



W/E rapport

Klimaatwinst door Bouwen in hout

Onderzoek naar de potentie bij woningbouw

Eindrapport

W/E 9225

Utrecht, 24 oktober 2016

Klimaatwinst door Bouwen in hout

Onderzoek naar de potentie bij woningbouw

Opdrachtgever

Nederlandse Branchevereniging voor de Timmerindustrie (NBvT)
Nieuwe 's-Gravelandseweg 16
1405 HM Bussum

Contactpersoon: M. (Monique) Fledderman
T +31 (0)35 678 2385
M +31 (0)6 1054 78 71
E m.fledderman@nbvt.nl

Opdrachtnemer

W/E adviseurs
Arthur van Schendelstraat 650
3511 MJ Utrecht

Contactpersoon: ir. David Anink
T +31 (0)30 677 8777
M +31 (0)6 2239 7018
E anink@w-e.nl

Projectnummer

W/E 9225

Managementsamenvatting

De veronderstelling van de Nederlandse Branchevereniging voor de Timmerindustrie (NBvT) is dat bouwen in hout tot een vermindering van de CO₂-uitstoot leidt. Door vaker te bouwen in houtskeletbouw zou een bijdrage geleverd kunnen worden aan het behalen van de Nederlandse klimaatdoelstellingen. Om deze boodschap te kunnen onderbouwen heeft NBvT W/E adviseurs een kwantitatief onderzoek laten uitvoeren. Dit onderzoek geeft een kwantitatief inzicht in de potentiële CO₂-reductie, die is te behalen met de toepassing van houtbouw in plaats van de traditionele 'zware' bouwmethoden. Het onderzoek is afgebakend tot de nieuwbouw van grondgebonden woningen, wat niet wil zeggen dat er in de gestapelde bouw, de bestaande bouw en andere gebruiksfuncties geen besparingspotentieel is.

Gestart is met het doorrekenen van een groot woningvarianten. Dit levert inzicht in de CO₂-emissie, die als gevolg van het materiaalverbruik tijdens de levensloop van de woning ontstaat. Deze emissie is met behulp van scenario's doorvertaald naar de jaarlijkse nieuwbouw in Nederland. De scenario's zijn gebaseerd op aannamen, zoals ten aanzien van de te verwachten nieuwbouw.

Het eerste vraagstuk betreft de reductie, die te behalen is door meer houtskeletbouw toe te gaan passen. Daartoe zijn drie scenario's bekeken. Bij AUTONOOM is verondersteld dat het aantal houtskeletbouwwoningen in 2017 hetzelfde is als in de voorgaande jaren (1.500 woningen). De rest betreft de traditionele 'zware' bouwmethoden. Bij STREEF is uitgegaan van 10.000 woningen, een aantal dat door NBvT als haalbaar wordt gezien. Bij MAXIMAAL is 100% houtskeletbouw verondersteld, wat geen realistische aanname is, maar wat wel een indruk geeft van het potentieel.

De vergelijking van STREEF met AUTONOOM laat zien dat met 10.000 houtskeletbouwwoningen een reductie van 6% op de CO₂-emissie te realiseren is. Dit betekent jaarlijks meer dan 106.000 ton minder. Bij volledige overstap naar houtskeletbouw zou de reductie 24% bedragen.

CO ₂ -equivalenten	2017*	houtskeletbouw		zware bouwmethoden		Scenario	Reductie	
		woningen	ton eq	woningen	ton eq		ton eq	ton eq
AUTONOOM	37.100	1.500	55.832	35.600	1.770.827	1.826.660	0	0%
STREEF	37.100	10.000	372.216	27.100	1.348.017	1.720.234	106.426	6%
MAXIMAAL	37.100	37.100	1.380.923	0	0	1.380.923	445.737	24%

* alleen grondgebonden woningen

Een tweede vraag is de reductie als niet alleen bij de draagconstructie, maar ook bij andere elementen, waarbij dit realistisch is, voor hout wordt gekozen. Hiertoe zijn de scenario's HOUTBOUW (uitgangspunt STREEF) en HOUTBOUW+ (uitgangspunt MAXIMAAL) opgesteld.

De vergelijking van HOUTBOUW met AUTONOOM laat zien dat de reductie van 6% toeneemt tot 10%, en reductie van bijna 200.000 ton. Bij HOUTBOUW+ neemt de reductie toe van 24% naar 42%. Het potentieel is dus fors, meer hout in de bouw kan dus een aanzienlijke klimaatwinst opleveren.

CO ₂ -equivalenten	2017*	houtskeletbouw		zware bouwmethoden		Scenario	Reductie	
		woningen	ton eq	woningen	ton eq		ton eq	ton eq
AUTONOOM	37.100	1.500	55.832	35.600	1.770.827	1.826.660	0	0%
HOUTBOUW	37.100	10.000	287.209	27.100	1.348.017	1.635.226	191.434	10%
HOUTBOUW+	37.100	37.100	1.065.544	0	0	1.065.544	761.116	42%

* alleen grondgebonden woningen

Bij de gevoeligheidsanalyse zijn de verdeling over woningtype, de grootte en compactheid van de woningen, en de uitvoering van de referentiegebouw, als belangrijkste variabelen geïdentificeerd. Bij fors ongunstige aannamen bij deze variabelen bleek het reductiepercentage beperkt beïnvloed. Bij stapeling van de ongunstige aannamen gaat de reductie naar ongeveer 4%.

Inhoudsopgave

	Managementsamenvatting	2
1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Aanpak onderzoek	1
2	Materialisatie gebouwen	3
2.1	Referentiegebouwen MPG	3
2.2	Diversiteit in nieuwbouw	4
2.3	Doorgerekende woningen met CO ₂ -scores	5
3	Vertaling naar macroniveau (Nederland)	8
3.1	Het scenario AUTONOOM	8
3.2	Klimaatwinst door meer houtskeletbouw	9
3.3	Klimaatwinst door meer hout in de bouw	10
4	Gevoeligheidsanalyses	11
4.1	Gevoeligheid Woningtypen	11
4.2	Gevoeligheid Compactheid	11
4.3	Gevoeligheid BVO	12
4.4	Gevoeligheid Uitvoering	13

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De veronderstelling van de Nederlandse Branchevereniging voor de Timmerindustrie (NBvT) is dat bouwen in hout tot een vermindering van de CO₂-uitstoot leidt. Door vaker te bouwen in houtskeletbouw zou een bijdrage geleverd kunnen worden aan het behalen van de Nederlandse klimaatdoelstellingen.

