



Referentie **20080142-01**
Rapporttitel **Onderbouwing quick-scan
energiepalen en energydak**

Opdrachtgever Betonson BV
 Postbus 5
 5690 AA SON
Contactpersoon de heer ing. E.A. Weenink

Behandeld door ir. E.M.M. Willems
 Cauberg-Huygen Raadgevende Ingenieurs BV
 Pettelaarpark 101
 5216 PR 'S-HERTOGENBOSCH
 Postbus 638
 5201 AP 'S-HERTOGENBOSCH
 Telefoon 073-7517900
 Fax 073-7517901

Datum 20 mei 2008

Inhoudsopgave

1	Doel en opzet quick-scan	3
2	Rekenmethode	4
3	Uitgangspunten Welwonen, energiepalen en fundering	5
4	Beschrijving en onderbouwing quick-scan	7
4.1	Projectgegevens	7
4.2	Ontwerp Welwonen	7
4.2.1	Gebouwfunctie	7
4.2.2	Woningtype	7
4.2.3	Gebouwomvang	7
4.2.4	Grondoppervlakte (bebouwd)	7
4.2.5	Lengte heipaal	7
4.2.6	Bodemsoort	8
4.2.7	Te stellen warmtepompvermogen	9
4.2.8	Op te stellen koelvermogen	9
4.2.9	Vollasturen	9
4.2.10	Energiebehoefte	10
4.2.11	Ruimtekoeling	10
4.3	Resultaten	10
4.3.1	Alleen energiepalen	10
4.3.2	Energiepalen en energydak	12
4.3.3	Energiepalen, energydak en warmtepomp	12
4.4	EPC	13
4.4.1	Verlaging van de EPC	13
4.4.2	Invullen van Welwonen in NEN 5128	15
4.4.3	Energiedak toepasbaar	17
5	Literatuurlijst	18

1 Doel en opzet quick-scan

Als antwoord op de toenemende behoefte aan het beperken van het gebruik van fossiele brandstoffen staan energiebesparing en het gebruik van warmtepompen sterk in de belangstelling. Door toepassing van thermoactieve bouwdelen kunnen energieopwekkers een hoog rendement bereiken, vanwege de toepassing van laag-exergetische energiestromen. Op basis van deze principes is door Enicon het energieconcept Welwonen afgeleid dat gebruik maakt van energiepalen, betonkernactivering of vloerverwarming/koeling, energydak en (eventueel) een warmtepomp. Deze quick-scan geeft Enicon in een vroeg stadium van een ontwerp aan de hand van kengetallen een inzicht in de dimensionering van de diverse onderdelen van het gebouwconcept.

2 Rekenmethode

Als rekenmethode voor het berekenen van de lengte van energiepalen wordt ISSO-publicatie 72 [1] en 73 [2] gehanteerd. De meest bepalende stappen uit deze rekenmethode zijn overgenomen. Verder is gebruik gemaakt van diverse onderzoeken die door TNO [3] in opdracht van R&R-systems zijn uitgevoerd.

3 Uitgangspunten Welwonen, energiepalen en fundering

De producteigenschappen van de energiepaal zijn aangeleverd door Betonson en vastgelegd in een aantal rapporten die door TNO [3] zijn opgesteld.

In de onderstaande figuren zijn voorbeelden weergegeven.



