15	-7	2	7	10	20	35	-10	-7	2	7	20	35	7	20	35
Heating output		kW	4.6	5.4	7.0	8.6	10.1	10.6	13.9	15.8	6.2	6.7	8.6	9.6	13.3	14.9	9.6	12.9	13.7
Power consumption		kW	2.4	2.4	2.5	2.5	2.4	2.5	2.6	2.5	2.9	3.0	3.0	3.0	3.1	3.1	4.1	4.2	4.4
Coefficient of performance ε (COP)			1.9	2.2	2.8	3.4	4.2	4.2	5.4	6.3	2.1	2.2	2.9	3.2	4.4	4.8	2.3	3.1	3.1

Cooling capacity data

Operating point	W	°C	18		7	
A	°C	°C	35	27	35	27
Cooling capacity	kW	°C	9.4	10.4	7.4	8.6
Power consumption	kW	°C	3.4	3.0	3.3	2.8
Performance factor EER		°C	2.7	3.5	2.3	3.1

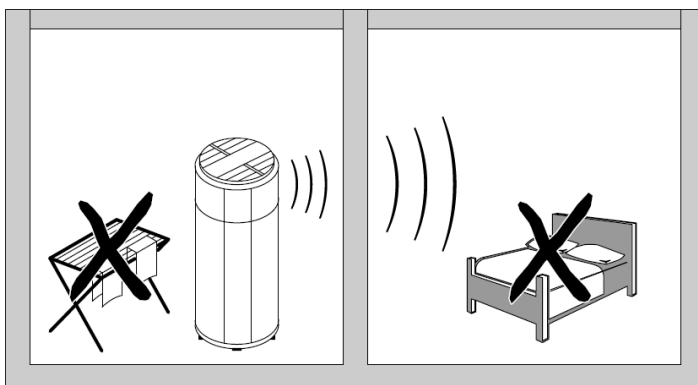


Productie van SWW - Warmtepomp: analyse technische specificaties



Geluidsniveau in de circulatieluchtmodus bij luchtdebiet 250 m³/h

	Geluidsniveau L _w [dB (A)] bij octaaf-middenfrequentie [Hz]								Totaal
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
In de opstellingsruimte	40	45	53	52	52	55	44	37	60



Geluidsbron	L _w (dB)
Ruisende bladeren	30
Geroezemoes	40
Gesprek met gedempte stemmen	50
Gesprek met normale stemmen	70
Gesprek met luide stemmen	80



Productie van SWW – Keuzeoefening ...



Maart 2018		Prijs incl. btw	Eenheid	OVW/ BVW	Prijs incl. btw €/kWh	Trend voorbij 12 maanden GJGV*	Trend voorbij 5 jaar GJGV*	Andere kosten	Bron- gegevens
Hout	Houtblokken (gekliefd, gedroogd onder afdak)	81 €/stère	OVW		4,5	6,5%	3,3%	Incl. levering (max. 30 km)	ValBiom
	Houtplaatjes (30% HR, vrachtwagen 30 m³)	25 €/map	OVW		3,1	8,5%	-0,5%		
	Pellets (bulk, min. 4 t)	247 €/t	OVW		4,9				
	Pellets (zak, min. 1 pallet 975 kg)	265 €/t	OVW		5,3	0,6%	-1,4%		
Stook- olie	Levering van meer dan 2.000 l	0,61 €/l	BVW		5,7	15,8%	-10,8%	Incl. levering	FOD Economie
Propaan Butaan	Bulk propaan	0,50 €/l	BVW		6,9	17,4%	-6,8%	Incl. levering	FOD Economie
Aardgas	Markt in Wallonië	6,5 c€/kWh	BVW		6,5	5,8%	-2,5%	Incl. bijdrage	CREG
	Markt in het Brussels Gewest	5,8 c€/kWh	BVW		5,8	8,3%	-4,7%		
	Markt in het Vlaams Gewest	5,4 c€/kWh	BVW		5,4	7,3%	-5,8%		
Eenvoudige elektriciteit	Markt in Wallonië	26,4 c€/kWh			26,4	5,5%	3,1%	Incl. bijdrage	CREG
	Markt in het Brussels Gewest	23,0 c€/kWh			23,0	13,0%	1,3%		
	Markt in het Vlaams Gewest	29,6 c€/kWh			29,6	-5,8%	12,0%		
Maandelijks inflatie		xxxx	%			1,5%	1,2%	FOD Economie	



Productie van SWW – Keuzeoefening ...



- Hierbij wordt gewerkt met het volgende rendement:
 - ▶ Pelletketel: 90% OVW ⇔
 - ▶ Gasketel bij 100% belasting: 97% OVW ⇔ 87,5% BVW
 - ▶ Warmtepomp bodem/water: COP 2,8
 - ▶ Warmtepomp lucht/water + Opslag: COP 1,68
 - ▶ Externe opslag van 150 liter: verlies van 1,4 kWh/24 u
 - ▶ Doorstroomboiler gas: 91% OVW ⇔ 82% BVW
 - ▶ Elektrische boiler (verlies: 2,9 kWh/24 u): 100%
- En de economische gegevens van de vorige slide
- Welke installatie lijkt het meest performant voor de productie van 18 m³ warm water op 38°C (koud water 10°C) over een periode van 6 maanden (180 dagen)?



Productie van SWW - Keuzeoefening ...

