

ONDERZOEK NAAR DE MEERKOSTEN VAN DE VERDUURZAMING VAN NEDERLANDSE MONUMENTEN

26 NOVEMBER 2020
IR. KARIN KOMPATSCHER

NOVEMBER 2019 – MAART 2020



› INHOUD

- › Inleiding
- › Onderzoeksvragen
- › Onderzoeksaanpak
- › Monumenten model
- › Resultaat
- › Vooruitzicht

› INLEIDING

- › Klimaatakkoord algemeen
 - › 2030: 49% CO₂-emissiereductie
 - › 2050: 95% CO₂-emissiereductie

- › Monumenten routekaart
 - › 2030: 40% CO₂-emissiereductie
 - › 2040: 60% CO₂-emissiereductie

} Als gemiddelde over de hele voorraad monumenten



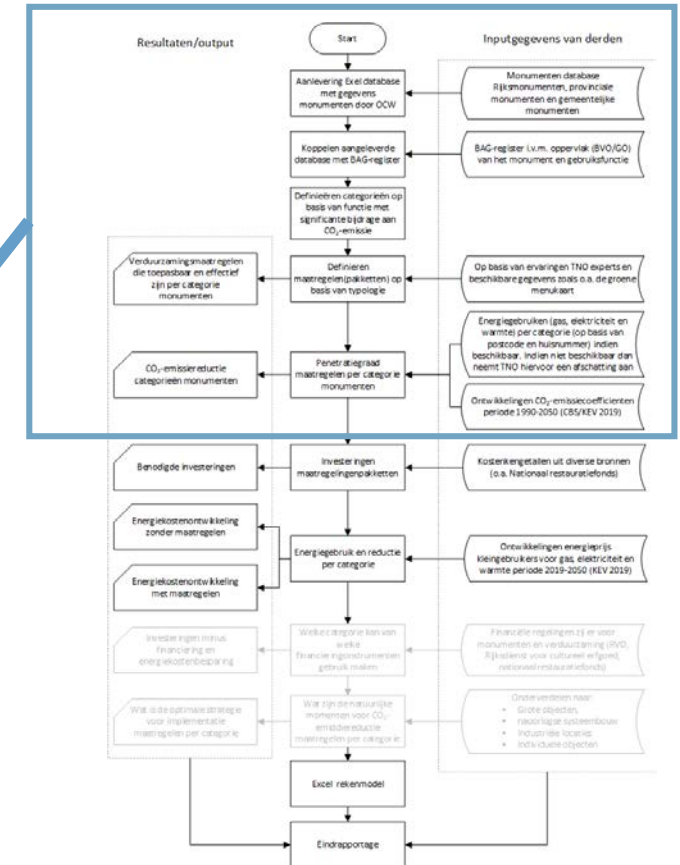
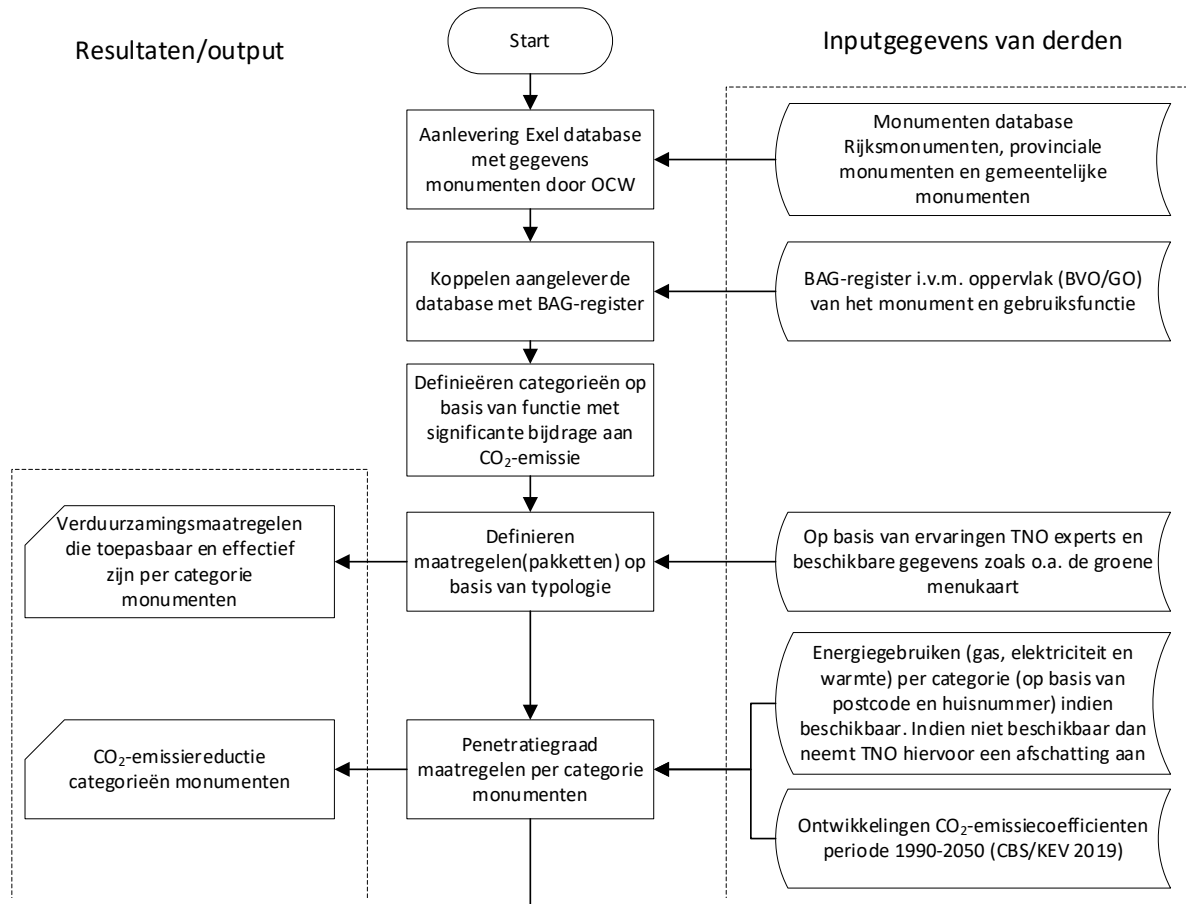
- › Uitdaging: iets zeggen over de hele voorraad terwijl veel monumenten een individuele aanpak vragen.