Energieheipalen



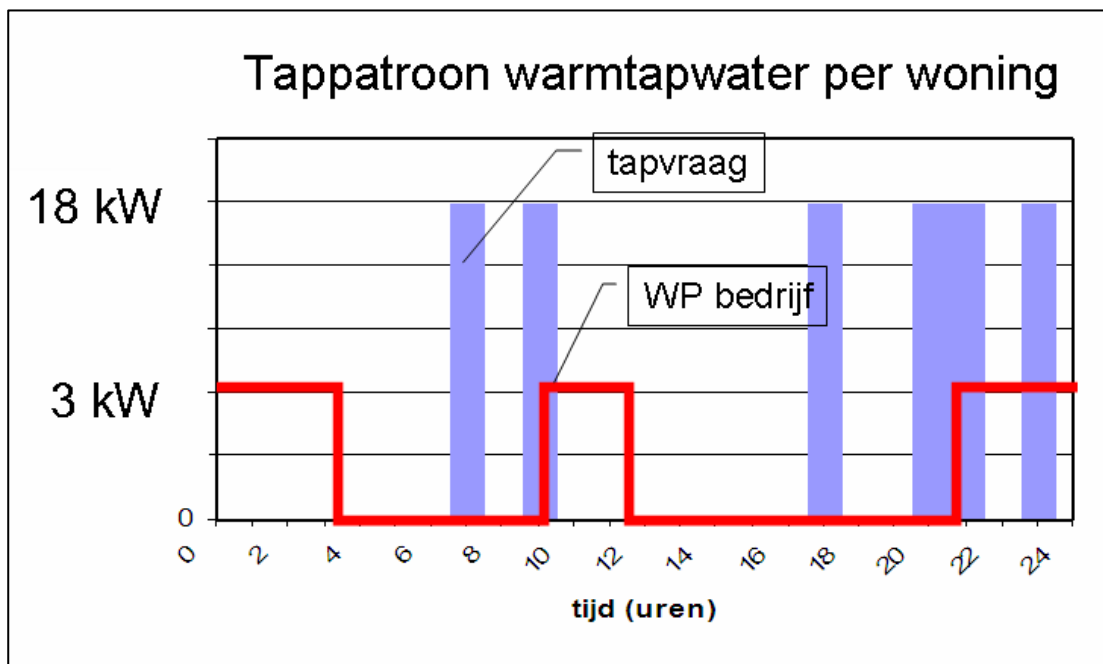
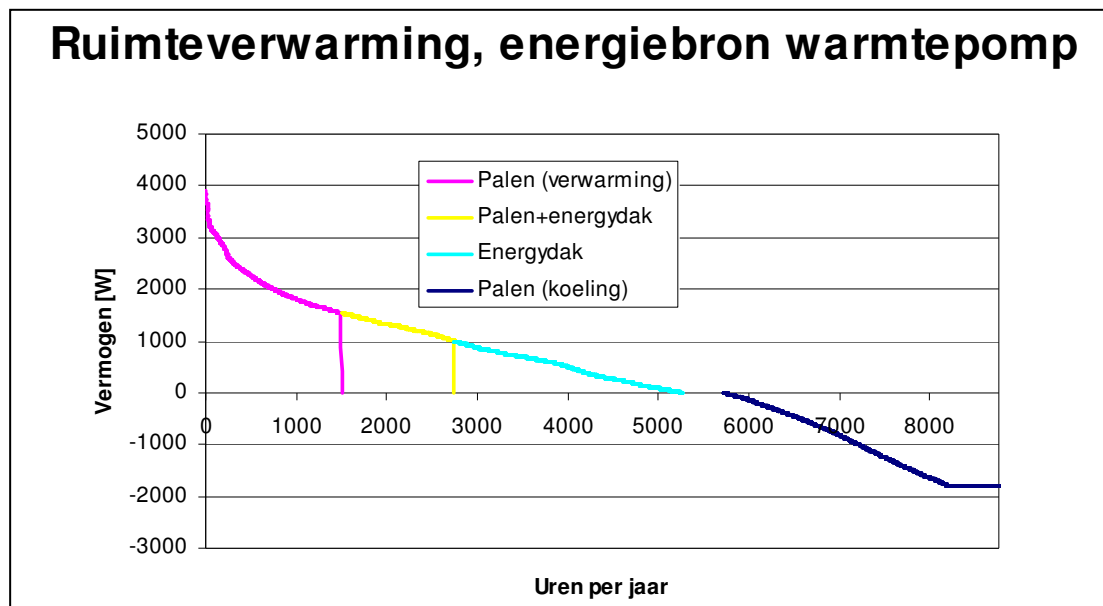
Energydak

Het uitgangspunt zijn energiepalen in drie verschillende toepassingen:

1. Energiepalen alleen voor koeling met CV-ketel voor ruimteverwarming en warmtapwater.
2. Energiepalen voor koeling, energydak voor voorverwarming warmtapwater.
3. Energiepalen als warmtebron voor de warmtepomp, energydak voor voorverwarming warmtapwater en regeneratie van de bodem, energiepalen voor koeling en regeneratie van de bodem.

Een belasting-duurkromme geeft de grote van verwarmings- en koelvermogens die over een jaar door een gebouw worden gevraagd. Bij deze vermogens is in de onderstaande curve het gebruik van de warmtepomp en de bijbehorende bron voor de warmtepomp aangegeven.

In een tweede curve is een voorbeeld van een tappatroon voor warmwater gegeven waarbij de rode lijn het benodigde warmtepompvermogen weergeeft waarbij warmwater wordt gebufferd. Hierdoor kan met een kleiner verwarmingsvermogen toch aan de tapbehoefte worden voldaan.



4 Beschrijving en onderbouwing quick-scan

De rekentool is geprogrammeerd in MS-Excel. De omkaderde cellen vragen een handmatige invoer van getallen. In een aantal gevallen kan de invoer achterwege worden gelaten en wordt door de tool een richtwaarde gegeven. Deze kunnen door handmatige invoer worden overschreden. In de onderstaande paragrafen wordt elke rekenstap toegelicht en wordt een verwijzing gemaakt naar achterliggende theorie, literatuur of kengetallen.

4.1 Projectgegevens

Projectgegevens en NAW-gegevens van de opdrachtgever.

Uit de postcode van de projectlocatie wordt de gemiddelde heipaallengte (=funderingsdiepte) afgeleid waarmee een eerste raming van de toepasbare lengte energiepaal wordt berekend.

4.2 Ontwerp Welwonen

4.2.1 Gebouwfunctie

Type een:

- 1 voor woningbouw of een;
- 2 voor kleine utiliteitsgebouwen < 2.000 m² BVO.

4.2.2 Woningtype

Indien voor woningbouw is gekozen type een:

- 1 voor grondgebonden woningen of een;
- 2 voor een woongebouw.

Indien voor kleine utiliteitgebouwen is gekozen dient bij woningtype '1' te worden ingevuld.

4.2.3 Gebouwmvang

Geef het aantal m² BVO van alle verwarmde ruimten voor het betreffende project.

4.2.4 Grondoppervlakte (bebouwd)

Geef het aantal m² van de bebouwde oppervlakte voor het betreffende project. Hiermee wordt een raming voor de lengte van de heipalen uitgevoerd.