Om deze boodschap geaccepteerd te krijgen, heeft de NBvT behoefte aan een onderbouwing van de veronderstelling. Daarom heeft de NBvT aan W/E adviseurs opdracht verleend om deze onderbouwing met een kwantitatief onderzoek te leveren.

Doelstelling onderzoek

Het onderzoek moet een kwantitatief inzicht bieden in de potentiële CO₂-reductie, die is te behalen met de toepassing van houtbouw in plaats van de traditionele zware bouwmethoden.

Het onderzoek is afgebakend tot de nieuwbouw van grondgebonden woningen. Dit wil niet zeggen dat er in de gestapelde bouw, de bestaande bouw en andere gebruiksfuncties geen besparingspotentieel is.

1.2 Aanpak onderzoek

Gestart is met het gebouwniveau. Bepaald is wat de reductie is als bij een aantal 'representatieve' nieuwbouwwoningen voor houtbouw gekozen wordt in plaats van voor traditionele zware bouw. Als representatief voor de zware bouw zijn uitvoeringen in beton en kalkzandsteen doorgerekend. De intentie van het onderzoek is echter niet om bouwmethoden te vergelijken, het gaat om inzicht in het reductie-potentieel van houtbouw. De resultaten van de beton- en kalkzandsteenvarianten worden daarom als de resultaten van één zware variant gepresenteerd.

Het onderzoek is afgebakend tot de nieuwbouw van grondgebonden woningen. Hierbij is veel ervaring met houtskeletbouw en kan zonder problemen de stap naar de lichtere bouwmethode worden gezet. Ondanks dat gestapelde bouw in houtskeletbouw een realistische optie is, is de gestapelde bouw niet in dit onderzoek meegenomen. De reden is, dat de technisch afwijkende constructie een vergelijking met 'zware' bouwmethoden lastig maakt.

Bij de vertaling naar het macroniveau van de Nederlandse nieuwbouw, is gebruik gemaakt van scenario's. Gekozen is voor het tonen van meerdere scenario's, omdat een betrouwbare prognose moeilijk te geven is. De omvang en typologie van de woningnieuwbouw zijn de afgelopen jaren heel anders gebleken dan de jaren daarvoor. Voor het bepalen van de reductie is een autonoom scenario als uitgangspunt genomen. Dit scenario is opgebouwd uit voornamelijk zware bouwmethoden en een klein aandeel houtskeletbouw (1.500 woningen per jaar).

Bij het vaststellen van de CO₂-emissie, die samenhangt met de materiaalinput van een gebouw, is de levenscyclus-benadering (LCA) gehanteerd. Het gaat hierbij niet alleen om de CO₂-emissie, die samenhangt met de input van materialen/producten tijdens de nieuwbouw zelf, maar ook om de input van materialen/producten tijdens vervangingen en onderhoud in de gebruiksfase. Bij elk product wordt rekening gehouden met de winning van grondstoffen, de productie, het transport, het aanbrenge, emissies tijdens gebruik, het verwijderen, het afvaltransport en de afvalverwerking (inclusief recycling). De totale milieubelasting in al deze fasen optreedt, wordt uiteindelijk terugerekend naar een milieubelasting per woning per jaar.

Bij de CO₂-emissie gaat het om de klimaatproblematiek, oftewel het broeikaseffect. Hoewel zeker bij de bouw CO₂ het belangrijkste is, zijn er ook andere stoffen die bijdragen aan dit broeikaseffect. Deze worden meegenomen door ze te vertalen naar CO₂-equivalenten (vermenigvuldigen met een factor). De CO₂-emissie wordt daarom uitgedrukt in kg CO₂ equivalent.

Bij de doorrekening is gebruik gemaakt van het softwarepakket GPR Bouwbesluit, dat geldt als één van de gevalideerde rekeninstrumenten, waarmee de milieuprestatieberekening van een gebouw (MPG) uitgevoerd mag worden. Gevalideerd wil zeggen dat gerekend is volgens de landelijk afgesproken bepalingmethode^a (inclusief rekenregels^b en correctiebladen^c) en de laatste versie van de Nationale Milieudatabase. De berekeningen worden uitgevoerd met de in september 2016 gereleasede NMD, versie 1.8.

^a Bepalingmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-Werken, versie 2.0, definitief'; Stichting Bouwkwiteit; Rijswijk, November 2014

^b 'Harmonisatie rekenregels materiaalgebonden milieuprestatie gebouwen; Uitwerking rekenregels'; DGMR, Arnhem, 16 juni 2011,

^c 'Wijzigingsbladen rekenregels; d.d. 17 juni 2014, 26 mei 2015, 8 september 2016'; SBK, Rijswijk

2 Materialisatie gebouwen

2.1 Referentiegebouwen MPG

De basis voor het onderzoek zijn de voorbeeldgebouwen van RvO. De woongebouwen in deze set zijn representatief geacht voor de huidige woningbouw. Deze gebouwen zijn in eerste instantie bedoeld voor energieberekeningen, de materialisatie is daarom summier uitgewerkt. In 2014 heeft het ministerie van BZK een aantal van de voorbeeldgebouwen laten materialiseren^d, zodat ze als referenties zouden kunnen dienen voor de milieuprestatieberekening (MPG). Tot deze gebouwen behoren 2 grondgebonden woningtype en 1 gestapeld woningtype (zie figuur 2.1). De grondgebonden woningen, die in dit onderzoek worden beschouwd (zie paragraaf 1.2) zijn uitgevoerd in beton, kalkzandsteen en houtskeletbouw.

De MPG-referentieset bevat geen vrijstaande woningen. Omdat de prognose is dat dit type de komende jaren veel gebouwd zal worden, is besloten ook dit type mee te nemen. Hiertoe is het voorbeeldgebouw 'vrijstaand-nieuwbouw' opgenomen, dat beschikbaar is in de GPR Gebouw bibliotheek. Een pluspunt is dat ook voor dit gebouw een RvO voorbeeldgebouw, namelijk type 'vrijstaand', is gebruikt. Daarmee hebben alle grondgebonden woningen dezelfde oorsprong. Het gebouw 'vrijstaand-nieuwbouw' heeft dragende gevels in kalkzandsteen en breedplaatvloeren. Door de opdrachtgever, de NBvT, is een variant op basis van houtskeletbouw opgesteld.

AgentschapNL: Rijtussenwoning

De woning bestaat uit twee bouwlagen met daarop een schuindak-verdieping. De varianten richten zich op de dragende wanden en de gevel. De varianten bestaan uit:

- Variant 7: Prefab betonnen woningscheidende wanden en prefab betonnen binnenbladen en metselwerk buitenblad aan voor- en achterzijde.
- Variant 8. Kalkzandsteen woningscheidende wanden en binnenblad voor- en achterzijde. Metselwerk buitenblad.
- Variant 9. Volledige houtskeletbouw draagstructuur met ook een houten gevelbekleding.

