

2015•2016
FACULTEIT INDUSTRIËLE INGENIEURSWETENSCHAPPEN
master in de industriële wetenschappen: bouwkunde

Masterproef

Ontwikkeling van een tool ter ondersteuning van architecten,
studiebureaus en/of bouwpromotoren in hun zoektocht naar de optimale
configuratie van een constructie

Promotor :
ing. Pascal VANNITSEN
Prof. dr. ing. Bram VANDOREN

Jeroen Beerts , Tom Ruytinx

*Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële
wetenschappen: bouwkunde*

Gezamenlijke opleiding Universiteit Hasselt en KU Leuven

2015•2016

Faculteit Industriële

ingenieurswetenschappen

master in de industriële wetenschappen: bouwkunde

Masterproef

Ontwikkeling van een tool ter ondersteuning van architecten,
studiebureaus en/of bouwpromotoren in hun zoektocht naar de
optimale configuratie van een constructie

Promotor :
ing. Pascal VANNITSEN
Prof. dr. ing. Bram VANDOREN

Jeroen Beerts , Tom Ruytinx

*Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële
wetenschappen: bouwkunde*

Woord vooraf

Als laatstejaarsstudenten industriële ingenieurswetenschappen aan de UHasselt kozen we voor een masterproef rond energieprestatieregelgeving (EPB). Meer bepaald werd ons gevraagd een tool te ontwikkelen die ingenieurs, architecten en studie bureaus kan helpen met hun keuze naar de optimale configuratie van een constructie. Deze scriptie is een mooie afsluiter van onze opleiding. De EPB-wetgeving wordt namelijk ieder jaar belangrijker, het opbouwen van een goede kennis hierrond kan nuttig zijn voor een toekomstig ingenieur.

Vooraleer we verder ingaan op de ontwikkeling van de tool willen we enkele personen bedanken.

In de eerste plaats willen we onze promotor ing. Pascal Vannitsen bedanken voor zijn deskundig advies en kritische feedback gedurende deze masterproef. Daarnaast willen we ook graag zijn bedrijf V-Consult bedanken voor de nodige plannen en gegevens om deze tool te ontwikkelen. In de tweede plaats bedanken we het Vlaamse energieagentschap voor het ter beschikking stellen van de EPB-software. Dit programma vormt de basis voor deze scriptie. Tot slot willen we de UHasselt nog bedanken voor hun medewerking en de nodige voorzieningen.

Inhoud

Woord vooraf	I
Inhoud	III
Lijst met tabellen	V
Lijst van figuren	VII
Lijst met begrippen, symbolen en afkortingen	IX
Begrippen	IX
Symbolen.....	XI
Afkortingen.....	XII
Abstract	XIII
Abstract - English	XV
1. Inleiding	1
2. Wetgeving	3
3. Onderzoek	7
3.1 EPB-software	7
3.1.1 Scheidingsconstructies	7
3.1.2 Ventilatie	9
3.1.3 Verwarming	9
3.1.4 Sanitair warm water	11
3.1.5 Gedeelde systemen	12
3.1.6 Bouwknopen	15
3.2 Excel	17
3.2.1 Visual Basic	17
3.2.2 Gegevens & K-peil	17
3.2.3 Kosten.....	20
3.2.4 Circulatieleidingen.....	21
3.2.5 E-peil.....	23
4. Resultaten	27
4.1 K-peil.....	27
4.1.1 EPB-software	27
4.1.2 Excel.....	28
4.1.3 Bespreking.....	29
4.2 Kostprijs.....	30
4.2.1 EPB-software	30
4.2.2 Excel.....	30
4.2.3 Bespreking	33

4.3	Circulatieleidingen.....	34
4.3.1	EPB-software	34
4.3.2	Excel.....	34
4.3.3	Bespreking.....	34
4.4	E-peil.....	37
4.4.1	EPB-software	37
4.4.2	Excel.....	38
4.4.3	Bespreking.....	38
5.	Toekomstvisie.....	41
6.	Besluit.....	43
 Bibliografie.....		45
Bijlage.....		49
	Bijlage A.....	49
	Bijlage B.....	50
	Bijlage C.....	51
	Bijlage D.....	55
	Bijlage E.....	56
	Bijlage F.....	57
	Bijlage G – Excel Visual Basic.....	59

Lijst met tabellen

Tabel 1: Ventilatiesystemen [8]	4
Tabel 2: Opbouw schildelen	8
Tabel 3: Opbouw buitenschrijnwerk	9
Tabel 4: Gegevens warmteopwekkingsysteem	10
Tabel 5: Algemene gegevens circulatieleiding	11
Tabel 6: Algemene gegevens segmenten.....	11
Tabel 7: Gegevens segmenten	11
Tabel 8: Gegevens warmtewisselaar	11
Tabel 9: Bouwknopen in serviceflats.....	16
Tabel 10: Richtlijnen berekening PSI-waarde.....	19
Tabel 11: Temperatuurregime	22
Tabel 12: Plaats van het segment	22
Tabel 13: Optimale leidingisolatie.....	22
Tabel 14: Forfaitaire rekenwaarden van het verdeelrendement	25
Tabel 15: Forfaitaire rekenwaarden van het opslagrendement	25
Tabel 16: Invloed isolatiedikte	34
Tabel 17: Overzicht isolatie circulatieleidingen	36
Tabel 18: Verschillende toestellen voor berekening.....	37
Tabel 19: Resultaten van de verschillende opties.....	38
Tabel 20: Isolatiematerialen.....	55
Tabel 21: Warmtepompen	56
Tabel 22: resultaten Warmtepomp/condensatieketel EPB-software.....	58

Lijst van figuren

Figuur 1: Eisen in verband met hernieuwbare energie.....	4
Figuur 2: Ventilatie-eisen [9].....	5
Figuur 3: scheidingsconstructie EPB-software.....	7
Figuur 4: Ventilatie EPB-software.....	9
Figuur 5: Werking warmtepomp.....	12
Figuur 6: Werking condenserende waterketel [17].....	13
Figuur 7: Opbouw invulkader muur.....	18
Figuur 8: Invulkader ramen.....	19
Figuur 9: Opbouw invulkader bouwknopen.....	19
Figuur 10: kader van het K-peil.....	20
Figuur 11: Overzicht berekening prijs.....	20
Figuur 12: Voorbeeld muur 1.....	21
Figuur 13: Overzicht berekening nieuwe prijs.....	21
Figuur 14: Invloed leidinglengte.....	26
Figuur 15: Samenvatting EPB-software.....	27
Figuur 16: Gegevens (muur) serviceflats.....	28
Figuur 17: Berekend K-peil.....	29
Figuur 18: Kostprijs basisgegevens.....	30
Figuur 19: Muurisolatie.....	30
Figuur 20: Vloerisolatie.....	31
Figuur 21: Dakisolatie.....	31
Figuur 22: Prijs op basis van gekozen materialen.....	32
Figuur 23: Simulatie 1.....	32
Figuur 24: Simulatie 2.....	32
Figuur 25: Simulatie 3.....	32
Figuur 26: Overzicht simulaties kostprijs.....	33
Figuur 27: Hoogst haalbaar K-peil tegen goedkoopste prijs.....	33
Figuur 28: Maximaal toelaatbare U-waarden.....	49
Figuur 29: EPB-eisen.....	50
Figuur 30: Serviceflats – positie segmenten.....	51
Figuur 31: Serviceflats – positie segmenten.....	52
Figuur 32: Serviceflats – positie segmenten.....	53
Figuur 33: Serviceflats – positie segmenten.....	54

Lijst met begrippen, symbolen en afkortingen

Begrippen

Beschermd volume

Het beschermd volume is het volume van alle ruimten in de constructie die op een thermische manier afgeschermd zijn van de buitenomgeving. De buitenomgeving bevat zowel de lucht en grond alsook alle ruimtes die niet tot het beschermd volume horen. Een niet geïsoleerde kelder zal dus niet behoren tot het beschermd volume.

Bouwknop

Deze term is een verzamelnaam voor alle plaatsen in de gebouwschil waar er mogelijk extra warmteverlies kan optreden. Dit extra warmteverlies moet verplicht in rekening gebracht worden bij de berekening van het K- en E-peil.

Bouwschil

De bouwschil van bijvoorbeeld een woning vormt de grens tussen de binnenzijde van deze constructie en de buitenzijde. Het beschermt de woning tegen warmteverliezen naar buiten toe en naar onverwarmde ruimtes die aan de woning grenzen.

Combilus

Een gemeenschappelijke circulatieleiding die dienst doet voor warm tapwater en ruimteverwarming. De warmte voor het water en de verwarming wordt in iedere wooneenheid afgegeven aan een opslagvat of een doorstroomwarmtewisselaar.

E-peil

Het E-peil is een maat voor de energieprestatie van een woning. Er wordt rekening gehouden met de vaste installaties van de woning in standaardomstandigheden.

EP-volume

Een gebouw of deel van een gebouw waarvan men de energieprestatie wil bepalen.

K-peil

Het K-peil duidt de globale warmte-isolatie van de woning aan. Dit isolatiepeil wordt berekend in functie van de compactheid van het beschermd volume en de totale warmtedoorgangscoefficiënt.

(Referentiewaarde van het) Karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik

Het E-peil wordt berekend aan de hand van het jaarlijkse primair energieverbruik en een referentiewaarde voor het jaarlijkse verbruik. Het primaire energieverbruik, in megajoule (MJ), is het verbruik van de woning zelf. De referentiewaarde voor het energieverbruik, in MJ, is het verbruik van een referentiewoning met hetzelfde verliesoppervlak en volume als de woning waarvoor het E-peil berekend moet worden.

Kyotoprotocol

Een verdrag, opgesteld in 1997 in de Japanse staat Kyoto, dat aanzet tot een vermindering van de broeikasgassen.

Lagetemperatuurketel

Een verwarmingssysteem gelijkend op de traditionele CV-ketels, maar dankzij moderne technieken zijn deze door de jaren heen steeds energiezuiniger geworden.

Warmtedoorgangscoefficiënt U / U-waarde

De warmtedoorgangscoefficiënt geeft de hoeveelheid warmte die door een constructie gaat per seconde per vierkante meter per temperatuurverschil in Kelvin. De U-waarde is de inverse van de R-waarde.

Warmtegeleidingscoefficient λ

De warmtegeleidingscoefficient of de thermische geleidbaarheid λ geeft aan hoe goed een bepaald type materiaal de warmte geleidt. Hoe lager deze waarde, hoe minder het de warmte geleidt en hoe beter het isoleert.

Warmteweerstand R / R-waarde

De R-waarde of warmteweerstand geeft aan hoe goed een materiaal isoleert. Het geeft het warmte-isolerend vermogen van een materiaal aan.

Symbolen

λ	$\frac{W}{mK}$	<i>Warmtegeleidingscoëfficiënt</i>
R	$\frac{m^2 K}{W}$	<i>Warmteweerstand</i>
U	$\frac{W}{m^2 K}$	<i>Warmtedoorgangscoefficiënt</i>
H	$\frac{W}{K}$	<i>Warmteoverdrachtscoëfficiënt</i>
Q	$\frac{W}{m^2}$	<i>Warmtestroomdichtheid</i>
Φ	W	<i>Warmtestroom</i>
ψ	$\frac{W}{mK}$	<i>Warmtedoorgangscoefficiënt (lijnbouwknop)</i>
χ	$\frac{W}{K}$	<i>Warmtedoorgangscoefficiënt (puntbouwknop)</i>

Afkortingen

COP

Coëfficiënt Of Performance is de prestatiecoëfficiënt om het rendement van een warmtepomp uit te drukken. De COP is de verhouding tussen de geleverde energie (afgegeven warmte) en de gebruikte energie (meestal elektriciteit).

EPB

EPB staat voor energieprestatie en binnenklimaat en is van toepassing voor nieuwe bouw- of verbouwprojecten waarvoor een bouwaanvraag nodig is. De regelgeving stelt eisen op voor het K-peil, E-peil en het binnenklimaat van een gebouw. De eisen zijn afhankelijk van het type gebouw (woning, school,...).

EPU

De EPU-rekenmethode is de methode om het E-peil te berekenen per eenheid voor kantoor- of schoolgebouwen. Dit zijn utilitaire gebouwen.

EPW

De EPW-methode is de rekenmethode die gebruikt wordt om het E-peil per wooneenheid te berekenen.

VEA

VEA staat voor het Vlaams Energieagentschap.

Abstract

Titel: Ontwikkeling van een tool ter ondersteuning van architecten, studiebureaus en/of bouwpromotoren in hun zoektocht naar de optimale configuratie van een constructie.

Auteurs: Jeroen Beerts & Tom Ruytinx

2015 - 2016

Promotor: Ing. Pascal Vannitsen

Onderwerp ter beschikking gesteld door ingenieursbureau **V-consult bvba**

Het onderwerp van deze masterproef werd ter beschikking gesteld door het ingenieursbureau V-consult dat gespecialiseerd is in energieprestatieregelgeving of voluit energieprestatie en binnenklimaat (EPB) van gebouwen.

Sinds 2006 is elk (ver-)bouwproject, waar een bouwvergunning voor nodig is, EPB-plichtig. Dit betekent dat de constructie een bepaalde isolatiewaarde en energetische waarde moet behalen, respectievelijk het K- en E-peil. Om deze waarden te berekenen, werd door het Vlaams Energieagentschap (VEA) de EPB-software ontwikkeld. Dit programma is echter tijdrovend en niet altijd even gebruiksvriendelijk.

Het doel van dit onderzoek is de ontwikkeling van een eenvoudige tool, waarin het K- peil en de optimale prijs berekend wordt. De aan de tool gekoppelde databank van beschikbare isolatiematerialen laat immers toe de scherpste prijs te berekenen rekening houdend met het vooropgestelde K-peil. Finaal werd de tool toegepast op een bestaand bouwproject van 11 serviceflats en vergeleken met de resultaten uit de EPB-software. Bijkomend werd de best mogelijke hernieuwbare energiebron voor dit specifieke project bepaald.

De tool is finaal in staat het K-peil te berekenen van eender welk gebouw met de daaraan gekoppelde kosten van het isolatiemateriaal. Het becijferde K-peil via de tool komt exact overeen met de EPB-software. De berekening van het E-peil is niet geïntegreerd in de tool, maar werd wel uitgewerkt voor het bovengenoemde project.

Abstract - English

Title: Development of a tool in support of architects, engineering departments and/or project developers in their search for an ideal configuration of a construction.

Authors: Jeroen Beerts & Tom Ruytinx

2015 - 2016

Promotor: Ing. Pascal Vannitsen

The subject of this master thesis is provided by engineering department **V-consult bvba**

The matter of this master thesis was provided by the engineering department V-Consult. One of V-Consults' specialties is the regulation of the energy performance of a construction.

Since 2006 every construction project, which needs a building permit, is obligated to complete an EPB-analysis. This means that the construction has to obtain a certain value for the insulation and an energetic value, K- and E-level respectively. To test if a building satisfies this regulation, a software program was designed by the Flemish Energy Bureau (VEA), called the EPB-software. Though this software is not always that user-friendly and sometimes it requires a lot of time from the user.

The main goal of this research is aimed at the development of a more streamlined program which is able to calculate the K-level and the best price. It contains a databank of available insulation materials which allows us to calculate the best price. The tool is applied on an existing project containing 11 service flats which will be compared with the results from the software. Additionally, the tool determines the best possible renewable energy source for this specific project.

At the moment the tool is able to calculate a K-level for any construction together with the total cost of the insulation materials. The K-level calculated by the tool is a good approximation compared to the EPB-software. The calculation of the E-level is not integrated into the tool but it was computed for the entire project.

1. Inleiding

Duurzaam bouwen is vandaag de dag een zeer belangrijk begrip in de bouwwereld. Sinds het Kyoto-protocol in 1997, dat als doel heeft het verminderen van de uitstoot van broeikasgassen, wordt er meer en meer aandacht besteed aan energiezuinig bouwen. De bouwsector heeft namelijk een groot aandeel in het uitstoten van broeikasgassen.

Om een constructie duurzaam te ontwikkelen zijn er een aantal wetten opgesteld. Deze wetten noemt men de EPB-regelgeving. Elk bouwwerk moet, afhankelijk van het bouwjaar, aan deze regelgeving voldoen. Meer specifiek moet elke constructie aan een vooropgesteld K-peil en E-peil voldoen. Om deze waarden te berekenen heeft het Vlaams Energieagentschap (VEA) een software ontwikkeld die dit proces vergemakkelijkt.

Op basis van deze EPB-software wordt een nieuwe vereenvoudigde tool gemaakt om het K-peil en de optimale prijs te berekenen. Bijkomend gaan we op zoek naar de beste hernieuwbare energiebron voor het specifieke project. Het doel van deze nieuwe tool is om architecten, ingenieurs en studiebureaus te helpen om een optimale configuratie voor de constructie te bekomen die zowel voldoet aan de EPB-regelgeving en die financieel voordelig is.

2. Wetgeving

De wetgeving rond energiezuinig bouwen werd vertaald in EPB-eisen en zijn afhankelijk van de datum van de bouwaanvraag. De afkorting EPB staat voor “Energieprestatie en Binnenklimaat” [1].

De eisen werden onderverdeeld in 3 categorieën:

- Thermische isolatie: K-peil, R- en U-waarde
- Energieprestatie: E-peil, netto energiebehoefte & hernieuwbare energie
- Binnenklimaat: ventilatie en oververhitting

Eisen i.v.m. thermische isolatie

Deze eisen stellen enkele waarden voorop waaraan elke bouwer of verbouwer moet voldoen. Het K-peil geeft het maximale peil van de globale warmte-isolatie van het gebouw weer [2]. Het is afhankelijk van de opbouw van de muren, vloeren, daken en ramen. De R- en U-waarden verschillen per materiaal. De R-waarde wordt gedefinieerd als de warmteweerstand. Hoe groter de warmteweerstand, hoe beter het K-peil. De warmtedoorgangscoefficiënt of de U-waarde is de inverse van de warmteweerstand van een materiaal. Hoe groter de U-waarde, hoe slechter het K-peil. De eisen rond de R- en U-waarden worden weergegeven in de tabel (bijlage A) [3]. Het K-peil en het E-peil dat van toepassing is voor het jaar 2016 staat aangegeven in de tabel (bijlage B). Sinds 2016 is een K-peil van 40 vereist.

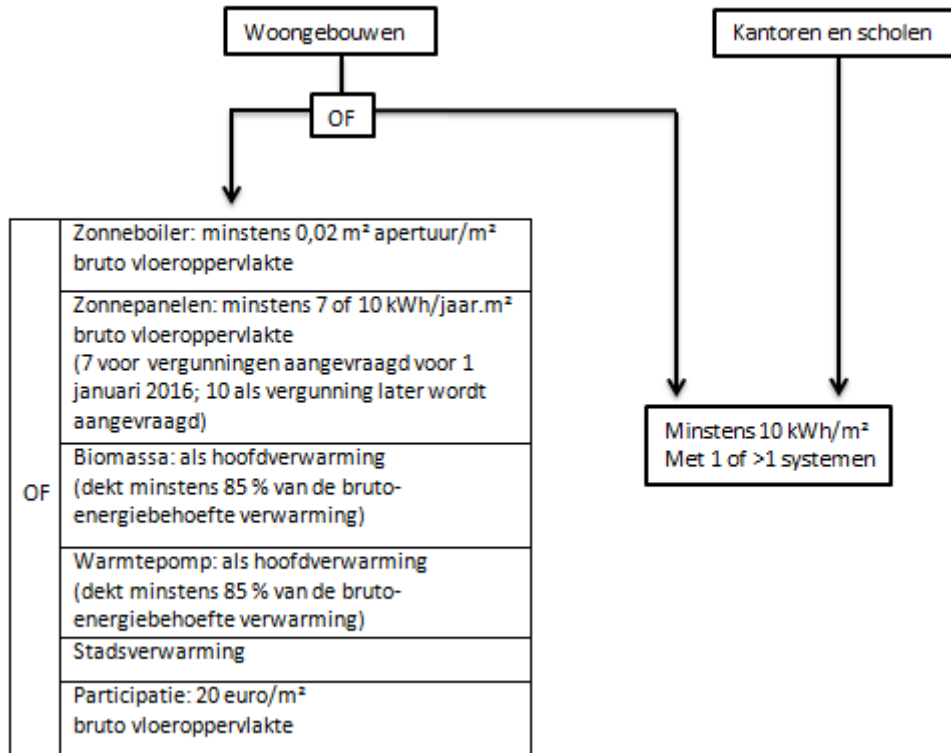
Ieder gebouw bevat ook verschillende bouwknopen. Een bouwknop is een plaats in de bouwschil waar extra warmte verloren gaat, vroeger ook wel ‘koudebruggen’ genoemd [4]. De knopen hebben een negatieve invloed op het K-peil. Een groot aantal bouwknopen betekent een aanzienlijke verhoging van het K-peil. Het is belangrijk dat men bij het ontwerp van een gebouw hieraan voldoende aandacht schenkt.

Het E-peil is een maat voor de energieprestatie van een woning. Het wordt beïnvloed door de thermische isolatie, de compactheid van het gebouw, de luchtvochtigheid, de oriëntatie en de bezonning op het gebouw. Ook vaste installaties zoals de verwarming en de ventilatie hebben invloed op de waarde van het E-peil. Zoals bij het K-peil geldt hier ook, hoe lager het E-peil, hoe beter. In 2015 werd een E-peil van E60 geëist, vanaf 2016 is deze eis verstrengt tot E50 [5].

Eisen i.v.m. energieprestatie

Naast de regelgeving rond het E-peil worden ook eisen gesteld aan het netto-energieverbruik in een ruimte. Door hier een maximale waarde op te leggen vermindert de vraag naar warmte. Men kan de energiebehoefte verminderen door scheidingsconstructies thermisch goed te isoleren, ventilatieverliezen te beperken en de warmtewinsten optimaal te benutten.

Vanaf 2014 is het ook verplicht voor elke nieuwbouw om een minimale hoeveelheid energie te halen uit hernieuwbare bronnen [6]. Men dient één van de 6 maatregelen toe te passen die afgebeeld staan in figuur 1. Men kan ook kiezen om een combinatie toe te passen van enkele van de 6 maatregelen, maar dan is men verplicht uit deze combinatie minstens 10 kWh/jaar energie per m² bruikbare vloeroppervlakte halen.



Figuur 1: Eisen in verband met hernieuwbare energie

Eisen i.v.m. binnenklimaat

Eisen in verband met ventilatie zijn voor elk gebouw van toepassing. Echter indien het gaat om een verbouwing van een industrieel gebouw zijn deze eisen niet van toepassing. Bij een nieuwbouw moet een volledig ventilatiesysteem voorzien worden [7]. Men heeft de keuze uit verschillende systemen namelijk A, B, C en D. De betekenis van ieder systeem staat aangegeven in tabel 1.

Systeem	Toevoer	Afvoer
A	natuurlijk	vrij
B	mechanisch	vrij
C	natuurlijk	mechanisch
D	mechanisch	mechanisch

Tabel 1: Ventilatiesystemen [8]

Iedere ruimte in de woning moet een voldoende toevoer van zuivere lucht hebben. Dit wordt gerealiseerd door een aantal eisen op te stellen met noodzakelijke debieten. De nodige toevoer en afvoer voor iedere ruimte wordt weergegeven in figuur 2.

ruimte		nominale debiet		debiet mag beperkt worden tot	minimale spleet onder de deur
		algemene regel	minimaal debiet		
toevoer	woonkamer	3,6 m³/h.m²	75 m³/h	150 m³/h	
	slaapkamer		25 m³/h		
	studeerkamer			72 m³/h	
	speelkamer				
doorstroom als afvoer uit de ruimte	woonkamer		25 m³/h		70 cm²
	slaapkamer				
	studeerkamer				
	speelkamer				
doorstroom als toevoer naar de ruimte	keuken		50 m³/h		140 cm²
	badkamer		25 m³/h		
	was- en droogplaats				70 cm²
	wc				
afvoer	keuken	3,6 m³/h.m²	50 m³/h		
	badkamer				
	was- en droogplaats				
	open keuken		75 m³/h		
	wc	25 m³/h			

Figuur 2: Ventilatie-eisen [9]

Om de kwaliteit van het ventilatiesysteem te verbeteren is het sinds dit jaar verplicht om een ventilatievoorontwerp en een ventilatieverslag op te laten maken. Dit verslag dient opgesteld te worden door een EPB-verslaggever of extern persoon. Het voorontwerp geeft aan welk systeem zal gebruikt worden. Het rapport wordt opgesteld na de werken en geeft de kenmerken alsook de behaalde prestaties van het ventilatiesysteem weer.