› ONDERZOEKSVRAGEN

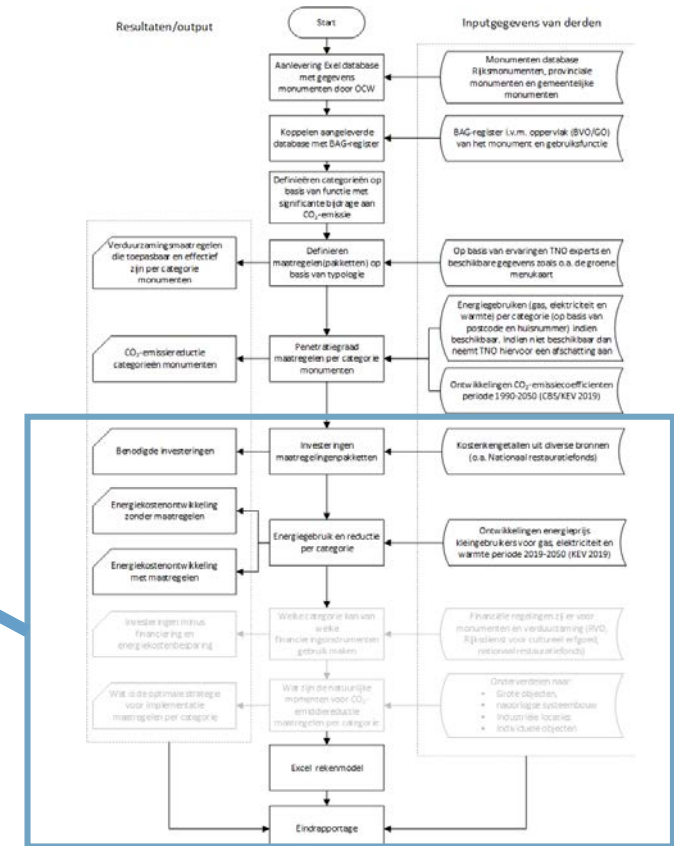
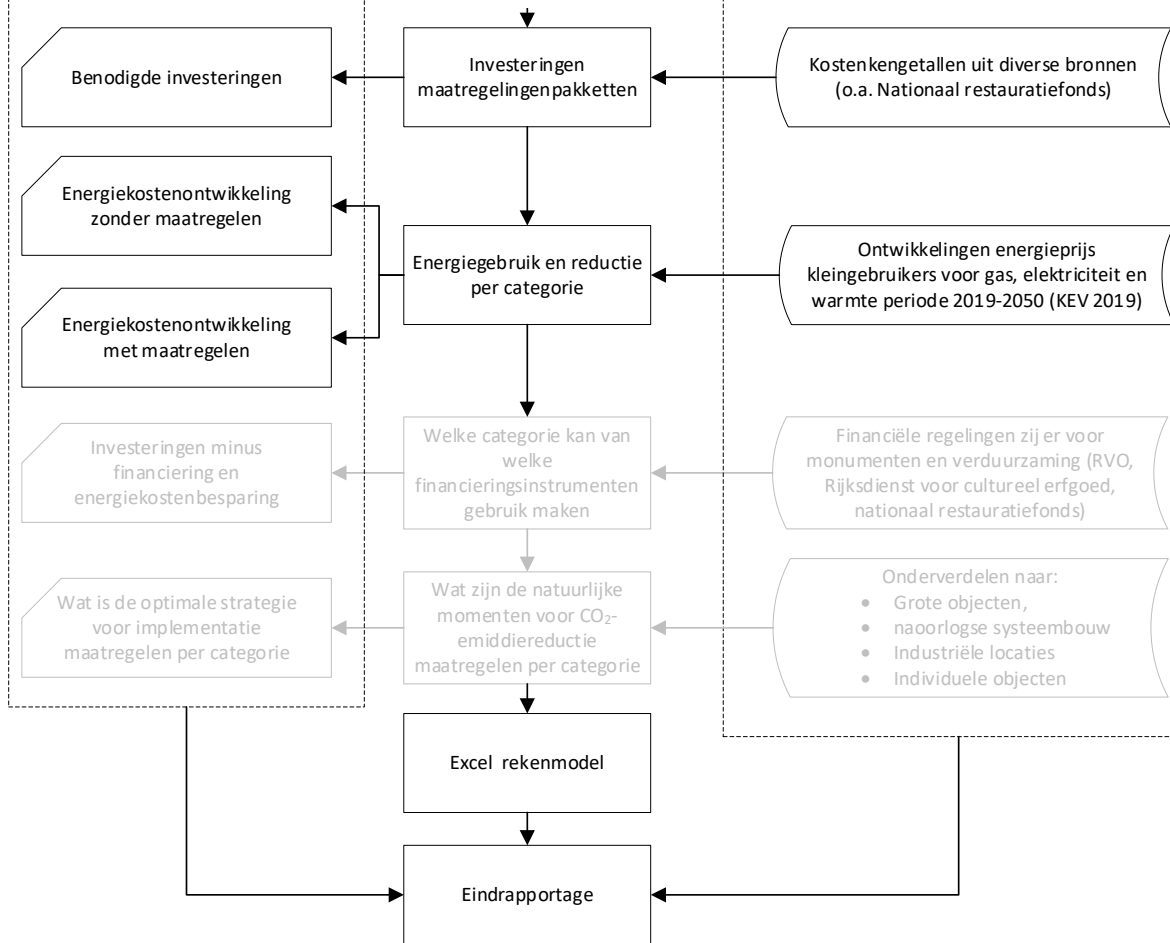
- › Welke verduurzamingsmaatregelen zijn toepasbaar en effectief per categorie monumenten, rekening houdend met de doelstellingen van behoud van culturele waarden van het monument?
 - › Welke investeringskosten brengt dit met zich mee?
 - › Wat is de eventuele terugverdientijd van bovengenoemde maatregelen via besparingen op de energierekening?
 - › Welke investeringen worden niet of deels niet terugverdiend?



