

Analyse Energieverbruik Voorhof Delft



Fig. 1: Voorbeeld woningen Voorhof¹

Opsteller: Guy Gadiot, EG Delft
Distributie: Deelnemers wijkonderzoek Voorhof Delft
Publicatiedatum: 20 nov 2023

Inhoudsopgave

Samenvatting	2
1. Inleiding	2
2. Proces	3
3. Analyse woninggegevens	3
3.1 Energiegebruik per vierkante meter	3
3.2 Gasverbruik.....	4
3.3 Elektriciteitsverbruik.....	5
3.4 Woningisolatie.....	5
3.5 De Hybride Warmtepomp	5
3.6 Energieklassen	5
3.7 CO ₂ emissie	6
4. Gegevens van de beschouwde woningen	6
4.1 Gas- en elektriciteitsverbruik.....	7
4.2 Energie-efficiëntie in kWh per m ²	7

¹ Let er op dat er twee typen woningen in de beschouwde set woningen voorkom in Voorhof, de tussenwoning en de hoekwoning. De hoekwoning heeft een aanzienlijk groter 'exposed' oppervlak en zal daarmee meer warmte verliezen dan een tussenwoning, ongeacht de genomen energiebesparende maatregelen.

4.3 Gasverbruik en CO₂ emissie per m² 8
 4.4 Totale CO₂ - emissie..... 9
 5. Maatregelen tegen energieverbruik 9
 6. Het effect van maatregelen..... 11
 7. Conclusie..... 11

Samenvatting

In de wijk Voorhof in Delft is een groep van zo’n 170 vergelijkbare uniforme woningen uit 1965 met elkaar vergeleken voor wat betreft energiezuinigheid. 163 bewoners is per brief gevraagd om deel te nemen aan dit onderzoek. 18 bewoners heeft positief gereageerd en uiteindelijk zijn 13 antwoorden verwerkt in dit rapport.

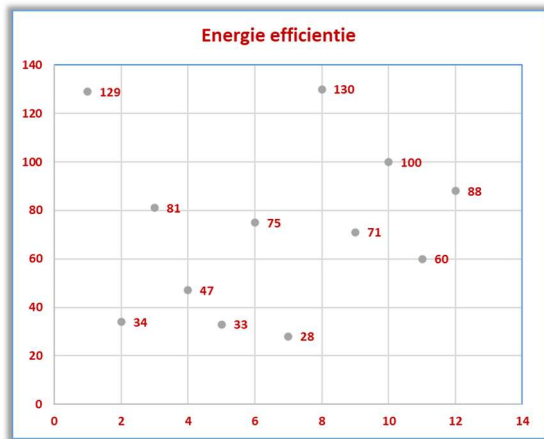


Fig. 5: Energie efficiëntie

	Klasse
Energie neutraal	geen
Parijs Proof	woning 2, 5 en 7
Zeer Zuinig	woning 4
Zuinig	woning 3, 6, 9, 11, 12 en 13
Gemiddeld	woning 1, 8 en 10
Onzuinig	geen
Zeer Onzuinig	geen

Tabel 2: Energieklassen woningen

Fig. 5 geeft het resultaat in termen van energie efficiëntie (kWh/m²). De energie efficiëntie is het totale energieverbruik van een woning, maar dan per vierkante meter. Zo laten vele woningen zich relatief makkelijk onderling vergelijken.

Goed presterende woningen zitten onder de 35 kWh/m². De goed presterende woningen hebben alle een hybride warmtepomp, maar dat is wellicht onvoldoende om ook een lage energie efficiëntie te hebben.

1. Inleiding

In de wijk Voorhof in Delft bevindt zich een groep van zo’n 170 vergelijkbare woningen uit 1965. Deze uniforme destijds moderne woningen bieden een uitstekende gelegenheid om de doeltreffendheid van energiebesparende maatregelen voor dit soort woningen te beoordelen. Door de energiezuinigheid van deze woningen met elkaar te vergelijken, kan de impact van verbeteringen in energie-efficiëntie die een aantal van de bewoners al heeft doorgevoerd mogelijk worden gekwantificeerd. Deze kennis kan dan dienen als inspiratie en motivatie om soortgelijke verbeteringen bij de overige woningen te proberen implementeren. Dit zal naar verwachting een positieve invloed hebben op de energiekosten, maar heeft ook een direct positief effect op het milieu.