In bijlage 3 zijn zowel gevelaanzichten, plattegronden, de invoer en de resultaten van de milieuprestatieberekening opgenomen.

AgentschapNL: 2^1 kap met garage

De woning is vergelijkbaar met de rijtussenwoning, maar heeft een kopgevel en een garage. De beschouwde varianten zijn ook vergelijkbaar met de rijtussenwoning. In bijlage 4 zijn zowel gevelaanzichten, plattegronden, de invoer en de resultaten van de milieuprestatieberekening opgenomen.

AgentschapNL: Appartementencomplex

Het gebouw bestaat uit vijf bouwlagen met appartementen en buitenruimten. Op de begane grond zijn twee appartementen, de entree en de bergingen gelegen. De varianten bestaan uit:

- Variant 13. Prefab betonnen wanden en deels hsb met een metselwerk buitenblad.
- Variant 14. Kalkzandsteen en deels hsb met een metselwerk buitenblad.

In bijlage 5 zijn zowel gevelaanzichten, plattegronden, de invoer en de resultaten van de milieuprestatieberekening opgenomen.

Figuur 2.1: overzicht van de referentiewoningen (bron: DGMR, rapportnummer E.2013.0824.00.R001)

^d 'DGMR, rapportnummer E.2013.0824.00.R001; "Resultaten referentiegebouwen materiaalprestatie"; Arnhem, 20 maart 2014.

2.2 Diversiteit in nieuwbouw

Invloed van woningdiversiteit op het reductiepercentage

RvO heeft de Nederlandse nieuwbouw gevangen in een beperkt aantal gebouwtypen. Deze toen natuurlijk geen recht aan de grote diversiteit in uitvoering (vorm en materialisatie). De vraag is of ze voldoende representatief zijn voor afwijkende woningen, zoals hele grote woningen, patio's en studio's. Denkbaar is dat er varianten zijn, waar de reductie groter of kleiner is dan bij het oorspronkelijke referentiegebouw.

Voor de macrovertaling heeft het doorrekenen van vele woningvarianten echter weinig nut. Dit zou alleen zin hebben als er een gedetailleerde prognose te maken zou zijn van de komende nieuwbouw (bijvoorbeeld dus de aantallen patiowoningen, studio's etc.). Dit is echter niet het geval. De onnauwkeurigheid in de prognose is veel groter dan de onnauwkeurigheid door de vele varianten 'plat' te slaan tot enkele standaarduitvoeringen.

Om toch een gevoel te hebben voor de mate waarin de woningdiversiteit invloed heeft op de reductie, zijn een aantal gevoeligheidsanalyses uitgevoerd. Bij de gevoeligheidsanalyse zijn de woningvarianten opnieuw doorgerekend, nadat op één ontwerpkenmerk was gevarieerd. Deze analysis geven inzicht op gebouwniveau. Hiermee is duidelijk gemaakt hoe het reductiepercentage door het kenmerk beïnvloed wordt. Ook hier is een macrovertaling doorgevoerd, waarbij een grof scenario is aangehouden ten aanzien van het voorkomen van de variant.

Selectie relevante kenmerken

Voor het identificeren van 'suspecte' kenmerken is gebruik gemaakt van de studie die BZK heeft laten uitvoeren ten behoeve van de MPG-grenswaarde^e. Impliciet doel van die studie was te bekijken of de grenswaarde gevolgen zou kunnen hebben voor de diversiteit van de Nederlandse woningbouw. De diversiteit is vormgegeven door een systematische variatie op de RvO woningreferenties, waarbij ook naar de combinatie van kenmerken is gekeken. Dit leverde 1200 woningvarianten op, waarvoor de MPG-score is vastgesteld.

In het BZK-onderzoek zijn de relevante ontwerpkenmerken in twee ronden geïdentificeerd. In ronde 1 is de invloed op de MPG van een groot aantal ontwerpkenmerken bepaald. De meest relevante kenmerken zijn daarna geselecteerd voor ronde 2, waarbij onder andere vele combinaties van die kenmerken zijn beproefd. De in ronde 1 van het BZK-onderzoek geselecteerde kenmerken staan in figuur 2.2.

^e 'Onderzoek 'Bepaling kwaliteitsniveaus milieuprestatie van woonfuncties'; W/E adviseurs; Utrecht, 7 oktober 2014

Geselecteerde woningvarianten op basis van ronde 1			
Dimensionering			
BV	BVO	BV1	BVO klein
BV	BVO	BV2	BVO groot
GB	Gevel/BVO	GB2	Gevel groot
BL	Bouwlagen	BL2	Veel
GP	Percentage open gevel	GP1	Glaspercentage hoog
Materialisatie			
REF	Referentie	REF	Referentie
GE	Gevelopbouw	GE1	Meest gunstig (HSB & betimmering)
GE	Gevelopbouw	GE4	Minst gunstig (binnespovblad beton, bakst, aluminium)
GH	HR+++	GH1	HR+++ ipv HR++
EP	EPC:0.4	EP1	Referentie RvO
MA	Materialisatie	MA1	Duurzaam materiaal
Gevoeligheidsanalyses			
MA	Materialisatie	MA2	Niet duurzaam materiaal
EP	EPC:0,0	EP4	BENG met PV

*Figuur 2.2: overzicht geselecteerde variabelen en opties
(bron Onderzoek 'Bepaling kwaliteitsniveaus milieuprestatie van woonfuncties')*

Uit vele MPG-berekeningen met GPR Gebouw is gebleken dat de CO₂-emissie bij de bouw een vergelijkbaar 'verloop' hebben als de MPG-score. Met de kenmerken in figuur 2.2 zijn dus de 'suspecte' kenmerken voor dit onderzoek bekend. Het aantal kenmerken is nog meer ingeperkt, omdat niet bij alle kenmerken het al dan niet bouwen in hout van invloed is. Dit geldt bijvoorbeeld voor de energievarianten. De variatie op bouwlagen is niet aan de orde omdat gestapelde bouw in houtskeletbouw met veel verdiepingen (nog) niet haalbaar is. Uiteindelijk bleven er vier kenmerken over, die mogelijk een invloed hebben op de met houtbouw te behalen reductie. Dit betekent een gevoeligheidsanalyse voor:

1. BVO (BV1 en BV2): kleiner en groter dan de referentie – 'kleiner' en 'groter'
2. Gevel/BVO (GB2): omdat de referenties relatief compact zijn alleen een minder compacte variant – 'niet compact'
3. Gevelopbouw (GE1 en GE4): gunstiger of ongunstigere variant
4. Materialisatie (MA1 en MA2): duurzamere of minder duurzame variant

In de BZK-studie blijkt de materialisatie een belangrijke variabele (kenmerken 3 en 4). De variatie op bouwmethode, in de vorm van houtskeletbouw is de basis van het onderzoek – 'HSB'. Als extra gevoeligheidsanalyse is gekeken naar de uitvoeringsvariant op 'HSB', waarbij bij alle elementen, waar hout een realistische optie is, voor hout is gekozen – 'maximaal hout'. Omdat ook bij de andere bouwmethoden al veelvuldig voor hout wordt gekozen (gevelopeningen, trappen, inbouw), is 'maximaal hout' afgezet tegen uitvoeringen van de zware bouwmethoden, waarbij al het hout is vervangen door een andere materiaallooptie – 'zonder hout'.