Tot slot is er nog de eis voor oververhitting. Deze factor moet onder een bepaalde maximale waarde liggen. Indien de datum voor de aanvraag van de bouw na 1 januari 2014 is gebeurd, is de maximaal toegelaten waarde 6500 Kh. Voor een laag E-peil is het interessant om het oververhittingsrisico laag te houden. Als men bijvoorbeeld extra moet gaan koelen vanwege oververhitting gaat het energieverbruik automatisch omhoog.

Om het risico op oververhitting te beperken kan men verschillende voorzorgsmaatregelen toepassen. Bij het bouwontwerp kan men al rekening houden met de oriëntatie van het gebouw. Zo is een lichte bouwwijze ook meer gevoelig voor oververhitting, dit omdat deze een minder grote thermische capaciteit heeft. Ook de plaatsing van de ramen en het type van beglazing is belangrijk. Nadien kan men gebruik maken van zonneweringen of luifels om de oververhitting te beperken [10].

3. Onderzoek

Tijdens deze masterproef zullen we gebruik maken van twee verschillende programma's. Enerzijds de EPB-software en anderzijds Excel gekoppeld aan Visual Basics waarin de uiteindelijke tool gecreëerd wordt. In de volgende hoofdstukken zal duidelijk worden waarvoor de EPB-software dient en hoe we de tool in Excel ontworpen hebben.

3.1 EPB-software

Tot op heden baseerden energiedeskundigen zich vooral op de EPB-software om de juiste opbouw van de verschillende schildelen van een gebouw te bepalen waarbij aan de nodige eisen is voldaan. Met de software bestudeert men eerst de opbouw van de schildelen en vervolgens de technische installaties. Op basis hiervan kan de EPB-software het K- en E-peil berekenen die dan op hun beurt worden vergeleken met de norm.

Voor het creëren van de tool hebben we ons gebaseerd op een tiental serviceflats. De bouwplannen met de daarbij horende gegevens werden ter beschikking gesteld door V-consult. De beschikbare data werden verwerkt in de EPB-software, te beginnen met de verschillende scheidingsconstructies. Vervolgens werden ook de gegevens omtrent ventilatie, verwarming, sanitair warm water, circulatieverwarming en tot slot de bouwknopen verwerkt in de EPB-software.

3.1.1 Scheidingsconstructies

In dit onderdeel wordt alle informatie aangaande muren, ramen, vloeren, daken en dergelijke ingegeven in de software. Figuur 3 geeft een overzicht van de opbouw van een muur in de EPB-software. De materialen met hun verschillende diktes worden eerst ingegeven, waarna het programma de bijhorende R-waarde en algemene U-waarde berekent.

Scheidingsconstructies 'Muur_flat01_G'

Naam : Muur_flat01_G

Type : Muur (spouwmuur.ref)

Oppervlakte : 52,64 m²

Begrenzing : Buitenomgeving

Directe invoer U-waarde : Ja Neen

Lagen

Buiten Externe thermische oppervlakteweerstand Rse = 0,04 [m²K/W]

#	Type laag	Type materiaal	Dikte [m]	Opties	R [m ² K/W]	...
1	Metselwerk	Stenen van gebakken aarde (Elementen van ...) Dunbedmortel .ref - λU: 0.53	0.099		0,161	
2	Laag bestaat uit één homogeen mate...	Matig geventileerde luchtlaag (Luchtlaag)	0.01		N.V.T.	
3	Laag bestaat uit één homogeen mate...	PUR.ref - λU: 0.023	0.12		5,217	
4	Metselwerk	snelbouw nelissen .ref - λU: 0.18 Dunbedmortel .ref - λU: 0.53	0.19		0,581	
5	Laag bestaat uit één homogeen mate...	Gipsbepoelstering (Gipsen, mortels en bepleisterin...	0.01		0,019	

Binnen

Warmteweerstand (van opp. tot opp) Rt = - - - [m²K/W]
Oppervlaktewarmteweerstand binnen Rsi = 0,13 [m²K/W]
Totale warmteweerstand RT = 6,19 [m²K/W]
Indicatieve U-waarde U = 0,18 [W/m²K]

Figuur 3: scheidingsconstructie EPB-software

De opbouw van de schildelen en buitenconstructies van de serviceflats staan weergegeven in tabel 2 en tabel 3.

Schildelen					
Schildeel	Type	Dikte (m)	U-waarde W/m ² K	U-max W/m ² K	
1	Muur type 1	Stenen van gebakken aarde	0,099	0,17	0,24
		Matig geventileerde luchtlaag	0,01		
		PUR $\lambda = 0,023 \text{ W/(m.K)}$	0,14		
		Snelbouw Nelissen	0,19		
		Gipsbepleistering	0,01		
2	Muur type 2	Minerale wol $\lambda = 0,05 \text{ W/(m.K)}$	0,04	0,50	1
		Snelbouw Nelissen	0,19		
		gipskartonplaat	0,01		
3	Muur type 3	Snelbouw Nelissen	0,19	0,52	0,10
		Gipskartonplaat	0,015		
		Minerale wol $\lambda = 0,05 \text{ W/(m.K)}$	0,03		
		Gipskartonplaat	0,015		
4	Vloer type 1	Vooraf vervaardigde ruwe vloerplaten van holle delen van gebakken klei – 2 holten	0,12	0,18	0,30
		Zwaar normaal gewapend beton	0,06		
		PUR $\lambda = 0,023 \text{ W/(m.K)}$	0,12		
		Zwaar normaal gewapend beton	0,07		
		Grèstegels	0,01		
5	Vloer type 2	Vooraf vervaardigde ruwe vloerplaten van holle delen van gebakken klei – 2 holten	0,12	0,18	1
		Zwaar normaal gewapend beton	0,06		
		PUR $\lambda = 0,023 \text{ W/(m.K)}$	0,12		
		Zwaar normaal gewapend beton	0,07		
		Grèstegels	0,01		
6	Dak	Bitumenmembraan (Verscheidene materialen)	0,01	0,15	0,27
		Zwaar normaal ongewapend beton	0,05		
		PUR $\lambda = 0,023 \text{ W/(m.K)}$	0,14		
		Zwaar normaal gewapend beton	0,07		
		Vooraf vervaardigde ruwe vloerplaten van holle delen van gebakken klei - 2 holten	0,16		

Tabel 2: Opbouw schildelen

Buitenschrijnwerk				
Schildeel		Onderdelen	U-waarde	U-max
1	Ramen	Beglazing: meervoudige beglazing <i>Ug-waarde: 1,1 W/(m²K)</i> <i>g-waarde: 0,60</i>	1,10 1,59	1,10
		Profiel: ALU <i>Uf-waarde: 2,50 W/(m²K)</i>		
		Thermisch verbeterde afstandhouders		

Tabel 3: Opbouw buitenschrijnwerk

3.1.2 Ventilatie

Zoals eerder beschreven dienen bepaalde ruimten geventileerd te worden. Voor de noodzakelijke debieten en eisen verwijzen we opnieuw naar figuur 2. In deze serviceflats is gekozen voor een C-systeem, dat werkt via een natuurlijke toevoer (ventilatieroosters) en mechanische afvoer. Figuur 4 geeft de benodigde debieten voor één bepaalde flat in de EPB-software weer.

Ventilatie 'Ventilatiesyst1'

Ventilatiesysteem : C-Natuurlijke toevoer, mechanische afvoer

Vraaggestuurde ventilatie : Ja Neen

Commentaar in verband met het ventilatiesysteem (leeg)

Hygiënische ventilatie Voorverwarming Uitvoeringskwaliteit Voorkoeling Hulpenergie

Commentaar in verband met de hygiënische ventilatie (leeg)

Ruimten

Naam (Soort bezetting)	Oppervlakt [m²]	Toevoer			Doorstroom		Afvoer		
		Min. toev. [m³/h]	Toevoer [m³/h]	Max. toev. [m³/h]	Min. doorstr. [m³/h]	Doorstr. [m³/h]	Min. afv [m³/h]	Afvoer [m³/h]	
leefruimte_flat01 (...)	28,32	101,952	197,902	/	25,00	25,00	/	0,00	0
slaapkamer_flat01...	14,13	50,879	56,71	/	25,00	35,28	/	0,00	0
Badkamer_flat01 (...)	6,09	/	0,00	/	25,00	35,28	50,00	50,00	0
kitchenette_flat01 ...	/	/	0,00	/	50,00	50,00	75,00	75,00	0
Berging_flat01 (B...	/	/	/	/	/	/	/	/	0
Totaal:		152,831	254,612				125,00	125,00	

Figuur 4: Ventilatie EPB-software

3.1.3 Verwarming

Verwarmen is de belangrijkste energiepost in huis [11], dit kan op 3 manieren gebeuren. Er kan gekozen worden voor een lokale, een centrale en een gedeelde collectieve of centrale verwarming. In de serviceflats werd gekozen voor een gedeelde centrale verwarming, meer bepaald een combilus. Dit is een gemeenschappelijke circulatieleiding die dienst doet voor

warm tapwater en ruimteverwarming. Het wordt toegepast voor meerdere EP-volumes of collectieve wooneenheden. Een EP-volume is een gebouw of deel van het gebouw waarvoor men de energieprestatie wil bepalen. De warmte voor het warm tapwater en de ruimteverwarming per EP-volume wordt afgegeven aan een opslagvat (satellietboiler) of aan een warmtewisselaar (afleverset). De serviceflats zijn uitgerust met een combilus in combinatie met warmtewisselaars. Dit laatste is een apparaat dat warmte van de ene vloeistof of gas gescheiden overbrengt naar het andere. De combilus wordt het hele jaar door gebruikt voor ruimteverwarming en warm tapwater en is in bedrijf indien de circulatiepomp is ingeschakeld. Aangezien de combilus wordt toegepast voor een 10-tal serviceflats, wordt verondersteld dat het systeem continu in bedrijf is [12].

Het rendement van de combilus is afhankelijk van een aantal verliezen. Zo zijn er de opslagverliezen in de opslagvaten, verliezen in de afleversets en verliezen van de circulatieleidingen en de leidingen tussen de combilus en de gemeenschappelijke warmteopwekker.

Om het combilus-systeem aan te geven in de EPB-software, dient men eerst de data van het warmteopwekkingssysteem te kennen (tabel 4). Het ingeven van een combilus in de EPB software gebeurt als volgt. Eerst dient men de gegevens van het warmteopwekkingssysteem in te vullen. De informatie van het systeem staat vermeld in tabel 4. Er zullen echter meerdere systemen aan bod komen, maar voor deze specifieke informatie zal verwezen worden naar de bijlage. Daarnaast moeten de circulatieleidingen gekend zijn. De algemene gegevens van de leidingen en segmenten staan aangegeven in tabel 5, tabel 6 en tabel 7. In bijlage C worden de posities van deze segmenten weergegeven.

Gegevens warmteopwekkingssysteem	
Merk:	Viessman
Product-ID	CT3B 248
Soort toestel	condenserende waterketel
Energiedrager	aardgas
Vermogen	248 kW
Het toestel staat buiten het beschermd volume	ja / nee
Opslagcapaciteit	300 l
Directe verwarming	ja / nee
De ketel wordt op temperatuur gehouden	ja / nee
Dikte van de isolatie van het opslagvat	200 mm
Waarde bij ontstentenis voor het rendement	ja / nee
Testrendement bij 30% deellast	108%
Ketelinlaattemperatuur bij 30 % deellast	30 °C
Waarde bij ontstentenis voor de retourtemperatuur	ja / nee
Het toestel heeft een waakvlam	ja / nee
Ingebouwde ventilator	ja / nee
Elektronische regeling	ja / nee

Tabel 4: Gegevens warmteopwekkingssysteem

Algemene gegevens circulatieleiding	
Soort afgiftesysteem	radiatoren
Constante instelwaarde vertrektemperatuur	ja / nee
Zonder namenging m.b.v. een driewegmengkraan	ja / nee

Tabel 5: Algemene gegevens circulatieleiding

Algemene gegevens segmenten		
Segmenten	Lengte van het segment [m]	Omgeving van het segment
Segment 1	4,8	in een aangrenzende onverwarmde ruimte
Segment 2	6,5	in een aangrenzende onverwarmde ruimte
Segment 3	2	in een aangrenzende onverwarmde ruimte
Segment 4	1	in een aangrenzende onverwarmde ruimte
Segment 5	6	in een aangrenzende onverwarmde ruimte
Segment 6	1,5	in een aangrenzende onverwarmde ruimte

Tabel 6: Algemene gegevens segmenten

Gegevens segmenten			
Segmenten	Warmtegeleidingscoëfficiënt van de isolatie	Buitendiameter van de geïsoleerde leiding [mm]	Buitendiameter van de ongeïsoleerde leiding [mm]
Segment 1	0,026	110	40
Segment 2	0,026	102	32
Segment 3	0,026	110	40
Segment 4	0,026	102	32
Segment 5	0,026	102	32
Segment 6	0,026	102	32

Tabel 7: Gegevens segmenten

3.1.4 Sanitair warm water

De combilus wordt gebruikt voor de productie van sanitair warm water. Hiervoor dient het water van de verwarming via een warmtewisselaar te stromen voor de productie van warm tapwater. De gegevens van deze warmtewisselaars staan aangegeven in tabel 8.

Gegevens warmtewisselaar	
Begrenzing van de warmtewisselaar	in het beschermd volume
Oppervlakte van het omhullende lichaam	0,12 m ²
Thermische geleidbaarheid	0,035 W/mK
Minimale dikte van de isolatie	30 mm

Tabel 8: Gegevens warmtewisselaar

3.1.5 Gedeelde systemen

3.1.5.1 Circulatieleidingen

In het gebouw wordt gebruik gemaakt van circulatieleidingen om een snelle voorziening van sanitair warm water mogelijk te maken. Het water blijft zo op een hoge temperatuur waardoor ook aan de legionella-wetgeving is voldaan. In de leidingen wordt het water continu rondgepompt wat grote energieverliezen met zich meebrengt. Het primair energieverbruik stijgt hierdoor en is dus nadelig voor het E-peil. Het isoleren van de leidingen is daarom van groot belang.

3.1.5.2 Warmteopwekkingssysteem

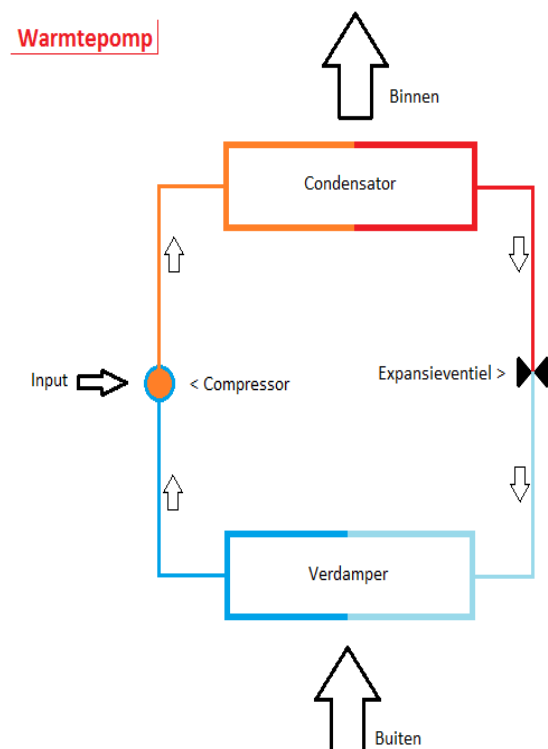
Warmtepomp

Een warmtepomp is een toestel dat de mogelijkheid geeft om een constructie op een ecologische en rendabele manier te verwarmen. Het is een zuinig alternatief in vergelijking met de verwarmingsketel of een aardgasaansluiting. De meeste verwarmingssystemen halen namelijk hun energie bijna volledig uit brandstof. Een warmtepomp gebruikt slechts een klein deel brandstof, de pomp onttrekt haar energie grotendeels (70-80%) aan de omgeving.

Een warmtepomp is in staat om de gratis warmte uit de natuur te gebruiken om een gebouw te verwarmen. Zo kan het de warmte uit de bodem, het grondwater of de buitenlucht halen en deze van een lage temperatuur naar een hoge temperatuur brengen, zodat ze erna gebruikt kan worden voor de centrale verwarming of voor de productie van warm water. Een warmtepomp wordt gekenmerkt door zijn prestatiecoëfficiënt of *coëfficiënt of performance* (COP). Deze coëfficiënt wordt gebruikt om het rendement van de warmtepomp uit te drukken. Het is de verhouding tussen de geleverde energie en de gebruikte energie. Een warmtepomp gebruikt meestal elektriciteit om dan via de grond of lucht warmte aan de woning te leveren.

Een warmtepomp maakt gebruik van een koelvloeistof die door het gehele systeem circuleert. Deze koelvloeistof onttrekt warmte aan de omgeving en geeft deze vervolgens af aan het gebouw. De warmtepomp bestaat uit volgende vier systemen: een verdamper, een compressor, een condensator en tot slot een expansieventiel.

De koelvloeistof verdampt reeds bij een lage temperatuur. Nadat de vloeistof warmte heeft onttrokken aan de omgeving zal deze verdampen, die damp zal vervolgens naar de compressor geleid worden waar deze wordt samengedrukt. Door deze compressie zal de temperatuur van de damp stijgen. Om deze compressie te veroorzaken is een kleine hoeveelheid traditionele brandstof nodig, vb. elektriciteit. Nadien zal de warme damp zich



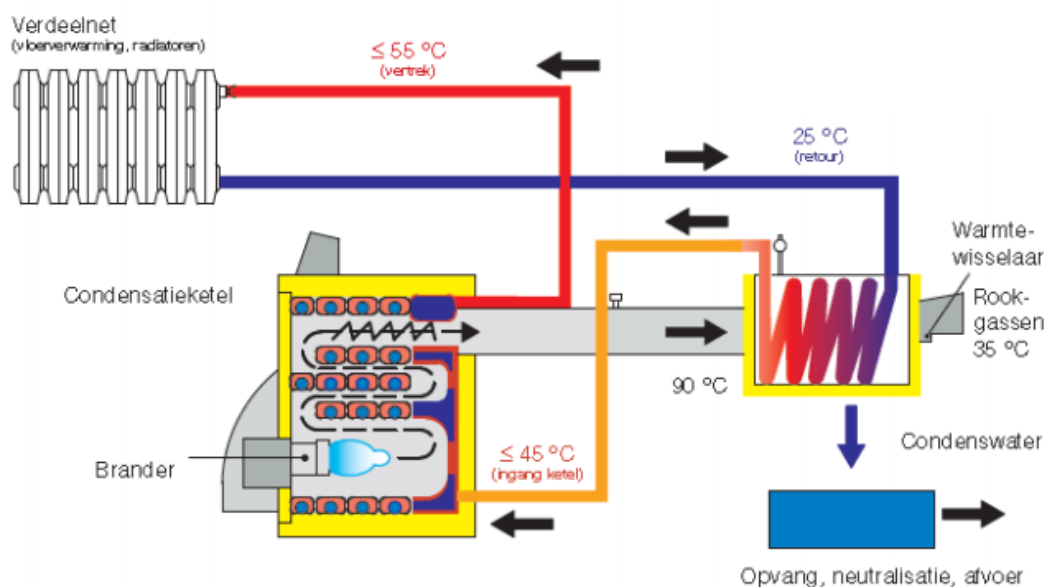
Figuur 5: Werking warmtepomp

verplaatsen naar de condensator, waar de warmte afgegeven wordt aan de woning waardoor de damp zal condenseren. Tot slot verhuist de damp verder naar het expansieventiel waar er een drukvermindering van de damp plaatsvindt. Op deze manier is de cyclus rond en kan de koelvloeistof opnieuw warmte onttrekken aan de omgeving [13] [14].

Condenserende waterketel

Een condensatieketel (hoogrendementsketel) is een tweede soort toestel waarmee energie bespaard kan worden. In vergelijking met een lagetemperatuurketel zorgt een condenserende ketel voor een energiebesparing van 10 %. Het verschil tussen een traditionele ketel en een condensatieketel is dat een condensatieketel een deel van de waterdamp in de verbrandingsgassen kan condenseren, waardoor er opnieuw extra warmte kan bijgemaakt worden. De ketel kan gecombineerd worden met talloze toestellen zoals een thermostaat of een bepaald zonne-energie systeem, wat tot een optimale energiebesparing leidt.

De warmte geproduceerd door een condensatieketel komt van de verbranding van een brandstof en uit de condensatie van hete rookgassen, gevormd bij deze verbranding. Een condensatieketel is voorzien van een warmtewisselaar. Het koude retourwater, afkomstig van de radiatoren of vloerverwarming, komt samen met de hete rookgassen in deze warmtewisselaar. Op deze manier kan een deel van de waterdamp van deze rookgassen condenseren waarbij er nuttige warmte vrijkomt [15] [16] [17].



Figuur 6: Werking condenserende waterketel [17]

Doordat de rookgassen gebruikt worden om het retourwater voor te verwarmen moet de ketel minder energie leveren om het water opnieuw op te warmen.

Een verwarmingssysteem gebruikt circulatieleidingen om de warmte doorheen de gehele woning te verspreiden. Het is uiterst belangrijk dat men deze leidingen voorziet van een goede isolatie. Indien men deze slecht isoleert of zelfs helemaal niet isoleert gaat er een groot deel van de warmte verloren doorheen de wand van de leidingen.

Condenserende waterketel in combinatie met thermisch zonne-energiesysteem of warmtepomp

- Een zonne-energiesysteem

Een condensatieketel op zich levert al een energiebesparing van 10 % op, een combinatie van deze ketel met een zonne-energiesysteem kan zelfs extra rendement opleveren. Een condensatieketel is combineerbaar met thermische zonnepanelen en een zonneboiler. De zonne-energiesystemen leveren dan voornamelijk de warmte. Indien de zon onvoldoende is, kan de condensatieketel voor bijkomende warmte zorgen. Op deze manier werkt dit systeem samen om altijd warm water te voorzien met daarbovenop een maximale energiebesparing [18] [19].

- Een warmtepomp

Naast het combineren met een systeem dat zijn energie uit de zon haalt, kan men een condensatieketel ook combineren met een systeem dat zijn energie uit de grond of lucht haalt. Een groot voordeel aan dit systeem is dat de gebruiker zijn volledige warmwatervoorziening kan opwekken met voorgenoemde combinatie. In vergelijking met het zonne-energiesysteem kan de warmtepomp namelijk wel nog energie onttrekken aan de omgeving op minder zonnige dagen [20] [21].

Zonnecollectoren

Zonnecollectoren worden vaak verward met zonnepanelen. Er is echter één groot verschil, zo zet een zonnepaneel zonlicht om in elektriciteit met als doel groene energievoorziening. Een zonnecollector start van ditzelfde principe maar zet het zonlicht omzet in warmte in plaats van elektriciteit. Deze warmte kan dan vervolgens gebruikt worden om een ruimte te verwarmen of om het sanitair water op te warmen.

Een zonnecollector werkt samen met een zonneboiler en een regeling. De werking van dit systeem is vergelijkbaar met dat van de warmtepomp. Wanneer het zonlicht op de collector schijnt zal de absorber dit licht omzetten naar warmte, die vervolgens overgedragen wordt naar een warmte dragende vloeistof. Vervolgens wordt deze vloeistof naar de warmtewisselaar in de boiler getransporteerd waar het wordt afgegeven aan het sanitair water. Op deze manier voorziet dit systeem de gebruiker van warm water. Door het afgeven van de warmte aan het water wordt de warmtedragende vloeistof afgekoeld, die dan vervolgens terugkeert naar de collector waar het proces opnieuw kan herhaald worden.

Een collector is opgebouwd uit metalen buisjes die door de zon worden opgewarmd. Deze warmte wordt vervolgens doorgegeven aan een warmtedragende vloeistof in de buizen. Men kan twee soorten collectoren onderscheiden, nl. vlakke en vacuüm zonnecollectoren. Een vlakke collector bestaat uit een ondiepe bak waarin isolatiemateriaal en metalen buisjes bevestigd zijn. De bak wordt afgedekt met een glazen plaat. Het zonlicht verwarmt de bak waardoor de buisjes ook verwarmen. Door de vloeistof die door de buisjes stroomt kan de warmte vervoerd worden. Een vacuüm zonnecollector werkt met vacuümbuizen. Deze isoleren nog beter dan een gewoon isolatiemateriaal waardoor er minder warmte verloren gaat. Dit maakt vacuüm collectors wel duurder, maar de opbrengt van zo'n collector is natuurlijk hoger [22].

3.1.6 Bouwknopen

Bouwknopen kunnen op 3 verschillende manieren in rekening worden gebracht in de EPB-software. Hieronder staan de 3 opties beschreven.

Optie A

Alle bouwknopen worden in deze methode op een zo exact mogelijk wijze in rekening gebracht, wat gebeurt op basis van numerieke berekeningen.