4.2.5 Lengte heipaal

De lengte van de heipalen kan op twee manieren worden ingegeven:

Raming:

5 x Aantal m² bebouwd oppervlak van het betreffende project x gemiddelde lengte heipalen (op basis van postcode, zie paragraaf 4.1).

Uit ontwerp:

Hierbij wordt op basis van een ontwerp van een constructeur of uit een funderingsadvies de totale paallengte ingevoerd.

4.2.6 Bodemsoort

Het vermogen dat door de energiepalen kan worden geleverd hangt af van de bodemsoort waarin de palen zijn geslagen. Type:

- 1 voor slibhoudend zand of zand en klei of;
- 2 voor klei of leem met veenlagen.

Afhankelijk van de bodemsoort geeft ISSO-publicatie 73 [2] enkele correctiefactoren. Default wordt met een correctiefactor van 1,0 gerekend. Bij (slibhoudend) zand, zand en klei wordt 1,0 aangehouden.

In de onderstaande tabel (ter informatie) zijn detailwaarden gegeven maar maakt geen onderdeel uit van de quick-scan.

Type bodem	Warmtegeleiding	Warmtecapaciteit	Wrijvingsgetal	Capaciteit
	(W/mK)	(MJ/m ³ K)	uit sondering (%) (indicatief)	(worst case)
Zand	2,2	2,5	< 1	100
Fijn zand, slibhoudend of met kleilaagjes	1,9	2,5	1 - 4	70-78
Klei	1,6	2,4		55-65
Leem	1,7	1,6		55-65
Klei of leem met veenlagen	1,2	1,7	> 4	Ca. 40
Veen	0,4	2,2		< 20
Zand, boven grondwaterspiegel	0,4	1,5		< 20

4.2.7 Te stellen warmtepompvermogen

Het op te stellen warmtepompvermogen kan op twee manieren worden ingegeven:

Raming:

Gebouwtype	Ruimteverwarming (RV) [kW]	Warmtapwaterverwarming (WW) [kW]	Opmerking
Grondgebonden woning	6 kW per woning	6 kW per woning	Buffervat*
Appartement	3 kW per appartement	5 kW per appartement	Buffervat*
Kleine utiliteit	0,06 kW per m2 BVO	nihil	

* De grootte van het buffervat is gebaseerd op ISSO-publicatie 72 [1] en hangt af van de laadtijd van de buffer. Het uitgangspunt is tapwatergebruik voor 4 personen per woning/appartement en een laadtijd van de buffer tussen 1 en 16 uur. De grootte van het buffervat bedraagt in deze situatie circa 250 l.

Uit ontwerp:

Hierbij kan op basis van een ontwerp van een installatiedeskundige het op te stellen thermisch vermogen worden opgegeven.

4.2.8 Op te stellen koelvermogen

Het op te stellen koelvermogen kan op twee manieren worden ingegeven:

Raming:

Gebouwtype	Koelvermogen [kW]
Grondgebonden woning	0,20 kW / m2 BVO
Appartement	0,20 kW / m2 BVO
Kleine utiliteit	0,04 kW per m2 BVO

Uit ontwerp:

Hierbij kan op basis van een ontwerp van een installatiedeskundige het op te stellen thermisch vermogen worden opgegeven.

4.2.9 Vollasturen

Ruimteverwarming:

Het aantal equivalent vollasturen van de installatie wordt berekend uit de energievraag gedeeld door het opgesteld thermisch vermogen voor ruimteverwarming.

Warmtapwaterverwarming:

Het aantal equivalent vollasturen van de installatie wordt berekend uit de geraamde of ingevulde energievraag gedeeld door het geraamde of ingevulde opgesteld thermisch vermogen voor warmtapwaterverwarming.

4.2.10 Energiebehoefte

De warmtebehoefte is de hoeveelheid energie die een warmte-opwekker aan het gebouw dient te leveren, en is niet de hoeveelheid energie die daadwerkelijk door de opwekker wordt verbruikt. De te verwachten energiebehoefte kan op twee manieren worden ingegeven:

Raming warmtebehoefte:

Gebouwtype	Ruimteverwarming (RV), temperatuurniveau circa 35 C [GJ]	Warmtapwaterverwarming (WW) temperatuurniveau circa 58 C* [GJ]
Grondgebonden woning	0,07 x m2 BVO + 1	10
Appartement	0,07 x m2 BVO + aantal app.	10 x aantal app.
Kleine utiliteit	0,15 x m2 BVO	0,01 x m2 BVO

* Volgt uit NEN 1006.

Uit ontwerp:

Hierbij kan op basis van een EPC-berekening of een inschatting van een energiedeskundige het geraamde energiegebruik worden opgegeven.

4.2.11 Ruimtekoeling

Indien koeling uit de energiepalen is gewenst dan "ja" intypen, indien dit niet is gewenst dan "nee" intypen.