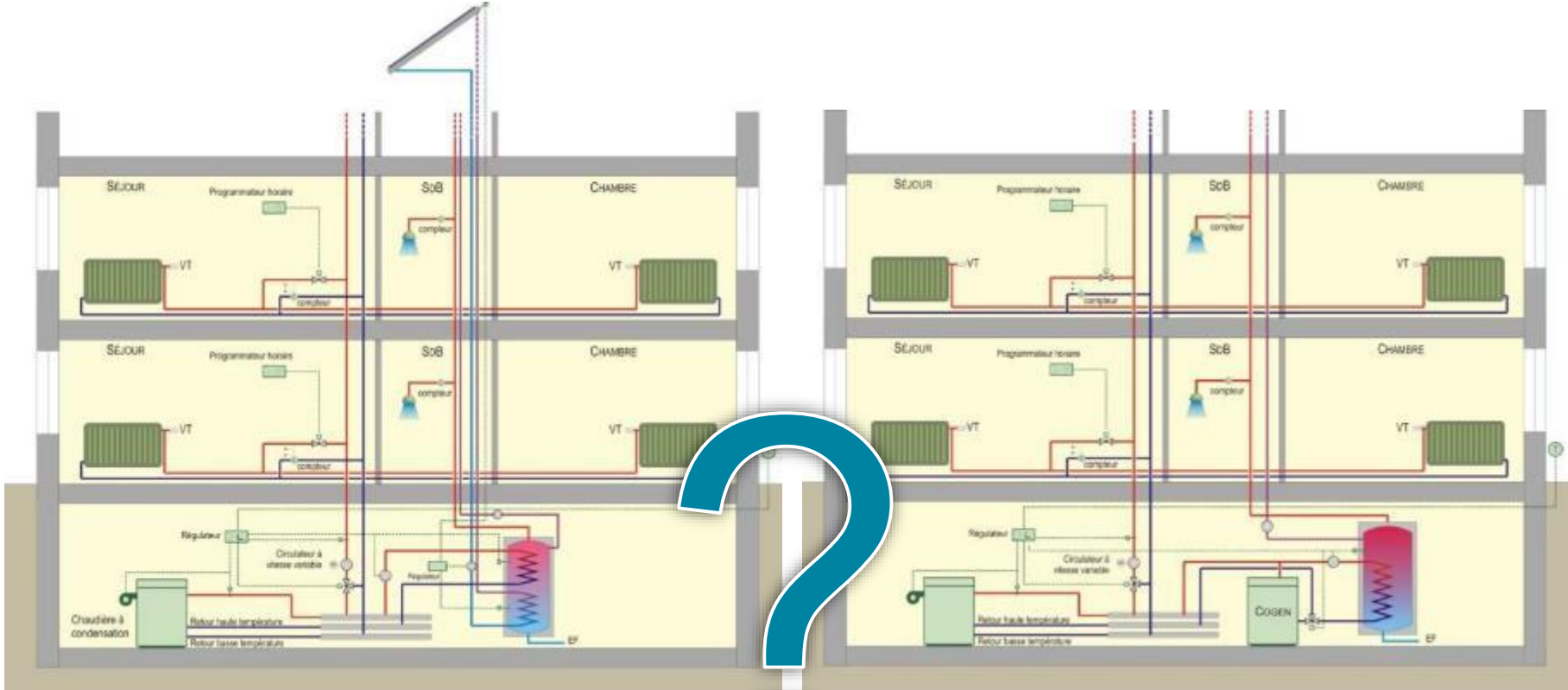


- Gemiddeld vermogen gedurende 6 maanden: W
- Energie vervat in 6 maanden SWW van 38°C: kWh
- Verlies door opslag van 150 l gedurende 6 maanden?
..... kWh
- Opslagrendement : %
- Verbruik in kWh, pellets, €:

Generator	Opslag- verlies kWh	Netto- behoefte kWh	Bruto- behoefte kWh	Rendement (BVW) %	Verbruik kWh (BVW)	c€/kWh	Energiekost €
Pelletketel				85%		4,9	
Gasketel				87%		5,9	
Warmtepomp bodem/water				280%		18	
Warmtepomp lucht/water				168%		18	
Doorstroomboiler gas				82%		5,9	
Elektrische boiler				100%		18	



Productie van SWW – WKK & thermische zonne-energie



Thermische zonne-energie

Warmtekrachtkoppeling

Warmtekrachtkoppeling moet zo lang mogelijk draaien

⇒ Geschikt voor **productie van SWW** met een homogeen profiel.

⇒ kan 95% van de behoefte dekken



Productie van SWW – WKK & thermische zonne-energie



De keuze hangt sterk af van de schaal van het project en van de beschikbare premies of groenestroomcertificaten

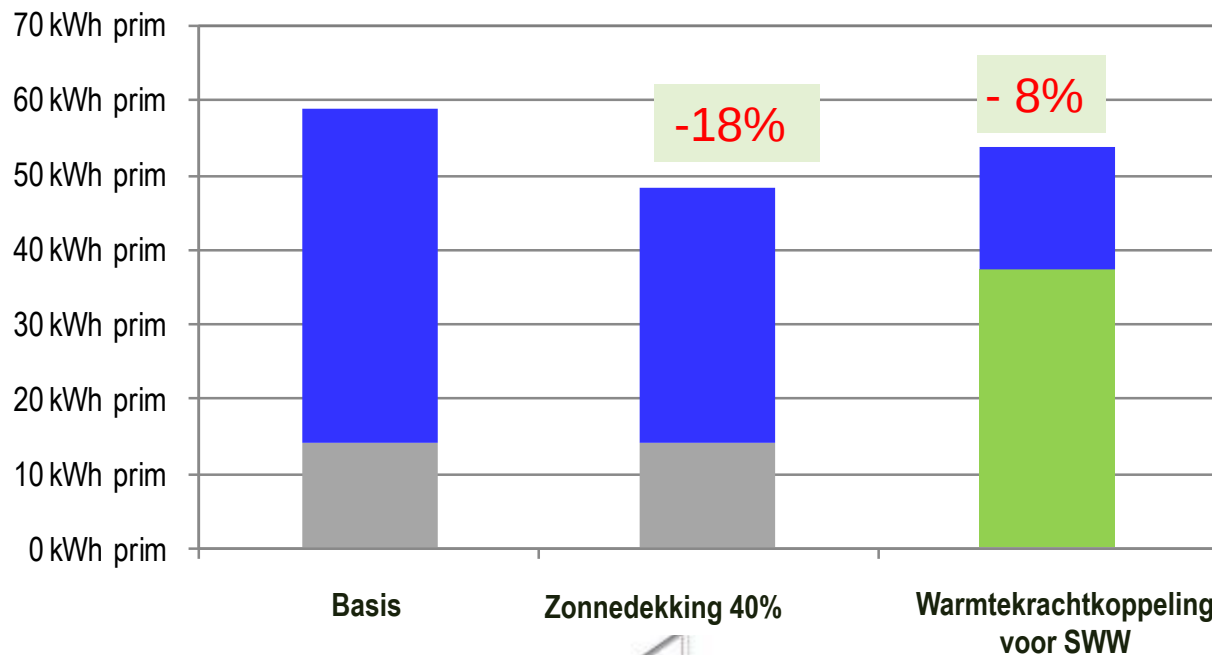
Kleine en middelgrote projecten → **thermische zonne-energie**