ONDERZOEKSAANPAK



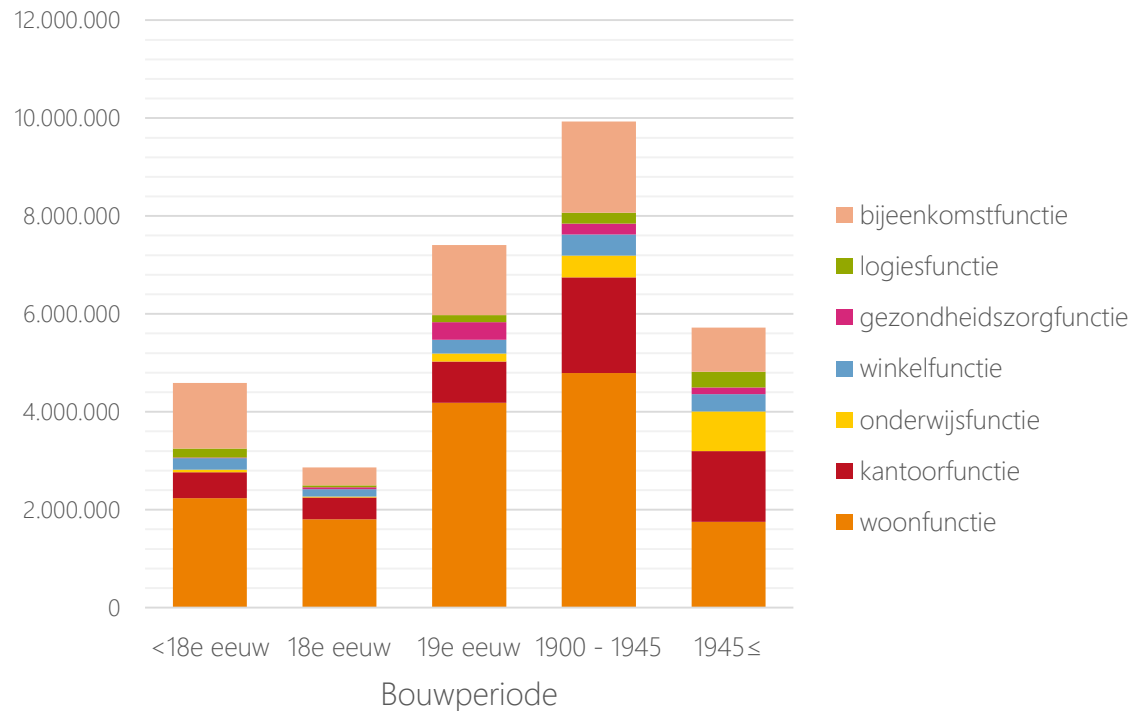
ONDERZOEKSAANPAK



MONUMENTEN CATEGORISERING

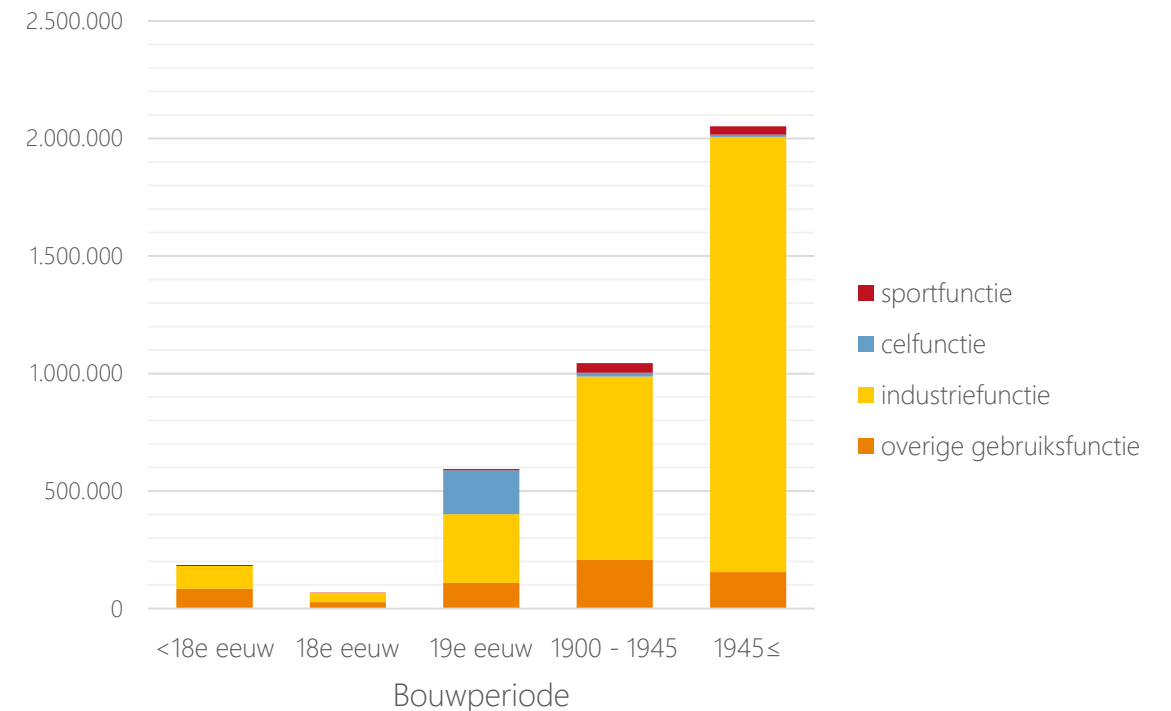
Hoog gebouwgebruik

Oppervlakte monumenten in m²GO



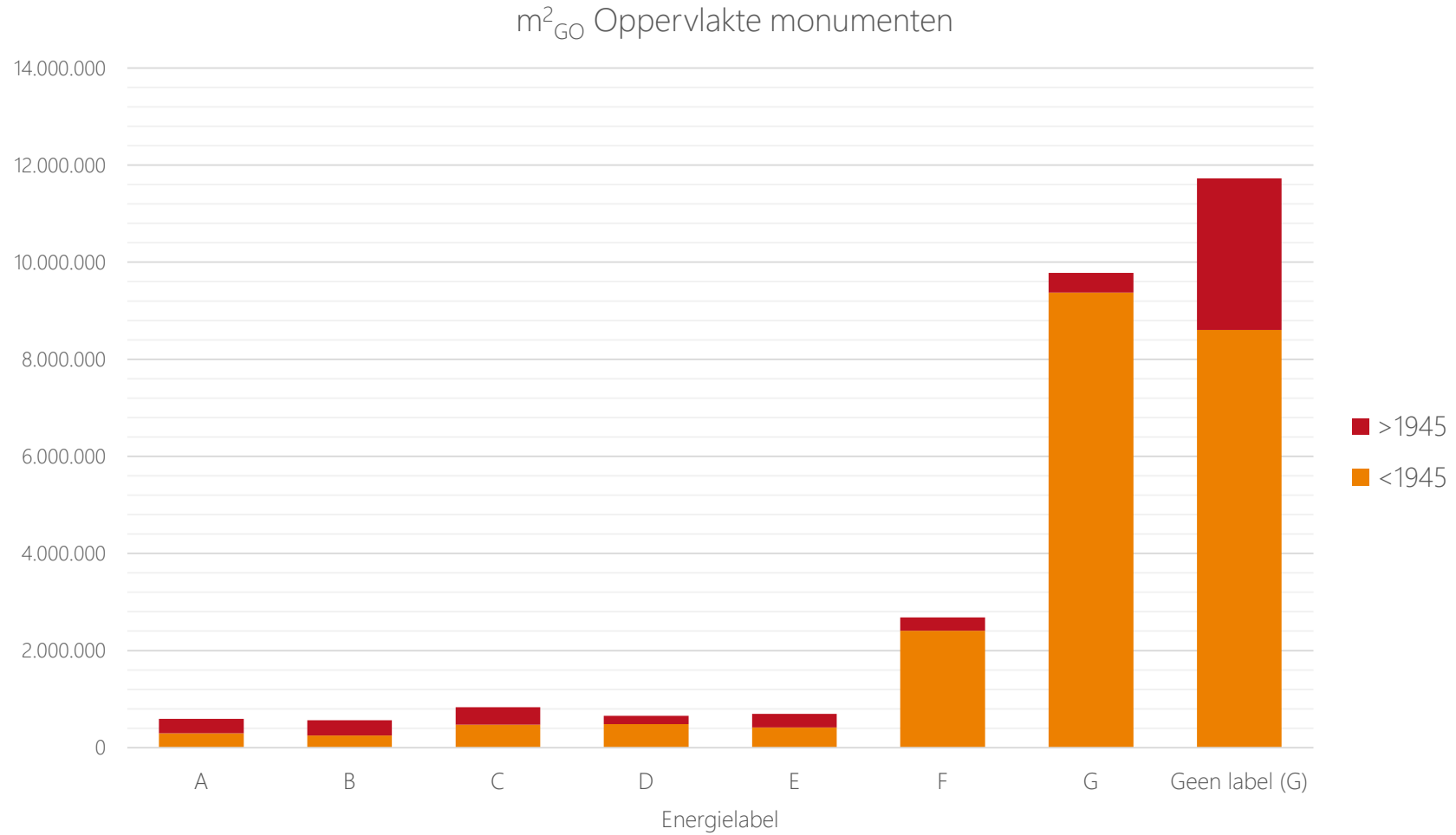
Laag gebouwgebruik

Oppervlakte monumenten in m²GO



Totaal m²_{GO}: 34.460.000

MONUMENTEN CATEGORISERING



Woonfunctie: 21,5% geregistreerd, 77,3 voorlopig label. Overige functies onder geen label (G)

SCENARIO'S

Scenario	Investeringsniveau	Reductie gebouwgebonden energie 2050 t.o.v. 2018	Rekenresultaat
1: bestaande budgetten	Bestaande budgetten	Volgt uit model	A, B en C
2: 30% reductie energie 25%-35%	Toename (volgt uit model)	30% Geen fossiele brandstoffen meer voor verwarmen en koelen	A, B, C en D
3: 50% reductie energie 45%-55%	Toename (volgt uit model)	50% Geen fossiele brandstoffen meer voor verwarmen en koelen	A, B, C en D
4: 80% reductie energie 75%-85%	Toename (volgt uit model)	80% Geen fossiele brandstoffen meer voor verwarmen en koelen	A, B, C en D