2. Proces

Aan 163 bewoners² is een brief bezorgd met het verzoek om deel te nemen aan een onderzoek naar de energiezuinigheid van de woningen. 18 bewoners heeft positief gereageerd en aan hen is een eenvoudige Excel-file / vragenlijst gemaild. Uiteindelijk zijn 13 antwoorden (8 %) verwerkt en is de energiezuinigheid van deze woningen over 2022³ bepaald en met de nadere details over de genomen energiebesparende maatregelen zijn de verschillen geduid. Duurzame maatregelen zoals muurisolatie, geïsoleerde ramen en idem buitendeuren, een energiezuinige verwarmingssystemen, zonnepanelen, ledverlichting, ed. hebben namelijk direct invloed op het energieverbruik en de daaraan gerelateerde kosten van de woning. Niet alle zaken zijn in detail uitgevraagd.

3. Analyse woninggegevens

3.1 Energiegebruik per vierkante meter

Het energiegebruik per vierkante meter is een goede maat voor het energieverbruik van een woning. Een laag energieverbruik geeft aan dat een woning zuinig is en lage energiekosten heeft. Woningen hebben in het algemeen een verschillend oppervlak en deze variabele wordt er op deze manier "uitgehaald".

De bewoners van de woning gebruiken elektriciteit voor apparatuur (warm water, wasmachine, droger, koelkast, ed.⁴) en gas voor de verwarming⁵.

De gebruikte elektriciteit kan dan het beste duurzaam worden opgewekt door eigen opwek met zonnepanelen.

De bekeken woningen in de Voorhof hebben vrijwel alle de mogelijkheid om zelf volledig in hun elektriciteit te voorzien.

De Nederlandse overheid streeft ernaar om het Aardgasverbruik van de woningen zo spoedig mogelijk te verlagen en uiteindelijk uit te faseren. Dit is de lijn van het Klimaatakkoord. Het belangrijkste korte termijn doel van het Klimaatakkoord is de CO₂-uitstoot in 2030 met 49% verminderen vergeleken met 1990. In 2050 moet de uitstoot van broeikasgassen met 95% zijn afgenomen. Dit is nodig in Nederland en Wereldwijd om de opwarming van de aarde niet verder te laten oplopen dan 1,5 °C. Hoe minder gas een woning nodig heeft hoe beter het dus is.

Naast het reduceren van de emissie van CO₂ is het ook van belang om het energieverbruik zoveel als mogelijk terug te dringen. Daarom kijken we naar de energie efficiëntie. De mate van energie efficiëntie kan uitgedrukt worden in het energiegebruik per vierkante meter van een woning. Die aanpak wordt ook hier gevolgd.

² Een zevental van de beschouwde woningen is verkamert. Deze woningen worden niet meegenomen in de analyse.

³ Het jaar 2022 is het meest recente afgelopen jaar. Iedereen kan zijn energieverbruiksgegevens in het jaarverslag van zijn energieleverancier opzoeken.

⁴ Elektriciteit voor bijv. een laadpaal voor een elektrische auto wordt niet in de energie efficiëntie meegenomen.

⁵ Er zijn natuurlijk nog meerdere bronnen van energie, maar die worden véél minder frequent toegepast.

Het energiegebruik per vierkante meter wordt als volgt berekend:

$$(E_{\text{geb.}/m^2})_1 = (E_{\text{geb., elek.}} + E_{\text{geb., gas}} + \text{Klimaatcorr.}) / A_g \quad (\text{verg. 1})$$

waarbij A_g het oppervlak van de woning is. Voor dit getal wordt het BAG-register⁶ geraadpleegd.

De winters zijn de afgelopen jaren warmer geworden. Een warme winter betekent een lager energieverbruik van de woning. Om nu toch op een eerlijke manier jaren energetisch met elkaar te kunnen vergelijken wordt dit effect in kaart gebracht via een zogenoemde Klimaatcorrectie⁷. Hiervoor wordt de standaardmethode op basis van zogenoemde graaddagen gebruikt.