Wanneer de warmtebehoefte stijgt, neemt ook de rendabiliteit van de WKK toe

- De investering (€/kW) daalt sterk met het vermogen
- De onderhoudskosten (€/kW) dalen sterk met het vermogen
- Het elektrisch rendement van een WKK met groot vermogen is hoger dan het elektrisch rendement van een WKK met klein vermogen



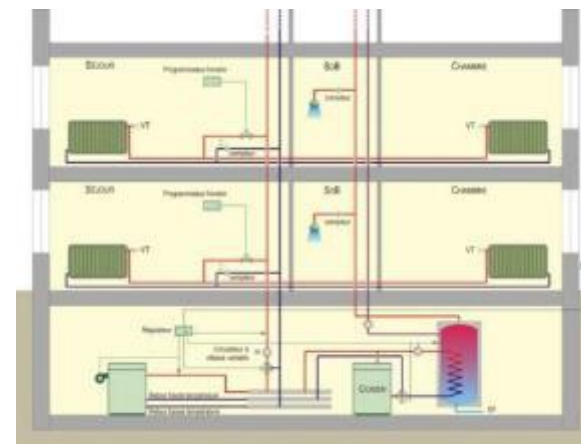
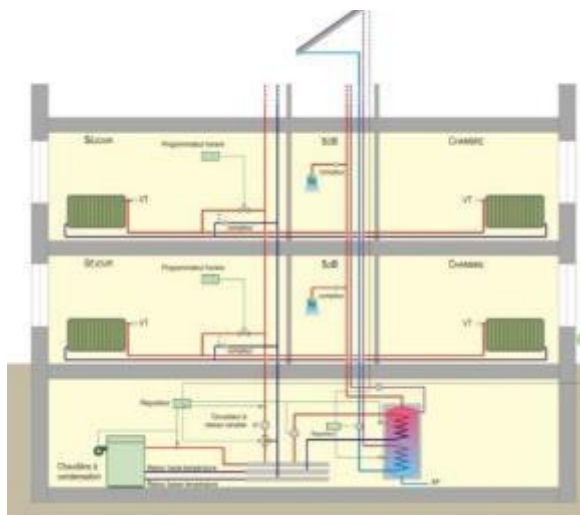
Productie van SWW – WKK & thermische zonne-energie



- Verwarmingsketel
- Elektriciteitsnet
- Warmtekrachtkoppeling

Vanuit milieuoogpunt

Voor 31 appartementen



Productie van SWW – WKK & thermische zonne-energie



Kringlengte – 100 m

$$T^{\circ}_{\text{lus}} - T^{\circ}_{\text{omgeving}} = 40^{\circ}\text{C}$$

Verliezen in de leidingen
(accessoires inbegrepen)

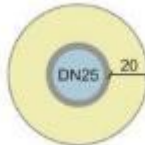
Jaarlijkse verliezen

Gelijke oppervlakte van zonnepanelen
(Zonneproductie 500 kWh/m²)

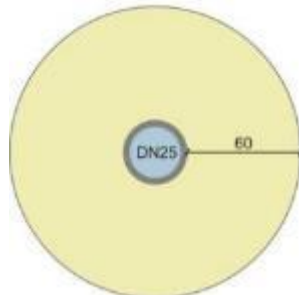
Niet geïsoleerd



Weinig geïsoleerd



Goed geïsoleerd



Productie van SWW – WKK & thermische zonne-energie



Kringlengte – 100 m

$$T^{\circ}_{\text{lus}} - T^{\circ}_{\text{omgeving}} = 40^{\circ}\text{C}$$

Verliezen in de leidingen
(accessoires inbegrepen)

Jaarlijkse verliezen

Gelijke oppervlakte van zonnepanelen
(Zonneproductie 500 kWh/m²)