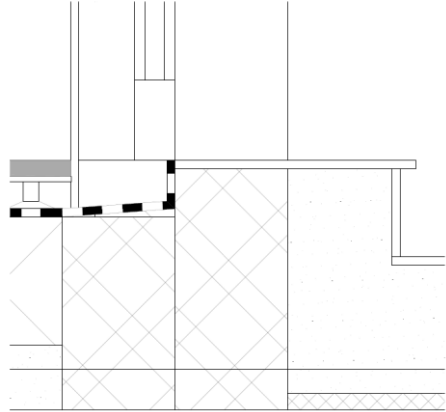
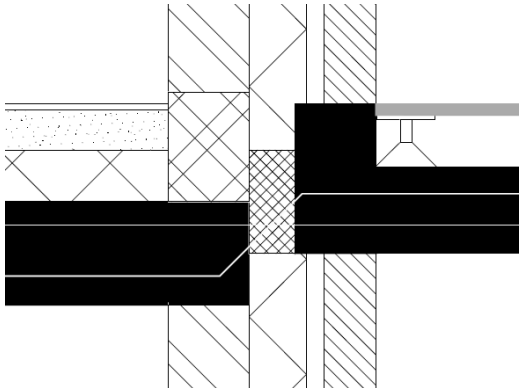
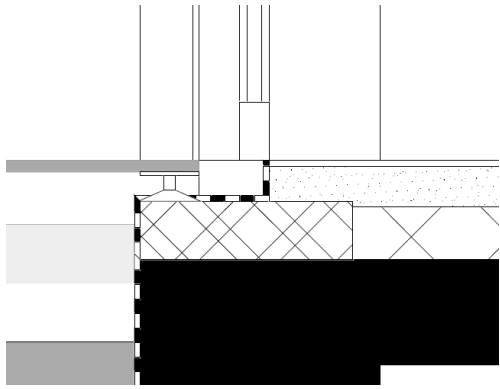
Optie B

De bouwknopen worden onderverdeeld in 3 categorieën: niet-EPB-aanvaarde lijnvormige bouwknopen, puntvormige bouwknopen en EPB-aanvaarde bouwknopen met betere waarden. De lengte en het type bouwknoop dienen gekend te zijn.

Optie C

Het effect van de bouwknopen op het K-peil en E-peil wordt niet berekend. Daarom wordt er een forfaitaire toeslag aangerekend van maximaal 10 K-peil punten. De werkelijke invloed van de bouwknopen kan hoger of lager zijn dan de forfaitaire toeslag [4] [23] [24].

De bouwknopen in de serviceflats werden berekend via optie B. De invloed van de knopen is belangrijk voor het globale E- en K-peil van de flats. De verschillende bouwknopen in de serviceflats staan aangegeven in tabel 9.

Nr.	Type	ψ_{lim} [W/mK]	Beschrijving
1	Venster- en deuraansluitingen	0,10	
2	Balkons - luifels	0,10	
3	Funderingsaanzetten	0,05	

Tabel 9: Bouwknopen in serviceflats

3.2 Excel

Het softwareprogramma Excel wordt gebruikt voor het creëren van de tool. In dit hoofdstuk beschrijven we stapsgewijs de opbouw. De tool bestaat uit verschillende tabbladen waar gegevens ingevuld worden en berekeningen gebeuren. De opbouw en de werking van ieder tabblad staat hieronder beschreven. Deze zijn als volgt gerangschikt: Gegevens, K-peil, kosten, circulatieleiding en E-peil. In Excel wordt er ook gebruik gemaakt van een aantal codes in Visual Basic om de gebruiksvriendelijkheid te verhogen. Een woordje uitleg over dit programma wordt gegeven in onderstaand hoofdstuk.

3.2.1 Visual Basic

De tool werd ontworpen in Excel en Visual Basic. Dit laatste is een onderdeel van Excel en biedt ondersteuning bij het bouwen van grafische applicaties. Het laat toe een aantal specifieke functies te schrijven alsook het maken van knoppen. Dit zorgt voor een gebruiksvriendelijker en eenvoudiger geheel.

De codes die we gemaakt hebben, staan aangegeven in bijlage G. Een eerste functie in de tool is het bepalen van de bijhorende warmtegeleidingscoëfficiënt van het gekozen materiaal. Zo wordt na het kiezen van het materiaal uit een keuzelijst de warmtegeleidingscoëfficiënt automatisch gekoppeld aan het materiaal. Een zelfde type functie werd gebruikt voor de dimensies van gevelstenen en snelbouwstenen. Verder werden knoppen gemaakt die toelaten het K-peil en de kostprijs te berekenen. De kostprijsberekening gebeurt aan de hand van simulaties. Om deze op te slaan en nadien te vergelijken werden ook knoppen voorzien. Tot slot werd er een reset-knop ontwikkeld om de cellen eenvoudig leeg te maken. Het ontwerp van de code wordt verder niet uitgewerkt.

3.2.2 Gegevens & K-peil

De eerste stap van deze tool bestaat erin de nodige informatie van de schildelen in te geven. Dit komt overeen met de EPB-software. Op basis van deze informatie wordt een K-peil bepaald. Deze handmatige berekening van het K-peil wordt hieronder verder uitgewerkt.

Ieder materiaal wordt gekenmerkt door een warmtegeleidingscoëfficiënt of een λ -waarde (lambda). Deze factor geeft de warmtegeleidbaarheid van een materiaal aan en wordt uitgedrukt in W/mK. Hoe groter deze waarde, hoe beter het materiaal de warmte geleidt of hoe minder goed het isoleert. De dikte van het onderdeel speelt hierbij ook een rol. Op basis van deze 2 factoren kan een R-waarde worden bepaald.

Formule: $R = d/\lambda$

R = warmteweerstand [m²K/W]

d = dikte van het materiaal [m]

λ = warmtegeleidingscoëfficiënt [W/mK]

De totale warmteweerstand van een scheidingsconstructie kan bepaald worden door de som van de warmteweerstanden van de verschillende lagen.

$$R_T = R_{si} + \sum R_i + R_{se}$$

R_{si} : overgangswarmteweerstand binnen

R_{se} : overgangswaarstand buiten

Aan de hand van de totale warmteweerstand wordt een U-waarde of warmtedoorgangscoefficiënt berekend. Hoe lager deze waarde, hoe beter het geheel isoleert. Men definieert de U-waarde als de inverse van de totale warmteweerstand $U = 1/R_T$ [25].

Het uiteindelijke K-peil wordt bepaald in functie van de gemiddelde warmtedoorgangscoefficiënt U_m en compactheid C van het gebouw. Dit laatste is de verhouding van het beschermd volume op de totale warmteverliesoppervlakte van het gebouw. We onderscheiden 3 mogelijkheden [26]:

- $C \leq 1$: $K = 100 \times U_m$
- $1 < C < 4$: $K = \frac{300 \times U_m}{\left(\frac{V}{At} + 2\right)}$
- $C \geq 4$: $K = 50 \times U_m$

Het ingeven van de schildelen gebeurt in een invulkader (figuur 7). Er wordt gewerkt met keuzelijsten om het type laag te kiezen en in het onderdeel opbouw kiest men de algemene groep van een materiaal. In de 2^{de} kolom specificeert men dit materiaal verder. De λ -waarde wordt automatisch aan het gekozen materiaal gekoppeld. De dikte en oppervlakte dient men ook in te geven. Indien het om een muur gaat met snelbouwstenen of gevelstenen dient ook het formaat, voegtype en voegdikte aangegeven te worden. Hierdoor wordt de warmtegeleidingscoefficient van de volledige muur(voeg + steen) berekend.

Muur 1					
Muren	<input checked="" type="radio"/> Buitenmuur <input type="radio"/> Buitenmuur in contact met volle grond <input type="radio"/> Muren tussen beschermd volume en niet-vorstvrije ruimte <input type="radio"/> Muren tussen beschermd volume en vorstvrije ruimte				
	Opbouw	Type	λ (W/m.K)	d (m)	Opp (m ²)
	Gevelsteen	Formaat	l (m)	b (m)	h (m)
		Voegtype	λ (W/m.K)	Voegdikte d(m)	
	Snelbouwsteen	Formaat	l (m)	b (m)	h (m)
		Voegtype	λ (W/m.K)	Voegdikte d(m)	

Figuur 7: Opbouw invulkader muur

Een gelijkaardige manier van ingeven wordt gebruikt voor vloeren en daken. Voor de ramen dient enkel de oppervlakte en de U-waarde ingevuld te worden. De warmtedoorgangscoefficiënt van ramen is een oppervlakte gewogen gemiddelde van de U-waarden van glas, raamprofiel, eventuele vulpaneel en het product van de lengte en lineaire warmtedoorgangscoefficiënt van de gebruikte afstandhouders. Figuur 8 geeft een overzicht van het invulkader van de ramen.

Ramen	Oppervlakte (m ²)	U (W/m ² K)
raam 1		
raam 2		
raam 3		

Figuur 8: Invulkader ramen

Tot slot kunnen ook de bouwknopen ingerekend worden via een gelijkaardig kader. Dit staat aangegeven in figuur 9. Het type bouwknop dient eerst gedefinieerd te worden. Dit levert een PSI-limietwaarde op die in de kolom ernaast omgerekend moet worden in een nieuwe PSI-waarde. Dit laatste zal dan vermenigvuldigd worden met de lengte van de bouwknop om het verlies in rekening te brengen. De 2^{de} PSI-waarde wordt aan de hand van een aantal richtlijnen bepaald. Deze staan aangegeven in tabel 10.

Bouwknopen				
Nr.	Type bouwknop	PSI lim (W/mK)	PSI (W/mK)	Lengte (m)
1				
2				
3				

Figuur 9: Opbouw invulkader bouwknopen

<i>lineaire bouwknop</i>	<i>Algemeen</i>	
	Bouwknop zonder thermische onderbreking voor structurele aansluitingen in metaal of gewapend beton	0,90 + PSI lim W/m.K
	Bouwknop met thermische onderbreking voor structurele aansluiting met puntsgewijze doorverbindingen in metaal	0,40 + PSI lim W/m.K
	andere	0,15 + PSI lim W/m.K

Tabel 10: Richtlijnen berekening PSI-waarde

Als alle data geïntegreerd zijn, kan hieruit het K-peil berekend worden (figuur 10). In de eerste plaats dient men het beschermd volume in te geven. Vervolgens wordt de totale oppervlakte, het warmteverlies van het verliesoppervlak, de gemiddelde warmtedoorgangscoefficiënt en de volumecompactheid op de achtergrond berekend op basis van de ingevulde gegevens. Tot slot geeft Excel het peil van de globale warmte-isolatie weer bij één van de 3 mogelijkheden. Deze zijn afhankelijk van de compactheid van het gebouw.

K-peil				
Bereken K-peil	Beschermd volume	V =		m ³
	Totale oppervlakte	At =		m ²
	Warmteverlies van het verliesoppervlak	$\sum k \times A \times a =$		W/K
	Gemiddelde warmtedoorgangs-coëfficiënt	ks =		W/m ² .K
	Volumecompactheid	V/A		m
	Peil van de globale warmte-isolatie	Als $V/A, \leq 1 : k, \times 100 =$ Als $1 \leq V/A, \leq 4 : k, \times 300((V/A, +2) =$ Als $V/A, \geq 4 : k, \times 50 =$		Reset

Figuur 10: kader van het K-peil

In de eerste plaats dient men het beschermd volume in te geven. De tool geeft een foutmelding indien dit niet gebeurt. Vervolgens wordt de totale oppervlakte, het warmteverlies van het verliesoppervlak, de gemiddelde warmtedoorgangscoëfficiënt en de volumecompactheid op de achtergrond berekend op basis van de ingevulde gegevens. Tot slot geeft Excel het peil van de globale warmte-isolatie weer bij één van de 3 mogelijkheden. Deze zijn afhankelijk van de compactheid van het gebouw.

3.2.3 Kosten

De totale kostprijs voor isolatie wordt berekend op basis van de gekozen materialen. Een overzicht van dit rekenblad wordt weergegeven in figuur 11. De beschikbare isolatiematerialen kan men terugvinden in Bijlage D. Het is belangrijk te vermelden dat deze prijs niet noodzakelijk de totale kostprijs aan isolatie voor de hele constructie moet zijn. Er wordt namelijk enkel rekening gehouden met de verliesoppervlakten. Indien de totale kostprijs aan isolatie voor de hele constructie gewenst is, kan men deze berekenen door in het 2de rekenvenster de extra hoeveelheid in te geven.

Prijs										
Onderdeel	Isolatie	Type	Dikte (m)	Dikte (m)	Opp	γ ² (excl. BT	Aantal	Totaal €		
	0	0	0	0				0		
	0	0	0	0				0		
	0	0	0	0				0		
	0	0	0	0				0		
	0	0	0	0				0		
	0	0	0	0				0		
	0	0	0	0				0		
	0	0	0	0				0		
	0	0	0	0				0		
	0	0	0	0				0		
	0	0	0	0				0		
	0	0	0	0				0		
	0	0	0	0				0		
	0	0	0	0				0		

Figuur 11: Overzicht berekening prijs

De gekozen isolatiematerialen worden automatisch gekopieerd van het tabblad *gegevens*. Zo dient men niets te veranderen in de kolommen: onderdeel, isolatie en type. Er zijn 2 kolommen 'dikte' beschikbaar. In de eerste kolom wordt ook de opgegeven dikte automatisch

gekopieerd. In de 2de kolom 'dikte' wordt de beginwaarde omgezet naar een beschikbare dikte van het gekozen isolatiemateriaal. Indien een bepaalde dikte niet beschikbaar is, kan men een combinatie maken door een getal in te geven in de kolom 'aantal'.

Voorbeeld:

Stel dat het gekozen isolatiemateriaal niet beschikbaar is in dikte 0,12 m, kan men een combinatie maken van isolatie met een dikte 0,06m en een aantal van 2. Op deze manier bekomt men een dikte van 0,12 m. Deze combinatie staat aangegeven in figuur 12.

Onderdeel	Isolatie	Type	Dikte (m)	Dikte (m)	Opp	€/m ²	Aantal
Muur 1	Isolatie	Recticel Insulation Eurowall	0,12	0,06	388	11,93	2

Figuur 12: Voorbeeld muur 1

Een tweede kader in het rekenblad laat toe de prijs te optimaliseren. Hier kan het type isolatie gewijzigd worden alsook de dikte. Op deze manier kunnen verschillende configuraties gemaakt worden. De invloed van een wijziging in de dikte of van het type isolatiemateriaal wordt zo snel duidelijk (figuur 13).

Prijs optimaliseren							
Onderdeel	Isolatie	Type	Dikte (m)	Opp	€/m ²	Aantal	Totaal €
0	0					1	0
0	0					1	0
0	0					1	0
0	0					1	0
0	0					1	0
0	0					1	0
0	0					1	0
0	0					1	0
0	0					1	0
0	0					1	0
0	0					1	0
0	0					1	0
0	0					1	0
0	0					1	0
0	0					1	0

Figuur 13: Overzicht berekening nieuwe prijs

Beide rekenkaders zijn voorzien van een K-peil berekening. Hierdoor kan men snel controleren of de gekozen configuratie voldoet. Indien nodig kan men deze zelfs verbeteren tot een bepaald K-peil bereikt is.

3.2.4 Circulatieleidingen

In dit hoofdstuk wordt het belang van de isolatie rond de circulatieleidingen aangehaald. De tool in Excel berekent enerzijds de lineaire warmteweerstand (mK/W) van de leiding en anderzijds geeft deze onmiddellijk aan of aan de wettelijke eis is voldaan. Een overzicht van het rekenblad met bijhorende resultaten wordt weergegeven in tabel 17 op pagina 36.

Eerst dient men het temperatuurregime en de plaats waar het segment gelegen is, aan te geven. Het temperatuurregime brengt de ontwerpvertrektemperatuur in rekening. De 2 verschillende opties worden aangegeven in tabel 11.

Optie 1	ontwerpvertrektemperatuur ≤ 55 °C
Optie 2	ontwerpvertrektemperatuur > 55 °C

Tabel 11: Temperatuurregime

De plaats van het segment wordt onderverdeeld in 3 mogelijkheden. De drie opties en hun beschrijving staan aangegeven in tabel 12.

Omgeving 1	in de vloer of buiten in ruimten buiten het beschermde volume van het gebouw
Omgeving 2	in een verwarmingslokaal of in een technisch lokaal, in technische kokers in opbouw in elke ruimte zonder verwarmingssysteem in opbouw in elke ruimte uitgerust met verwarmings- en airconditioningsysteem in verlaagde plafonds, verhoogde vloeren en permanente wandbekledingen
Omgeving 3	binnen het beschermd volume (eis niet van toepassing)

Tabel 12: Plaats van het segment

Vervolgens moet de diameter ingegeven worden van de niet-geïsoleerde leiding en de gewenste isolatiedikte. De tool berekent nu de lineaire warmteweerstand en geeft aan of deze voldoet aan de wetgeving. Er werd reeds een tabel ontwikkeld door het Vlaams Energieagentschap waarin de optimale isolatiedikte wordt aangegeven. De optimale leidingisolatie voor een bepaalde diameter staat aangegeven in tabel 13.

Optimale leidingisolatie	
Nominale buisdiameter (mm)	Isolatiedikte (mm)
12	20
15	20
20	20
25	30
32	30
40	40
50	50
65	65
80	80
100	100

Tabel 13: Optimale leidingisolatie

3.2.5 E-peil

Het E-peil geeft aan hoeveel energie een woning verbruikt. Hoe lager deze factor, hoe energiezuiniger de woning is. Het E-peil is afhankelijk van een aantal factoren zoals de compactheid, thermische isolatie en luchtdichtheid. Daarnaast wordt deze factor beïnvloed door de vaste installaties voor verwarming, ventilatie, koeling enz. Het E-peil wordt berekend op basis van de EPW-methode en wordt gebruikt voor residentiële gebouwen (woningen, appartementsgebouwen enz.). Deze methode dient dus gebruikt te worden voor de serviceflats.

Het E-peil wordt met volgende formule berekend:

$$E - \text{peileis} \geq 100 \times \frac{\text{'karakteristiek jaarlijkse primair energieverbruik'}}{\text{'referentiewaarde van het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik'}}$$

De waarde die men bekomt voor het E-peil moet kleiner zijn dan de E-peil eis. Om de waarde van het energieverbruik van een woning te beperken of te verkleinen moet dus gekeken worden naar het karakteristiek jaarlijks primair verbruik. Het is belangrijk om te weten dat deze factor in de EPB-software niet beïnvloed wordt door de leefgewoontes van de bewoners. Op deze manier is het mogelijk om het verbruik van verscheidene gebouwen met elkaar te vergelijken [27].

Het jaarlijkse primaire energieverbruik is het verbruik (in MJ) van de woning. Het bestaat uit de som van volgende verbruiken:

- het verwarmingsverbruik;
- het verbruik om te koelen;
- hulpenergie, vb. het energieverbruik van de pompen in het verwarmingssysteem;
- verbruik van sanitair warm water;
- opgewekte energie uit zonnepanelen;
- opgewekte energie uit een warmtekrachtkoppeling (WWK) installatie.

Om het E-peil te laten dalen zal men aanpassingen moeten verrichten betreffende bovenstaande verbruiken. Zo kan men bijvoorbeeld het verwarmingsverbruik verminderen door een klassieke stookolieketel te vervangen door een milieuvriendelijke warmtepomp. Op deze manier zal de waarde van het E-peil aanzienlijk dalen. Een andere manier om het E-peil te laten dalen is het installeren van zonnepanelen. Door het opwekken van energie voor de woning zelf zal de waarde van het E-peil positief beïnvloed worden [28].

De noemer in bovenstaande formule van het E-peil is de referentiewaarde voor het energieverbruik. Deze wordt bekomen door het energieverbruik (in MJ) te nemen van een referentiewoning met hetzelfde verliesoppervlak en volume als de woning waarvoor het E-peil berekend moet worden.

De formule is als volgt:

$$a_1 \times A_T + a_2 \times \max(V_T; (V_T + 192)/2) + a_3 \times V_V$$

Hierin zijn a_1 , a_2 en a_3 constanten met als waarden 115, 70 en 105. A_T is de totale verliesoppervlakte van het gebouw en V_T het beschermd volume. Tot slot is V_V het ventilatiedebiet van het gebouw [27] [29].

Het primaire energieverbruik is dus afhankelijk van een aantal verbruiken. Om een beter zicht te krijgen op de verbruiken worden deze hieronder verder uitgewerkt.

Primair energieverbruik voor ruimteverwarming

Dit verbruik is gebaseerd op een netto, bruto en eindenergieverbruik.

Netto energiebehoefte

De netto energiebehoefte wordt bepaald op basis van warmteverliezen door transmissie en ventilatie, interne warmtewinsten door bezonning en andere en de thermische massa van het gebouw.

De energieverliezen door transmissie omvatten de verliezen via de scheidingsconstructies tussen het gebouw en de buitenomgeving, de aangrenzende onverwarmde ruimten en de bodem. Hoe beter de geïsoleerde constructiedelen, hoe minder transmissieverliezen optreden. Dit resulteert in een kleinere netto energiebehoefte.

Een tweede soort verlies is het ventilatieverlies. Om een gezond binnenklimaat te creëren, is basisventilatie noodzakelijk. Dit gaat gepaard met warmteverliezen die afhankelijk zijn van het gekozen ventilatiesysteem. De verliezen door in- en exfiltratie worden bepaald door de luchtdichtheid van het gebouw. Dit laatste wordt gemeten door een luchtdichtheidsmeting of een blowerdoortest met als resultaat een bepaald lekdebiet.

De interne warmtewinsten zijn afkomstig van warmte geproduceerd door apparaten, verlichting, het metabolisme van de mens en bezonning. Dit laatste is eenvoudig te beïnvloeden door beschaduwing en zonwering.

De laatste factor is de thermische massa van het gebouw. Deze wordt onderverdeeld in verschillende types zoals zwaar, half zwaar, matig zwaar of licht. Welk type het precies is, kan bepaald worden aan de hand van een massaberekening.

Bruto energiebehoefte

Dit is de hoeveelheid energie die door het warmteopwekkingssysteem aan het verwarmingssysteem afgegeven moet worden om de gewenste binnentemperatuur te bereiken. Deze hoeveelheid bekomt men door de netto energiebehoefte te delen door het systeemrendement. Dit laatste bevat het afgifterendement, het verdeelrendement en het opslagrendement.

Het afgifterendement is de verhouding van de nuttige warmte die door verwarming aan de energiesector afgegeven wordt en de totale warmteafgifte. Het verdeelrendement geeft de verhouding weer tussen de totale warmte afgegeven door de verwarmingselementen aan de energiesector en de warmte die warmteopwekkingssysteem aan het verdeelsysteem afgeven. De rekenwaarden staan aangegeven in tabel 14.

Soort verwarmingsinstallatie	Verdeelrendement η_{distr}
Gedecentraliseerde verwarming	1,00
Centrale verwarming en gemeenschappelijke verwarming	
➤ Alle leidingen binnen het beschermd volume	1,00
➤ Een deel van de leidingen buiten het beschermd volume	0,95

Tabel 14: Forfaitaire rekenwaarden van het verdeelrendement

Het opslagrendement is afhankelijk van de eventuele aanwezigheid van een buffervat en wordt in rekening gebracht door een forfaitaire rekenwaarde. De factoren staan aangegeven in tabel 15.

Opslag in één of meerdere buffervaten	Opslagrendement η_{stor}
Niet van toepassing	1,0
Wel van toepassing:	
Binnen het beschermd volume	1,00
Buiten het beschermd volume	0,97

Tabel 15: Forfaitaire rekenwaarden van het opslagrendement

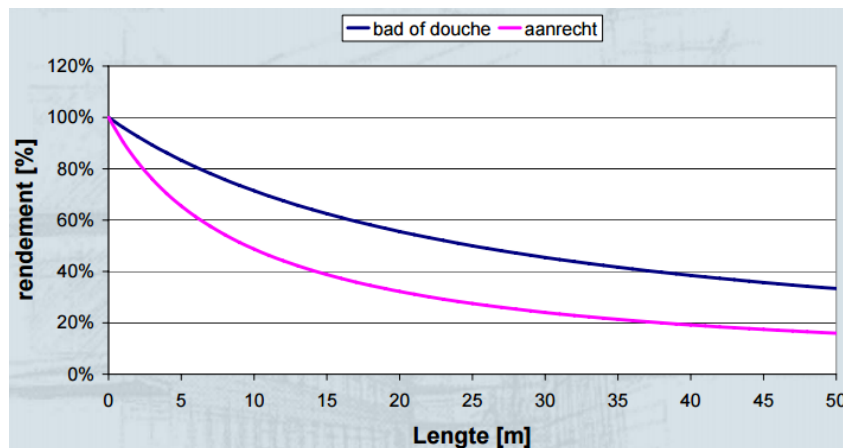
Eindenergieverbruik

Het eindenergieverbruik wordt berekend door de bruto-energiebehoefte te delen door het opwekkingsrendement. Dit levert de uiteindelijke hoeveelheid energie op die het warmteopwekkingssysteem nodig heeft om de gewenste binnentemperatuur in de energiesector te creëren.