2.3 Doorgerekende woningen met CO₂-scores

Bij de CO₂-emissie gaat het om de materiaal gerelateerde CO₂-emissie (dus niet door energiegebruik in de woningen). Ook worden andere broeikasgassen meegenomen. De eenheid is daarom ton CO₂-equivalenten per woning per jaar. Deze CO₂-emissie wordt vervolgens vergeleken met de CO₂-emissie bij een scenario waarbij in meer of mindere mate overgestapt wordt naar houtbouw.

Uiteindelijk zijn 45 woningen doorgerekend. Dit is gebeurd met de in paragraaf 1.2 beschreven rekensoftware. Het resultaat is het aantal kg CO₂-equivalenten per m² bvo per jaar. In figuur 2.3 staan de woningen beschreven, met de bijbehorende scores. De scores vormen de basis voor de

macrovertaling in hoofdstuk 3. De scores van woningvarianten op basis van 'kalkzandsteen' en 'beton' zijn (ongewogen) gemiddeld tot 'Zwaar'.

CO2-emissie	[kg CO2 eq./m2bvo*ij]		Bouwmethode			
	Woningtype	Uitvoering	Code	'Zwaar'	HSB	
Rijtussen	standaard	RIJ-stan	3,27	2,33	71%	
2-1-kap	standaard	KAP-stan	3,71	2,65	72%	
Vrijstaand	standaard	VRIJ-stan	4,31	3,62	84%	
Gemiddeld	standaard	stan	3,76	2,87	76%	
		tov 'standaard'	100%	100%		
Rijtussen	zonder hout	RIJ-geen	3,54			
2-1-kap	zonder hout	KAP-geen	3,92			
Vrijstaand	zonder hout	VRIJ-geen	4,48			
Gemiddeld	zonder hout	geen	3,98			
		tov 'standaard'	106%			
Rijtussen	maximaal hout	RIJ-max	3,54	1,98	56%	
2-1-kap	maximaal hout	KAP-max	3,92	1,64	42%	
Vrijstaand	maximaal hout	VRIJ-max	4,48	2,87	64%	
Gemiddeld	maximaal hout	max	3,98	2,16	54%	
		tov 'standaard'		75%		
Rijtussen	kleiner	RIJ-klein	3,64	2,67	73%	
2-1-kap	kleiner	KAP-klein	4,19	3,02	72%	
Vrijstaand	kleiner	VRIJ-klein	4,90	4,20	86%	
Gemiddeld	kleiner	klein	4,24	3,30	78%	
		tov 'standaard'	113%	115%		
Rijtussen	groter	RIJ-groot	3,07	2,24	73%	
2-1-kap	groter	KAP-groot	3,36	2,47	74%	
Vrijstaand	groter	VRIJ-groot	3,49	2,96	85%	
Gemiddeld	groter	groot	3,31	2,56	77%	
		tov 'standaard'	88%	89%		
Rijtussen	niet-compact	RIJ-aompact	3,81	2,81	74%	
2-1-kap	niet compact	KAP-compact	4,77	3,49	73%	
Vrijstaand	niet compact	VRIJ-compact	6,01	5,12	85%	
Gemiddeld	niet compact	compact	4,86	3,81	78%	
		tov 'standaard'	129%	133%		

Figuur 2.3: overzicht doorgerekende woningen en CO₂-scores [kg CO₂eq/m2bvo*jaar]

In dit onderzoek gaat het om de macrovertaling gaat. Toch geeft figuur 2.3 al enig inzicht. Let wel het gaat om gemiddelden bij een beperkt aantal woningvarianten. Het onderstaande inzicht is dus indicatief:

1. De scores bij HSB zijn 10% tot 30% lager. Op basis hiervan is te verwachten dat de macrovertaling zal uitwijzen dat er met de keuze voor HSB een relevante CO₂-reductie te realiseren is.
2. Bij de vrijstaande woningen is de met HSB te behalen reductie kleiner, dan bij de andere woningtypen. De verdeling over de woningtypen kan dus van invloed zijn op de berekende CO₂-reductie -> extra scenario bij gevoeligheidsanalyse.

3. Door ook bij andere elementen te kiezen voor hout ('maximaal') wordt nog eens meer dan 25% reductie bereikt ten opzichte van de standaard HSB-variant. Het is dus interessant om deze variatie bij de macrovertaling mee te nemen.
4. Als 'maximaal' vergeleken wordt met de varianten op basis van zware bouwmethoden, waarbij hout is vervangen door andere materiaalopties ('geen'), dan is de score zelfs tot 58% lager.
5. Bij de variatie 'niet compact' is de score ongeveer 30% hoger. Opnieuw blijkt dat compactheid een belangrijke factor is. Het verschil blijkt bij HSB iets groter dan bij Zwaar. Worden er in 2017 relatief veel niet compacte woningen gebouwd, dan zal er met de keuze voor HSB iets minder reductie behaald worden.
6. Bij de variatie 'kleiner' is de score ongeveer 10-15% hoger en bij 'groter' ongeveer 10-15% lager. Het patroon bij HSB en Zwaar verschilt nauwelijks. Bij de macrovertaling zal deze gevoeligheid van weinig invloed zijn op de conclusie ten aanzien van het reductiepercentage.

3 Vertaling naar macroniveau (Nederland)

3.1 Het scenario AUTONOOM

De vertaling van de resultaten op woningniveau naar het macroniveau van de Nederlandse nieuwbouw, is gemaakt aan de hand van scenario's. Om de scenario's te kunnen doorrekenen is een rekensteeft ontwikkeld. Voor het bepalen van de reductie is een autonoom scenario als uitgangspunt genomen, dit is een scenario dat verondersteld dat de nieuwbouw op de 'gebruikelijke' wijze zal plaatsvinden.