Niet geïsoleerd



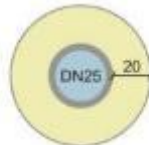
5.700 W

50.000 kWh

100 m²



Weinig geïsoleerd



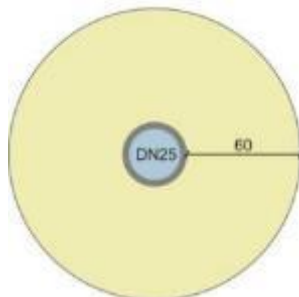
1.500 W

13.500 kWh

27 m²



Goed geïsoleerd



850 W

7.500 kWh

15 m²



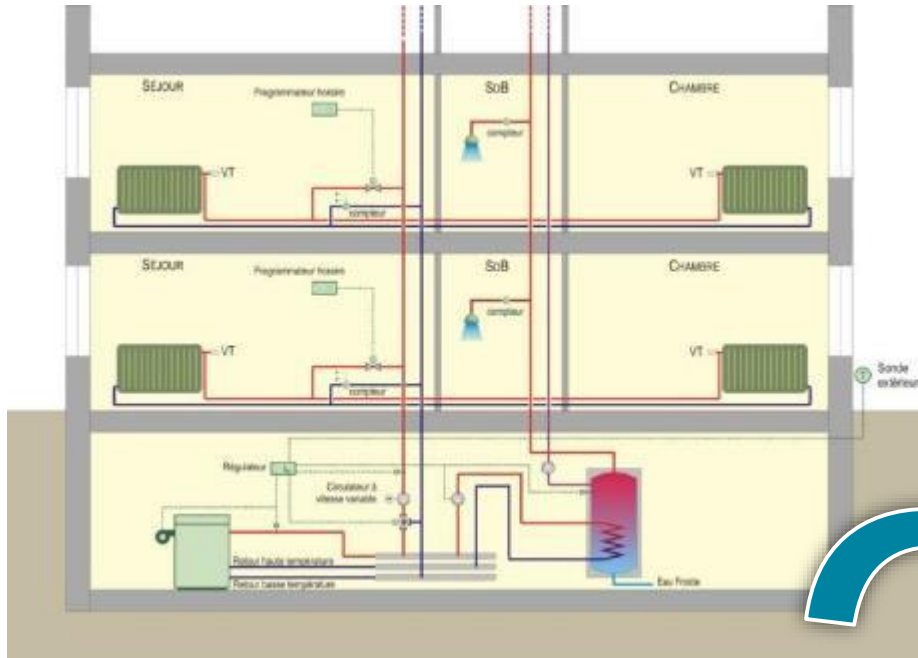
Productie van SWW



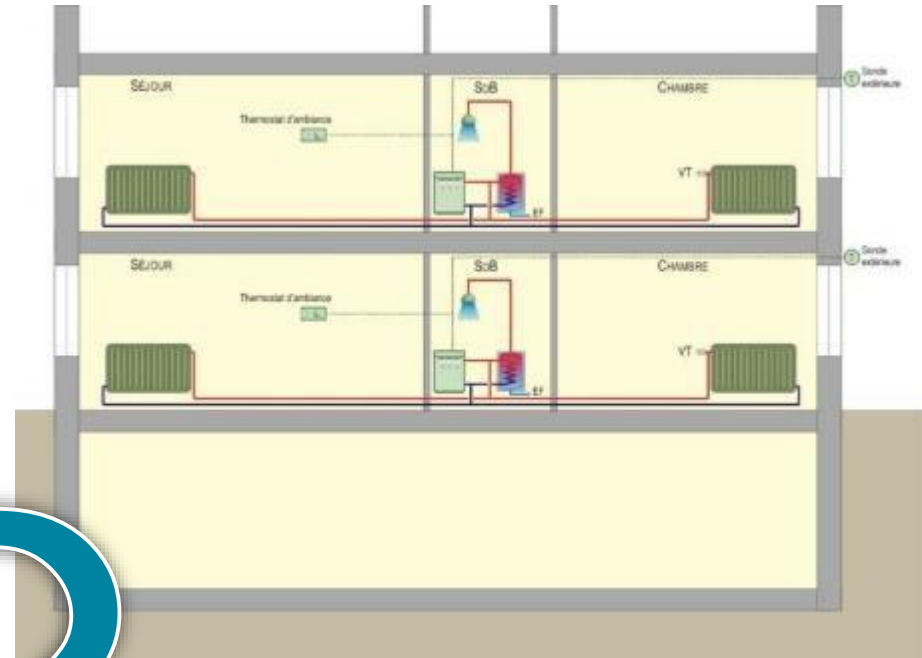
- De bestaande technieken:
 - ▶ Boiler
 - ▶ Verwarmingsketel
 - ▶ Warmtepomp
 - ▶ Warmtekrachtkoppeling
 - ▶ Thermische zonne-energie
- Gecentraliseerd of gedecentraliseerd: keuze
- Het Combilus-systeem



Gecentraliseerde of gedecentraliseerde productie?