De te verwachten energiebehoefte voor koeling kan op twee manieren worden ingegeven:

Raming energiebehoefte ruimtekoeling:

Gebouwtype	Ruimtekoeling temperatuurniveau ca. 18 C [GJ]
Grondgebonden woning	0,025 x m2 BVO + 2,5
Appartement	0,025 x m2 BVO + 2,5
Kleine utiliteit	0,15 x m2 BVO

Uit ontwerp:

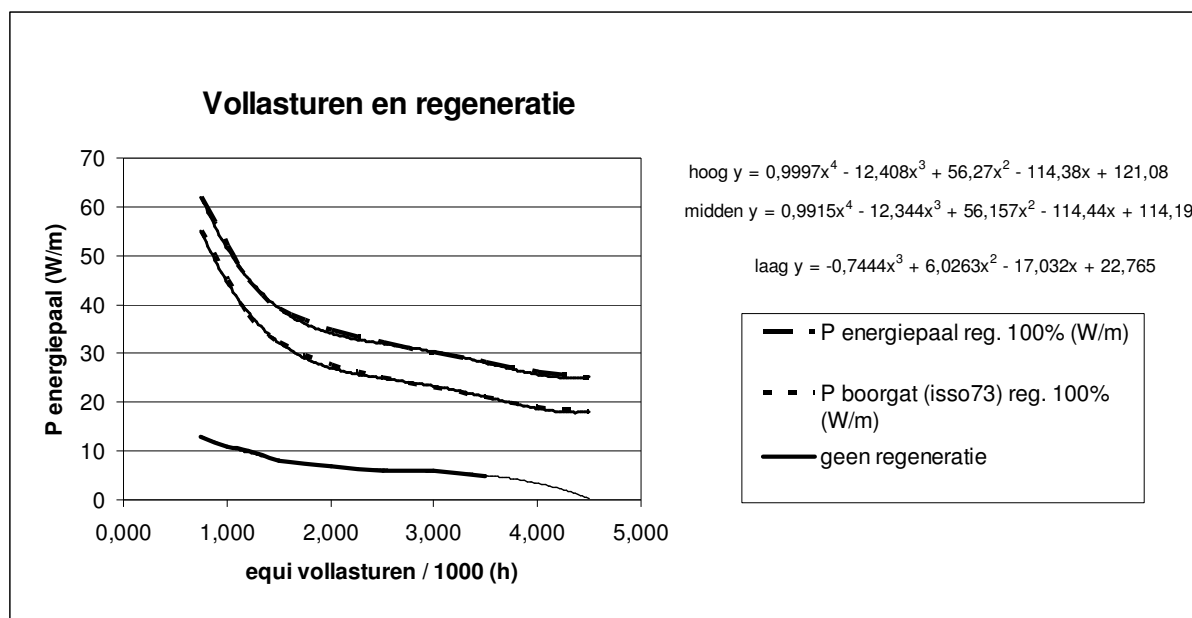
Hierbij kan op basis van een EPC-berekening of een inschatting van een energiedeskundige de geraamde energiebehoefte worden opgegeven.

4.3 Resultaten

4.3.1 Alleen energiepalen

Uit de koelbehoefte en het benodigde koelvermogen wordt het aantal equivalent vollasturen berekend. Equi. vollasturen = koelbehoefte (GJ) / (3,6 x koelvermogen).

Aan de hand van de onderstaande figuur wordt het vermogen van de energiepalen berekend bij de bepaalde equi. vollasturen. De hoogst gelegen curve geldt voor energiepalen en volledige regeneratie, Indien alleen wordt gekoeld met energiepalen is 50% regeneratie het uitgangspunt omdat het aantal vollasturen gering is.



De vermogens voor verschillende percentages van regeneratie kunnen door interpolatie worden bepaald. Bijvoorbeeld bij 50% regeneratie bedraagt het vermogen de geïnterpoleerde waarde tussen de bovenste en de onderste curve.

De benodigde paallengte bij koeling bedraagt vervolgens:

Basislengte energiepaal = benodigd koelvermogen (W) / vermogen energiepaal (W/m) bij 50% regeneratie.

Correctiefactoren volgens ISSO73 [2]:

Type correctiefactor	Waarde	Toelichting
Opstellingsvorm	1,00	Carréopstelling, meest gebruikelijke opstelling van palen onder een gebouw
Mediumtemperatuur	1,30	Minimumtemperatuur van water door de energiepalen van +5 C
Type bodemwarmtewisselaar	0,82	Volgens ISSO73
WP over energiedak	0,90	Benutting van het energiedak als voorverwarmen voordat het langs de warmtepomp wordt geleid

4.3.2 Energiepalen en energydak

Koeling: idem als beschreven onder 4.3.1.