Basis voor het autonome scenario is de prognose voor de woningnieuwbouw in 2017. Er is voor 1 jaar gekozen, omdat er geen onderbouwde redenen zijn om in de jaren daarna afwijkende uitgangspunten te hanteren. Het beschouwen van een langere periode kan door de reductie met het aantal jaren te vermenigvuldigen.

Een prognose met grote zekerheid is niet te geven. Gezien de ontwikkelingen van de laatste jaren en de recente opleving kan bij de prognose beperkt geleund worden op de ervaringen uit het verleden. In dit onderzoek zijn de volgende aannamen gedaan:

1. Het aantal nieuw te bouwen woningen in 2017.
Voor variabele 1 is gebruik gemaakt van een recente prognose in BouwKennis, waarin voor 2017 een aantal van 53.000 woningen wordt genoemd (figuur 3.1).
2. De verdeling hierbij over de typen voorbeeldgebouwen.
Hier is een verdeling gebruikt, die in GPR Gebouw is gehanteerd voor de ijking van het MPG-rapportcijfer. Deze is enigszins aangepast op verwachte verschuivingen, zoals meer 2-1-kapwoningen en appartementen.
3. De verdeling van over de bouwmethoden.
De basis voor de nieuwbouw in Nederland vormen de 'zware' bouwmethoden. Als representatief voor de zware bouwmethoden zijn per woningtype een verdeling over beton en kalkzandsteen aangehouden. Deze verdeling betreft een inschatting van W/E adviseurs.
4. Het aantal houtskeletbouwwoningen in 2017
De 'zware' bouwmethoden vormen de hoofdmoot, maar toch wordt er ook nu al in houtskeletbouw gebouwd. Door de NBVT is aangegeven dat er jaarlijks ongeveer 1.500 nieuwbouwwoningen in houtskeletbouw worden uitgevoerd. Dit aantal is ook voor 2017 aangehouden, waarbij verondersteld is dat het aandeel houtskeletbouw per type gelijk is.

Gereedmeldingen naar opdrachtgever 2012 t/m 2017 (aantallen)

	2012**	2013**	2014**	2015*	2016*	2017*
Corporaties	15.500	12.000	10.000	9.000	8.000	8.000
Bouwers voor de markt	27.500	23.000	21.000	26.000	33.000	38.000
Particuliere opdrachtgevers	5.000	5.000	4.000	5.000	6.000	7.000
Totaal	48.000	40.000	35.000	40.000	47.000	53.000

Bron: BouwKennis, maart 2015 *Prognose, **Schatting BouwKennis

Figuur 3.1: prognose van het aantal nieuw te bouwen woningen

3.2 Klimaatwinst door meer houtskeletbouw

De in paragraaf 3.1 bij 4 genoemde aannamen zijn de belangrijkste variabelen in dit onderzoek. In deze paragraaf zijn de resultaten gepresenteerd van scenario's waarbij op het aantal houtskeletbouw woningen is gevarieerd. Vergeleken zijn:

1. **AUTONOOM**

Dit gaat om 1.500 woningen, waarbij verondersteld is dat het aandeel per woningtypen gelijk is. Bij 1.500 woningen en een totaal nieuwbouw van 53.000 woningen komt dit neer op circa 4%.

2. **STREEF**

De NBvT heeft aangegeven te streven naar 10.000 nieuwbouwwoningen in houtskeletbouw per jaar. Dit aantal wordt haalbaar geacht. Bij 10.000 woningen en een totaal nieuwbouw van 53.000 woningen komt dit neer op circa 27%.

3. **MAXIMAAL**

De volledige overstap op houtskeletbouw (let wel in dit onderzoek kijken we alleen naar de grondgebonden woningen) is een hypothetisch scenario. Het scenario geeft een beeld van de theoretisch maximale reductie.

AUTONOOM Prognose	totale nieuwbouw 2017			houtskeletbouw				zware bouwmethoden			AUTONOOM
	BVO	aandeel	aantallen	aandeel	aantallen	CO2-emissie		aandeel	aantallen	CO2-emissie	CO2-emissie
Woningtypen	m2/won	%	stuks	%	stuks	kg eq/won	ton eq	%	stuks	ton eq	ton eq
Rijwoning	157	35%	18.550	4%	750	27.436	20.577	96%	17.800	707.907	728.484
2-1-kap	212	15%	7.950	4%	321	42.135	13.543	96%	7.629	449.395	462.939
Vrijstaand	187	20%	10.600	4%	429	50.662	21.712	96%	10.171	613.525	635.237
Gestapeld	-	30%	15.900	-	-	-	-	-	-	-	-
Ledgebouw [jaar]	75	100%	53.000		1.500		55.832		35.600	1.770.827	1.826.660

Figuur 3.2: het scenario AUTONOOM

STREEF Prognose	2017	houtskeletbouw				zware bouwmethoden			STREEF	AUTONOOM	Reductie	
	aantallen	aandeel	aantallen	CO2-emissie		aandeel	aantallen	CO2-emissie	CO2-emissie	CO2-emissie	CO2-emissie	toV AUTO
Woningtypen	stuks	%	stuks	kg eq/won	ton eq	%	stuks	ton eq	ton eq	ton eq	ton eq	%
Rijwoning	18.550	27%	5.000	27.436	137.179	73%	13.550	538.884	676.063	728.484	52.421	7,2%
2-1-kap	7.950	27%	2.143	42.135	90.289	73%	5.807	342.096	432.385	462.939	30.554	6,6%
Vrijstaand	10.600	27%	2.857	50.662	144.748	73%	7.743	467.037	611.785	635.237	23.452	3,7%
	37.100		10.000		372.216		27.100	1.348.017	1.720.234	1.826.660	106.426	5,8%

Figuur 3.3: het scenario STREEF

MAXIMAAL Prognose	2017	houtskeletbouw				zware bouwmethoden			MAXIMAAL	AUTONOOM	Reductie	
	aantallen	aandeel	aantallen	CO2-emissie		aandeel	aantallen	CO2-emissie	CO2-emissie	CO2-emissie	CO2-emissie	toV AUTO
Woningtypen	stuks	%	stuks	kg eq/won	ton eq	%	stuks	ton eq	ton eq	ton eq	ton eq	%
Rijwoning	18.550	100%	18.550	27.436	508.933	0%	-	-	508.933	728.484	219.551	30,1%
2-1-kap	7.950	100%	7.950	42.135	334.973	0%	-	-	334.973	462.939	127.965	27,6%
Vrijstaand	10.600	100%	10.600	50.662	537.016	0%	-	-	537.016	635.237	98.221	15,5%
	37.100		37.100		1.380.923		-	-	1.380.923	1.826.660	445.737	24,4%