Primair energieverbruik voor warm tapwater

Het netto energieverbruik voor warm tapwater wordt berekend op basis van de tappunten in de badkamer en in de keuken. Tappunten in andere ruimten zijn verwaarloosbaar. Er wordt aangenomen dat 80 % van het verbruik voor douches/baden is en 20 % voor keukenaanrechten.

Het bruto energieverbruik is afhankelijk van het systeemrendement wat de verdeelverliezen van tapleidingen en circulatieleidingen omvat. De verliezen van tapleidingen zijn voornamelijk verliezen door het verdringen van het koude water. De leidingdiameter wordt niet in rekening gebracht in de EPB-software. Enkel de lengte is van belang. Het rendement daalt of de verliezen nemen toe naarmate de leidinglengte groter wordt. Figuur 14 toont het verband tussen beide factoren.



Figuur 14: Invloed leidinglengte

De warmteverliezen van circulatieleidingen zijn vooral te wijten aan de lengte van de leidingen en volgt hetzelfde verband zoals hierboven beschreven. Isolatie van circulatieleidingen wordt in tegenstelling tot de tapleidingen wel in rekening gebracht alsook zijn omgeving. De verliezen van deze leidingen kunnen vrij hoog oplopen en hebben een grote invloed op het E-peil.

Primair energieverbruik door ventilatoren en hulpfuncties voor verwarming

Dit energieverbruik wordt opgesplitst in enerzijds hulpenergie voor ruimteverwarming en anderzijds hulpenergie voor ventilatoren. De hulpenergie voor ruimteverwarming omvat het verbruik van circulatiepompen, pompregelingen, ketelventilatoren enz. De hulpenergie voor ventilatoren is afhankelijk van het type en het soort ventilatiesysteem. De soorten en hun werking werden reeds uitgelegd in 3.1.2.

Primair energieverbruik voor koeling

Bij het berekenen van het eindenergieverbruik voor koeling kunnen zich 2 verschillende situaties voordoen. Indien actieve koeling aanwezig is, wordt het energieverbruik volledig met forfaitaire installatiewaarden ingerekend. In het andere geval dient een fictieve koellast berekend te worden op basis van de kans dat oververhitting optreedt in het zomerseizoen.

Eventuele primaire energiewinst door PV of WKK

Indien er fotovoltaïsche panelen aanwezig zijn, zal hun aantal een rol spelen in de bijdrage tot energiewinsten. Een warmtekrachtkoppelinginstallatie (WKK) kan ook extra energiewinsten opleveren [29].

4. Resultaten

In dit hoofdstuk worden de bekomen resultaten van de EPB-software vergeleken met de resultaten van de tool in Excel. Deze zijn onderverdeeld in K-peil, kostprijs, circulatieleidingen en E-peil.

4.1 K-peil

4.1.1 EPB-software

Na het ingeven van de gegevens van een 10-tal serviceflats in de EPB-software werd een K-peil van **38** bekomen (figuur 15). Op dit moment moet voor bouwprojecten waarvoor de bouwaanvraag na 1 januari 2016 ingediend is, voldaan worden aan een eis van K40. De bouwaanvraag voor dit specifieke project dateerde van 2012 maar ook dan dient het K-peil te voldoen aan K40. We kunnen stellen dat het K-peil bekomen met de software voldoet aan de hedendaagse wetgeving.

De EPB-software baseert zich op de berekeningsmethode zoals deze in 3.2.2 is uitgelegd. Aan de hand van de totale warmtedoorgangscoefficiënt (U) en de compactheid (C) van het gebouw kan het K-peil berekend worden. De gebruiker vervolledigt de software met de nodige gegevens van de gebouwschil, zoals de soort materialen en de dikte van deze materialen. Aan de hand van deze gegevens kan de EPB-software de U-waarde automatisch berekenen alsook de compactheid van het gebouw. Dit gebeurt door het quotiënt te nemen van het beschermd volume over de totale oppervlakte van de schildelen. Hiernaast zal men, bovenop het warmteverlies door de gebouwschil nog rekening moeten houden met de bouwknopen in de constructie. Een bouwknop is een plaats in de gebouwschil waar er extra warmte verloren gaat. Dit warmteverlies heeft natuurlijk een negatief effect op het K-peil. Aan de hand van de bouwknopen en de 2 vermelde waardes kan nadien het K-peil berekend worden. De EPB-software bekomt een K-peil van K38. In figuur 15 is een samenvatting van de resultaten van de 11 serviceflats gegeven.

Samenvatting	
K-peil	38,00
Gemiddelde U-waarde	0,61 W/m ² .K
Verliesoppervlakte	932,45 m ²
Beschermd volume	2.675,90 m ³
Compactheid	2,87 m
Warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie doorheen de scheidingsconstructies	385,74 W/K
Warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie doorheen de bouwknopen	184,52 W/K
Totale warmteoverdrachtscoëfficiënt door transmissie	570,26 W/K

Figuur 15: Samenvatting EPB-software

4.1.2 Excel

Voor het ontwikkelen van een tool die een correcte waarde voor het K-peil genereert, hebben we ons gebaseerd op de EPB-software. De berekening voor het K-peil blijft dezelfde zoals aangehaald in 3.2.2. De gegevens die nodig zijn voor de berekening van de U-waarde en de compactheid C moeten ingegeven worden door de gebruiker. De tool voorziet hiervoor een overzichtelijke tabel waar de materialen en de bijhorende diktes kunnen gekozen worden (figuur 7). Zo kan de opbouw van de gehele constructie geïntegreerd worden in de Excel-sheet. Voor dit specifieke project krijgen we dan het volgende resultaat voor bijvoorbeeld de muren (figuur 16).

Muur 1					
Muren	<input checked="" type="radio"/> Buitenmuur <input type="radio"/> Buitenmuur in contact met volle grond <input type="radio"/> Muren tussen beschermd volume en niet-vorstvrije ruimte <input type="radio"/> Muren tussen beschermd volume en vorstvrije ruimte				
	Opbouw	Type	λ (W/m.K)	d (m)	Opp (m ²)
	Gevelsteen	Vandersanden		0,099	388
	luchtlaag	matig geventileerde luchtlaag		0,01	
	Isolatie	Recticel Insulation Eurowall		0,12	
	Snelbouwsteen	Nelissen		0,19	
	gipsbepleistering	Gipsbepleistering ($\lambda = 0,52$ W/mK)		0,01	
	Gevelsteen	Formaat	l (m)	b (m)	h (m)
		24-9-4	0,24	0,09	0,04
		Voegtype	λ (W/m.K)	Voegdikte d(m)	
Dunbedmortel		0,53	0,006		
Snelbouwsteen	Formaat	l (m)	b (m)	h (m)	
	288 x 188 x 138	0,288	0,188	0,138	
	Voegtype	λ (W/m.K)	Voegdikte d(m)		
	Dunbedmortel	0,53	0,006		

Figuur 16: Gegevens (muur) serviceflats

Vervolgens dient de gebruiker het beschermd volume en de totale oppervlakte van de gebouwschil in te geven. Hieruit wordt de compactheid berekend en tot slot de waarde voor het K-peil. In onderstaande figuur (figuur 17) is het resultaat te zien dat we bekomen aan de hand van de EPB-tool.

K-peil				
Bereken K-peil	Beschermd volume	V =	2675.9	m ³
	Totale oppervlakte	At =	932.45	m ²
	Warmteverlies van het verliesoppervlak	$\sum k \times A \times a =$	577.0987	W/K
	Gemiddelde warmtedoorgangs- coëfficiënt	ks =	0.618906	W/m ² .K
	Volumecompactheid	V/A	2.869752	m
	Peil van de globale warmte-isolatie	Als $V/A_t \leq 1 : k_g \times 100 =$ Als $1 \leq V/A_t \leq 4 : k_g \times 300/(V/A_t + 2) =$ Als $V/A_t \geq 4 : k_g \times 50 =$	K38	Reset

Figuur 17: Berekend K-peil

Het beschermd volume voor de gehele constructie bedraagt 2675,90 m³ en de totale oppervlakte 932,45 m². Het warmteverlies van deze oppervlakken is 577,1 W/K. Het quotiënt van het volume en de oppervlakken, ook wel volumecompactheid genoemd, bedraagt 2.87 m. Op basis van deze gegevens werd in de EPB-tool een K-peil van 38 bekomen.

4.1.3 Bespreking

Eerst en vooral moeten we in het achterhoofd houden dat de EPB-software door en voor specialisten is ontwikkeld. Het programma vergt heel wat ingewikkelde codes om een goed samenwerkend geheel te verkrijgen. Het spreekt voor zich dat onze tool in Excel deze complexiteit niet evenaart, daar we streven naar een gebruiksvriendelijk ontwerp. Hierdoor verliest men nauwkeurigheid, maar bespaart het tijd en hoeft men niet over de meest complexe kennis te beschikken.

Zowel de EPB-software als de EPB-tool komen aan een waarde K38 voor het K-peil. Men kan aannemen dat de tool het K-peil nauwkeurig berekent. De tool is dus betrouwbaar en daarbovenop is deze bruikbaar voor elk bouwproject. Het biedt een zeer gebruiksvriendelijke werking waarmee het K-peil slechts in enkele minuten berekend kan worden.

4.2 Kostprijs

4.2.1 EPB-software

Dit onderdeel wordt niet berekend in de EPB-software.

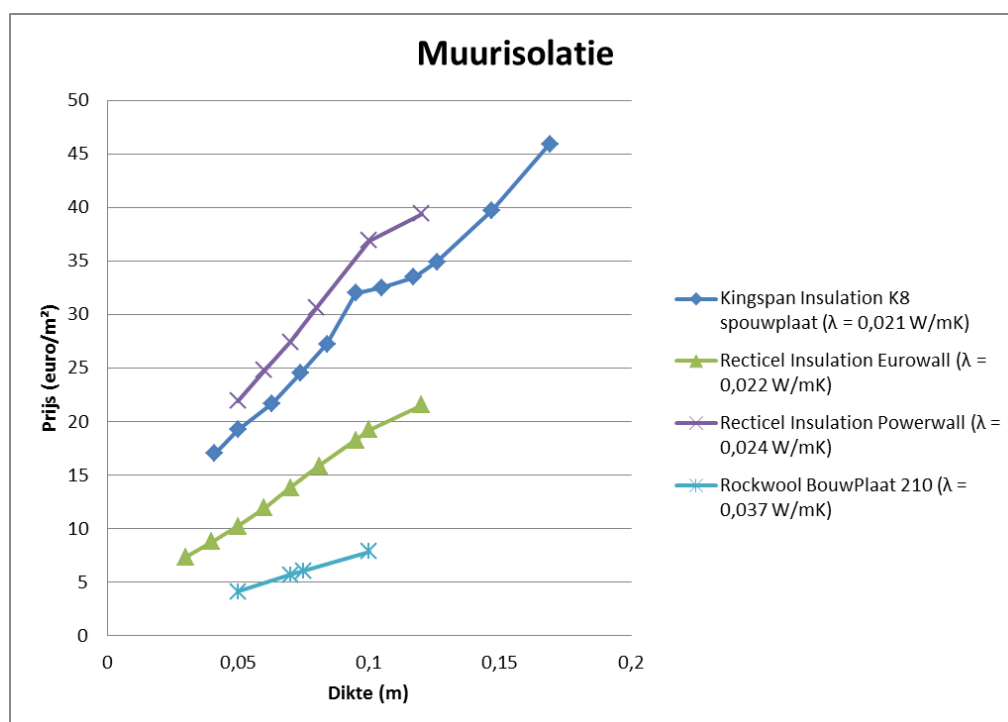
4.2.2 Excel

In dit hoofdstuk wordt de kostprijs aan isolatie voor de verliesoppervlakken van ons specifiek project berekend aan de hand van de tool. De werking hiervan wordt stapsgewijs uitgewerkt. Een eerste prijs wordt bepaald op basis van de reeds ingevulde gegevens en deze bedraagt 23700 euro (figuur 18). Het K-peil is 38 voor de gekozen configuratie.

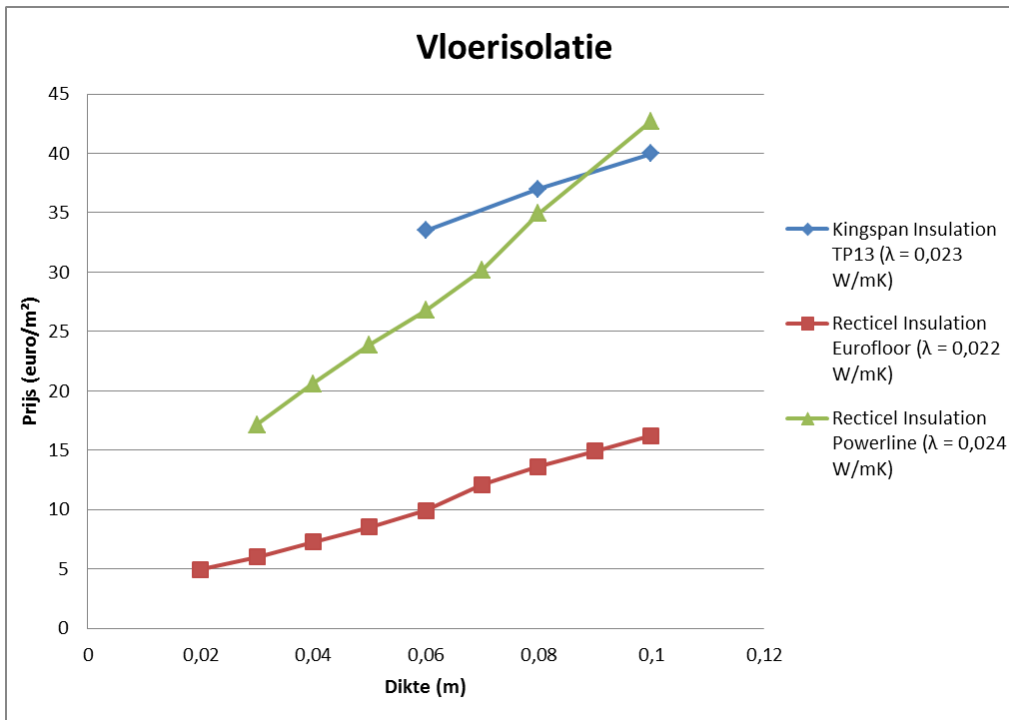
Type	Dikte (m)	Dikte (m)	Opp	€/m ² (excl. BTW)	Aantal	Totaal €
Recticel Insulation Eurowall	0,12	0,12	388	21,58	1	8373,04
Recticel Insulation Eurofloor	0,12	0,06	74,18	9,9	2	1468,76
Kingspan Insulation TR20 platdak plaat	0,14	0,07	257,17	24,85	2	12781,35
Recticel Insulation Eurowall	0,12	0,12	49,88	21,58	1	1076,41

Figuur 18: Kostprijs basisgegevens

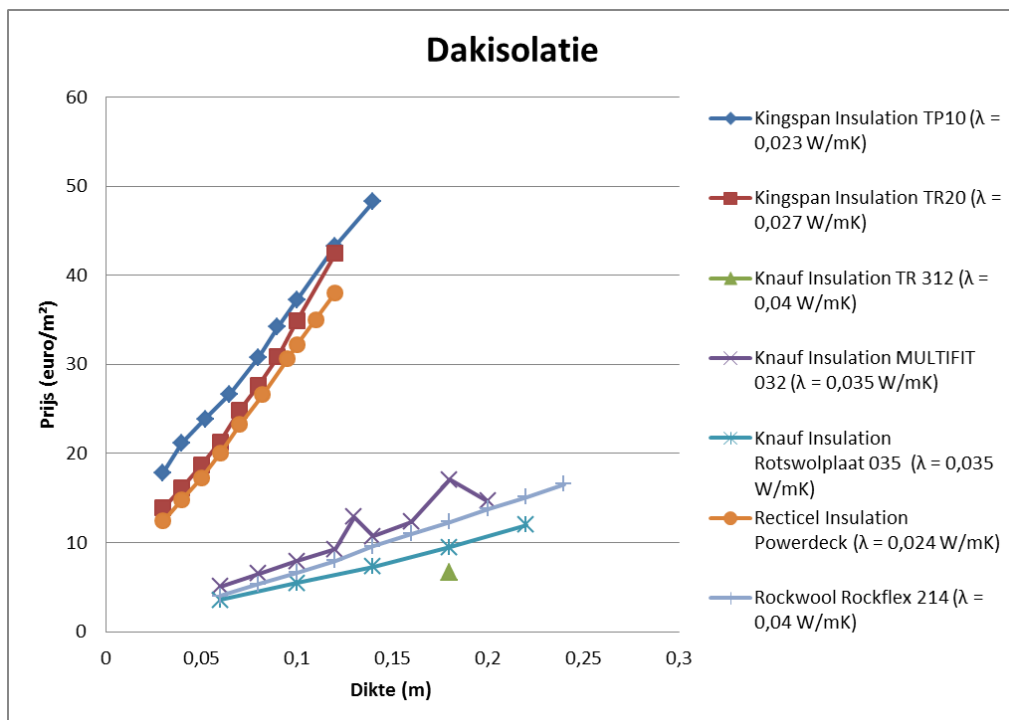
Een 2de stap is het bepalen van de optimale of goedkoopste prijs waarbij het K-peil (K38) behouden blijft. Dit is namelijk het sterke punt van de tool. De gebruiker heeft keuze uit een aantal alternatieve isolatiematerialen die eventueel goedkoper zijn dan de standaard gekozen materialen. Om de goedkopere isolatie eenvoudiger te bepalen, zijn in de tool 3 grafieken voorzien die de dikte in functie van de prijs/m² weergeven (figuur 19, figuur 20, figuur 21). Hierdoor krijgen we een overzicht van de beschikbare isolatiediktes. Het type materiaal staat ook vermeld samen met hun warmtegeleidingscoëfficiënt.



Figuur 19: Muurisolatie



Figuur 20: Vloerisolatie



Figuur 21: Dakisolatie

De beste prijs wordt bepaald door enerzijds het type materiaal en anderzijds de dikte aan te passen. We kiezen in de eerste plaats de goedkoopste materialen op basis van de informatie in de grafieken (figuur 19, figuur 20, figuur 21) en behouden ongeveer de reeds gekozen diktes afhankelijk van de beschikbaarheid voor het type materiaal. Dit levert een prijs van 6534 euro op (figuur 22), maar het K-peil is gestegen naar 39.

Onderdeel	Type	Dikte (m)	Opp	€/m ² (excl. BTW)	Aantal	Totaal €
Muur 1	Rockwool BouwPlaat 210	0,1	388	7,9	1	3065,2
Vloer 1	Recticel Insulation Eurofloor	0,1	74,18	16,24	1	1204,68
Dak 1	Knauf Insulation Rotswolplaat 035	0,14	257,17	7,27	1	1869,63
Muur 2	Rockwool BouwPlaat 210	0,1	49,88	7,9	1	394,05

Figuur 22: Prijs op basis van gekozen materialen

Er wordt echter gestreefd naar een K-peil van 38 en verhogen daarom de dikte van de rotswolplaat. Het K-peil is nu opnieuw 38 en de prijs bedraagt 7097 euro (figuur 23). De tool laat toe om deze simulatie op te slaan en nadien met andere te vergelijken en controleert na iedere wijziging het K-peil.

Onderdeel	Type	Dikte (m)	Opp	€/m ² (excl. BTW)	Aantal	Totaal €
Muur 1	Rockwool BouwPlaat 210	0,1	388	7,9	1	3065,2
Vloer 1	Recticel Insulation Eurofloor	0,1	74,18	16,24	1	1204,68
Dak 1	Knauf Insulation Rotswolplaat 035	0,18	257,17	9,46	1	2432,83
Muur 2	Rockwool BouwPlaat 210	0,1	49,88	7,9	1	394,05

Figuur 23: Simulatie 1

Op basis van de informatie uit de grafiek van dakisolatie (figuur 21) kunnen we besluiten dat voor een rotswolplaat van 0.18 m dik een goedkoper alternatief bestaat, namelijk Knauf Insulation TR 312. We passen dit materiaal aan en krijgen zo een 2^{de} simulatie met een prijs van 6384,40 euro (figuur 24).

Onderdeel	Type	Dikte (m)	Opp	€/m ² (excl. BTW)	Aantal	Totaal €
Muur 1	Rockwool BouwPlaat 210	0,1	388	7,9	1	3065,2
Vloer 1	Recticel Insulation Eurofloor	0,1	74,18	16,24	1	1204,68
Dak 1	Knauf Insulation TR 312	0,18	257,17	6,69	1	1720,47
Muur 2	Rockwool BouwPlaat 210	0,1	49,88	7,9	1	394,05

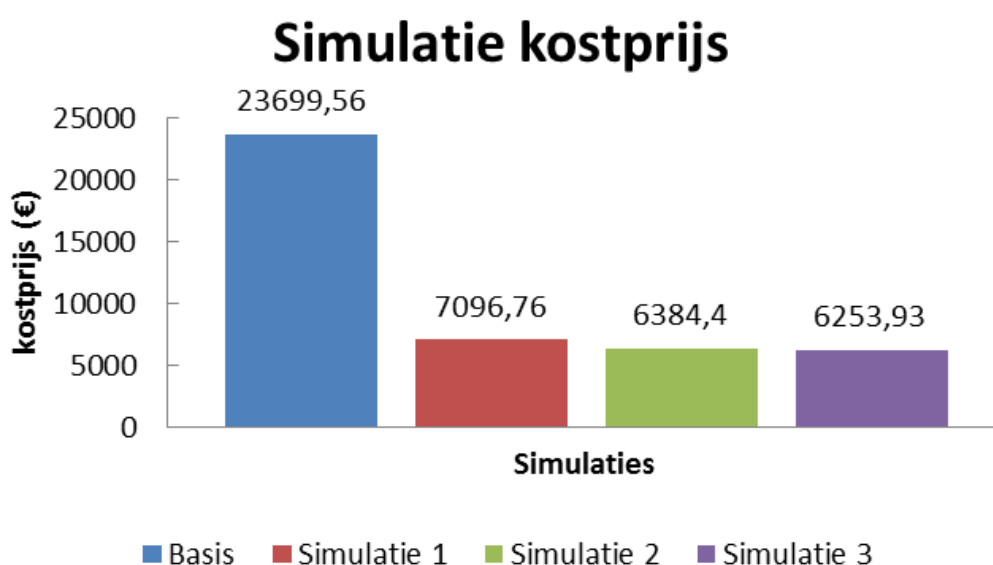
Figuur 24: Simulatie 2

In een 3^{de} simulatie (figuur 25) wordt gekozen om de bouwplaat van 10 cm op te splitsen in 2 platen van 5 cm. Hierdoor kan de vloerisolatie verminderd worden naar 0.07 m. Het K-peil blijft ongewijzigd en de prijs bedraagt 6254 euro. Dit is echter een klein verschil met de voorgaande simulatie (figuur 24) en weegt niet op tegen de meerprijs aan arbeidskracht.

Onderdeel	Type	Dikte (m)	Opp	€/m ² (excl. BTW)	Aantal	Totaal €
Muur 1	Rockwool BouwPlaat 210	0,05	388	4,15	2	3220,4
Vloer 1	Recticel Insulation Eurofloor	0,07	74,18	12,12	1	899,06
Dak 1	Knauf Insulation TR 312	0,18	257,17	6,69	1	1720,47
Muur 2	Rockwool BouwPlaat 210	0,05	49,88	4,15	2	414

Figuur 25: Simulatie 3

De 3 voorgaande simulaties vormen de beste opties om in aanmerking te komen voor de optimale prijs. De tool maakt automatisch een staafdiagram waarbij de 3 simulaties ten opzichte van de basisprijs worden afgewogen.



Figuur 26: Overzicht simulaties kostprijs

Uit deze grafiek (figuur 26) kunnen we besluiten dat uit simulatie 2 de beste prijs volgt. Het verschil met simulatie 3 is echter beperkt maar weegt dus niet op tegen de meerprijs voor de geleverde arbeid. Op basis van de goedkoopste simulatie kan ook gekeken worden naar het hoogste K-peil tegen de beste prijs. Hiervoor wordt bij ieder materiaal de grootste dikte genomen. Onder deze omstandigheden is een K-peil van 36 haalbaar tegen een prijs van 9843,65 euro (figuur 27).