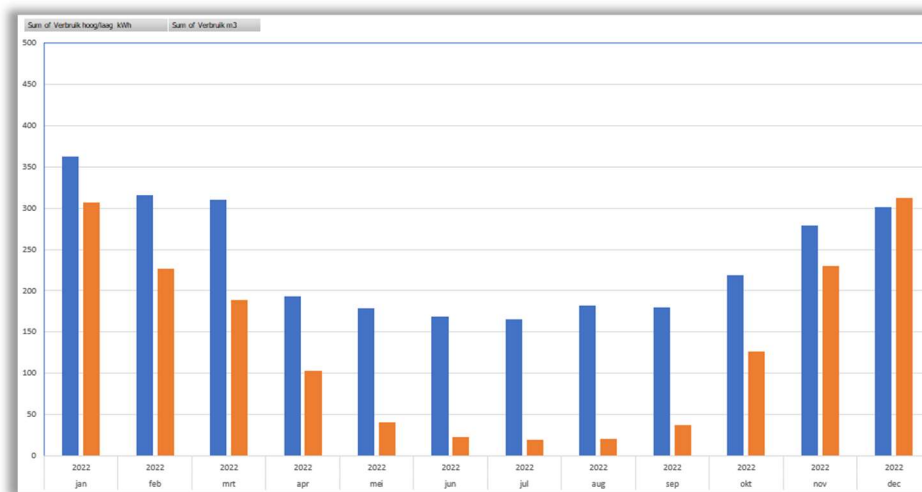


Fig. 2: Typisch verloop gas- en elektraverbruik over een jaar⁸
Oranje is gas en blauw is elektriciteit

3.2 Gasverbruik

Aardgas wordt voornamelijk gebruikt voor verwarmingsdoeleinden, voornamelijk centrale verwarming, maar ook warm douche-/badwater en voor koken.

Uit Fig. 2 blijkt dat het gasverbruik voornamelijk in de maanden oktober t/m april plaatsvindt (verwarming) en ook dat dit deel veel groter is dan het deel voor warm douche-/badwater.

Zoals aangegeven wil de Nederlandse overheid het fossiele aardgasverbruik stevig terugdringen. Bij een goed geïsoleerde woning is dat goed mogelijk met een (hybride) warmtepomp (HWP). De elektrische HWP neemt dan voor het overgrote deel van het jaar de warmwatervoorziening voor zijn rekening en de gasbedreven CV werkt dan alleen nog bij lage buitentemperaturen wanneer de HWP een te laag rendement heeft.

⁶ Alle gebouwen zijn geregistreerd in de BAG met bouwjaar, oppervlakte, gebruiksdoel en locatie op de kaart. Daarbij hebben adressen en gebouwen een BAG-identificatienummer. Net zoals auto's een kenteken hebben en personen een burgerservicenummer.

⁷ Correctie energiegebruik naar standaard klimaatomstandigheden.

⁸ Woning met slechte energie-efficiëntie.

3.3 Elektriciteitsverbruik

Elektriciteit kan duurzaam worden ingekocht, maar ook zelf worden opgewekt met zonnepanelen op het dak. Vooral de zonnepanelen op eigen dak zijn gunstig voor de energie-efficiënte van een woning.

$$E_{\text{geb., elek}} = E_{\text{prod.}} - E_{\text{terug}} \quad (\text{verg. 2})$$

Wanneer de zonnepanelen zijn afbetaald is deze duurzame energie gratis en verlaagd daarmee de energiekosten van de woning (verg. 2).

3.4 Woningisolatie

Hoe beter een woning is geïsoleerd hoe minder warmte de woning verliest, en er dus niet hoeft te worden gestookt. Bij een goede isolatie wordt de woning comfortabeler en kan dan ook makkelijker bij een lage temperatuur en met lagere energiekosten worden verwarmt. Er zijn verschillende vormen van isolatie die in meer of mindere mate effectief⁹ zijn, zoals: spouwmuurisolatie, dakisolatie, keldervloer-isolatie en HR++ glas in combinatie met isolerende kozijnen en geïsoleerde buitendeuren.

3.5 De Hybride Warmtepomp

Een Hybride Warmtepomp is veelal een lucht/water warmtepomp die warmte uit de buitenlucht haalt voor het produceren van warm water voor de verwarming van het huis of voor warm tapwater.

De warmtepomp werkt op elektriciteit, maar de pomp genereert een veelvoud (factor 3 – 5) aan warmte voor de gebruikte elektrische energie. De efficiëntie van de warmtepomp neemt wel af wanneer het temperatuurverschil dat de pomp moet overbruggen groter wordt.