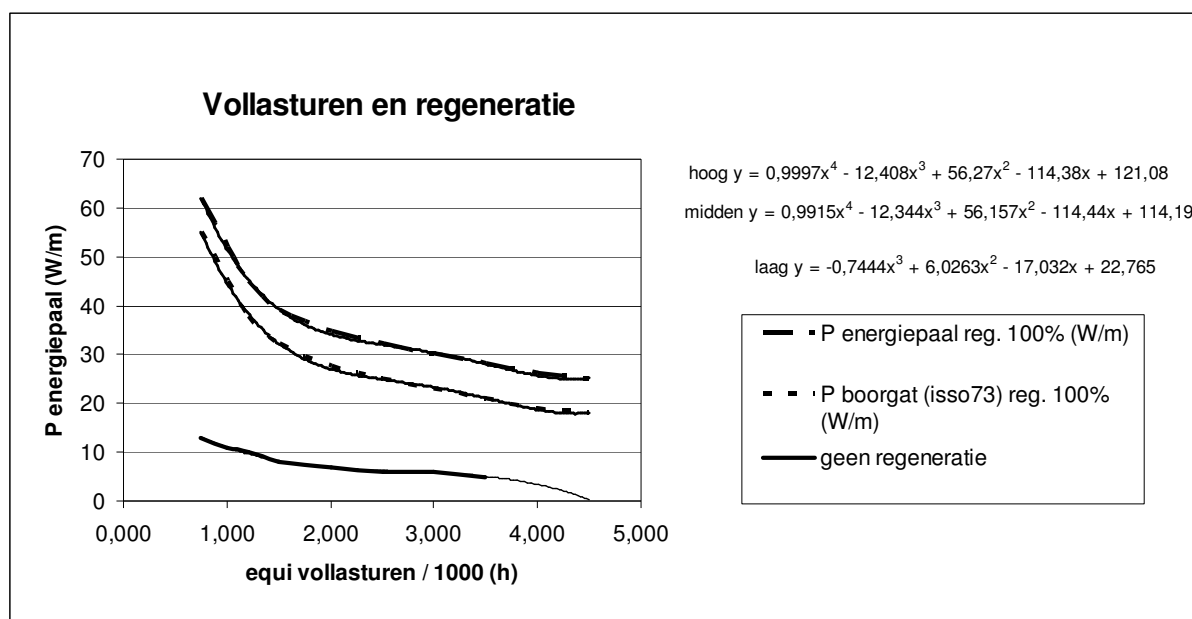
Warmtapwater: voor de energieopbrengst van het energydak voor warmtapwatervoorverwarming is uitgegaan van een opbrengst van 2 GJ per m² energydak.

4.3.3 Energiepalen, energydak en warmtepomp

Uit de verwarmingsbehoefte en het benodigde verwarmingsvermogen wordt het aantal equivalent vollasturen berekend.

Equi. vollasturen = verwarmingsbehoefte (GJ) / (3,6 x verwarmingsvermogen).

Aan de hand van de onderstaande figuur wordt het vermogen van de energiepalen berekend bij de bepaalde equi. vollasturen. De hoogst gelegen curve geldt voor energiepalen en volledige regeneratie, Bij het concept Welwonen is 100% regeneratie bij toepassing van energiedak en energiepalen het uitgangspunt.



De benodigde paallengte bedraagt vervolgens:

Lengte energiepaal = benodigd verwarmingsvermogen (W) / vermogen energiepaal (W/m) bij 100% regeneratie.

Correctiefactoren: zie 4.3.1.

4.4 EPC

In deze paragraaf staat beschreven hoe in NEN 5128 (EPC-berekening) het energieconcept Welwonen kan worden ingevoerd. Tevens is aangegeven hoe de raming van de EPC-verlaging in de quickscan tot stand is gekomen.

Voor de kleine utiliteit moet de EPC met NEN 2916 worden berekend. Omdat de invoermogelijkheden veel diverser zijn (verlichting, ventilatie en dergelijke) dan bij woningen is de verlaging van de EPC zeer ruw geraamd, en niet aan de hand van referentieberekeningen afgeleid.

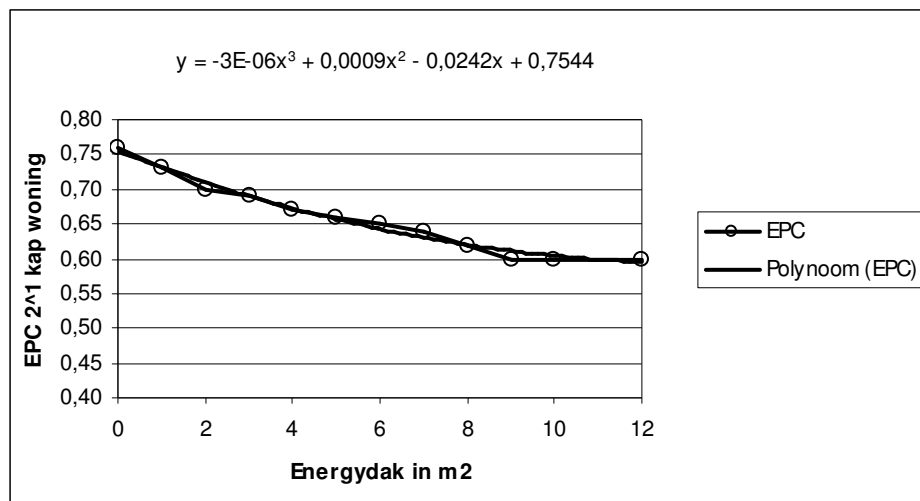
4.4.1 Verlaging van de EPC

Aan de hand van berekeningen aan een referentiewoning 2-onder 1 kap van SenterNovem zoals tevens toegepast in de Toolkit Duurzame Woningbouw.

Hierbij zijn de volgende verbanden berekend uit aantal variantberekeningen aan een referentiewoning. Hierbij is de energieopbrengst van het energydak gelijkgesteld aan die van een thermische zonnecollector.