Figuur 3.4: het scenario MAXIMAAL

Op basis van de bovenstaande scenario's zijn de volgende conclusies te trekken:

1. Het autonome scenario (figuur 3.2), uitgaande van 53.000 nieuwbouwwoningen in 2017 op de gebruikelijke wijze, betekent een CO₂-last van meer dan 1.800.000 ton. Het gaat hierbij de om de broeikasgassen, die vrijkomen gedurende de levensloop van de in 2017 gebouwde woningen (het gaat eigenlijk om de levensloop van alle materialen, die ergens tijdens de gebruiksfase worden toegevoegd of verwijderd).
2. Lukt het om 10.000 van de 53.000 in houtskeletbouw te realiseren, dan levert dit een reductie op van 5,8%. Figuur 3.3 laat zien dat STREEF betekent dat er meer dan 106.000 ton minder vrijkomt dan bij AUTONOOM.
3. Bij een volledige overstap naar houtskeletbouw wordt de reductie zelfs 24,4%. Figuur 3.4 laat zien dat MAXIMAAL betekent dat er bijna 450.000 ton minder vrijkomt dan bij AUTONOOM.

3.3 Klimaatwinst door meer hout in de bouw

In paragraaf 3.2 is de reductie door meer houtskeletbouw beschouwd. Een vraag is wat de reductie is als niet alleen bij het casco maar ook bij andere gebouwelementen voor hout wordt gekozen. Er zijn daarom woningvarianten doorgerekend, waarbij bij alle gebouwelementen, waar dat realistisch is, voor hout is gekozen ('maximaal hout' in figuur 2.3). Met als basis het scenario STREEF (dus 'maximaal hout' bij 10.000 woningen) is het scenario HOUTBOUW opgesteld.

Om het uiterste van 'hout in de bouw' te verkennen is ook nog het scenario HOUTBOUW+ opgesteld dat niet het scenario STREEF, maar het scenario MAXIMAAL (100% hsb) als uitgangspunt heeft.

In de BZK-studie blijkt de materialisatie een belangrijke variabele (kenmerken 3 en 4). De variatie op bouwmethode, in de vorm van houtskeletbouw is de basis van het onderzoek – 'HSB'. Als extra gevoeligheidsanalyse is gekeken naar de uitvoeringsvariant op 'HSB', waarbij bij alle elementen, waar hout een realistische optie is, voor hout is gekozen – 'maximaal hout'.

HOUTBOUW STREEF	2017	houtskeletbouw				zware bouwmethoden			HOUTBOUW AUTONOOM		Reductie	
	aantallen	aandeel	aantallen	CO2-emissie	aandeel	aantallen	CO2-emissie	CO2-emissie	CO2-emissie	CO2-emissie	toV AUTO	
Woningtypen	stuks	%	stuks	kg eq/won ton eq	%	stuks	ton eq	ton eq	ton eq	ton eq	%	
Rijwoning	18.550	27%	5.000	23.315 116.573	73%	13.550	538.884	655.457	728.484	73.027	10,0%	
2-1-kap	7.950	27%	2.143	26.076 55.877	73%	5.807	342.096	397.973	462.939	64.966	14,0%	
Vrijstaand	10.600	27%	2.857	40.166 114.759	73%	7.743	467.037	581.796	635.237	53.441	8,4%	
	37.100		10.000	- 287.209		27.100	1.348.017	1.635.226	1.826.660	191.434	10,5%	

Figuur 3.5: het scenario's HOUTBOUW

HOUTBOUW+ MAXIMAAL	2017	houtskeletbouw				zware bouwmethoden			HOUTBOUW+ AUTONOOM		Reductie	
	aantallen	aandeel	aantallen	CO2-emissie	aandeel	aantallen	CO2-emissie	CO2-emissie	CO2-emissie	CO2-emissie	toV AUTO	
Woningtypen	stuks	%	stuks	kg eq/won ton eq	%	stuks	ton eq	ton eq	ton eq	ton eq	%	
Rijwoning	18.550	100%	18.550	23.315 432.484	0%	-	-	432.484	728.484	296.000	40,6%	
2-1-kap	7.950	100%	7.950	26.076 207.304	0%	-	-	207.304	462.939	255.635	55,2%	
Vrijstaand	10.600	100%	10.600	40.166 425.756	0%	-	-	425.756	635.237	209.481	33,0%	
	37.100		37.100	- 1.065.544		-	-	1.065.544	1.826.660	761.116	41,7%	

Figuur 3.6: het scenario's HOUTBOUW+

Op basis van de bovenstaande scenario's zijn de volgende conclusies te trekken:

1. Door de overstap naar houtskeletbouw te combineren met andere houttoepassingen, zoals een houten gevelbekleding in plaats van metselwerk is de reductie te verhogen van 5,8% (STREEF) naar 10,5%. Deze combinatie leidt tot een jaarlijkse reductie van bijna 200.000 ton CO₂.
2. Als dat gebeurd bij alle nieuwbouw van grondgebonden woningen wordt de reductie 41,7%. Dit is een extra reductie van 17% ten opzichte van het scenario MAXIMAAL (24,4%). De jaarlijkse reductie betreft hier meer dan 750.000 ton.

4 Gevoeligheidsanalyses

In hoofdstuk 2 zijn een aantal variabelen genoemd, die een relevante invloed kunnen hebben op het berekende reductiepercentage. Op basis van inzichten uit de doorrekeningen van woningen en scenario's, is het beeld aangescherpt. Uiteindelijk zijn de volgende gevoeligheden onderzocht:

1. Woningtypen: meer vrijstaande woningen
2. Compactheid: meer minder compacte woningen
3. Uitvoering 'zware' bouwmethoden: andere materiaalopties dan hout
4. Bruto vloeroppervlakte (BVO): meer kleinere en minder grotere woningen

4.1 Gevoeligheid Woningtypen

Een van de in paragraaf 2.3 genoemde inzichten (punt 2) is dat de reductie bij vrijstaande woningen iets minder is dan bij de andere grondgebonden woningtypen. Daarom is de situatie bekeken, waarin in 2017 zeer veel vrijstaande woningen worden gebouwd (50% van de woningen). Deze nieuwe verdeling is bij zowel het scenario AUTONOOM (AUTONOOM*) als het scenario STREEF (TYPE) doorgevoerd. De conclusie (figuur 4.1) is dat de reductie bij deze (extreme) aanname vermindert van 5,8% naar 4,5%.