Onderdeel	Type	Dikte (m)	Opp	€/m ² (excl. BTW)	Aantal	Totaal €
Muur 1	Rockwool BouwPlaat 210	0,1	388	7,9	2	6130,4
Vloer 1	Recticel Insulation Eurofloor	0,1	74,18	16,24	1	1204,68
Dak 1	Knauf Insulation TR 312	0,18	257,17	6,69	1	1720,47
Muur 2	Rockwool BouwPlaat 210	0,1	49,88	7,9	2	788,1
						9843,65

Figuur 27: Hoogst haalbaar K-peil tegen goedkoopste prijs

Een beter K-peil is mogelijk maar daarvoor moeten de materialen gewijzigd worden. Hierdoor komen we terecht bij de duurdere materialen en gaat de prijs toenemen. Het beste K-peil wordt bekomen met materialen met de hoogste warmtegeleidingscoëfficiënt en de grootste dikte.

4.2.3 Bespreking

De berekening van de kostprijs is eigen aan de tool en zal niet worden vergeleken met de EPB-software. De tool, meer specifiek, de berekening van de kostprijs kan voor meerdere doeleinden worden gebruikt. Ten eerste kan de totale prijs van de vooropgestelde configuratie bepaald worden. Daarnaast is het mogelijk om de goedkoopste configuratie te berekenen. Tot

slot biedt de tool de mogelijkheid om te onderzoeken welke isolatiediktes nodig zijn om een bepaald K-peil te bekomen. In alle gevallen wordt een K-peil berekend om te controleren of aan de vooropgestelde eis is voldaan.

De totale kostprijs is steeds afhankelijk van de gekozen materialen. De isolatiematerialen die wij in rekening gebracht hebben, staan aangegeven in Bijlage D. Het is mogelijk dat er nog een betere prijs kan gevonden worden vermits onze berekeningen enkel gebaseerd zijn op de door ons geïnventariseerde materialen. Naargelang dit gamma ruimer wordt, zullen meerdere configuraties mogelijk zijn en eventueel nog scherpere prijzen berekend kunnen worden. Dit is een belangrijk voordeel van de tool. Men kan de bibliotheek namelijk eenvoudig uitbreiden en rekening houden met eigen prijzen.

4.3 Circulatieleidingen

4.3.1 EPB-software

De software geeft geen specifieke resultaten over de circulatieleidingen.

4.3.2 Excel

Een overzicht van de resultaten van de optimale dikte van de circulatieleiding staat aangegeven in tabel 17 op de volgende pagina. De verschillende segmenten met hun omgeving en isolatiedikte worden hierin vermeld.

4.3.3 Bespreking

Alle circulatieleidingen werden voorzien van 35 mm isolatie. Dit voldoet aan de vooropgestelde optimale leidingisolatie. De meerwaarde van de isolatie blijft echter beperkt na het overschrijden van deze optimale dikte. Om de invloed van deze dikte op het E-peil aan te geven, werden verschillende simulaties gedaan waarbij de isolatiedikte steeds verandert. De resultaten zijn enkel van toepassing voor flat 1 van het bouwproject, maar de verbetering van het E-peil bij een toenemende dikte is van toepassing op alle serviceflats.

Isolatiedikte	0 mm	10 mm	35 mm	50 mm	
jaarlijks primair energieverbruik	10782,47	9833,08	9517,75	9462,28	kWh
Bruto vloeroppervlakte	74,18	74,18	74,18	74,18	m ²
primair energieverbruik /m ²	145,36	132,56	128,31	127,56	kWh/m ²
netto-energiebehoefte voor verwarming	58,94	58,94	58,94	58,94	kWh/m ²
jaarlijks primair energieverbruik	38816,90	35399,10	34263,89	34064,21	MJ
Referentiewaarde	54653,92	54653,92	54653,92	54653,92	MJ
E-peil	72	65	63	63	
E-peil eis	70	70	70	70	

Tabel 16: Invloed isolatiedikte

Uit tabel 16 valt af te leiden dat een toenemende isolatiedikte een positieve invloed heeft op het E-peil. De invloed blijft beperkt na het bereiken van de vooropgestelde optimale isolatiedikte. Het verschil in E-peil bij een dikte van 0 mm en 10 mm is zeer groot. Dit bedraagt een 7 E-peil punten. Bij een dikte van 35 mm en 50 mm blijft het E-peil gelijk terwijl de dikte

met 15 mm is toegenomen. Hieruit blijkt dat de invloed beperkt blijft en dat bij het toepassen van de vooropgestelde isolatiedikte een voldoende positief E-peil bekomen wordt.

Naam segment	Temperatuurregime	Plaats segment	hse (W/m ² K)	λ (W/mK)	Ongeïsoleerde leiding (mm)	Dikte isolatie (mm)	Geïsoleerde leiding (mm)	Lineaire warmteweerstand (mK/W)	EIS (mK/W)	OK / NOK
Segment 1	Optie 1	omgeving 1	25	0,026	40	35	110	6,192472885	4,367586207	OK
Segment 2	Optie 1	omgeving 1	25	0,026	32	35	102	7,096212693	4,7575	OK
Segment 3	Optie 1	omgeving 1	25	0,026	40	35	110	6,192472885	4,367586207	OK
Segment 4	Optie 1	omgeving 1	25	0,026	32	35	102	7,096212693	4,7575	OK
Segment 5	Optie 1	omgeving 1	25	0,026	32	35	102	7,096212693	4,7575	OK
Segment 6	Optie 1	omgeving 1	25	0,026	32	35	102	7,096212693	4,7575	OK

Tabel 17: Overzicht isolatie circulatieleidingen

4.4 E-peil

4.4.1 EPB-software

In dit hoofdstuk bespreken we de invloed van de verschillende energiebronnen (condenserende waterketel met of zonder thermisch zonne-energiesysteem en warmtepomp). Het E-peil werd voor verschillende energiebronnen in de EPB-software berekend. De resultaten van de verschillende bronnen zijn aangegeven in Tabel 19. De opties die ten opzichte van elkaar werden afgewogen, zijn weergegeven in tabel 18.

Optie 1	Condenserende waterketel: Viessman Vitocrossal 300
Optie 2	Condenserende waterketel: Viessman Vitocrossal 300 met thermisch zonne-energiesysteem (12 panelen Vitosol 300-F)
Optie 3	Warmtepomp : Therma Robust Eco 42kW
Optie 4	Warmtepomp: Viessman Vitocal 300-G Pro BW (COP = 4,76)
Optie 5	Warmtepomp: Viessman Vitocal 300-G Pro BW (COP = 4,60)

Tabel 18: Verschillende toestellen voor berekening

Het eerst gekozen toestel is de condenserende waterketel van Viessman met een vermogen van 248 kW. Deze werkt op aardgas en is gekoppeld aan een boiler met een opslagcapaciteit van 300 l en een isolatie van 200m dik. Het testrendement bij 30 % deellast bedraagt 108,20 %.

De tweede optie is een combinatie van een condenserende waterketel met een thermisch zonne-energiesysteem. De panelen zijn van het merk Viessman en hebben een bruto oppervlakte van 2,15 m². In totaal werden er voor deze optie 10 panelen onder een helling van 15 ° op het dak geplaatst.

In optie 3 werd gekozen voor een warmtepomp van het merk Thermia (Robust Eco – 42kW). Dit is een elektrische warmtepomp met een vermogen van 41,40 kW. Via een cascadeschakeling in een master-slave configuratie kan een vermogen tot 336 kW geproduceerd worden. Dit type warmtepomp haalt zijn warmte uit de bodem en het transport gebeurt via water. Tot slot heeft deze een prestatiecoëfficiënt van 4,31.

De 4^{de} en 5^{de} optie bevatten een warmtepomp van het merk Viessman en hebben een COP van 4,76 en 4,60. Het werkingsprincipe komt overeen met de warmtepomp in optie 4.

Voor een meer gedetailleerde werking van deze toestellen verwijzen we naar 3.1.5.2. De gedetailleerde informatie is terug te vinden in bijlage E.

De resultaten van de berekeningen worden getoond in tabel 19. Deze zijn enkel van toepassing voor één flat (flat 01). Het E-peil verschilt namelijk voor iedere EPB-eenheid vanwege een verschil in opbouw.

	Warmteopwekkingsstelsel					
Gegevens flat 01	Optie 1	Optie 2	Optie 2	Optie 4	Optie 5	
<i>Volume EPB- eenheid</i>	259,27	259,27	259,27	259,27	259,27	m ³
<i>Bruto vloeroppervlakte</i>	74,18	74,18	74,18	74,18	74,18	m ²
<i>Totale verliesoppervlakte</i>	140,71	140,71	140,71	140,71	140,71	m ²
<i>Primair energieverbruik/m²</i>	128,31	128,31	132,27	132,27	132,27	kWh/m ²
<i>Netto-energiebehoefte verwarming /m²</i>	58,94	58,94	58,94	58,94	58,94	kWh/m ²
<i>Netto-energiebehoefte koeling/m²</i>	6,45	6,45	6,45	6,45	6,45	kWh/m ²
<i>Netto-energiebehoefte verwarming & koeling /m²</i>	65,4	65,4	65,4	65,4	65,39	kWh/m ²
<i>Primair energieverbruik</i>	9517	8707	6671	6872	6973	kWh
<i>Primair energieverbruik</i>	34263	31346	24017	24739	25105	MJ
<i>Referentiewaarde</i>	54653	54653	54653	54653	54653	MJ
<i>E-peil flat01</i>	63	58	44	46	46	
<i>E-peil eis</i>	70	70	70	70	70	

Tabel 19: Resultaten van de verschillende opties

4.4.2 Excel

In Excel hebben we geen rekenblad kunnen ontwikkelen om het E-peil te bepalen vanwege tijdsgebrek. Het is echter wel mogelijk om dit te doen aan de hand van de EPW-methode die beschreven staat in 3.2.5. Excel werd wel gebruikt om een vergelijkende tabel op te stellen van de verschillende energiebronnen.

4.4.3 Bespreking

Op basis van de berekeningen in de EPB-software voor flat 1 (zie tabel 19) kunnen we besluiten dat met alle toestellen het vooropgestelde E-peil behaald wordt. Dit is echter niet het geval voor alle serviceflats. Een overzicht van alle berekende eisen voor de verschillende opties zijn weergegeven in bijlage F. Uit deze tabel valt af te leiden dat voor optie 1 (condenserende waterketel) flat 2, flat 4, flat 5, flat 6 en flat 7 nog niet voldoen. Een mogelijke oplossing om dit E-peil te verbeteren is het toepassen van een zonne-energie systeem in combinatie met de condenserende waterketel. Hierbij worden een aantal zonnecollectoren op het dak geplaatst. Er zijn in totaal 12 panelen nodig om de E-peil eis te behalen. Indien er gebruik gemaakt wordt van een warmtepomp (optie 3, 4 en 5) zijn aan alle eisen voldaan.

Tabel 19 leert ons dat het beste E-peil behaald wordt met een warmtepomp (optie 3, optie 4 en optie 5). Deze voldoen in alle gevallen ook ruim aan de vooropgestelde eis. Het energieverbruik is het grootst bij de condenserende waterketel in optie 1

In optie 4 en 5 werd gekozen voor een zelfde warmtepomp met 2 verschillende prestatiecoëfficiënten. Deze coëfficiënt is het theoretische rendement van de warmtepomp. Het geeft de verhouding weer tussen de hoeveelheid afgegeven energie en de hoeveelheid verbruikte energie. Andere factoren zoals ontwerpvertrektemperatuur en temperatuurverschil tussen vertrek en retour werden niet gewijzigd gedurende de simulatie. Voor optie 4 met een COP van 4,76 werd een primair energieverbruik bekomen van 6872 kWh. Optie 5 had een COP van 4,60 en leverde een energieverbruik van 6973 kWh. Het kleinste energieverbruik wordt dus bekomen in optie 4 waar de COP het grootst is.

5. Toekomstvisie

Met onze tool hebben we geprobeerd een gebruiksvriendelijker alternatief te bieden voor de huidige complexe EPB-software. De finaal gerealiseerde tool biedt heel wat mogelijkheden. Zo kan er in de eerste plaats op een relatief eenvoudige manier een K-peil berekend worden aan de hand van de gegevens van de verschillende scheidingsconstructies. Vervolgens krijgen we een totale kostprijs voor de isolatie voor die specifieke opbouw. Verder kan een vergelijking gemaakt worden tussen verschillende merken alsook verschillende configuraties om een zo scherp mogelijke prijs te bekomen. Tot slot kan de optimale isolatiedikte van de circulatieleidingen eenvoudig worden bepaald. Een E-peil berekenen is echter niet gelukt vanwege tijdsgebrek. Dit laatste is echter wel mogelijk via de EPW-methode waarbij een theoretische benadering van alle soorten verliezen wordt gemaakt. Dit zou ons in staat stellen om op korte tijd en op een eenvoudige manier de beste energiebron voor een constructie te bepalen. De tool zou dan een aantal mogelijk hernieuwbare energiebronnen op voorhand bevatten zoals een warmtepomp, een thermisch zonne-energiesysteem en eventueel zonnepanelen. Enkel belangrijke factoren van deze toestellen zouden gewijzigd kunnen worden.

Een volgende stap in de ontwikkeling van de tool is het linken van een kostprijs aan deze verschillende bronnen en hun verbruiken. Zo krijgen we nog een beter beeld van welk toestel het beste is of het voordeligste is op korte termijn en op lange termijn. Eventuele premies kunnen ook in rekening worden gebracht.

De tool is niet enkel bruikbaar voor de serviceflats maar voor meerdere constructies zoals woningen, kantoren en andere utiliteitsgebouwen. Het is gemakkelijk te gebruiken en geeft snel een goede benadering van het K-peil en mits verdere uitwerking ook het E-peil. Hierdoor is het interessant om tijdens het ontwerp van een gebouw de verschillende eisen al eens te controleren. Zo kan men rekening houden met verschillende factoren van het ontwerp.

Naar de toekomst toe lijkt het ons interessant om de tool te maken in de vorm van een website of een eenvoudig softwareprogramma. Op deze manier is de tool zeer toegankelijk en wordt deze bruikbaar voor meerdere doelgroepen. Zo kunnen de gebruikers van de tool, zoals ingenieurs en architecten met de klant gaan samenzitten en de waarden voor het K- en E-peil zeer eenvoudig overlopen. Een duidelijke en eenvoudige lay-out zou de klant ook snel een zicht geven op de constructie en zodanig mee beslissen over welk verwarmingssysteem of welke hernieuwbare energiebronnen geïntegreerd kunnen worden in het nieuw gebouw. Dit laatste is niet mogelijk met de EPB-software.

6. Besluit

De focus van deze thesis ligt op de ontwikkeling van een eenvoudige tool, waarin het K- peil en de optimale prijs berekend worden. De tool dient een vereenvoudiging te zijn van de oorspronkelijke EPB-software. De software is vaak tijdrovend en niet altijd even gebruiksvriendelijk. Daarom zou een vereenvoudigde tool hulp kunnen bieden aan ingenieurs, architecten en studiebureaus om de nodige EPB-waardes op een snellere manier te kunnen berekenen.

De tool is ontwikkeld op basis van de EPB-software. De gegevens van enkele serviceflats werden ingegeven in de EPB-software en aan de hand van deze resultaten werd de tool ontwikkeld in Excel. Uiteindelijk is deze ook toepasbaar op andere constructies.

De tool is in staat een K-peil te berekenen. Deze komt volledig overeen met het K-peil berekend in de EPB-software. Hiernaast kan de tool een optimale kostprijs genereren waardoor de klant al een idee krijgt van de totale kost van de gebouwschil. Een E-peil kan niet berekend worden met de tool, toch werd een vergelijking gemaakt tussen verschillende energiebronnen.

We kunnen concluderen dat de tool een praktisch hulpmiddel is geworden. Er is echter wel nog plaats voor verbetering en uitbreiding. Zo kan er bijvoorbeeld nog een werkelijke berekening van het E-peil geïmplementeerd worden. Daarnaast kan de lay-out nog aangepast worden om de tool nog gebruiksvriendelijker te maken. Naar de toekomst toe heeft deze tool heel wat potentieel. Zo kan de tool hervormd worden voor een meer commercieel gebruik en kan ze geïmplementeerd in een website, die de EPB-verslaggever kan helpen om beter te communiceren met zijn klanten over de stand van zaken.

Bibliografie

- [1] Energiesparen - EPB. [Online].
<http://www.energiesparen.be/epb/energieprestatieregelgeving>
- [2] Energiesparen - Kpeil. [Online]. <http://www.energiesparen.be/epb/kpeileis>
- [3] Energiesparen - U & R waarden. [Online].
<http://www.energiesparen.be/epb/eisentransmissie>
- [4] Energiesparen - Bouwknopen. [Online].
<http://www.energiesparen.be/epb/prof/bouwknopen>
- [5] Energiesparen - Epeil. [Online]. <http://www.energiesparen.be/epb/epeileis>
- [6] Energiesparen - Groene Energie. [Online].
<http://www.energiesparen.be/epb/groeneenergie>
- [7] Energiesparen - Ventilatie. [Online]. <http://www.energiesparen.be/epb/eisenventilatie>
- [8] Ventilatiesystemen (A B C D). [Online]. <http://www.ventilatiesysteemabcd.be/>
- [9] Energiesparen - Ventilatievoorzieningen. [Online].
<http://www2.vlaanderen.be/economie/energiesparen/epb/doc/overzichtventilatiedebitenwonen.pdf>
- [10] Energiesparen - Oververhitting. [Online].
] <http://www.energiesparen.be/epb/oververhitting>
- [11] Energiesparen - Verwarming. [Online]. <http://www.energiesparen.be/verwarming>
]
- [12] Energiesparen - Combilus. [Online].
] <http://www.energiesparen.be/epb/prof/systeemrendement>
- [13] Daikin - Warmtepomp. [Online]. <http://www.daikin.be/nl/over-daikin/leading-technologies/warmtepomp/>
]
- [14] Energiesparen - Warmtepomp. [Online]. <http://www.energiesparen.be/warmtepomp>
]
- [15] Energiesparen - Condensatieketel. [Online].
] <http://www.energiesparen.be/condensatieketel>
- [16] Wikipedia - Hoogrendementsketel. [Online].
] <https://nl.wikipedia.org/wiki/Hoogrendementsketel>
- [17] Dubolimburg - Condensatieketel. [Online].
] http://www.dubolimburg.be/files/condensatieketel_werking.pdf

- [18 Daikin - Combiketel. [Online].
] <http://www.daikin.be/nl/rotex/warmtepomp/verwarmingsketel/combiketel/index.jsp>
- [19 Daikin - Zonnesysteem. [Online]. <http://www.daikin.be/nl/rotex/vervanging-mazout-gas/zonnesysteem/index.jsp>
- [20 Daikin - Combi warmtepomp. [Online]. <http://www.daikin.be/nl/rotex/vervanging-mazout-gas/warmtepomp-lt/index.jsp>
- [21 Daikin - Ideale combinatie. [Online]. <http://www.daikin.be/nl/rotex/vervanging-mazout-gas/zonnesysteem/ideale-combinatie/index.jsp>
- [22 Viessmann - Zonnesystemen. [Online].
] http://www.viessmann.be/nl/Woning/Welk_verwarmingssysteem/Zonneboilers-FAQs.html
- [23 Energiesparen - Bouwknopen Module 2. [Online].
] <http://www2.vlaanderen.be/economie/energiesparen/epb/doc/bouwknopenmodule2.pdf>
- [24 Energiesparen - Bouwknopen Module 3. [Online].
] <http://www2.vlaanderen.be/economie/energiesparen/epb/doc/bouwknopenmodule3.pdf>
- [25 Griet Verbeeck,., pp. 13-33.
]
- [26 Baksteen - Rekenbladen. [Online]. <http://www.baksteen.be/rekenbladen.html>
]
- [27 Energiesparen - EPW methode. [Online]. <http://www.energiesparen.be/epb/prof/epw>
]
- [28 Bouw-Energie - Epeil berekening. [Online]. <http://www.bouw-energie.be/nl/blog/epb/e-peil-berekening>
- [29 Energiesparen - EPWmethode2. [Online].
] <http://www2.vlaanderen.be/economie/energiesparen/epb/doc/epwmethode.pdf>
- [30 Energiesparen - Max U waarden. [Online].
] <http://www2.vlaanderen.be/economie/energiesparen/epb/doc/epbuwaarden2016.pdf>
- [31 Energiesparen - KEeis. [Online].
] <http://www2.vlaanderen.be/economie/energiesparen/epb/doc/epbeisentabel2016.pdf>
- [32 Kingspan Insulation - Therma. [Online].
] <http://www.kingspaninsulation.be/Producten/Therma.aspx>
- [33 Knauf Insulation - Producten. [Online]. <http://www.knaufinsulation.be/nl/producten>
]
- [34 Recticel - Producten. [Online]. <http://www.recticelinsulation.be/producten>
]

- [35 Rockwool Insulation - Producten. [Online]. <http://www.rockwool.com/products+-c12-+solutions>
- [36 Thermia - Thermia Robust Eco. [Online].
] http://www.thermia.se/docroot/dokumentbank/Thermia_RobustEco_datasheet_ENG_26_09_2015.pdf
- [37 Viessmann - Vitocal 300 G/W Pro. [Online].
] http://www.viessmann.be/nl/Bedrijven/Warmtepomp/Grote_warmtepompen/vitocal-300-g--w-pro.html
- [38 Viessmann - Vitocrossal. [Online].
] <http://www.viessmann.be/nl/Woning/Gasketel/Gascondensatieketel/vitocrossal-300-cu3a.html>
- [39 Energiesparen - Hernieuwbare Energie. [Online].
] <http://www.energiesparen.be/epb/eisenhernieuwbareenergie>
- [40 Energiesparen - EPB software. [Online]. <http://www.energiesparen.be/epb/prof/software>
]
- [41 Ictech - warmtepomp. [Online].
] <http://www.ictech.be/warmtepompen?gclid=CJWay63NlcwCFZAW0wod114GPw>
- [42 Daikin - Warmtepomp werking. [Online]. <http://www.daikin.be/nl/over-daikin/leading-technologies/warmtepomp-principe/index.jsp>

Bijlage

Bijlage A

MAXIMAAL TOELAATBARE U-WAARDEN

Constructiedeel	U_{max} (W/m ² K)
1 SCHEIDINGSCONSTRUCTIES DIE HET BESCHERMD VOLUME OMHULLEN, met uitzondering van de scheidingsconstructies die de scheiding vormen met een aanpalend beschermd volume	
1.1 TRANSPARANTE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES, met uitzondering van deuren en poorten (zie 1.3), lichte gevels (zie 1.4), glasbouwstenen (zie 1.5) en scheidingsconstructies andere dan glas (zie 1.6)	1.5 en $U_{g,max} = 1.1$
1.2 OPAKE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES, met uitzondering van deuren en poorten (zie 1.3) en lichte gevels (zie 1.4)	
1.2.1 daken en plafonds	0.24
1.2.2 muren niet in contact met de grond, met uitzondering van de muren bedoeld in 1.2.4	
1.2.3 muren in contact met de grond	
1.2.4 verticale en hellende scheidingsconstructies in contact met een kruipruimte of met een kelder buiten het beschermd volume	
1.2.5 vloeren in contact met de buitenomgeving	0.24
1.2.6 andere vloeren (vloeren op volle grond, boven een kruipruimte of boven een kelder buiten het beschermd volume, ingegraven keldervloeren)	
1.3 DEUREN EN POORTEN (met inbegrip van kader)	2.0
1.4 GORDIJNGEVELS (volgens prEN 13947)	2.0 en $U_{g,max} = 1.1$
1.5 GLASBOUWSTENEN	2.0
1.6 TRANSPARANTE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES ANDERE DAN GLAS, met uitzondering van deuren en poorten (zie 1.3) en lichte gevels (zie 1.4)	2.0 en $U_{tp,max} = 1.4$
2 SCHEIDINGSCONSTRUCTIES TUSSEN TWEE BESCHERMDE VOLUMES OP AANGRENZENDE PERCELEN	0.6
3 VOLGENDE OPAKE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES BINNEN HET BESCHERMD VOLUME OF PALEND AAN EEN BESTAAND BESCHERMD VOLUME OP EIGEN PERCEEL, met uitzondering van deuren en poorten (zie 1.3):	
3.1 TUSSEN APARTE WOONEENHEDEN	
3.2 TUSSEN WOONEENHEDEN EN GEMEENSCHAPPELIJKE RUIMTEN (trappenhuis, inkomhal, gangen, ...)	
3.3 TUSSEN WOONEENHEDEN EN RUIMTEN MET EEN NIET-RESIDENTIËLE BESTEMMING	1.0
3.4 TUSSEN RUIMTEN MET EEN INDUSTRIËLE BESTEMMING EN RUIMTEN MET EEN NIET-INDUSTRIËLE BESTEMMING	
4 NA-ISOLEREN VAN BESTAANDE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES DIE HET BESCHERMD VOLUME OMHULLEN	
4.1 OPAKE CONSTRUCTIES met uitzondering van de scheidingsconstructies die de scheiding vormen met een aanpalend beschermd volume	
4.1.1 BESTAANDE DAKEN EN PLAFONDS MET NA-ISOLATIE tussen of aan de buitenzijde van de draagconstructie in contact met de buitenomgeving of een AOR	0.24
4.1.2 BESTAANDE MUREN MET NA-ISOLATIE aan de buitenzijde van de bestaande constructie in contact met de buitenomgeving	
4.1.3 BESTAANDE SPOUWMUREN MET NAVULLING, in contact met de buitenomgeving of een AOR (enkel voor ingrijpende energetische renovatie van residentiële gebouwen)	0.55
4.1.4 BESTAANDE MUREN MET NA-ISOLATIE aan de binnenzijde van de bestaande constructie	
4.1.5 BESTAANDE VLOEREN MET NA-ISOLATIE aan de buitenzijde van de bestaande constructie in contact met de buitenomgeving	0.24
<i>Ten hoogste 2 % van de totale oppervlakte van alle scheidingsconstructies die het beschermde volume omhullen, zoals vermeld onder 1.1 t/m 1.6, mag afwijken van deze eisen.</i>	