gecentraliseerde productie



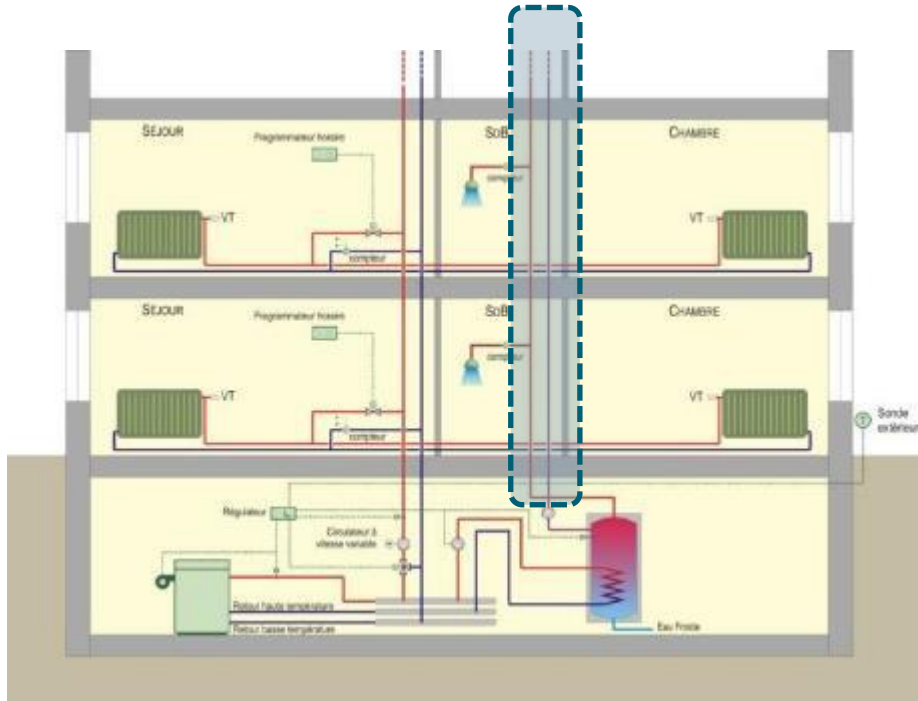
gedecentraliseerde productie



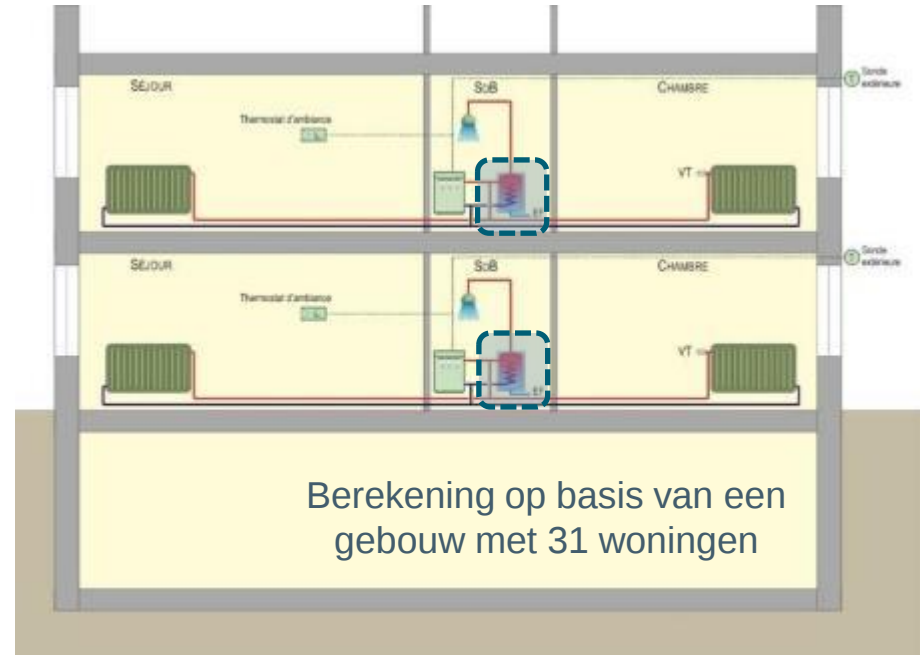
Stelling: de keuze wordt vooral bepaald door de productie van sanitair warm water



Gecentraliseerde of gedecentraliseerde productie?



gecentraliseerde productie



gedecentraliseerde productie

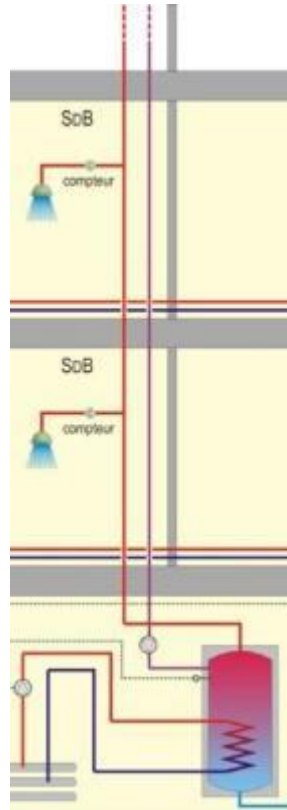
Verliezen van de SWW-lus >< verliezen van de individuele opslagvaten



Gecentraliseerde of gedecentraliseerde productie?



Verliezen aan ketelhuis + SWW-lus 90 m



Conclusie: in dit specifieke geval zijn de verliezen globaal genomen gelijk.

Opmerking: de EPB is doorgaans ongunstig voor lusinstallaties ... wat in het nadeel van gecentraliseerde installaties speelt

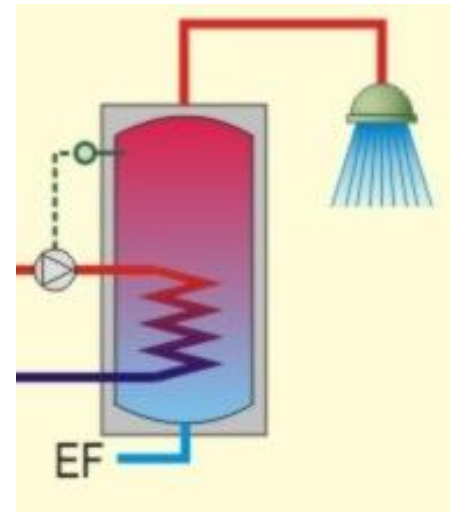
Verliezen?

$$4.200 + 7.200 = 11.400 \text{ kWh}$$

3.600 benutte verliezen

7.800 reële verliezen

31 opslagvaten SWW 100 liter



$$31 \times 440 = 15.500 \text{ kWh}$$

7.750 kWh benut

7.750 kWh reële verliezen



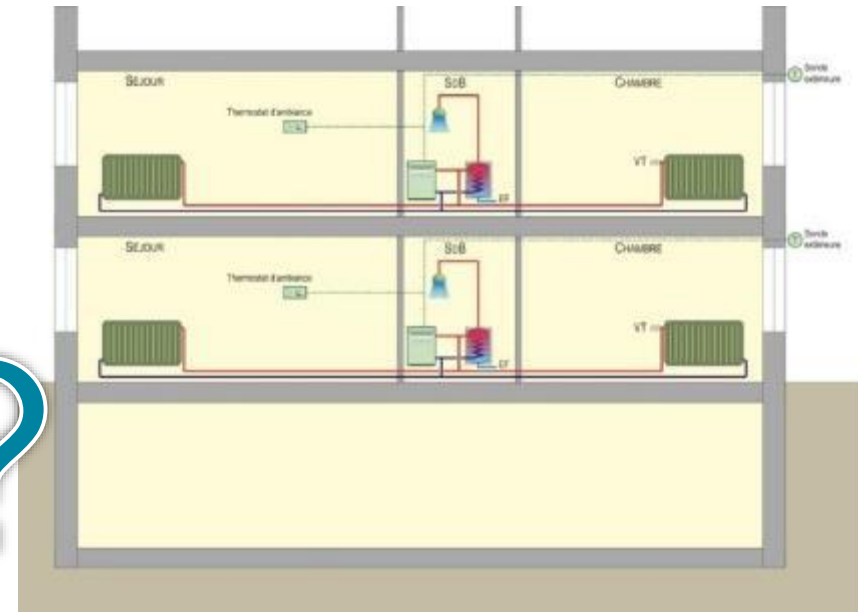
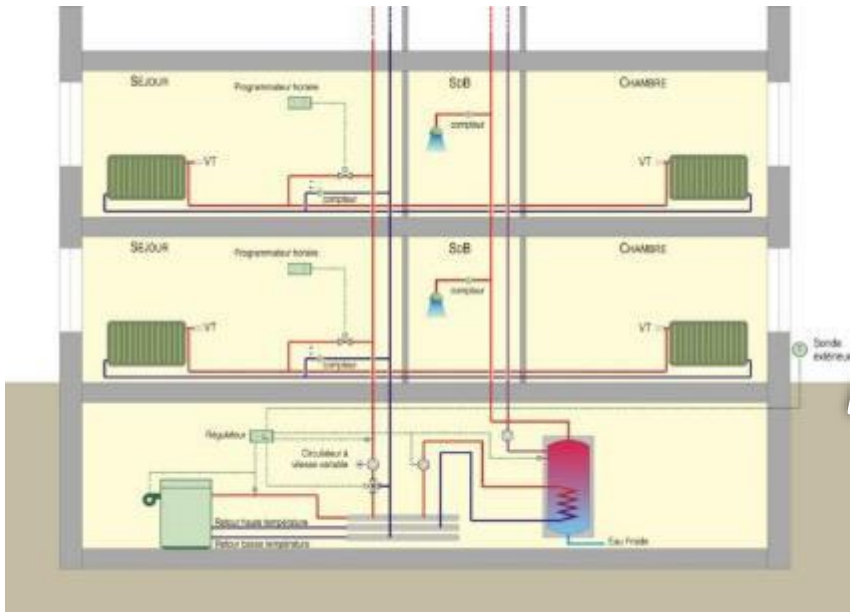
Gecentraliseerde of gedecentraliseerde productie?