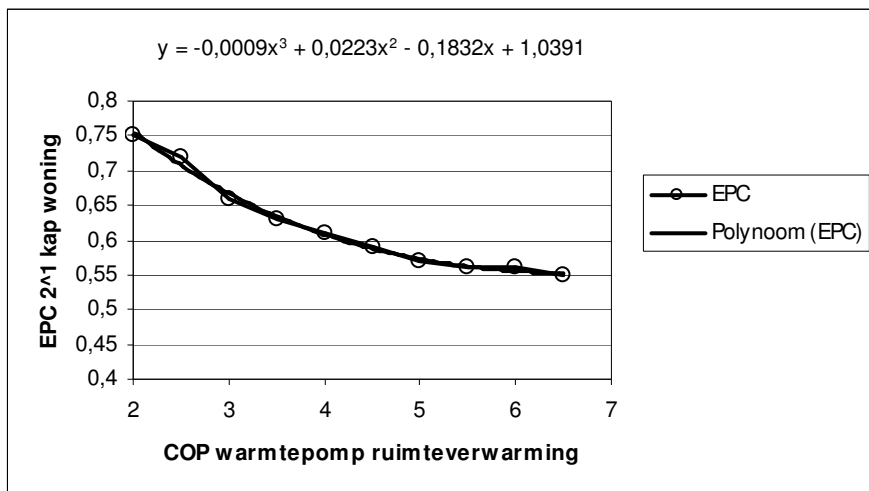
De onderstaande grafieken zijn uitsluitend in de rekentool gebruikt om een verlaging of verhoging van de EPC-waarde af te leiden. Een absolute waarde kan onder geen voorwaarde hieruit worden afgeleid omdat hiervoor ook de andere uitgangspunten bepalend zijn, doch voor deze berekeningen niet in ogenschouw zijn genomen.

Warmtapwaterverwarming als functie van m2 energydak

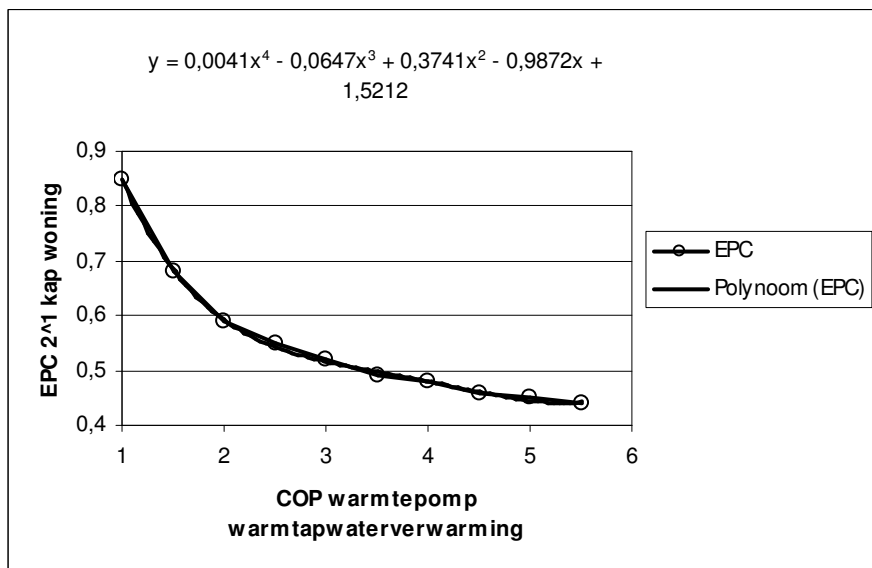


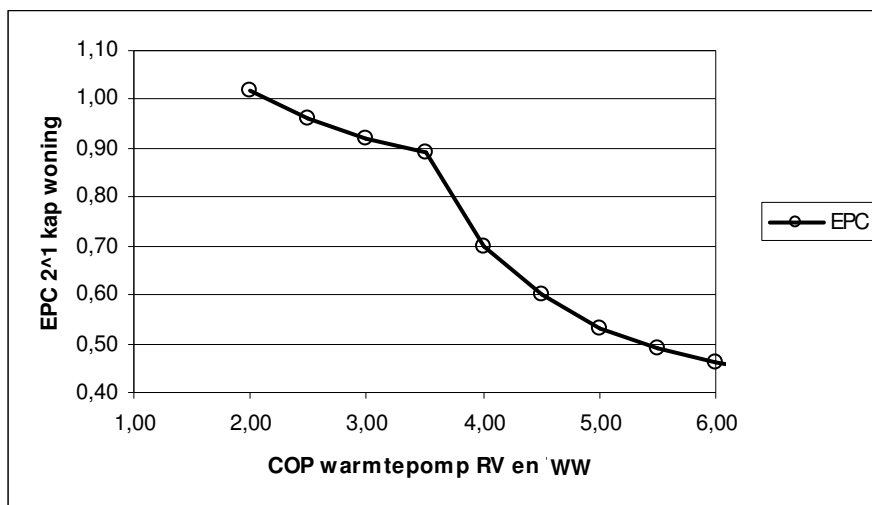
Indien de oppervlakte van energydak groter bedraagt dan 12 m² dan zal de EPC niet verder meer dalen.

EPC als functie van COP warmtepomp voor ruimteverwarming indien de COP hoger is door de hogere bodemtemperatuur als gevolg van de volledige regeneratie door het energydak.