Figuur 28: Maximaal toelaatbare U-waarden

Maximaal toelaatbare U-waarde [30]

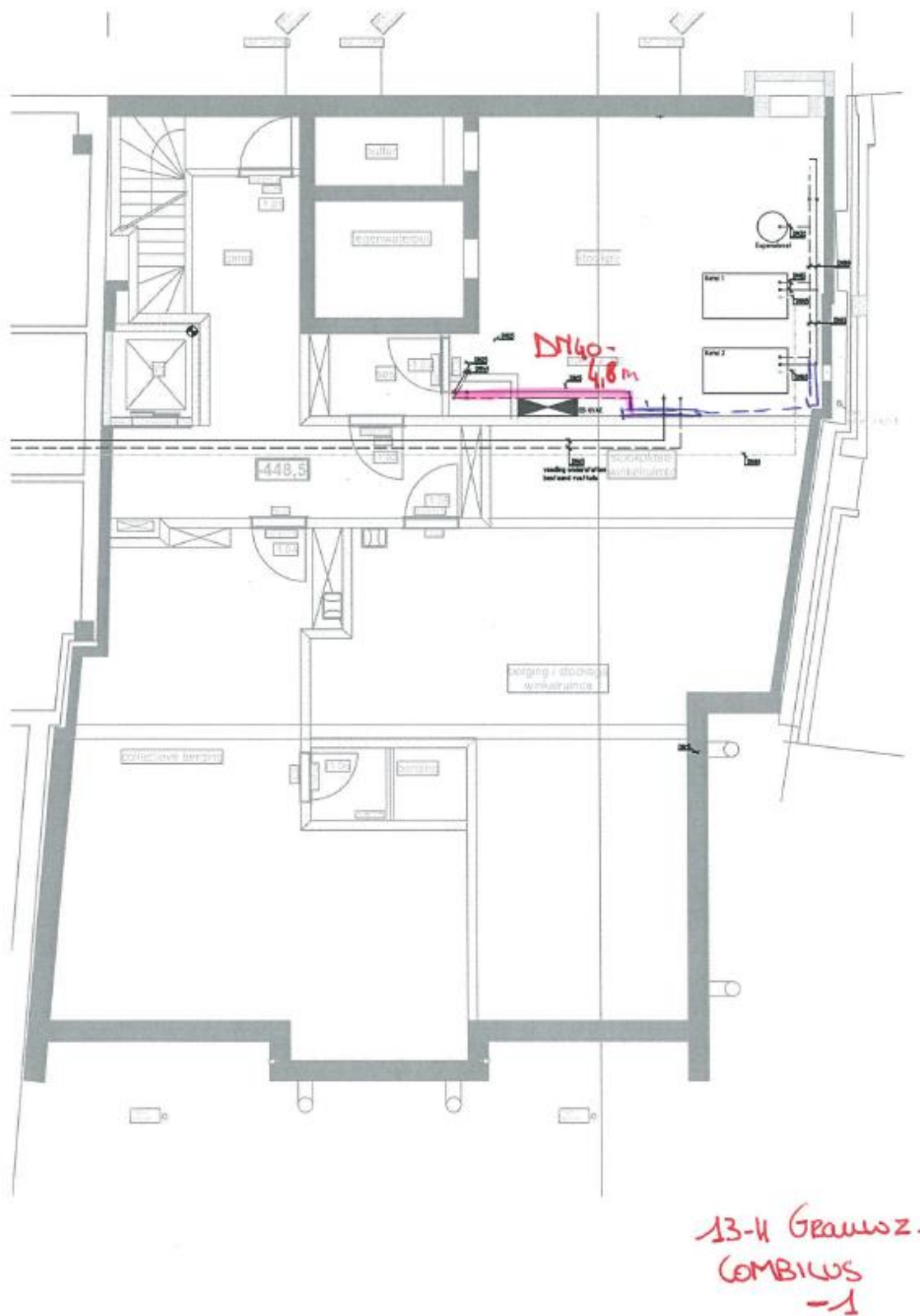
Bijlage B

Voor bouwprojecten met stedenbouwkundige vergunningsaanvraag Of melding vanaf 1 januari 2016

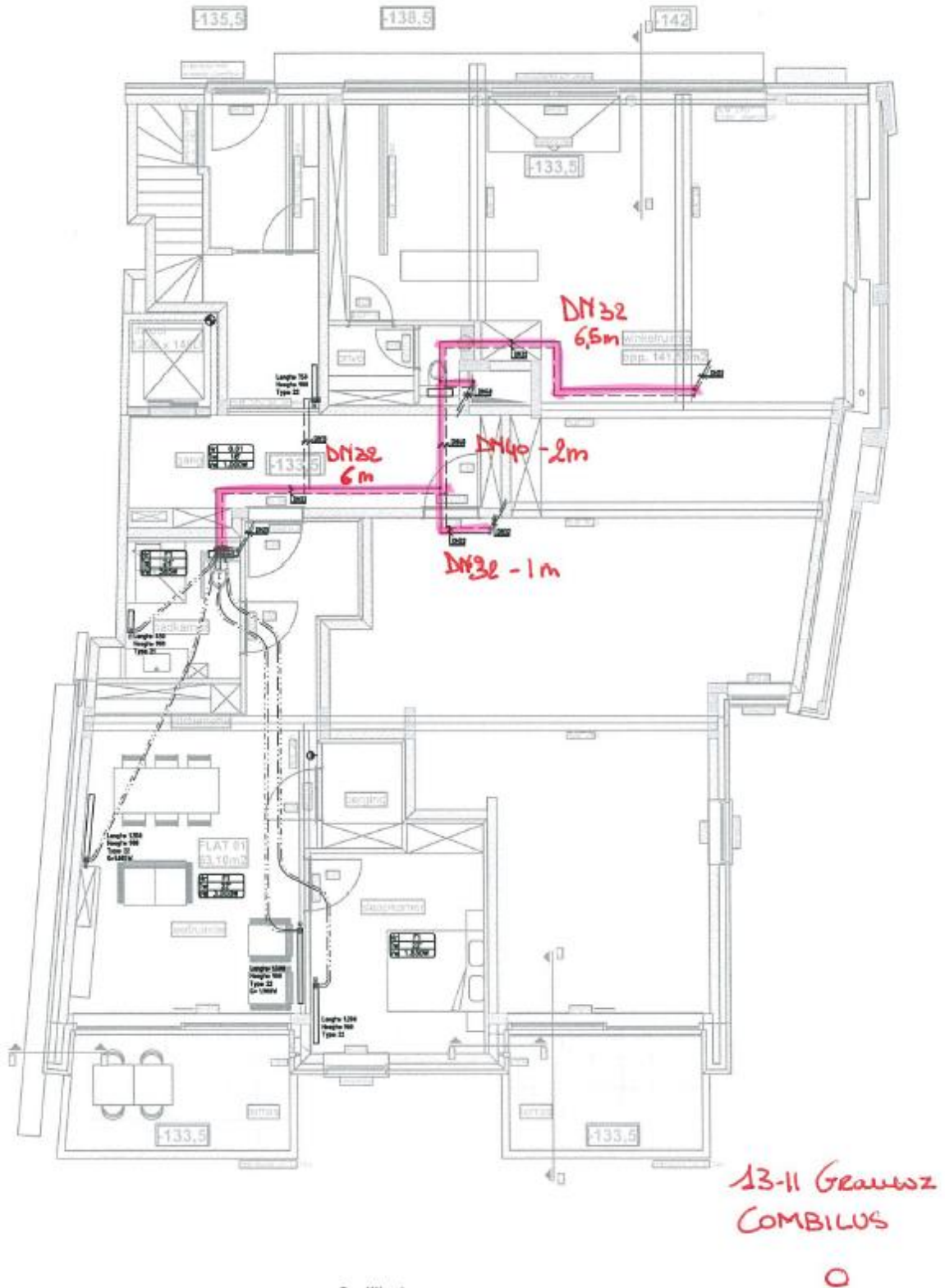
EPB-eisen (eisen op het vlak van ENERGIEPRESTATIE en BINNENKLIMAAT)		BESTEMMING			
		wonen	kantoor en school	andere specifieke bestemming	industrie
AARD VAN HET WERK					
nieuwbouw (of gelijkwaardig)	thermische isolatie	maximaal K 40 (gebouw) en maximale U-waarden	maximaal K 40 (gebouw) en maximale U-waarden	maximaal K 40 (gebouw) en maximale U-waarden	maximaal K 40 (gebouw) en maximale U-waarden
	energieprestatie	maximaal E 50 (wooneenheid)	maximaal E 55* (eenheid van bestemming)	-	-
	netto-energiebehoefte	maximaal 100-25 x c of 70 kWh/m ² (waarbij c = compactheid)	-	-	-
	binnenklimaat	minimale ventilatievoorzieningen en beperken van risico op oververhitting (wooneenheid)	minimale ventilatievoorzieningen	minimale ventilatievoorzieningen	minimale ventilatievoorzieningen
	hernieuwbare energie	minimumaandeel	minimumaandeel	-	-
ingrijpende energetische renovatie	thermische isolatie	maximale U-waarden (voor nieuwe en na-geïsoleerde delen)		volg de eisen bij renovatie	
	energieprestatie	maximaal E 90 (wooneenheid)	maximaal E 90 (eenheid van bestemming)		
	installaties	-	-		
	binnenklimaat	minimale ventilatievoorzieningen			
renovatie	thermische isolatie	maximale U-waarden (voor nieuwe en na-geïsoleerde delen)			
	energieprestatie	-			
	installaties	minimale eisen (voor nieuwe, vernieuwde of vervangen installaties)			
	binnenklimaat	minimale ventilatievoorzieningen (voor bestaande ruimten bij vervanging van vensters en voor nieuwe ruimten)			-
functiewijziging met een BV groter dan 800 m ³	thermische isolatie	maximaal K 65 (gebouw of deel van gebouw dat functiewijziging ondergaat) en maximale U-waarden (voor nieuwe en na-geïsoleerde delen)			
	energieprestatie	-			
	installaties	minimale eisen (voor nieuwe, vernieuwde of vervangen installaties)			
	binnenklimaat	minimale ventilatievoorzieningen (gebouw of deel van gebouw dat functiewijziging ondergaat)			

Figuur 29: EPB-eisen

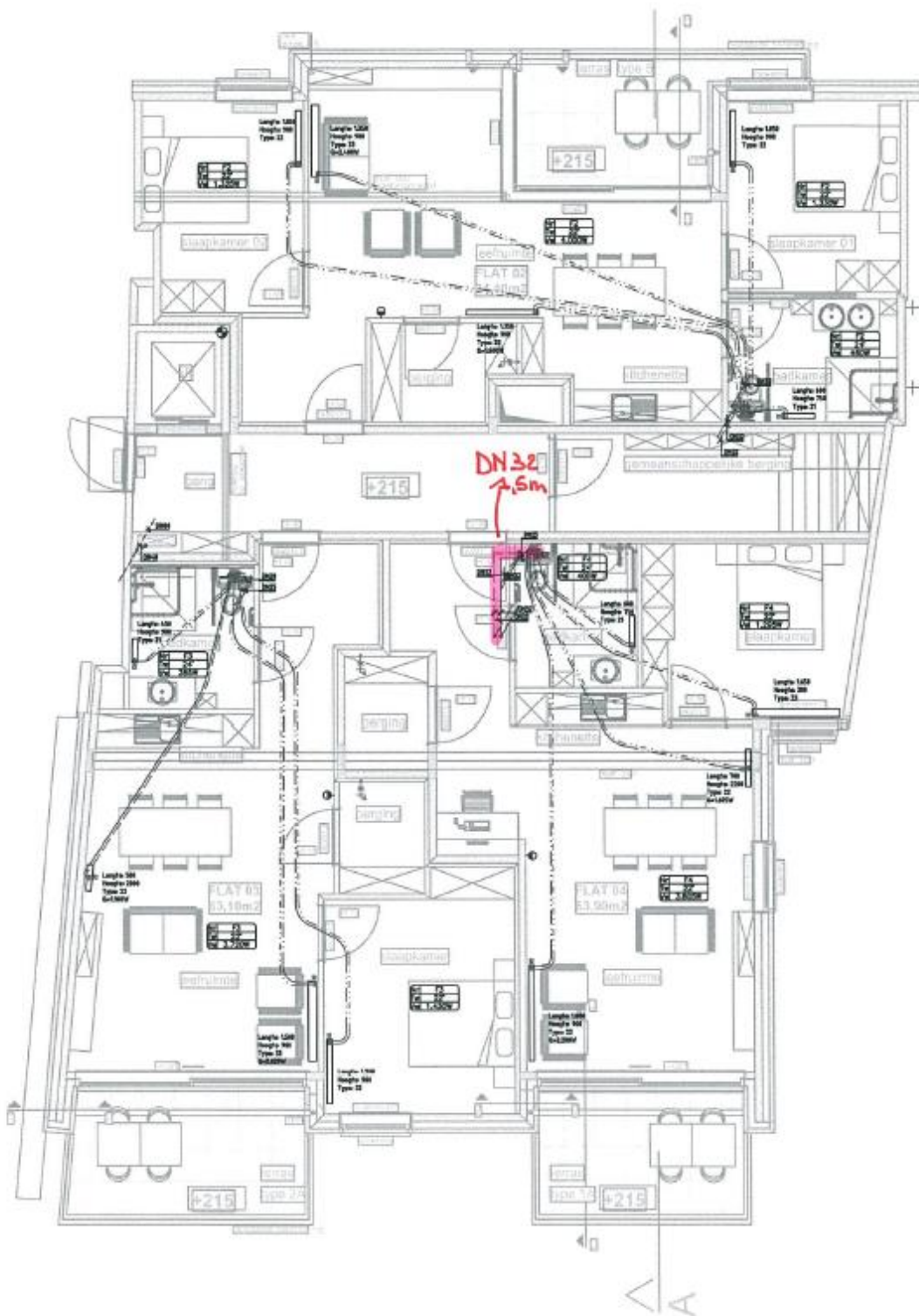
Bijlage C



Figuur 30: Serviceflats – positie segmenten



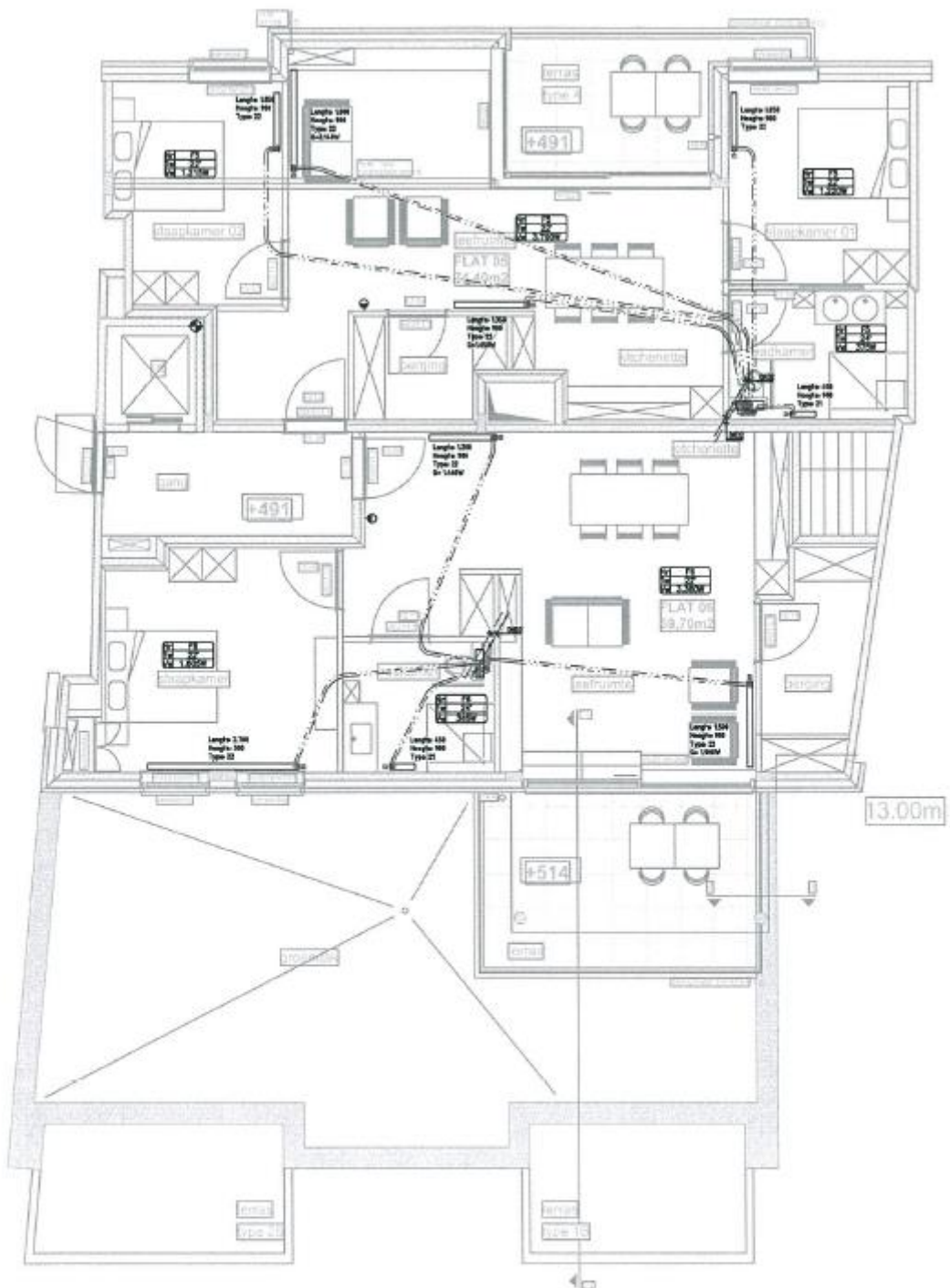
Figuur 31: Serviceflats – positie segmenten



1e verdieping

13-11 Grauwz.
COMBIWUS
+1

Figuur 32: Serviceflats – positie segmenten



2e verdieping

B-11 Granswz
COMBIWS
+2

Figuur 33: Serviceflats – positie segmenten

Bijlage D

KINGSPAN INSULATION [32]	Kingspan Insulation TP10 hellend dakplaat	0,023	0,04	0,12
	Kingspan Insulation TP13 vloerisolatie element	0,023	0,06	0,16
	Kingspan Insulation TR20 platdak plaat	0,027	0,03	0,079
	Kingspan Insulation K8 spouwplaat	0,021	0,121	0,159
KNAUF INSULATION [33]	Knauf Insulation TR 312	0,04	0,06	0,22
	Knauf Insulation MULTIFIT 032	0,032	0,06	0,2
	Knauf Insulation RS 35	0,037	0,04	0,14
	Knauf Insulation Rotswolplaat 035	0,035	0,04	0,2
RECTICEL INSULATION [34]	Recticel Insulation Eurofloor	0,022	0,02	0,16
	Recticel Insulation Eurowall	0,022	0,03	0,16
	Recticel Insulation Powerdeck	0,024	0,03	0,12
	Recticel Insulation Powerline	0,024	0,03	0,12
	Recticel Insulation Powerwall	0,024	0,03	0,12
ROCKWOOL [35]	Rockwool BouwPlaat 210	0,037	0,04	0,2
	Rockwool Rockflex 214	0,04	0,06	0,1

Tabel 20: Isolatiematerialen

Bijlage E

Naam	Thermia Robust Eco – 42 [36]	Vitocal 300-G Pro BW 302A250 [37]
Merk	Thermia	Viessmann
Product-ID	Robust Eco - 42kW	BW 302.A250
Soort toestel	elektrische warmtepomp	elektrische warmtepomp
Vermogen	41,40 kW	/
Warmtepomp uitgerust met een elektrische weerstand	neen	neen
Warmtebron	bodem	bodem
Transportmedium	water	water
Prestatiecoëfficiënt	4,31	4,76
De ontwerpvertrektemperatuur is gekend	ja	ja
Ontwerpvertrektemperatuur	35 °C	36 °C
Temperatuurstoename van het water gekend	ja	ja
Temperatuursverschil tussen vertrek en retour	10 °C	5 °C
temperatuurstoename over de condensor	5 °C	5 °C
Elektrisch vermogen van de pomp gekend	ja	neen
Elek. Vermogen van de pomp naar de verdamper	0,6 kW	
Elek, vermogen van de WP bij testcondities	9,6 kW	

Tabel 21: Warmtepompen

Bijlage F

Condenserende waterketel Viessman Vitocrossal 300 [38]						
Naam	U	K [40,0]	E [70]	NE [70] (kWh/m ²)	V	O
Flat01	OK	38	63	59	OK	OK
Flat03	OK	38	68	47	OK	OK
Flat04	OK	38	78	49	OK	NOK
Flat06	OK	38	71	34	OK	OK
Flat08	OK	38	70	33	OK	OK
Flat10	OK	38	70	47	OK	OK
Flat09	OK	38	69	46	OK	OK
Flat11	OK	38	68	57	OK	OK
Flat05	OK	38	73	42	OK	OK
Flat07	OK	38	76	42	OK	OK
Flat02	OK	38	73	43	OK	OK
Condenserende waterketel Viessman Vitocrossal 300 met thermisch zonne-energiesysteem (12 panelen) [38]						
Flat01	OK	38	58	59	OK	OK
Flat03	OK	38	63	47	OK	OK
Flat04	OK	38	70	50	OK	OK
Flat06	OK	38	65	34	OK	OK
Flat08	OK	38	64	33	OK	OK
Flat10	OK	38	64	47	OK	OK
Flat09	OK	38	63	46	OK	OK
Flat11	OK	38	62	57	OK	OK
Flat05	OK	38	67	42	OK	OK
Flat07	OK	38	69	42	OK	OK
Flat02	OK	38	66	43	OK	OK
Warmtepomp Viessman Vitocal 300-G Pro BW (COP 4,60) [37]						
Flat01	OK	38	46	59	OK	OK
Flat03	OK	38	52	47	OK	OK
Flat04	OK	38	59	49	OK	NOK
Flat06	OK	38	55	34	OK	OK
Flat08	OK	38	54	33	OK	OK
Flat10	OK	38	52	47	OK	OK
Flat09	OK	38	51	46	OK	OK
Flat11	OK	38	50	57	OK	OK
Flat05	OK	38	54	42	OK	OK
Flat07	OK	38	56	42	OK	OK
Flat02	OK	38	54	43	OK	OK
Warmtepomp Viessman Vitocal 300-G Pro BW (COP 4,76) [37]						
Flat01	OK	38	46	59	OK	OK
Flat03	OK	38	51	47	OK	OK
Flat04	OK	38	58	49	OK	NOK
Flat06	OK	38	54	34	OK	OK