- › Elk Scenario heeft verschillende maatregelpakketten
 - › Deze maatregelpakketten proberen om een bepaalde prestatie te leveren, die binnen het verwachte bereik van hun scenario's staat.
 - › Er zijn verschillen tussen verwachte prestaties van scenario's, actuele prestaties en resulterende prestaties van maatregelpakketten

› MAATREGELENPAKKETTEN

› Bouwkundige ingrepen

- › Quick wins
- › Isolatie
- › Gevelopeningen

monumenten.nl
Wegwijs in monumentenland



o.a.: LED verlichting
Isoleren CV leidingen
Kierdichting
Vervangen energieslurpers

› Systeemtechnische ingrepen

- › HR CV
- › Warmtepomp

mits gebouwschilkwiliteit voldoende

SC1	SC2							SC3			
-----	-----	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--

Maatregelenpakket

Maatregel	Maatregelenpakket											
	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	
Quick wins	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Vloerisolatie		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Gevelisolatie		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Dakisolatie		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Beglazing voor/achterzet			X						X	X		
Beglazing dubbel glas				X			X	X				X
Beglazing vacuümglas					X							
HR CV						X	X				X	
(Hybride) WP								X				X

ENERGIEGEBRUIK

- › Gebaseerd op monumentale panden met *woonfunctie*
- › Elektriciteitsgebruik niet per label beschikbaar
- › Per gebouwgebruik kon hier nog geen onderscheid in gemaakt worden

Rapportage benchmarkonderzoek duurzaamheid monumentale woonhuizen (2015); Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen

Energiegebruik per Label per m²

Hoog gebouwgebruik

per m ²	Gas (m ³)	Elektriciteit (kWh)
Label A	10	28,2
Label B	13,5	28,2
Label C	13	28,2
Label D	11,5	28,2
Label E	12,5	28,2
Label F	17,5	28,2
Label G	20	28,2

Laag gebouwgebruik

per m ²	Gas (m ³)	Elektriciteit (kWh)
Label A	10	28,2
Label B	13,5	28,2
Label C	13	28,2
Label D	11,5	28,2
Label E	12,5	28,2
Label F	17,5	28,2
Label G	20	28,2

› OVERIGE AANNAMES

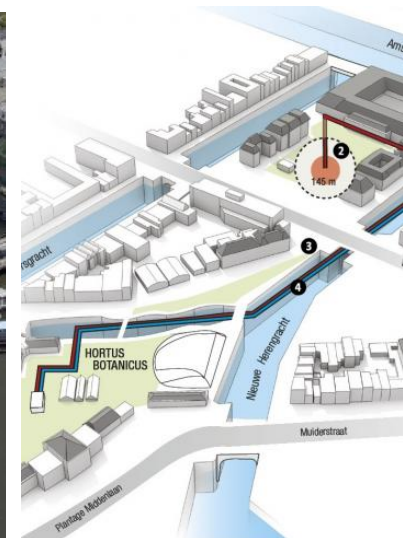
- › In 20% van de totale bouwvoorraad is het toepassen van verduurzamingsmaatregelen niet (geheel) mogelijk
- › 10% van de totale bouwvoorraad is al verduurzaamd
- › Het toepassen van verduurzamingsmaatregelen kost bij monumenten een factor twee t.o.v. niet-monumenten



<https://verbeterenbespaar-kampen.nl/monumenten/>



<https://praktijkvoorbeelden.cultureelerfgoed.nl/praktijkvoorbeelden>



› MONUMENTEN MODEL

› Berekening renovatie(meer)kosten van monumentaal vastgoed in Nederland

› Op basis van bepaalde scenario's (algemeen geldend voor maatschappelijk vastgoed)

SC1 - Scenario op basis van alleen de erkende maatregelen

SC2 - Scenario met 25-35% directe (verwachtte) CO₂-reductie

SC3 - Scenario met 45-55% directe (verwachtte) CO₂-reductie

› Berekening van *energieverbruik*, *energiekosten* en *meerkosten* voor renovatiescenario's

› Energieverbruik monumenten en energiekosten voor bestaande gebouwen in bestaande toestand

› Energieverbruik, energiekosten, kosten voor maatregelen en meerkosten per renovatiescenario en maatregelpakketten, die binnen de renovatiescenario's vallen.

› HOE WERKT HET MODEL?

- › Groepering van Monumentengebouwen GO Data
 - › Oppervlakte van gebouwen wordt verdeeld.

Op basis van bouwjaren (per eeuw)