- Vermogen individuele verwarmingsketel (24 kW – modulatie 30% tot 100%, dus werkt vaak in “alles of niets-modus)
- Technische beperkingen van de CLV-leidingen en types van verwarmingsketel
- Bij elk type van verwarmingsketel past een specifiek soort leiding
- Na te leven normen/reglementering:
 - ▶ NBN EN 61-002
 - ▶ NBN D 51-003 en
 - ▶ EPB-installatie
 - ▶ ...



Gecentraliseerde of gedecentraliseerde productie



Voordeel van centralisatie

- Plaatsbesparing in appartementen
- Het is makkelijker een beroep te doen op **hernieuwbare energie**
- Gemeenschappelijk onderhoud (+ indien huurder)
- Luchtinname / uitstoot verbrandingsgassen

Keuze?

- Afhankelijk van het verbruik
- Impact van de verliezen (opslag en/of lus) te verdelen over een groter of kleiner verbruik
- Impact van de hulptruistingen (zie later)
- ...



Voordeel van decentralisatie

- Makkelijke individuele afrekening
- Individueel onderhoud (+ indien eigenaar)

Productie van SWW

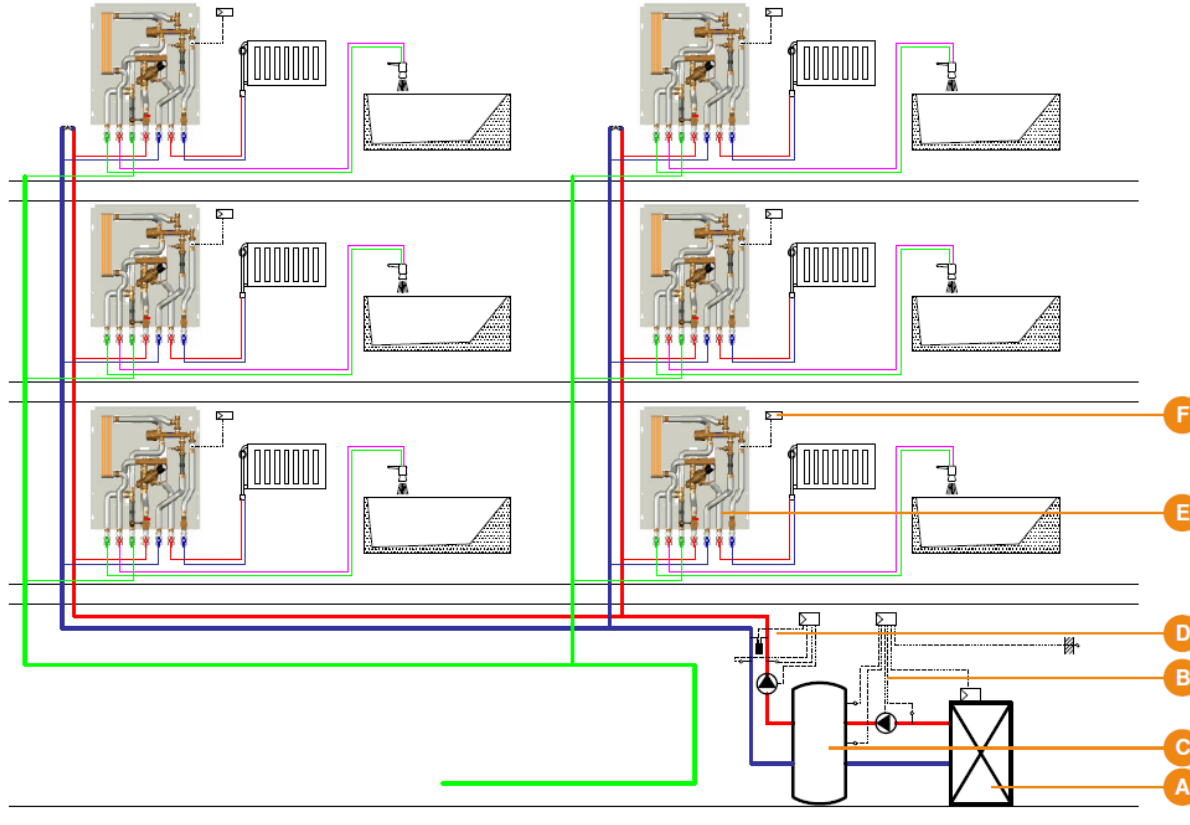


- De bestaande technieken:
 - ▶ Boiler
 - ▶ Verwarmingsketel
 - ▶ Warmtepomp
 - ▶ Warmtekrachtkoppeling
 - ▶ Thermische zonne-energie
- Gecentraliseerd of gedecentraliseerd: keuze
- Het Combilus-systeem