Flat08	OK	38	53	33	OK	OK
Flat10	OK	38	51	47	OK	OK
Flat09	OK	38	50	46	OK	OK
Flat11	OK	38	50	57	OK	OK
Flat05	OK	38	54	42	OK	OK
Flat07	OK	38	55	42	OK	OK
Flat02	OK	38	53	43	OK	OK
Warmtepomp Thermia Robust Eco 42kW [36]						
Flat01	OK	38	44	59	OK	OK
Flat03	OK	38	50	47	OK	OK
Flat04	OK	38	57	49	OK	NOK
Flat06	OK	38	53	34	OK	OK
Flat08	OK	38	52	33	OK	OK
Flat10	OK	38	50	47	OK	OK
Flat09	OK	38	48	46	OK	OK
Flat11	OK	38	48	57	OK	OK
Flat05	OK	38	52	42	OK	OK
Flat07	OK	38	54	42	OK	OK
Flat02	OK	38	52	43	OK	OK

Tabel 22: resultaten Warmtepomp/condensatieketel EPB-software

Bijlage G – Excel Visual Basic

Module I

'functie voor het geven van de
lambdawaarde

Function Lambda(y As Range, x As Range)

Dim z As String

```
If y = "Gevelsteen" Then
    Dim Gevelsteen As Range
    Set Gevelsteen =
    Blad2.Range("A15:A16")
```

```
    For Each cel In Gevelsteen
```

```
        If cel.Value = x Then
            z = cel.Offset(0, 1).Value
```

```
        End If
```

```
    Next cel
```

```
Elseif y = "Snelbouwsteen" Then
    Dim Snelbouwsteen As Range
    Set Snelbouwsteen =
    Blad2.Range("A22:A54")
```

```
    For Each cel In Snelbouwsteen
```

```
        If cel.Value = x Then
            z = cel.Offset(0, 1).Value
```

```
        End If
```

```
    Next cel
```

```
Elseif y = "Isolatie" Then
    Dim isolatie As Range
    Set isolatie = Blad11.Range("B2:B22")
```

```
    For Each cel In isolatie
```

```
        If cel.Value = x Then
            z = cel.Offset(0, 1).Value
```

```
        End If
```

```
    Next cel
```

```
Elseif y = "luchtlaag" Then
    Dim luchtlaag As Range
```

```
    Set luchtlaag =
    Blad2.Range("A106:A108")
    For Each cel In luchtlaag
```

```
        If cel.Value = x Then
            z = "N.V.T."
        End If
```

```
    Next cel
```

```
Elseif y = "gipsbepleistering" Then
    Dim gipsbepleistering As Range
    Set gipsbepleistering =
    Blad2.Range("A112:A117")
```

```
    For Each cel In gipsbepleistering
```

```
        If cel.Value = x Then
            z = cel.Offset(0, 1).Value
        End If
```

```
    Next cel
```

```
Elseif y = "metalen" Then
    Dim metalen As Range
    Set metalen = Blad2.Range("A139:A147")
```

```
    For Each cel In metalen
```

```
        If cel.Value = x Then
            z = cel.Offset(0, 1).Value
        End If
```

```
    Next cel
```

```
Elseif y = "Hout" Then
    Dim Hout As Range
    Set Hout = Blad2.Range("A121:A135")
```

```
    For Each cel In Hout
```

```
        If cel.Value = x Then
            z = cel.Offset(0, 1).Value
        End If
```

```
    Next cel
```

```
Elseif y = "natuursteen" Then
```

```

Dim natuursteen As Range
Set natuursteen =
Blad2.Range("A151:A156")
For Each cel In natuursteen

    If cel.Value = x Then
        z = cel.Offset(0, 1).Value
    End If

Next cel

Elseif y = "Verscheidene_materialen" Then
Dim Verscheidene_materialen As Range
Set Verscheidene_materialen =
Blad2.Range("D40:D51")

For Each cel In Verscheidene_materialen

    If cel.Value = x Then
        z = cel.Offset(0, 1).Value
    End If

Next cel

Elseif y =
"Niet_homogene_bouwmaterialen_metsel
werk" Then
    Dim
Niet_homogene_bouwmaterialen_metsel
werk As Range
    Set
Niet_homogene_bouwmaterialen_metsel
werk = Blad2.Range("D25:D30")

    For Each cel In
Niet_homogene_bouwmaterialen_metsel
werk

        If cel.Value = x Then
            z = cel.Offset(0, 1).Value
        End If

    Next cel

Elseif y =
"Niet_homogene_bouwmaterialen_vloer"
Then
    Dim Niet_homogene_bouwmaterialen
As Range
    Set Niet_homogene_bouwmaterialen =
Blad2.Range("D15:D22")

```

```

For Each cel In
Niet_homogene_bouwmaterialen
    If cel.Value = x Then
        z = cel.Offset(0, 1).Value

    Else

    End If
Next cel

Elseif y =
"Steenachtige_bouwdelen_zonder_voegen
" Then
    Dim
Steenachtige_bouwdelen_zonder_voegen
As Range
    Set
Steenachtige_bouwdelen_zonder_voegen
= Blad2.Range("D34:D35")

    For Each cel In
Steenachtige_bouwdelen_zonder_voegen
        If cel.Value = x Then
            z = cel.Offset(0, 1).Value

        Else

        End If
    Next cel

End If

Lambda = z

End Function

```

'functie voor het geven van de lengte van de gevelsteen

Function LGevel(x As Range)

Dim z As String

```

Dim formaatGevelsteen
Set formaatGevelsteen =
Blad2.Range("K5:K12")

```

```

For Each cel In formaatGevelsteen
If cel.Value = x Then

z = cel.Offset(0, 1).Value

```

Else

End If
Next cel

LGevel = z

End Function

'functie voor het geven van de breedte van de gevelsteen

Function BGevel(x As Range)

Dim z As String

Dim formaatGevelsteen
Set formaatGevelsteen =
Blad2.Range("K5:K12")

For Each cel In formaatGevelsteen
If cel.Value = x Then

z = cel.Offset(0, 2).Value
Else

End If
Next cel

BGevel = z

End Function

'functie voor het geven van de hoogte van de gevelsteen

Function HGevel(x As Range)

Dim z As String

Dim formaatGevelsteen
Set formaatGevelsteen =
Blad2.Range("K5:K12")

For Each cel In formaatGevelsteen
If cel.Value = x Then

z = cel.Offset(0, 3).Value

Else

End If
Next cel

HGevel = z

End Function

'functie voor het geven van de lengte van de snelbouwsteen

Function LSnelbouwsteen(x As Range)

Dim z As String

Dim formaatSnelbouwsteen
Set formaatSnelbouwsteen =
Blad2.Range("K15:K20")

For Each cel In formaatSnelbouwsteen
If cel.Value = x Then

z = cel.Offset(0, 1).Value
Else

End If
Next cel

LSnelbouwsteen = z

End Function

'functie voor het geven van de breedte van de snelbouwsteen

Function BSnelbouwsteen(x As Range)

Dim z As String

Dim formaatSnelbouwsteen
Set formaatSnelbouwsteen =
Blad2.Range("K15:K20")

For Each cel In formaatSnelbouwsteen
If cel.Value = x Then

z = cel.Offset(0, 2).Value
Else

```
End If
Next cel
```

```
BSnelbouwsteen = z
```

```
End Function
```

```
'functie voor het geven van de hoogte van
de snelbouwsteen
```

```
Function HSnelbouwsteen(x As Range)
```

```
Dim z As String
```

```
Dim formaatSnelbouwsteen
Set formaatSnelbouwsteen =
Blad2.Range("K15:K20")
```

```
For Each cel In formaatSnelbouwsteen
If cel.Value = x Then
```

```
z = cel.Offset(0, 3).Value
Else
```

```
End If
Next cel
```

```
HSnelbouwsteen = z
```

```
End Function
```

```
'functie voor het geven van de
lambdawaarde van de voeg
```

```
Function Voegtype(x As Range)
```

```
Dim z As String
Dim mortelvoegen
Set mortelvoegen =
Blad2.Range("K27:K28")
```

```
For Each cel In mortelvoegen
If cel.Value = x Then
```

```
z = cel.Offset(0, 1).Value
Else
```

```
End If
Next cel
```

```
Voegtype = z
```

```
End Function
```

```
' functie voor het berekenen van de R-
waarde
```

```
Function BerekenenR(x As Range, y As
Range)
```

```
Dim z As Double
```

```
If x = "N.V.T." Then
```

```
z = 0
```

```
Elseif x = "" Then
```

```
z = 0
```

```
Elseif x = 0 Then
```

```
z = 0
```

```
Else
```

```
z = y / x
```

```
End If
```

```
BerekenenR = z
```

```
End Function
```

```
Sub ResetGegevens1()
```

```
' muur
```

```
Dim gebied1 As Range
```

```
Set gebied1 = Blad1.Range("D17:D24")
```

```
Blad1.Range("B17:B24").Value = ""
```

```
Blad1.Range("C17:C24").Value = ""
```

```
Blad1.Range("E17:E24").Value = ""
```

```
Blad1.Range("F17:F24").Value = ""
```

```
Blad1.Range("C26").Value = ""
```

```
Blad1.Range("C28").Value = ""
```

```
Blad1.Range("C31").Value = ""
```

```
Blad1.Range("C33").Value = ""
```

```
Blad1.Range("E28").Value = ""
```

```
Blad1.Range("E33").Value = ""
```

```
Blad1.Range("D26").Value =
```

```
"=LGevel(C26)"
```

```
Blad1.Range("E26").Value =
```

```
"=BGevel(C26)"
```



```
Blad1.Range("F26").Value =
"=HGevel(C26)"
```

```
Blad1.Range("D31").Value =
"=LSnelbouwsteen(C31)"
Blad1.Range("E31").Value =
"=BSnelbouwsteen(C31)"
Blad1.Range("F31").Value =
"=HSnelbouwsteen(C31)"
```

```
For Each cel In gebied1
cel.Value = "=Lambda" & "(" & cel.Offset(0,
-2).Address & "," & cel.Offset(0, -
1).Address & ")"
Next cel
```

'vloer

```
Blad1.Range("B44:B51").Value = ""
Blad1.Range("C44:C51").Value = ""
Blad1.Range("E44:E51").Value = ""
Blad1.Range("F44:F51").Value = ""
```

'Dak

```
Blad1.Range("B58:B65").Value = ""
Blad1.Range("C58:C65").Value = ""
Blad1.Range("E58:E65").Value = ""
Blad1.Range("F58:F65").Value = ""
```

'ramen

```
Blad1.Range("C71:C90").Value = ""
Blad1.Range("D71:D90").Value = ""
```

End Sub

Sub ResetGegevens2()

```
Dim gebied As Range
Set gebied = Blad1.Range("D17:D24")
```

'muur

```
Blad1.Range("H17:H24").Value = ""
Blad1.Range("I17:I24").Value = ""
Blad1.Range("K17:K24").Value = ""
Blad1.Range("L17:L24").Value = ""
```

```
Blad1.Range("I26").Value = ""
Blad1.Range("I28").Value = ""
Blad1.Range("K28").Value = ""
```

'vloer

```
Blad1.Range("H44:H51").Value = ""
Blad1.Range("I44:I51").Value = ""
Blad1.Range("K44:K51").Value = ""
Blad1.Range("L44:L51").Value = ""
```

'dak

```
Blad1.Range("H58:H65").Value = ""
Blad1.Range("I58:I65").Value = ""
Blad1.Range("K58:K65").Value = ""
Blad1.Range("L58:L65").Value = ""
```

End Sub

Sub ResetGegevens3()

'muur

```
Blad1.Range("N17:N24").Value = ""
Blad1.Range("O17:O24").Value = ""
Blad1.Range("Q17:Q24").Value = ""
Blad1.Range("R17:R24").Value = ""
```

```
Blad1.Range("O26").Value = ""
Blad1.Range("O28").Value = ""
Blad1.Range("Q28").Value = ""
Blad1.Range("O31").Value = ""
Blad1.Range("O33").Value = ""
Blad1.Range("Q33").Value = ""
```

'vloer

```
Blad1.Range("N44:N51").Value = ""
Blad1.Range("O44:O51").Value = ""
Blad1.Range("Q44:Q51").Value = ""
Blad1.Range("R44:R51").Value = ""
```

End Sub

Sub ResetGevelsteen()

```
Blad1.Range("D26").Value =
"=LGevel(C26)"
Blad1.Range("E26").Value =
"=BGevel(C26)"
Blad1.Range("F26").Value =
"=HGevel(C26)"
```

End Sub

Sub ResetSnelbouwsteen()

```
Blad1.Range("D31").Value =
"=LSnelbouwsteen(C31)"
Blad1.Range("E31").Value =
"=BSnelbouwsteen(C31)"
Blad1.Range("F31").Value =
"=HSnelbouwsteen(C31)"
```

End Sub

Module II

'bepalen van K-peil

Sub BerekenKpeil()

```
If Blad4.Range("F6").Value = "" Then
MsgBox ("ERROR")
Blad4.Range("F6").Value = InputBox("geef
het beschermd volume in")
Else
End If
```

' muur type 1

```
Dim a As String
Dim b As String
```

```
Dim gevelsteenT1 As Range
Set gevelsteenT1 = Blad1.Range("B17:B24")
```

```
Dim snelbouwsteenT1 As Range
Set snelbouwsteenT1 =
Blad1.Range("B17:B24")
```

```
For Each cel In gevelsteenT1
If cel.Value = "Gevelsteen" Then
a = cel.Offset(0, 2).Value
Blad3.Range("C33").Value = a
End If
Next cel
```

```
For Each cel In snelbouwsteenT1
If cel.Value = "Snelbouwsteen" Then
b = cel.Offset(0, 2).Value
```

```
Blad3.Range("E33").Value = b
End If
Next cel
```

```
Dim gevelsteenT1B As Range
Set gevelsteenT1B =
Blad3.Range("B16:B23")
```

```
Dim snelbouwsteenT1B As Range
Set snelbouwsteenT1B =
Blad3.Range("B16:B23")
```

```
For Each cel In gevelsteenT1B
If cel.Value = "Gevelsteen" Then
cel.Offset(0, 2).Value =
Blad3.Range("C40").Value
End If
Next cel
```

```
For Each cel In snelbouwsteenT1B
If cel.Value = "Snelbouwsteen" Then
cel.Offset(0, 2).Value =
Blad3.Range("E40").Value
End If
Next cel
```

' muur type 2

```
Dim c As String
Dim d As String
```

```
Dim gevelsteenT2 As Range
Set gevelsteenT2 =
Blad1.Range("H17:H24")
```

```
Dim snelbouwsteenT2 As Range
Set snelbouwsteenT2 =
Blad1.Range("H17:H24")
```

```
For Each cel In gevelsteenT2
If cel.Value = "Gevelsteen" Then
c = cel.Offset(0, 2).Value
Blad3.Range("C101").Value = c
End If
Next cel
```

```
For Each cel In snelbouwsteenT2
If cel.Value = "Snelbouwsteen" Then
d = cel.Offset(0, 2).Value
Blad3.Range("E101").Value = d
End If
Next cel
```

```

Dim gevelsteenT2B As Range
Set gevelsteenT2B =
Blad3.Range("B84:B91")

Dim snelbouwsteenT2B As Range
Set snelbouwsteenT2B =
Blad3.Range("B84:B91")

    For Each cel In gevelsteenT2B
    If cel.Value = "Gevelsteen" Then
        cel.Offset(0, 2).Value =
Blad3.Range("C108").Value
    End If
    Next cel

    For Each cel In snelbouwsteenT2B
    If cel.Value = "Snelbouwsteen" Then
        cel.Offset(0, 2).Value =
Blad3.Range("E108").Value
    End If
    Next cel

```

'muur type 3

```

Dim e As String
Dim f As String

```

```

Dim gevelsteenT3 As Range
Set gevelsteenT3 =
Blad1.Range("N17:N24")

```

```

Dim snelbouwsteenT3 As Range
Set snelbouwsteenT3 =
Blad1.Range("N17:N24")

```

```

    For Each cel In gevelsteenT3
    If cel.Value = "Gevelsteen" Then
        e = cel.Offset(0, 2).Value
        Blad3.Range("C169").Value = e
    End If
    Next cel

```

```

    For Each cel In snelbouwsteenT3
    If cel.Value = "Snelbouwsteen" Then
        f = cel.Offset(0, 2).Value
        Blad3.Range("E169").Value = f
    End If
    Next cel

```

```

Dim gevelsteenT3B As Range
Set gevelsteenT3B =
Blad3.Range("B152:B159")

```

```

Dim snelbouwsteenT3B As Range
Set snelbouwsteenT3B =
Blad3.Range("B152:B159")

```

```

    For Each cel In gevelsteenT3B
    If cel.Value = "Gevelsteen" Then
        cel.Offset(0, 2).Value =
Blad3.Range("C176").Value
    End If
    Next cel

```

```

    For Each cel In snelbouwsteenT3B
    If cel.Value = "Snelbouwsteen" Then
        cel.Offset(0, 2).Value =
Blad3.Range("E176").Value
    End If
    Next cel

```

```

Blad4.Range("F7").Value =
Blad3.Range("D2").Value
Blad4.Range("F8").Value =
Blad3.Range("D3").Value
Blad4.Range("F9").Value =
Blad3.Range("D4").Value
Blad4.Range("F10").Value =
Blad3.Range("D5").Value
Blad4.Range("F11").Value =
Blad3.Range("D6").Value
Blad4.Range("F12").Value =
Blad3.Range("D7").Value
Blad4.Range("F13").Value =
Blad3.Range("D8").Value

```

```

Dim gebied1 As Range
Set gebied1 = Blad3.Range("B16:B200")
Blad4.Range("C15").Select

```

```

    For Each cel In gebied1
    If cel.Value = "Isolatie" Then
        ActiveCell.Value = cel.Offset(0, -1).Value
        ActiveCell.Offset(0, 1).Value =
cel.Offset.Value
        ActiveCell.Offset(0, 2).Value =
cel.Offset(0, 1).Value
        ActiveCell.Offset(0, 3).Value =
cel.Offset(0, 3).Value
        ActiveCell.Offset(1, 0).Select
    End If
    Next cel

```

End Sub

Sub ResetOptR2()

Dim gebied As Range
Set gebied = Blad5.Range("B16:B200")

For Each cel In gebied
If cel.Value = "Isolatie" Then
cel.Offset(0, 5).Value = "=" & cel.Offset(0, 3).Address
End If
Next cel

End Sub

Sub ResetK()

Blad4.Range("F6").Value = ""
Blad4.Range("F7").Value = ""
Blad4.Range("F8").Value = ""
Blad4.Range("F9").Value = ""
Blad4.Range("F10").Value = ""
Blad4.Range("F11").Value = ""
Blad4.Range("F12").Value = ""
Blad4.Range("F13").Value = ""

Blad4.Range("C15:C29").Value = ""
Blad4.Range("D15:D29").Value = ""
Blad4.Range("E15:E29").Value = ""
Blad4.Range("F15:F29").Value = ""

End Sub

'Reset k40-peil

Sub ResetKwillekeurig()

ResetOptR2

Blad4.Range("F33").Value = ""
Blad4.Range("F34").Value = ""
Blad4.Range("F35").Value = ""
Blad4.Range("F36").Value = ""
Blad4.Range("F37").Value = ""
Blad4.Range("F38").Value = ""
Blad4.Range("F39").Value = ""

Blad4.Range("C41:C54").Value = ""
Blad4.Range("D41:D54").Value = ""
Blad4.Range("E41:E54").Value = ""
Blad4.Range("F41:F54").Value = ""

End Sub

Module III

Function LambdaMuur(y As Range, x As Range)

Dim z As String

If y = "elementen_van_metselwerk" Then
Dim elementen_van_metselwerk As Range

Set elementen_van_metselwerk =
Blad2.Range("A15:A87")

For Each cel In
elementen_van_metselwerk

If cel.Value = x Then
z = cel.Offset(0, 1).Value

End If

Next cel

ElseIf y = "Isolatie" Then
Dim isolatie As Range
Set isolatie = Blad2.Range("A91:A102")

For Each cel In isolatie
If cel.Value = x Then
z = cel.Offset(0, 1).Value

End If

Next cel

ElseIf y = "luchtlaag" Then
Dim luchtlaag As Range
Set luchtlaag =
Blad2.Range("A106:A108")

For Each cel In luchtlaag

```

    If cel.Value = x Then
        z = "N.V.T."
    End If

    Next cel

Elseif y = "gipsbepleistering" Then
    Dim gipsbepleistering As Range
    Set gipsbepleistering =
    Blad2.Range("A112:A117")

    For Each cel In gipsbepleistering

        If cel.Value = x Then
            z = cel.Offset(0, 1).Value
        End If

    Next cel

Elseif y = "metalen" Then
    Dim metalen As Range
    Set metalen = Blad2.Range("A139:A147")

    For Each cel In metalen

        If cel.Value = x Then
            z = cel.Offset(0, 1).Value
        End If

    Next cel

Elseif y = "Hout" Then
    Dim Hout As Range
    Set Hout = Blad2.Range("A121:A135")

    For Each cel In Hout

        If cel.Value = x Then
            z = cel.Offset(0, 1).Value
        End If

    Next cel

Elseif y = "natuursteen" Then
    Dim natuursteen As Range
    Set natuursteen =
    Blad2.Range("A151:A156")

    For Each cel In natuursteen

        If cel.Value = x Then
            z = cel.Offset(0, 1).Value

```

```

    End If

    Next cel

Elseif y = "Verscheidene_materialen" Then
    Dim Verscheidene_materialen As Range
    Set Verscheidene_materialen =
    Blad2.Range("D40:D51")

    For Each cel In Verscheidene_materialen

        If cel.Value = x Then
            z = cel.Offset(0, 1).Value
        End If

    Next cel

Elseif y =
"Niet_homogene_bouwmaterialen_metsel
werk" Then
    Dim
Niet_homogene_bouwmaterialen_metsel
werk As Range
    Set
Niet_homogene_bouwmaterialen_metsel
werk = Blad2.Range("D25:D30")

    For Each cel In
Niet_homogene_bouwmaterialen_metsel
werk

        If cel.Value = x Then
            z = cel.Offset(0, 1).Value
        End If

    Next cel

End If

LambdaMuur = z

End Function

```

'functie voor het geven van de lambda waarde voor de vloeren

```

Function LambdaVloer(y As Range, x As Range)

Dim z As String

```

```

If y = "Isolatie" Then
    Dim Vloerisolatie As Range
    Set Vloerisolatie =
    Blad2.Range("A91:A102")

    For Each cel In Vloerisolatie

        If cel.Value = x Then
            z = cel.Offset(0, 1).Value
        End If
    Next cel

Elseif y =
"Niet_homogene_bouwmaterialen_vloer"
Then
    Dim Niet_homogene_bouwmaterialen
As Range
    Set Niet_homogene_bouwmaterialen =
    Blad2.Range("D15:D22")

    For Each cel In
    Niet_homogene_bouwmaterialen
        If cel.Value = x Then
            z = cel.Offset(0, 1).Value

        Else

            End If
        Next cel

Elseif y = "Verscheidene_materialen" Then
    Dim Verscheidene_materialen As Range
    Set Verscheidene_materialen =
    Blad2.Range("D40:D51")

    For Each cel In Verscheidene_materialen
        If cel.Value = x Then
            z = cel.Offset(0, 1).Value

        Else

            End If
        Next cel

Elseif y =
"Steenachtige_bouwdelen_zonder_voegen
" Then
    Dim
    Steenachtige_bouwdelen_zonder_voegen
As Range

```

```

Set
    Steenachtige_bouwdelen_zonder_voegen
= Blad2.Range("D34:D35")

    For Each cel In
    Steenachtige_bouwdelen_zonder_voegen
        If cel.Value = x Then
            z = cel.Offset(0, 1).Value

        Else

            End If
        Next cel

Elseif y = "metalen" Then
    Dim metalen As Range
    Set metalen = Blad2.Range("A139:A147")

    For Each cel In metalen

        If cel.Value = x Then
            z = cel.Offset(0, 1).Value
        End If

    Next cel

Elseif y = "hout" Then
    Dim Hout As Range
    Set Hout = Blad2.Range("A121:A135")

    For Each cel In Hout

        If cel.Value = x Then
            z = cel.Offset(0, 1).Value
        End If

    Next cel

End If

LambdaVloer = z

End Function

```

'functie voor het geven van de lambda waarde voor de vloeren

Function LambdaDak(y As Range, x As Range)

```

Dim z As String

If y = "Isolatie" Then
    Dim isolatie As Range
    Set isolatie = Blad2.Range("A91:A102")

    For Each cel In isolatie
        If cel.Value = x Then
            z = cel.Offset(0, 1).Value
        End If
    Next cel
ElseIf y =
"Niet_homogene_bouwmaterialen_vloer"
Then
    Dim Niet_homogene_bouwmaterialen
As Range
    Set Niet_homogene_bouwmaterialen =
Blad2.Range("D15:D22")

    For Each cel In
Niet_homogene_bouwmaterialen
        If cel.Value = x Then
            z = cel.Offset(0, 1).Value
        End If
    Next cel

Else

    End If
Next cel

ElseIf y = "Verscheidene_materialen" Then
    Dim Verscheidene_materialen As Range
    Set Verscheidene_materialen =
Blad2.Range("D40:D51")

    For Each cel In Verscheidene_materialen
        If cel.Value = x Then
            z = cel.Offset(0, 1).Value
        End If
    Next cel

Else

    End If
Next cel

ElseIf y =
"Steenachtige_bouwdelen_zonder_voegen
" Then
    Dim
Steenachtige_bouwdelen_zonder_voegen
As Range