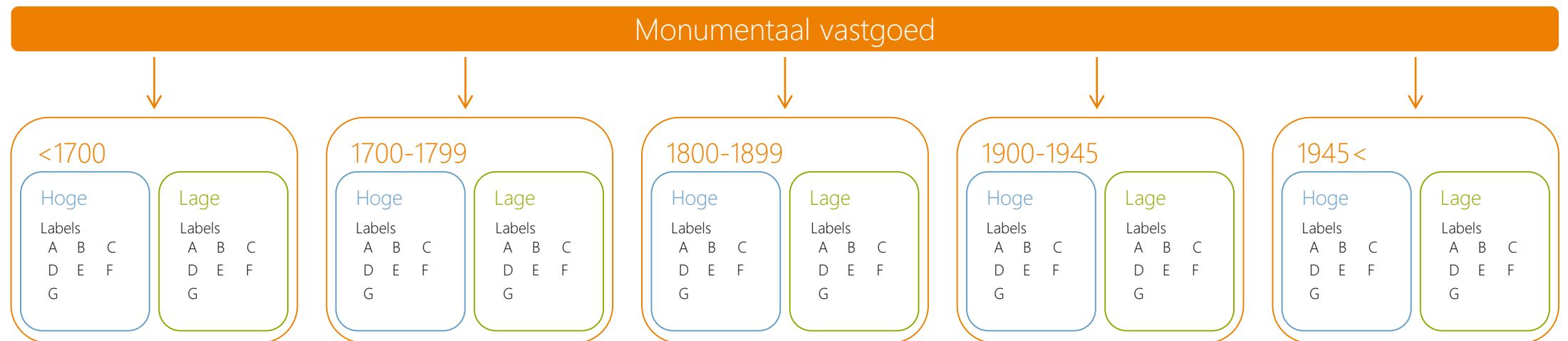
Op basis van gebruiksintensiteit

HOGЕ GЕBOWGЕBRUIKSINSTENSITEIT – WONINGEN, GEZONDHEIDSFUNCTIE, BIJEENKOMSTFUNCTIE ETC.

LAGE GЕBOWGЕBRUIKSINSTENSITEIT – INDUSTRIEFUNCTIE, CELFUNCTIE ETC.

Volgens EPC Labels

<1700	High		Low		4.774.124
	%	m2	%	m2	
Label A++	0%	0	0%	0	0
Label A+	0%	0	0%	0	0
Label A	1%	30865,0345	1%	12506,4186	43371,4531
Label B	1%	41586,5728	1%	19369,6971	60956,2699
Label C	3%	85447,4113	1%	20894,8701	106342,2814
Label D	2%	80249,0897	1%	9456,0726	89705,1623
Label E	2%	72451,6073	1%	16319,3511	88770,9584
Label F	17%	555895,5161	1%	17692,0068	573587,5229
Label G	73%	2382455,768	94%	1428934,584	3811390,352
Totaal	100,00%	3248951	100%	1525173	4774124
1700-1799	High		Low		2.932.101
		2498150		433.951	



› HOE WERKT HET MODEL?

- › Berekening van bestaande situatie van Monumentaal vastgoed op basis van groepering.
 - › Totale energieverbruik en CO₂-emissies per Label per Gebouwgebruik en per Bouwjaar vanaf 2019 t/m 2050.

Elektriciteitsverbruik (kWh) – CO₂-emissie (kg)

Gasverbruik (m³) – CO₂-emissie (kg)

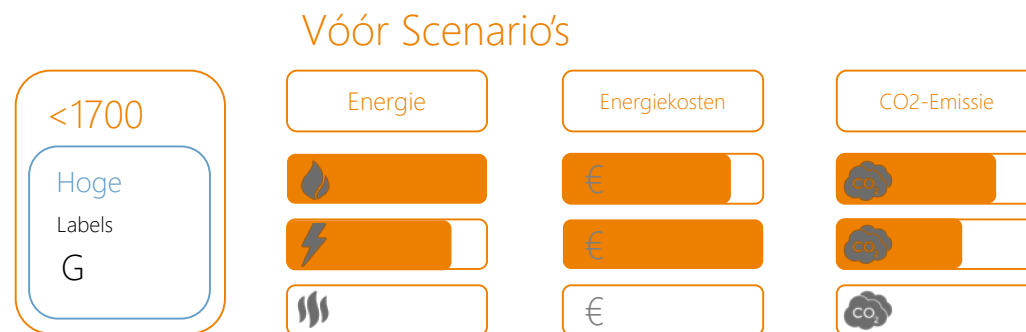
Warmteverbruik (GJ) – CO₂-emissie (kg)

- › Totale energiekosten per Label per Gebouwgebruik en per Bouwjaar van 2019 t/m 2050.

Elektriciteitsverbruik (€)

Gasverbruik (€)

Warmteverbruik (€)



› HOE WERKT HET MODEL?

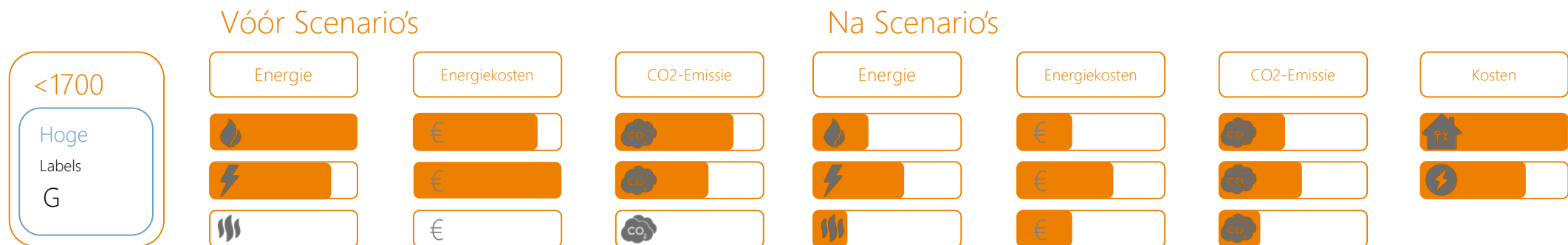
- › Berekening van situatie na renovatiemaatregelen
 - › Vermindering in energieverbruik en CO₂-emissies per Label per Gebouwgebruik en per Bouwjaar van 2019 t/m 2050.