AUTONOOM* Prognose	totale nieuwbouw 2017			houtskeletbouw			zware bouwmethoden			AUTONOOM*
	BVO	aandeel	aantallen	aandeel	aantallen	CO2-emissie	aandeel	aantallen	CO2-emissie	CO2-emissie
Woningtypen	m2/won	%	stuks	%	stuks	kg eq/won ton eq	%	stuks	ton eq	ton eq
Rijwoning	157	10%	5.300	4%	214	27.436 5.879	96%	5.086	202.259	208.138
2-1-kap	212	10%	5.300	4%	214	42.135 9.029	96%	5.086	299.597	308.626
Vrijstaand	187	50%	26.500	4%	1.071	50.662 54.281	96%	25.429	1.533.812	1.588.093
	100%		37.100		1.500	69.189		35.600	2.035.668	2.104.857

TYPE Prognose	2017	houtskeletbouw			zware bouwmethoden			TYPE AUTONOOM*		Reductie	
	aantallen	aandeel	aantallen	CO2-emissie	aandeel	aantallen	CO2-emissie	CO2-emissie	CO2-emissie	CO2-emissie tov AUTO*	
Woningtypen	stuks	%	stuks	kg eq/won ton eq	%	stuks	ton eq	ton eq	ton eq	ton eq	%
Rijwoning	5.300	27%	1.429	27.436 39.194	73%	3.871	153.967	193.161	208.138	14.977	7,2%
2-1-kap	5.300	27%	1.429	42.135 60.193	73%	3.871	228.064	288.257	308.626	20.369	6,6%
Vrijstaand	26.500	27%	7.143	50.662 361.871	73%	19.357	1.167.593	1.529.464	1.588.093	58.629	3,7%
	37.100		10.000	461.258		27.100	1.549.624	2.010.881	2.104.857	93.975	4,5%

Figuur 4.1: de scenario's AUTONOOM* en TYPE bij de aanname van 50% vrijstaande woningen

4.2 Gevoeligheid Compactheid

Bij punt 5 in paragraaf werd geconcludeerd dat een niet compacte woning ongunstiger is voor zowel de 'zware'-variant als de HSB-variant. Omdat deze invloed voor de HSB-variant ongunstiger is (133% t.o.v. 129%) zou een nieuwbouwprogramma met veel niet compacte woningen betekenen dat de reductie door de overstap op houtskeletbouw minder is.

In de onderstaande scenario's is aangenomen dat er een groot aandeel niet compacte woningen gebouwd gaat worden (75% per type). In figuur 4.2 is te zien dat de totale emissie door de ongunstige invloed van de kleinere woningen bij zowel het scenario AUTONOOM** als het scenario GEVEL/BVO groter is dan bij de scenario's AUTONOOM en STREEF. In absolute zin wordt een grotere reductie geboekt (bijna 120.00 ton versus meer dan 106.000 ton). In relatieve zin is de reductie wat minder (5,4% versus 5,8%)

AUTONOOM** Prognose	nieuwbouw 2017		Houtskeletbouw				zware bouwmethoden			AUTONOOM** CO2-emissie ton eq
	aandeel	aantallen	aandeel	aantallen	CO2-emissie		aandeel	aantallen	CO2-emissie	
Woningtypen	per type	stuks	%	stuks	kg eq/won	ton eq	%	stuks	ton eq	
Rijwoning, standaard	25%	4.638	4%	188	27.436	5.144	96%	4.450	176.977	182.121
Rijwoning, acompact	75%	13.913	4%	563	33.088	18.612	96%	13.350	622.104	640.716
2-1-kap, standaard	25%	1.988	4%	80	42.135	3.386	96%	1.907	112.349	115.735
2-1-kap, acompact	75%	5.963	4%	241	55.491	13.377	96%	5.721	433.475	446.853
Vrijstaand, standaard	25%	2.650	4%	107	50.662	5.428	96%	2.543	153.381	158.809
Vrijstaand, acompact	75%	7.950	4%	321	71.654	23.032	96%	7.629	641.105	664.137
		37.100		1.500		68.979		35.600	2.139.391	2.208.370

GEVEL/BVO STREEF	nieuwbouw 2017		Houtskeletbouw			zware bouwmethoden			GEVEL/BVO AUTONOOM**		Reductie	
	aandeel	aantallen	aandeel	aantallen	CO2-emissie	aandeel	aantallen	CO2-emissie	CO2-emissie	CO2-emissie	CO2-emissie	toev AUTO**
Woningtypen	per type	stuks	%	stuks	ton eq	%	stuks	ton eq	ton eq	ton eq	ton eq	%
Rijwoning, standaard	25%	4.638	27%	1.250	34.295	73%	3.388	134.721	169.016	182.121	13.105	7,2%
Rijwoning, acompact	75%	13.913	27%	3.750	124.079	73%	10.163	473.568	597.647	640.716	43.069	6,7%
2-1-kap, standaard	25%	1.988	27%	536	22.572	73%	1.452	85.524	108.096	115.735	7.638	6,6%
2-1-kap, acompact	75%	5.963	27%	1.607	89.182	73%	4.355	329.977	419.159	446.853	27.694	6,2%
Vrijstaand, standaard	25%	2.650	27%	714	36.187	73%	1.936	116.759	152.946	158.809	5.863	3,7%
Vrijstaand, acompact	75%	7.950	27%	2.143	153.545	73%	5.807	488.032	641.577	664.137	22.559	3,4%
		37.100		10.000	459.860		27.100	1.628.582	2.088.442	2.208.370	119.929	5,4%

Figuur 4.2: de scenario's AUTONOOM** en GEVEL/BVO bij de aanname van 75% niet compacte woningen per type

4.3 Gevoeligheid BVO

Bij punt 6 in paragraaf werd geconcludeerd dat een kleinere woning ongunstiger is voor zowel de 'zware'-variant als de HSB-variant. Omdat deze invloed voor de HSB-variant net iets ongunstiger is (115% t.o.v. 113%) zou een nieuwbouwprogramma met meer kleinere woningen betekenen dat de reductie door de overstap op houtskeletbouw minder is.

In de onderstaande scenario's is aangenomen dat er een groot aandeel kleinere woningen gebouwd gaat worden (75% per type). Bij eenzelfde aantal woningen zou dit in totaal een lager aantal m2 (BVO) opleveren. Dit is gecorrigeerd door meer grondgebonden woningen te veronderstellen (55.378 ipv 37.100). Bij het scenario BVO betekent dat 14.927 in plaats van 10.000 houtskeletbouwwoningen.