```

```

Set
Steenachtige_bouwdelen_zonder_voegen
= Blad2.Range("D34:D35")

For Each cel In
Steenachtige_bouwdelen_zonder_voegen
    If cel.Value = x Then
        z = cel.Offset(0, 1).Value
    End If
Next cel

ElseIf y = "metalen" Then
    Dim metalen As Range
    Set metalen = Blad2.Range("A139:A147")

    For Each cel In metalen

        If cel.Value = x Then
            z = cel.Offset(0, 1).Value
        End If
    Next cel

ElseIf y = "hout" Then
    Dim Hout As Range
    Set Hout = Blad2.Range("A121:A135")

    For Each cel In Hout

        If cel.Value = x Then
            z = cel.Offset(0, 1).Value
        End If
    Next cel

End If

LambdaDak = z

End Function

```

Module IV

[Sub BerekenKostprijs2\(\)](#)

```

Dim gebied1 As Range
Set gebied1 = Blad11.Range("A25:A127")

```

```

Dim gebied3 As Range
Set gebied3 = Blad12.Range("A16:A196")

Dim a As String
Dim b As String
Dim c As String

Dim gebied As Range
Set gebied = Blad6.Range("A4:A18")

For Each cel In gebied

If cel.Value = "Muur 1" Then
cel.Offset(0, 6).Value = Blad3.Range("F16")

Elseif cel.Value = "Vloer 1" Then
cel.Offset(0, 6).Value = Blad3.Range("F49")

Elseif cel.Value = "Dak 1" Then
cel.Offset(0, 6).Value = Blad3.Range("F63")

Elseif cel.Value = "Muur 2" Then
cel.Offset(0, 6).Value = Blad3.Range("F84")

Elseif cel.Value = "Vloer 2" Then
cel.Offset(0, 6).Value =
Blad3.Range("F117")

Elseif cel.Value = "Dak 2" Then
cel.Offset(0, 6).Value =
Blad3.Range("F131")

Elseif cel.Value = "Muur 3" Then
cel.Offset(0, 6).Value =
Blad3.Range("F152")

Elseif cel.Value = "Vloer 3" Then
cel.Offset(0, 6).Value =
Blad3.Range("F185")

End If
Next cel

If Blad3.Range("D7,D8").Value = "" Then
Blad6.Range("K12").Value =
Blad12.Range("D6").Value

Elseif Blad3.Range("D6,D8").Value = ""
Then
Blad6.Range("K12").Value =
Blad12.Range("D8").Value
End If

Blad6.Range("C4").Select

Do Until ActiveCell.Value = ""
For Each cel In gebied1

b = ActiveCell.Value
c = ActiveCell.Offset(0, 3).Value

If cel.Value = b And cel.Offset(0, 2).Value
= c Then
a = cel.Offset(0, 3).Value
ActiveCell.Offset(0, 5).Value = a
ActiveCell.Offset(1, 0).Select

Elseif ActiveCell.Value = "0" Then
Exit Sub
End If

Next cel

Loop

For Each cel In gebied
If cel.Offset(0, 4).Value = "" Then
MsgBox ("geef diktes in")

End If
Next cel

End Sub

```

```

Blad6.Range("K12").Value =
Blad12.Range("D7").Value

Elseif Blad3.Range("D6,D7").Value = ""
Then
Blad6.Range("K12").Value =
Blad12.Range("D8").Value
End If

Blad6.Range("C4").Select

Do Until ActiveCell.Value = ""
For Each cel In gebied1

b = ActiveCell.Value
c = ActiveCell.Offset(0, 3).Value

If cel.Value = b And cel.Offset(0, 2).Value
= c Then
a = cel.Offset(0, 3).Value
ActiveCell.Offset(0, 5).Value = a
ActiveCell.Offset(1, 0).Select

Elseif ActiveCell.Value = "0" Then
Exit Sub
End If

Next cel

Loop

For Each cel In gebied
If cel.Offset(0, 4).Value = "" Then
MsgBox ("geef diktes in")

End If
Next cel

End Sub

```

```

Sub Oppervlaktes()

Dim gebied As Range
Set gebied = Blad6.Range("C4:CA18")

For Each cel In gebied
If cel.Value = "Muur 1" Then
cel.Offset(0, 4).Value = Blad3.Range("F16")

Elseif cel.Value = "Vloer 1" Then

```



```

cel.Offset(0, 4).Value = Blad3.Range("F49")

Elseif cel.Value = "Dak 1" Then
cel.Offset(0, 4).Value = Blad3.Range("F63")

Elseif cel.Value = "Muur 2" Then
cel.Offset(0, 4).Value = Blad3.Range("F84")

Elseif cel.Value = "Vloer 2" Then
cel.Offset(0, 4).Value =
Blad3.Range("F117")

Elseif cel.Value = "Dak 2" Then
cel.Offset(0, 4).Value =
Blad3.Range("F131")

Elseif cel.Value = "Muur 3" Then
cel.Offset(0, 4).Value =
Blad3.Range("F152")

Elseif cel.Value = "Vloer 3" Then
cel.Offset(0, 4).Value =
Blad3.Range("F185")

End If
Next cel

End Sub

```

Sub schrijven()

```

Dim gebied As Range
Set gebied = Selection
Dim a As String
a = ActiveCell.Value

For Each cel In gebied
ActiveCell.Value = ActiveCell.Value & " (d =
" & ActiveCell.Offset(0, 2).Value & " m) "

ActiveCell.Offset(1, 0).Select
Next cel

End Sub

```

Sub ResetPrijs1()

```

Blad6.Range("F4:F15").Value = ""
Blad6.Range("G4:G15").Value = ""

```

```

Blad6.Range("H4:H15").Value = ""
Blad6.Range("L12").Value = ""
Blad6.Range("I4:I15").Value = "1"

```

End Sub

Sub ResetPrijs2()

```

Blad6.Range("R4:R15").Value = ""
Blad6.Range("P4:P15").Value = ""
Blad6.Range("S4:S15").Value = ""
Blad6.Range("T4:T15").Value = ""
Blad6.Range("U4:U15").Value = "1"
Blad6.Range("X12").Value = ""

```

End Sub

Function BepaalDiktePrijs(y As Range, x As Range)

Dim z As String

```

If y = "Isolatie" Then
Dim isolatie As Range
Set isolatie = Blad7.Range("A3:A37")

```

```

For Each cel In isolatie
If cel.Value = x Then
z = cel.Offset(0, 2).Value

```

```

End If
Next cel
End If
BepaalDiktePrijs = z

```

End Function

Function BepaalPrijs(y As Range, x As Range)

Dim z As String

```

If y = "Isolatie" Then
Dim isolatie As Range
Set isolatie = Blad7.Range("A3:A37")

```

```

For Each cel In isolatie
If cel.Value = x Then

```

```

        z = cel.Offset(0, 3).Value

    End If
Next cel

Elseif y = 0 Then
z = 0

End If
BepaalPrijs = z

End Function

```

```

Sub BerekenPrijsOpt()

Dim gebied2 As Range
Set gebied2 = Blad9.Range("A16:A192")

Blad6.Range("K4").Select
Do Until ActiveCell.Value = ""

    For Each cel In gebied2
        If cel.Value = ActiveCell.Value And
cel.Offset(0, 1).Value = ActiveCell.Offset(0,
1).Value Then
            cel.Offset(0, 6).Value =
ActiveCell.Offset(0, 3).Value
        End If
    Next cel
    ActiveCell.Offset(1, 0).Select

    If ActiveCell.Value = 0 Then
        Exit Sub
    End If
Loop

End Sub

```

```

Sub Berekk()

Dim gebied2 As Range
Set gebied2 = Blad9.Range("A16:A192")

Blad6.Range("N4").Select
Do Until ActiveCell.Value = 0

    For Each cel In gebied2

```

```

        If cel.Value = ActiveCell.Value And
cel.Offset(0, 1).Value = ActiveCell.Offset(0,
1).Value Then
            cel.Offset(0, 6).Value =
ActiveCell.Offset(0, 4).Value *
ActiveCell.Offset(0, 7).Value
        End If
    Next cel
    ActiveCell.Offset(1, 0).Select

```

Loop

```

Dim a As String
Dim b As String

Dim gevelsteenT1 As Range
Set gevelsteenT1 = Blad1.Range("B17:B24")

```

```

Dim snelbouwsteenT1 As Range
Set snelbouwsteenT1 =
Blad1.Range("B17:B24")

```

```

    For Each cel In gevelsteenT1
        If cel.Value = "Gevelsteen" Then
            a = cel.Offset(0, 2).Value
            Blad9.Range("C33").Value = a
        End If
    Next cel

```

```

    For Each cel In snelbouwsteenT1
        If cel.Value = "Snelbouwsteen" Then
            b = cel.Offset(0, 2).Value
            Blad9.Range("E33").Value = b
        End If
    Next cel

```

```

Dim gevelsteenT1B As Range
Set gevelsteenT1B =
Blad9.Range("B16:B23")

```

```

Dim snelbouwsteenT1B As Range
Set snelbouwsteenT1B =
Blad9.Range("B16:B23")

```

```

    For Each cel In gevelsteenT1B
        If cel.Value = "Gevelsteen" Then
            cel.Offset(0, 2).Value =
Blad9.Range("C40").Value
        End If
    Next cel

```

```

    For Each cel In snelbouwsteenT1B

```

```

    If cel.Value = "Snelbouwsteen" Then
        cel.Offset(0, 2).Value =
        Blad9.Range("E40").Value
    End If
    Next cel

```

'muur type 2

```

Dim c As String
Dim d As String

```

```

Dim gevelsteenT2 As Range
Set gevelsteenT2 =
Blad1.Range("H17:H24")

```

```

Dim snelbouwsteenT2 As Range
Set snelbouwsteenT2 =
Blad1.Range("H17:H24")

```

```

    For Each cel In gevelsteenT2
        If cel.Value = "Gevelsteen" Then
            c = cel.Offset(0, 2).Value
            Blad9.Range("C101").Value = c
        End If
    Next cel

```

```

    For Each cel In snelbouwsteenT2
        If cel.Value = "Snelbouwsteen" Then
            d = cel.Offset(0, 2).Value
            Blad9.Range("E101").Value = d
        End If
    Next cel

```

```

Dim gevelsteenT2B As Range
Set gevelsteenT2B =
Blad9.Range("B84:B91")

```

```

Dim snelbouwsteenT2B As Range
Set snelbouwsteenT2B =
Blad9.Range("B84:B91")

```

```

    For Each cel In gevelsteenT2B
        If cel.Value = "Gevelsteen" Then
            cel.Offset(0, 2).Value =
            Blad9.Range("C108").Value
        End If
    Next cel

```

```

    For Each cel In snelbouwsteenT2B
        If cel.Value = "Snelbouwsteen" Then
            cel.Offset(0, 2).Value =
            Blad9.Range("E108").Value

```

```

    End If
    Next cel

```

'muur type 3

```

Dim e As String
Dim f As String

```

```

Dim gevelsteenT3 As Range
Set gevelsteenT3 =
Blad1.Range("N17:N24")

```

```

Dim snelbouwsteenT3 As Range
Set snelbouwsteenT3 =
Blad1.Range("N17:N24")

```

```

    For Each cel In gevelsteenT3
        If cel.Value = "Gevelsteen" Then
            e = cel.Offset(0, 2).Value
            Blad9.Range("C169").Value = e
        End If
    Next cel

```

```

    For Each cel In snelbouwsteenT3
        If cel.Value = "Snelbouwsteen" Then
            f = cel.Offset(0, 2).Value
            Blad9.Range("E169").Value = f
        End If
    Next cel

```

```

Dim gevelsteenT3B As Range
Set gevelsteenT3B =
Blad9.Range("B152:B159")

```

```

Dim snelbouwsteenT3B As Range
Set snelbouwsteenT3B =
Blad9.Range("B152:B159")

```

```

    For Each cel In gevelsteenT3B
        If cel.Value = "Gevelsteen" Then
            cel.Offset(0, 2).Value =
            Blad9.Range("C176").Value
        End If
    Next cel

```

```

    For Each cel In snelbouwsteenT3B
        If cel.Value = "Snelbouwsteen" Then
            cel.Offset(0, 2).Value =
            Blad9.Range("E176").Value
        End If
    Next cel

```

```

If Blad9.Range("D7,D8").Value = "" Then

```

```
Blad6.Range("X12").Value =  
Blad9.Range("D6").Value
```

```
Elseif Blad9.Range("D6,D8").Value = ""  
Then  
Blad6.Range("X12").Value =  
Blad9.Range("D7").Value
```

```
Elseif Blad9.Range("D6,D7").Value = ""  
Then  
Blad6.Range("X12").Value =  
Blad9.Range("D8").Value  
End If
```

End Sub

Function test(getal As Double)

```
Dim x1 As Double  
Dim x2 As Double  
Dim y1 As Double  
Dim y2 As Double
```

```
Dim gebied As Range  
Set gebied = Blad8.Range("O4:O20").Value
```

```
test = y2 - ((x2 - xint) / ((x2 - x1) / (y2 - y1)))
```

End Function

Function test2(getal As Integer)

```
Dim gebied As Range  
Set gebied = Blad8.Range("O4:O20")
```

```
Dim verschil As Double  
Dim Nverschil As Double  
Nverschil = 100
```

```
For Each cel In gebied  
verschil = Abs(cel.Value - getal)
```

```
If verschil < Nverschil Then  
Nverschil = verschil
```

```
End If
```

```
Next cel
```

```
test2 = cel.Value
```

End Function

Function HSE(tekst As String)

```
If tekst = "omgeving 1" Then  
HSE = 25
```

```
Elseif tekst = "omgeving 2" Then  
HSE = 10
```

```
Elseif tekst = "omgeving 3" Then  
HSE = 8
```

```
End If
```

End Function

Function test777(x As Range, x1 As Range,
tekst1 As String, tekst2 As String)

```
Dim gebied As Range  
Set gebied = Blad2.Range("R24:R40")
```

```
Dim x2 As Double  
Dim y As Double  
Dim y1 As Double  
Dim y2 As Double
```

```
If tekst1 = "Optie 1" Then  
If tekst2 = "omgeving 1" Then
```

```
For Each cel In gebied
```

```
x2 = cel.Offset(1, 0).Value  
y1 = cel.Offset(0, 1).Value  
y2 = cel.Offset(1, 1).Value
```

```
If cel.Value = x1 Then
```

```
y = y1 + ((y2 - y1) / (x2 - x1)) * (x  
- x1)
```

```
test777 = y
```

```
End If
```

```
Next cel
```

```

Elseif tekst2 = "omgeving 2" Then

    For Each cel In gebied

        x2 = cel.Offset(1, 0).Value
        y1 = cel.Offset(0, 2).Value
        y2 = cel.Offset(1, 2).Value

        If cel.Value = x1 Then

            y = y1 + ((y2 - y1) / (x2 - x1)) * (x
- x1)
            test777 = y
        End If

    Next cel

Elseif tekst2 = "omgeving 3" Then

    test777 = "N.V.T."

End If

Elseif tekst1 = "Optie 2" Then
If tekst2 = "omgeving 1" Then
    For Each cel In gebied

        x2 = cel.Offset(1, 0).Value
        y1 = cel.Offset(0, 3).Value
        y2 = cel.Offset(1, 3).Value

        If cel.Value = x1 Then

            y = y1 + ((y2 - y1) / (x2 - x1)) * (x
x1)
            test777 = y

        End If

    Next cel

Elseif tekst2 = "omgeving 2" Then
    For Each cel In gebied

        x2 = cel.Offset(1, 0).Value
        y1 = cel.Offset(0, 4).Value
        y2 = cel.Offset(1, 4).Value

        If cel.Value = x1 Then

```

```

            y = y1 + ((y2 - y1) / (x2 - x1)) * (x -
x1)
            test777 = y

        End If

    Next cel

Elseif tekst2 = "omgeving 3" Then
    test777 = "N.V.T."

End If

End If

End Function

```

```

Function OKNOK(getal1 As Range, getal2
As Range)

```

```

If getal1 > getal2 Then
    OKNOK = "OK"

Elseif getal2 = "N.V.T." Then
    OKNOK = "N.V.T."

Else
    OKNOK = "NOK"

End If

```

```

End Function

```

```

Sub RESETCIRC()

```

```

    Blad10.Range("B17:B31").Value = ""

    Blad10.Range("C17:C31").Value = ""

    Blad10.Range("E17:E31").Value = ""

    Blad10.Range("F17:F31").Value = ""

    Blad10.Range("G17:G31").Value = ""

```

```

End Sub

```

```

Function BepaalPSI(getal As Range)

```

```
Dim gebied As Range
Set gebied = Blad2.Range("X44:X51")
```

```
For Each cel In gebied
If cel.Value = getal Then
BepaalPSI = cel.Offset(0, 1).Value
End If
Next cel
```

End Function

Function bepaalC(tekst As Range)

```
Dim gebied As Range
Set gebied = Blad11.Range("B2:B22")
```

```
For Each cel In gebied
If cel.Value = tekst Then
bepaalC = cel.Offset(0, 4).Value
End If
```

```
Next cel
```

End Function

Module V

Sub BerekenKpeil2()

```
Dim gebied2 As Range
Set gebied2 = Blad12.Range("A16:A192")
```

```
Blad6.Range("A4").Select
Do Until ActiveCell.Value = 0
```

```
    For Each cel In gebied2
        If cel.Value = ActiveCell.Value And
cel.Offset(0, 1).Value = ActiveCell.Offset(0,
1).Value Then
            cel.Offset(0, 6).Value =
ActiveCell.Offset(0, 5).Value *
ActiveCell.Offset(0, 8).Value
        End If
    Next cel
    ActiveCell.Offset(1, 0).Select
```

```
Loop
Dim a As String
```

```
Dim b As String
```

```
Dim gevelsteenT1 As Range
Set gevelsteenT1 = Blad1.Range("B17:B24")
```

```
Dim snelbouwsteenT1 As Range
Set snelbouwsteenT1 =
Blad1.Range("B17:B24")
```

```
For Each cel In gevelsteenT1
If cel.Value = "Gevelsteen" Then
a = cel.Offset(0, 2).Value
Blad12.Range("C33").Value = a
End If
Next cel
```

```
For Each cel In snelbouwsteenT1
If cel.Value = "Snelbouwsteen" Then
b = cel.Offset(0, 2).Value
Blad12.Range("E33").Value = b
End If
Next cel
```

```
Dim gevelsteenT1B As Range
Set gevelsteenT1B =
Blad9.Range("B16:B23")
```

```
Dim snelbouwsteenT1B As Range
Set snelbouwsteenT1B =
Blad9.Range("B16:B23")
```

```
For Each cel In gevelsteenT1B
If cel.Value = "Gevelsteen" Then
cel.Offset(0, 2).Value =
Blad12.Range("C40").Value
End If
Next cel
```

```
For Each cel In snelbouwsteenT1B
If cel.Value = "Snelbouwsteen" Then
cel.Offset(0, 2).Value =
Blad12.Range("E40").Value
End If
Next cel
```

' muur type 2

```
Dim c As String
Dim d As String
```

```
Dim gevelsteenT2 As Range
```

```

Set gevelsteenT2 =
Blad1.Range("H17:H24")

Dim snelbouwsteenT2 As Range
Set snelbouwsteenT2 =
Blad1.Range("H17:H24")

    For Each cel In gevelsteenT2
    If cel.Value = "Gevelsteen" Then
    c = cel.Offset(0, 2).Value
    Blad12.Range("C101").Value = c
    End If
    Next cel

    For Each cel In snelbouwsteenT2
    If cel.Value = "Snelbouwsteen" Then
    d = cel.Offset(0, 2).Value
    Blad12.Range("E101").Value = d
    End If
    Next cel

Dim gevelsteenT2B As Range
Set gevelsteenT2B =
Blad12.Range("B84:B91")

Dim snelbouwsteenT2B As Range
Set snelbouwsteenT2B =
Blad12.Range("B84:B91")

    For Each cel In gevelsteenT2B
    If cel.Value = "Gevelsteen" Then
    cel.Offset(0, 2).Value =
Blad12.Range("C108").Value
    End If
    Next cel

    For Each cel In snelbouwsteenT2B
    If cel.Value = "Snelbouwsteen" Then
    cel.Offset(0, 2).Value =
Blad12.Range("E108").Value
    End If
    Next cel
'muur type 3
Dim e As String
Dim f As String

Dim gevelsteenT3 As Range
Set gevelsteenT3 =
Blad1.Range("N17:N24")

Dim snelbouwsteenT3 As Range

```

```

Set snelbouwsteenT3 =
Blad1.Range("N17:N24")

    For Each cel In gevelsteenT3
    If cel.Value = "Gevelsteen" Then
    e = cel.Offset(0, 2).Value
    Blad12.Range("C169").Value = e
    End If
    Next cel

    For Each cel In snelbouwsteenT3
    If cel.Value = "Snelbouwsteen" Then
    f = cel.Offset(0, 2).Value
    Blad12.Range("E169").Value = f
    End If
    Next cel

Dim gevelsteenT3B As Range
Set gevelsteenT3B =
Blad12.Range("B152:B159")

Dim snelbouwsteenT3B As Range
Set snelbouwsteenT3B =
Blad12.Range("B152:B159")

    For Each cel In gevelsteenT3B
    If cel.Value = "Gevelsteen" Then
    cel.Offset(0, 2).Value =
Blad12.Range("C176").Value
    End If
    Next cel

    For Each cel In snelbouwsteenT3B
    If cel.Value = "Snelbouwsteen" Then
    cel.Offset(0, 2).Value =
Blad12.Range("E176").Value
    End If
    Next cel

If Blad9.Range("D7,D8").Value = "" Then
Blad6.Range("L12").Value =
Blad12.Range("D6").Value

Elseif Blad9.Range("D6,D8").Value = ""
Then
Blad6.Range("L12").Value =
Blad12.Range("D7").Value

Elseif Blad9.Range("D6,D7").Value = ""
Then
Blad6.Range("L12").Value =
Blad12.Range("D8").Value

```

End If

End Sub

Sub testP2()

Dim gebied1 As Range
Set gebied1 = Blad11.Range("A25:A127")

Dim gebied3 As Range
Set gebied3 = Blad9.Range("A16:A196")

Dim a As String
Dim b As String
Dim c As String

Dim gebied As Range
Set gebied = Blad6.Range("N4:N18")

' bepalen van oppervlaktes

For Each cel In gebied
If cel.Value = "Muur 1" Then
cel.Offset(0, 5).Value = Blad3.Range("F16")

Elseif cel.Value = "Vloer 1" Then
cel.Offset(0, 5).Value = Blad3.Range("F49")

Elseif cel.Value = "Dak 1" Then
cel.Offset(0, 5).Value = Blad3.Range("F63")

Elseif cel.Value = "Muur 2" Then
cel.Offset(0, 5).Value = Blad3.Range("F84")

Elseif cel.Value = "Vloer 2" Then
cel.Offset(0, 5).Value =
Blad3.Range("F117")

Elseif cel.Value = "Dak 2" Then
cel.Offset(0, 5).Value =
Blad3.Range("F131")

Elseif cel.Value = "Muur 3" Then
cel.Offset(0, 5).Value =
Blad3.Range("F152")

Elseif cel.Value = "Vloer 3" Then
cel.Offset(0, 5).Value =
Blad3.Range("F185")

End If

Next cel

Blad6.Range("P4").Select

Do Until ActiveCell.Value = ""
For Each cel In gebied1

b = ActiveCell.Value
c = ActiveCell.Offset(0, 2).Value

If cel.Value = b And cel.Offset(0, 2).Value
= c Then
a = cel.Offset(0, 3).Value
ActiveCell.Offset(0, 4).Value = a
ActiveCell.Offset(1, 0).Select

Elseif ActiveCell.Value = "0" Then
Exit Sub
End If

Next cel

Loop

End Sub

Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:

Ontwikkeling van een tool ter ondersteuning van architecten, studie bureaus en/of bouwpromotoren in hun zoektocht naar de optimale configuratie van een constructie

Richting: **master in de industriële wetenschappen: bouwkunde**

Jaar: **2016**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Voor akkoord,

Beerts, Jeroen

Ruytinx, Tom

Datum: **5/06/2016**