Een CV-installatie produceert warmte van relatief hoge temperatuur (80 °C), terwijl de warmtepomp water van lagere temperatuur produceert (35 – 50 °C). Een warmtepomp past daarom beter bij een relatief goed geïsoleerde woning. Met een warmtepomp kan het gasverbruik met 50–70 % worden verlaagd. Het energiegebruik per vierkante meter kan met een warmtepomp aanzienlijk worden verlaagd. In verg. 3 is dat weergegeven.

$$(E_{\text{geb./m}^2})_2 = (E_{\text{geb./m}^2})_1 + (E_{\text{delta}} - G_{\text{delta}})/A_g \quad (\text{verg. 3})$$

3.6 Energieklassen

Het energiegebruik per vierkante meter van een gegeven woning wordt ingedeeld in een aantal klassen die de mate van energie efficiëntie van elke woning classificeert. Elke woning heeft een eiegen waarde. Elke klassen heeft een onder- en bovengrens, waarbinnen de woning kan worden gerangschikt, zie onderstaande tabel.

⁹ In deze analyse wordt hier nog zeer beperkt op ingegaan.

Tabel 1: Energieklassen woningen

	Ondergrens [kWh/m2]	Bovengrens [kWh/m2]
Energie neutraal	--	0
Parijs Proof ¹⁰	0	35
Zeer Zuinig	35	55
Zuinig	55	90
Gemiddeld	90	140
Onzuinig	140	170
Zeer Onzuinig	170	hoger

3.7 CO₂ emissie

Aardgas veroorzaakt CO₂ uitstoot en elektriciteit kan duurzaam worden opgewekt, d.w.z. zonder CO₂ emissie. Daarom is elektrificering een goede zaak. Steeds meer stroom wordt duurzaam opgewekt.

4. Gegevens van de beschouwde woningen

Van 13 woningen zijn detailgegevens ontvangen. De woningen zijn gerangschikt van 1 t/m 13. Voor deze 13 woningen is een energieverbruiksanalyse uitgevoerd volgens de aanpak van Hoofdstuk 3.

Om de data te kunnen vergelijken worden per variabele de gegevens in een grafiek getoond voor al de woningen naast elkaar.

Er worden verschillen verwacht als gevolg van de: 1. mate van isolatie, het hebben van zonnepanelen en het hebben van een (hybride) warmtepomp.

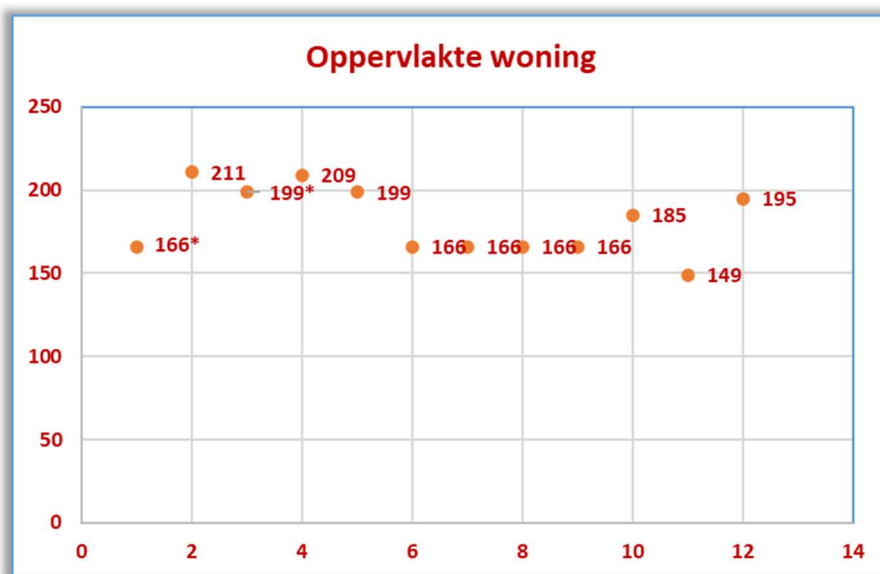


Fig. 3 Oppervlakte van de woning (* staat voor hoekwoning)

De woningen is een tussenwoning of een hoekwoning. Afhankelijk van of de woning voorzien is van een schuin dak is het woonoppervlak verschillend. Er wordt niet

¹⁰ Paris Proof is het streven van de Nederlandse vastgoedmarkt om de gebouwde omgeving in 2050 volledig klimaatneutraal te maken. De energie die dan nog wordt gebruikt, komt van duurzame energiebronnen.

ingegaan op aanpassingen van de woning door de eigenaar. Het oppervlak dat wordt gebruikt voor de analyse is de waarde die in het BAG-register staat geregistreerd¹¹.