Productie van SWW – Combilus: principe

Energie utilisatie Gas	production	storage	circulation	Rendement global
transformation 100%	production 95%	storage 95%	circulation 95%	85%



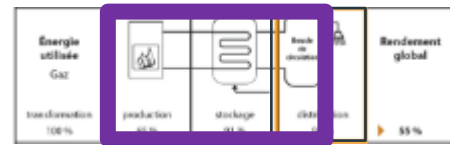
Volledig systeem:

- A** Verwarmingsketel
- B** Laadpompgroep
- C** Buffervat
- D** Pompgroep voor warmwatercircuit
- E** Individueel station
- F** Kamerthermostaat

Bron: Viessmann – Meibes Logotherm



Productie van SWW – Combilus: sleutelcijfers



Bron: Viessmann – Meibes Logotherm

- Sleutelcijfers:
 - ▶ Vermogen SWW: 35 kW (indien 65°C)
 - ▶ Debiet: 12 tot 17 l/min op 50°C
 - ▶ Vermogen verwarming: max. 15 kW
 - ▶ Warmtewisselaar: 0,6 m², isolatie 20 mm (0,038 W/mK)
 - ▶ Uitgerust met meters (monitoring en naleving EPB-reglementering)



Productie van SWW – Combilus: zwakke/sterke punten



- Zwakke punten:
 - ▶ EPB-prestatie vergeleken met gelijkwaardige gecentraliseerde oplossing, maar zonder substation
 - ▶ Kostprijs (een gecentraliseerde stookruimte en een station per woning), volgens bepaalde ontwerpers, maar niet volgens de fabrikant
- Sterke punten ... vooral vergeleken met de standaardoplossing “individuele verwarmingsketel”
 - ▶ Verwarmingsvermogen station (10 tot 15kW) lager dan dat van individuele verwarmingsketel (24 kW – modulatie 30% tot 100%, dus werkt vaak in “alles of niets”-modus)
 - ▶ Station neemt minder plaats in dan individuele verwarmingsketel (rookgasafvoer, gasleiding)
 - ▶ Geen verbrandingstoestel in de woning
 - ▶ Weinig of geen onderhoud (behalve op het niveau van de gecentraliseerde stookruimte)



Plan van de uiteenzetting

- Behoefte aan energie
- Distributie
- Opslag
- Productie
- Diversen (hulpuitrustingen)

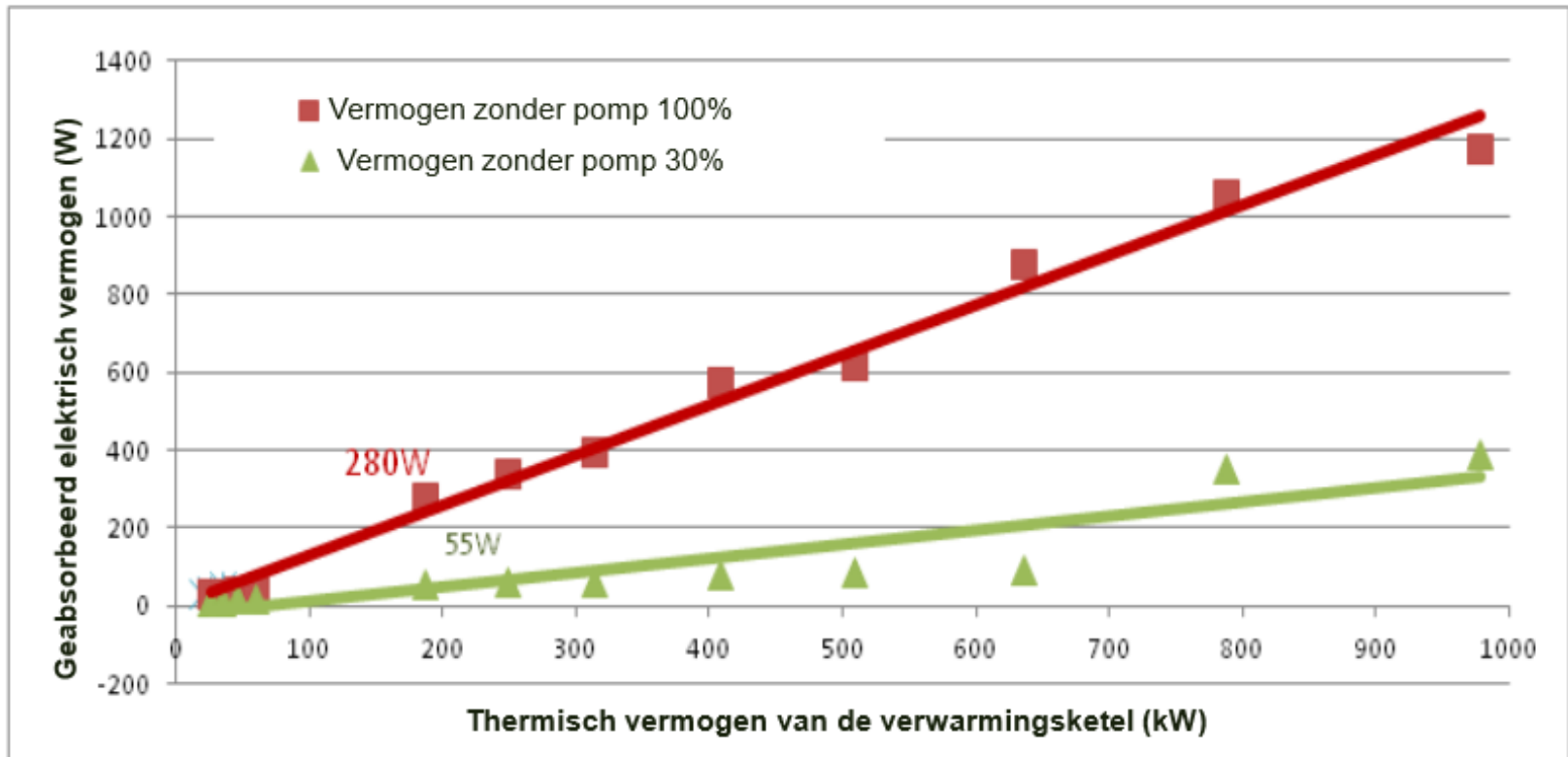


Hulpuitrustingen SWW

- De hulpuitrustingen:
 - ▶ Op het niveau van de EPB:
 - › niet uitdrukkelijk in aanmerking genomen
 - › eventueel geïntegreerd in het rendement van de toestellen ... maar dit blijft betwistbaar (behalve voor warmtepompen)
 - ▶ Werkelijkheid?
 - › Moeilijk om volledig te zijn ...
 - › Enkele aandachtspunten