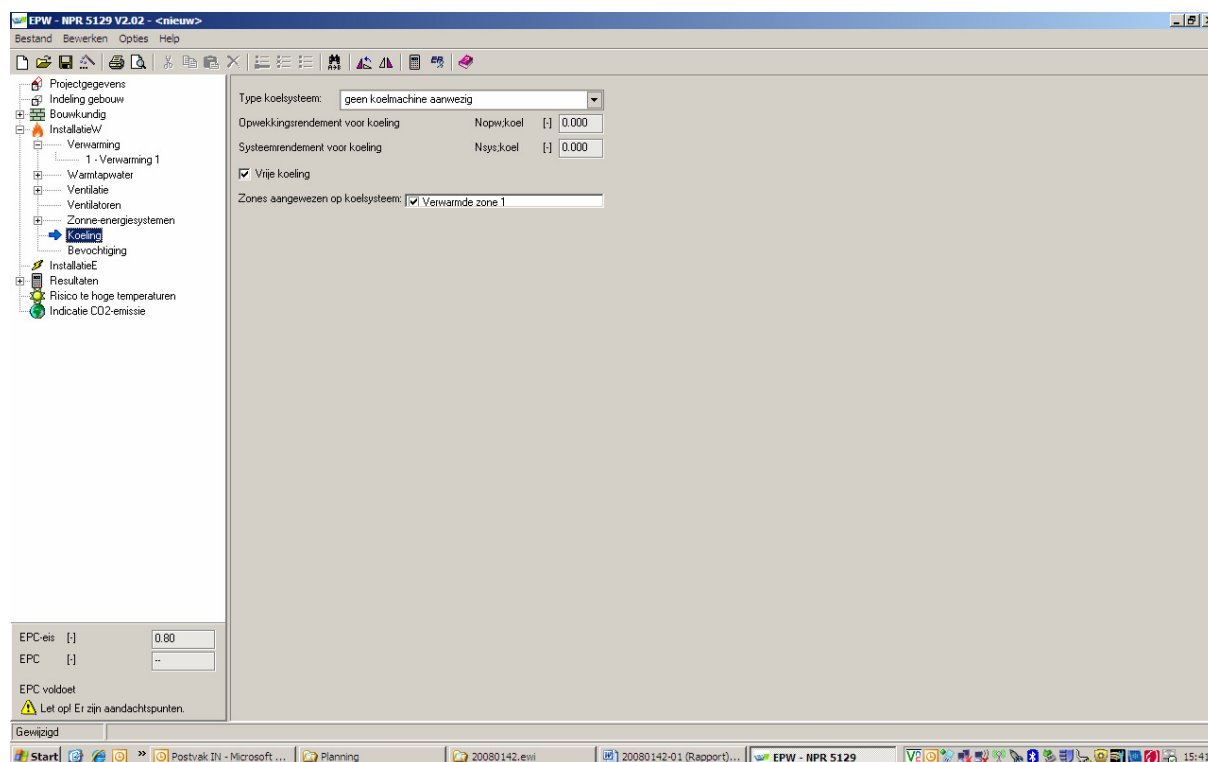
Verlaging van de EPC door toepassen van een andere COP van de warmtepomp voor ruimteverwarming.