4.1 Gas- en elektriciteitsverbruik

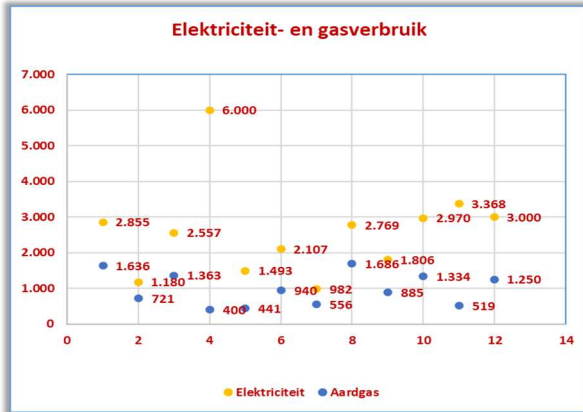


Fig 4a: Gas (m³) en elektriciteit (kWh)

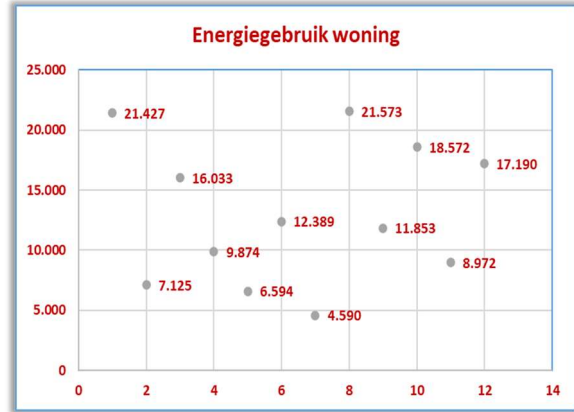


Fig 4b: Totaal energiegebruik (kWh)

Alle woningen verbruiken elektriciteit (kWh) en aardgas (m³). In Fig. 4b zijn beide samengevoegd als energiegebruik van de woning (kWh). De verschillen zijn duidelijk! Onze interesse gaat natuurlijk uit naar de lage waarden.

4.2 Energie-efficiëntie in kWh per m²

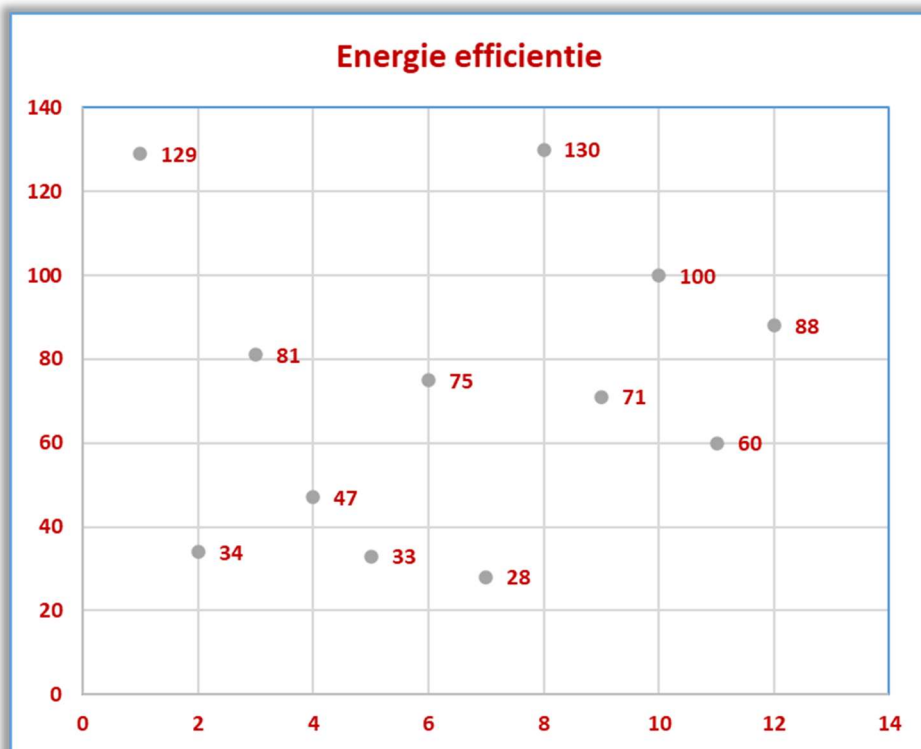


Fig. 5: Energie efficiëntie¹²

¹¹ Hier wordt dus niet voor gecorrigeerd.