Elektriciteitsverbruik (kWh) – CO₂-emissie (kg)

Gasverbruik (m³) – CO₂-emissie (kg)

Warmteverbruik (GJ) – CO₂-emissie (kg)

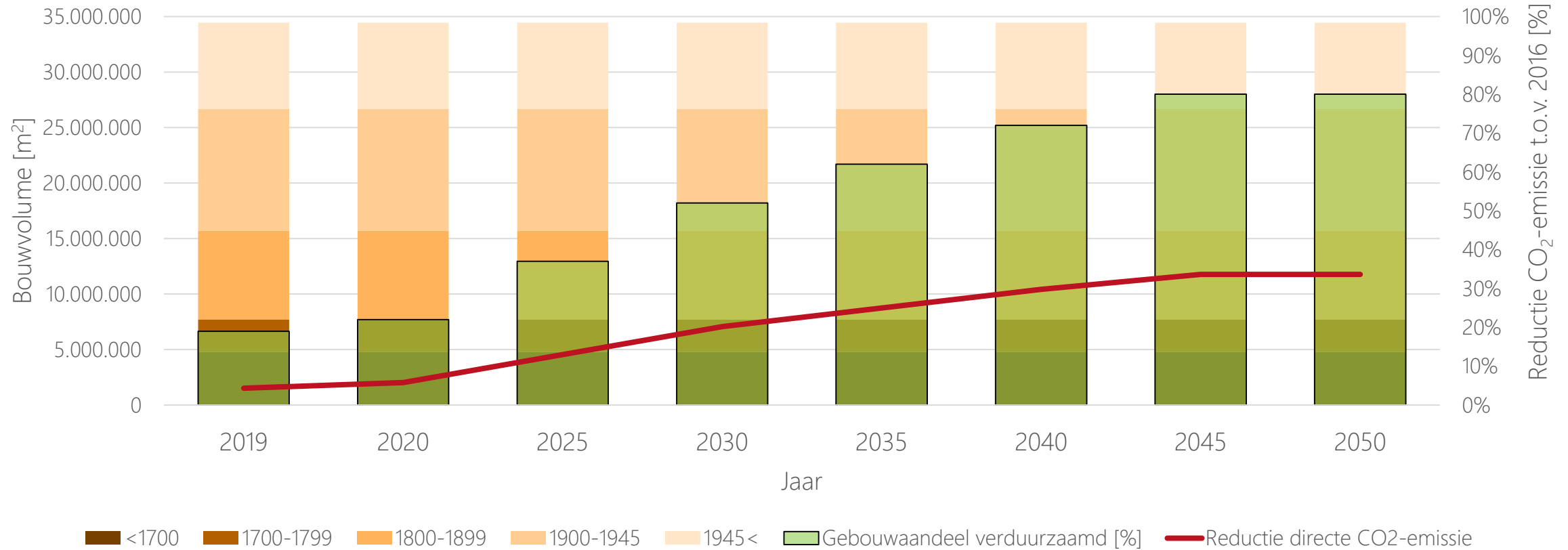
- › Bespaarde energiekosten per Label per Gebouwgebruik en per Bouwjaar van 2019 t/m 2050.
- › Investeringskosten per maatregel per Label per Gebouwgebruik en per Bouwjaar van 2019 t/m 2050.



RESULTAAT

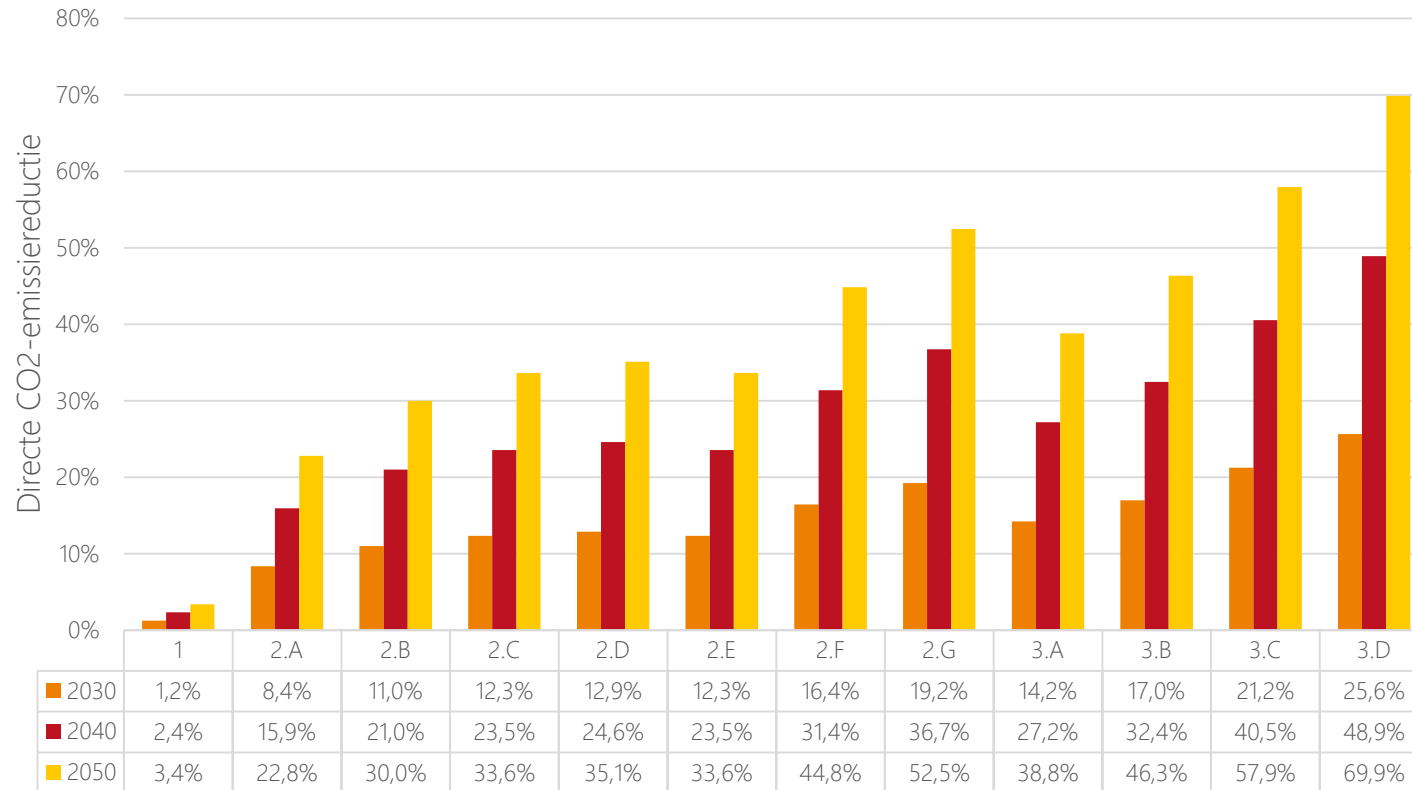
Voorbeeld scenario 2 maatregelenpakket E (rijksmonumentale gebouwvoorraad)