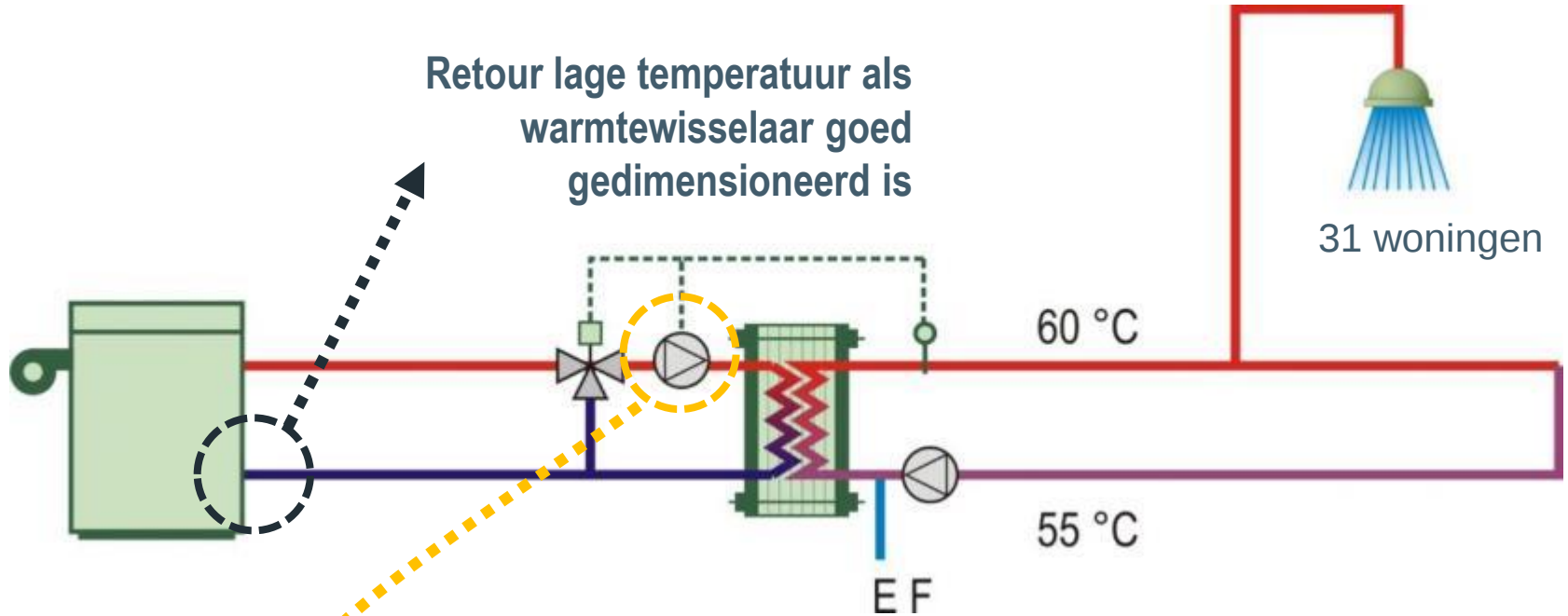
Hulpuitrustingen SWW – Elektrisch vermogen van de verwarmingsketels



Elektrisch vermogen opgenomen door een verwarmingsketel, behalve circulatiepomp, voor verschillende vermogens (bij 100% en 30% van de belasting van de ketel). Op basis van de technische fiches van de verwarmingsketels van Viessmann Vitocrossal 300 (MatriX-brander).



Hulpuitrustingen SWW– Elektrisch vermogen van de verwarmingsketels



2

25 m²

zonnepanelen



Berekening op basis van een gebouw met 31 woningen

**Wat neerkomt
op 0,8 m²
zonnepanelen
per woning**



Interessante tools, websites, enz.:

- Recknagel
- Internetsite van fabrikanten (Viessmann, Remeha, Gundfos, Wilo...)
- WTCB:
 - ▶ www.wtcb.be
- APERE
 - ▶ <http://www.apere.org/observatoire-des-prix>
- EPB-reglementering:
 - ▶ <http://www.leefmilieu.brussels/themas/gebouwen/de-epb>
 - ▶ <http://www.leguidepeb.be/> (opgelet: Waalse reglementering, maar didactische illustraties)
- Energie⁺
 - ▶ www.energieplus-lesite.be
 - ▶ Uitgevoerd door de onderzoekscel *Architecture et Climat, Faculté d'architecture, d'ingénierie architecturale, d'urbanisme (LOCI), Université catholique de Louvain (België), met de steun van Wallonië - DGO4*



Referenties Gids Duurzame Gebouwen en andere bronnen:

Gids Duurzame Gebouwen

www.gidsduurzamegebouwen.brussels

Thema ENERGIE

Dossier I De optimale productie- en opslagwijze voor verwarming en sanitair warm water kiezen

Dossier I De beste productiewijzen voor hernieuwbare koeling kiezen

Dossier I Verwarming en sanitair warm water: efficiënte installaties garanderen (distributie en afgifte)

Thema WATER

Dossier I Rationeel omgaan met water



Contact

Thomas LECLERCQ

Consultant energie / duurzame ontwikkeling

Gegevens

☎ : +32.478.21.30.42

E-mail : tl@interfacesolutions.be

 <https://www.linkedin.com/in/leclercq-thomas/>