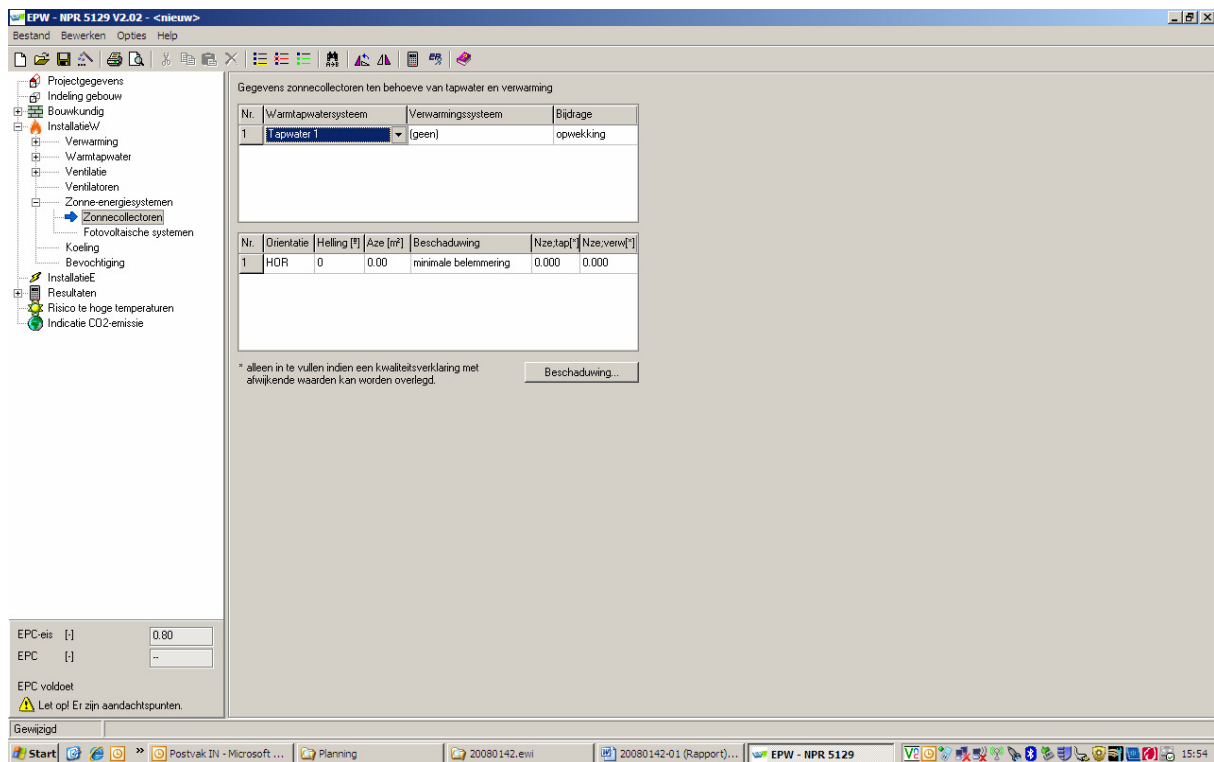


4.4.2 Invullen van Welwonen in NEN 5128

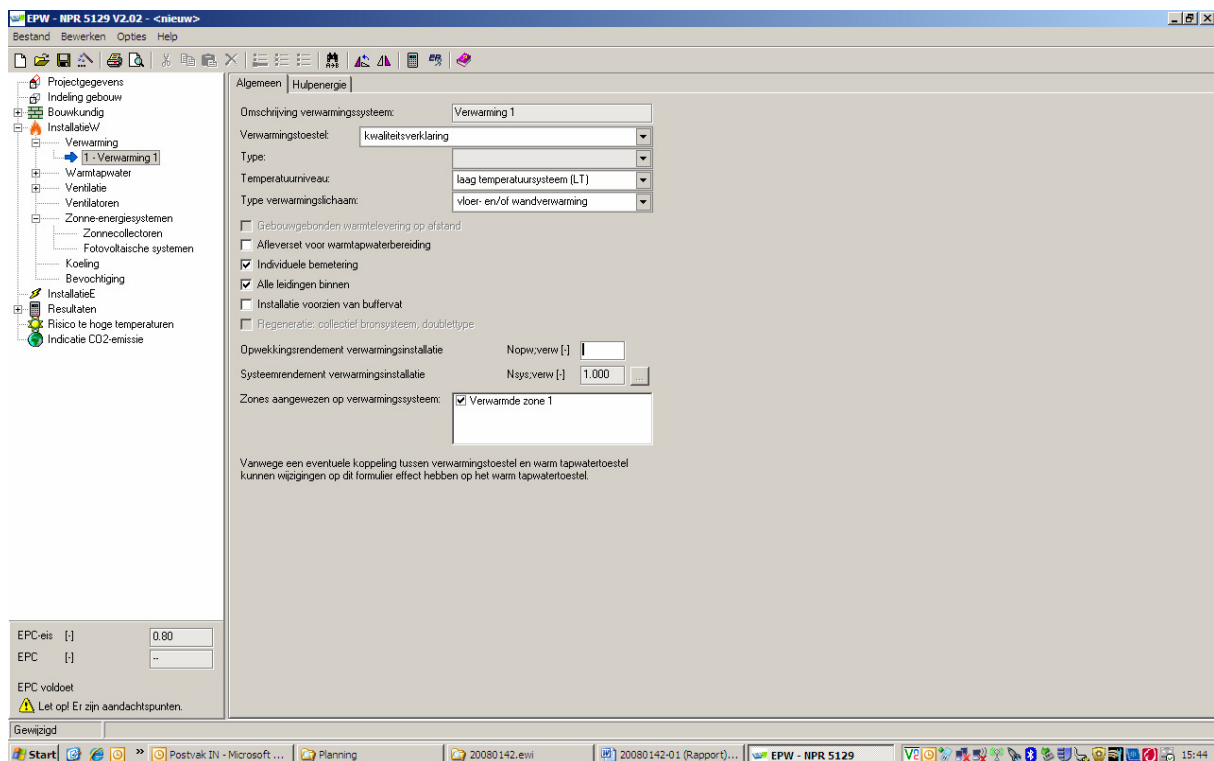
Koeling: vrije koeling, screendump



Warmwatervoorverwarming: invoeren als zonnecollector waarbij 2 GJ per m2 opbrengst zoals volgens NEN 5128 wordt aangehouden. Het aantal m2 energydak is gemaximeerd omdat de meeropbrengst in de buffer niet meer nuttig kan worden aangewend.



Warmtepomp: rendement volgens gelijkwaardigheidsverklaring. COP op basis van leverancier bij temperatuurtraject van +5 C tot +40 C. Bij opwekkingsrendement verwarmingsinstallatie opgeven: $0,39 \cdot \text{COP}$.



4.4.3 Energiedak toepasbaar

Opgegeven wordt hoeveel m² energiedak in het betreffende bouwplan kan worden ingepast. Indien dit minder bedraagt dan de benodigde aantal m² energiedak dan wordt het benodigde aanvullende lengte energiepaal opgegeven. Hierin kunnen ontwerptechnische afwegingen worden gemaakt.

5 Literatuurlijst

- [1] ISSO-publicatie 72, Ontwerpen van individuele en kleine elektrische warmtepompsystemen, 2005
- [2] ISSO-publicatie 73, Ontwerp en uitvoering van verticale bodemwarmtewisselaars, maart 2005
- [3] Experimentele evaluatie lamel energiepaal van R&R Systems – Betonson 2006-D-R0707, TNO-MEP oktober 2007
- [4] Duurzame energie-installatie Woning te Kampen, Cauberg-Huygen Raadgevende Ingenieurs BV, 20041252-08, 3 augustus 2007.

Cauberg-Huygen Raadgevende Ingenieurs BV

ir. E.M.M. Willems