Bouwvolume en periode



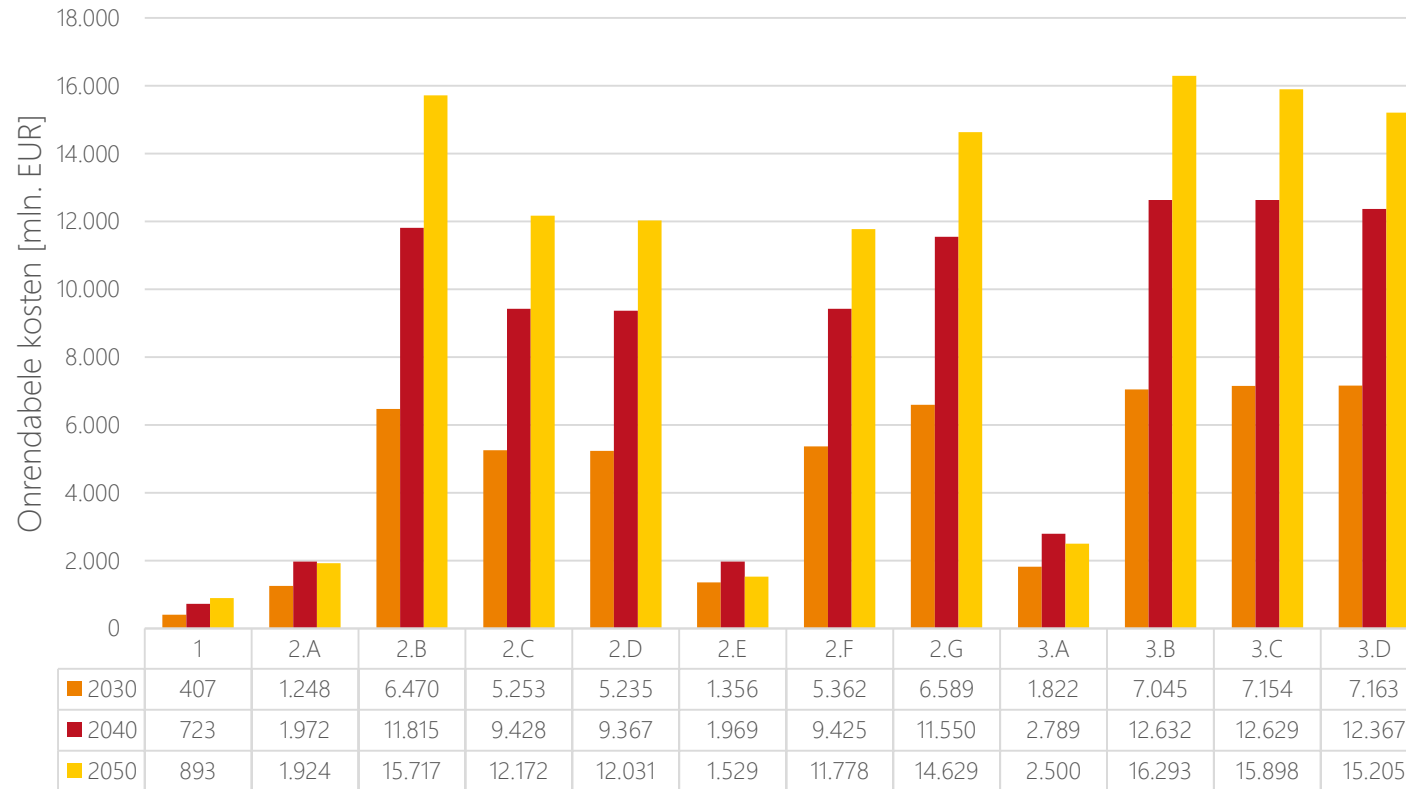
RESULTAAT

Directe CO₂-emissiereductie per maatregelenpakket



RESULTAAT

Meerkosten per maatregelenpakket



› VOORUITZICHT

- › Er ligt nu een model wat de rijksmonumentale gebouwvoorraad gebruikt om uitspraken mee te doen
 - › Idealiter worden de gemeentelijke/provinciale monumenten ook in kaart gebracht
 - › Een doorrekening met het model voor een aantal specifieke panden, gebruiksfuncties of regio's
- › De aannames die zijn gedaan aanscherpen door uitgevoerd onderzoek
 - › Detailinformatie uit onderzoek feitelijk energieverbruik monumenten
- › Monitoring op basis van nieuwe data



TNO innovation
for life

Norman.egtervanwissekerke@tno.nl

06 208 731 38

Roberto.traversari@tno.nl

06 531 947 52

Karin.Kompatscher@tno.nl

06 211 842 10

Voor meer inspiratie: [TNO.NL/TNO-INSIGHTS](https://www.tno.nl/tno-insights)

[WWW.DEZORGDUURZAAM.NL](https://www.dezorgduurzaam.nl)