In figuur 4.3 is te zien dat de totale emissie door de ongunstige invloed van de kleinere woningen bij zowel het scenario AUTONOOM*** als het scenario BVO groter is dan bij de scenario's AUTONOOM en STREEF. De reductie is echter in absolute en relatieve zin vergelijkbaar (5,8 % wordt 5,6%).

AUTONOOM*** Prognose	BVO	nieuwbouw 2017		correctie aantallen voor hetzelfde BV			houtskeletbouw				zware bouwmethoden			AUTONOOM*** CO2-emissie ton eq
		aandeel	aantallen	totaal BVO in m2	aantallen	aantallen	aandeel	aantallen	CO2-emissie	aandeel	aantallen	CO2-emissie		
Woningtypen	m2/won	%	stuks	AUTO***	AUTO	stuks	%	stuks	kg eq/won	ton eq	%	stuks	ton eq	
Rijwoning, kleiner	88	75%	13.913	1.222.909	-	20.767	4%	840	17.602	14.779	96%	19.927	497.888	512.667
Rijwoning, standaard	157	25%	4.638	728.088	2.912.350	6.922	4%	280	27.436	7.679	96%	6.642	264.166	271.845
2-1-kap, kleiner	119	75%	5.963	707.749	-	8.900	4%	360	26.886	9.674	96%	8.540	318.180	327.855
2-1-kap, standaard	212	25%	1.988	421.350	1.685.400	2.967	4%	120	42.135	5.054	96%	2.847	167.699	172.753
Vrijstaand, kleiner	105	75%	7.950	830.775	-	11.867	4%	480	32.918	15.793	96%	11.387	436.852	452.646
Vrijstaand, standaard	187	25%	2.650	494.490	1.977.960	3.956	4%	160	50.662	8.102	96%	3.796	228.946	237.048
			37.100	4.405.360	6.575.710	55.378		2.239		61.081		53.139	1.913.732	1.974.814

BVO STREEF	nieuwbouw 2017		houtskeletbouw			zware bouwmethoden			BVO \AUTONOOM***		Reductie		
	BVO	aantallen	aandeel	aantallen	CO2-emissie	aandeel	aantallen	CO2-emissie	CO2-emissie	CO2-emissie	CO2-emissie	tpv AUTO***	
Woningtypen	m2/won	stuks	%	stuks	kg eq/won	ton eq	%	stuks	ton eq	ton eq	ton eq	ton eq	
Rijwoning, kleiner	88	20.767	27%	5.597	17.602	98.527	73%	15.169	379.010	477.537	512.667	35.130	6,9%
Rijwoning, standaard	157	6.922	27%	1.866	27.436	51.190	73%	5.056	201.093	252.283	271.845	19.562	7,2%
2-1-kap, kleiner	119	8.900	27%	2.399	26.886	64.496	73%	6.501	242.210	306.706	327.855	21.148	6,5%
2-1-kap, standaard	212	2.967	27%	800	42.135	33.693	73%	2.167	127.658	161.351	172.753	11.402	6,6%
Vrijstaand, kleiner	105	11.867	27%	3.199	32.918	105.289	73%	8.668	332.548	437.836	452.646	14.809	3,3%
Vrijstaand, standaard	187	3.956	27%	1.066	50.662	54.015	73%	2.889	174.282	228.297	237.048	8.751	3,7%
		55.378		14.927		407.210		40.451	1.456.802	1.864.011	1.974.814	110.802	5,6%

Figuur 4.3: de scenario's AUTONOOM*** en BVO bij de aanname van 75% kleinere woningen per type

4.4 Gevoeligheid Uitvoering

Aandachtspunt bij de scenario's HOUTBOUW en HOUTBOUW+ is dat ook bij de 'zware' bouwmethoden al veelvuldig voor hout wordt gekozen (gevelopeningen, trappen, inbouw). Dit is ook bij de gebruikte referentiegebouwen het geval. De winst door overstap naar hout is daardoor minder. Daarom zijn er woningvarianten doorgerekend, waarbij de 'zware' bouwmethode gecombineerd is met andere materiaalopties dan hout ('zonder hout'). Voor AUTONOOM is er een scenario AUTONOOM**** opgesteld, waarbij bij de 'zware' bouwmethoden gekozen is voor de varianten 'zonder hout'. In figuur 4.4 zijn de scenario's HOUTBOUW en HOUTBOUW+ vergeleken met AUTONOOM****. De reductie bij HOUTBOUW stijgt van 10,5% naar 15,4% en die bij HOUTBOUW+ van 41,7% naar 44,9%. Deze laatste waarde is het hoogst berekende reductiepercentage in dit onderzoek.

AUTONOOM**** AUTONOOM	2017	houtskeletbouw				zware bouwmethoden*			AUTONOOM****
	aantallen	aandeel	aantallen	CO2-emissie		aandeel	aantallen	CO2-emissie	CO2-emissie
Woningtypen	stuks	%	stuks	kg eq/won	ton eq	%	stuks	ton eq	ton eq
Rijwoning	18.550	4%	750	27.436	20.577	96%	17.800	764.498	785.075
2-1-kap	7.950	4%	321	42.135	13.543	96%	7.629	474.867	488.411
Vrijstaand	10.600	4%	429	50.662	21.712	96%	10.171	637.012	658.725
	37.100		1.500	-	55.832		35.600	1.876.377	1.932.210

HOUTBOUW* STREEF	2017	HOUTBOUW AUTONOOM****		Reductie	
	aantallen	CO2-emissie	CO2-emissie	CO2-emissie	tov AUTO****
Woningtypen	stuks	ton eq	ton eq	ton eq	%
Rijwoning	18.550	655.457	785.075	129.618	16,5%
2-1-kap	7.950	397.973	488.411	90.437	18,5%
Vrijstaand	10.600	581.796	658.725	76.929	11,7%
	37.100	1.635.226	1.932.210	296.984	15,4%

HOUTBOUW+* MAXIMAAL	2017	HOUTBOUW+ AUTONOOM****		Reductie	
	aantallen	CO2-emissie	CO2-emissie	CO2-emissie	tov AUTO****
Woningtypen	stuks	ton eq	ton eq	ton eq	%
Rijwoning	18.550	432.484	785.075	352.591	44,9%
2-1-kap	7.950	207.304	488.411	281.106	57,6%
Vrijstaand	10.600	425.756	658.725	232.969	35,4%
	37.100	1.065.544	1.932.210	866.666	44,9%

Figuur 4.4: de scenario's AUTONOOM****, HOUTBOUW* en HOUTBOUW+* bij de aanname van 'zware' varianten zonder hout