¹² Volgens Verg. 1.

Het beeld van Fig. 5 is vergelijkbaar met dat van Fig. 4b. De energie-efficiëntie is namelijk gebaseerd op de waarde uit Fig. 4b gedeeld door het oppervlak van de woning.

De energie efficiëntie waarden bepalen in welke klasse de woning valt. Wanneer het stook- en woongedrag in de andere jaren vergelijkbaar is (evenveel bewoners en geen energiemaatregelen genomen) dan zal de Energie efficiëntie waarde ieder jaar vrijwel hetzelfde zijn. Anderzijds wanneer de bewoner een energiebesparende maatregel heeft genomen, dan is het effect daarvan op de energie efficiëntie in een volgend jaar zichtbaar.

Tabel 2: Energieklassen woningen

	Klasse
Energieneutraal	geen
Parijs Proof ¹³	woning 2, 5 en 7
Zeer Zuinig	woning 4
Zuinig	woning 3, 6, 9, 11, 12 en 13
Gemiddeld	woning 1, 8 en 10
Onzuinig	geen
Zeer Onzuinig	geen

De doelstelling voor een woning is Paris Proof, maar daar voldoen de meeste woningen nog niet aan.

4.3 Gasverbruik en CO₂ emissie per m²

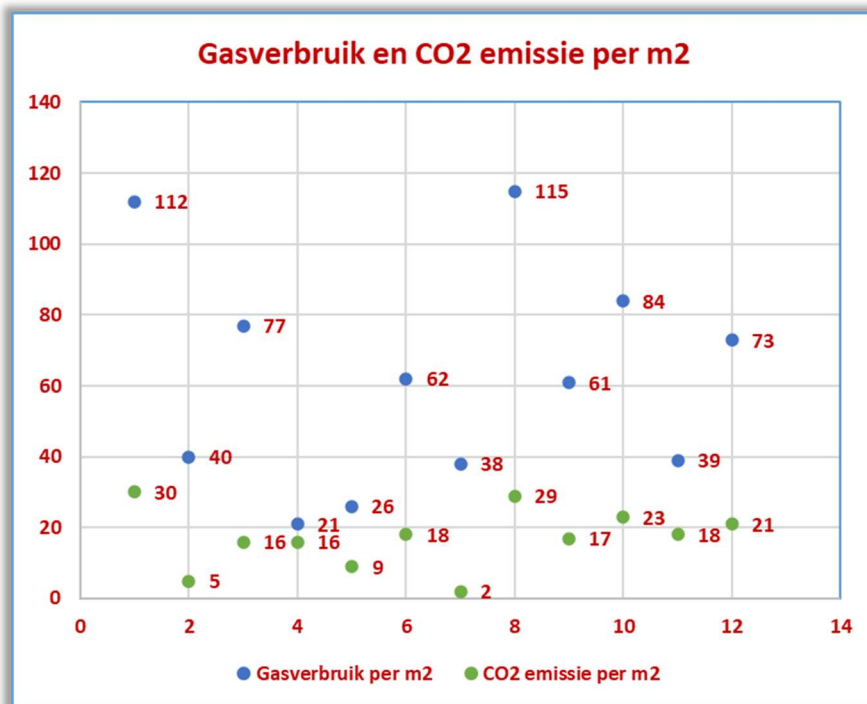


Fig. 6: Gasverbruik en CO₂ emissie per m₂

¹³ Paris Proof is het streven van de Nederlandse vastgoedmarkt om de gebouwde omgeving in 2050 volledig klimaatneutraal te maken. De energie die nog wordt gebruikt, komt van duurzame energiebronnen.

Het gasverbruik is de dominante factor voor de geëmitteerde CO₂.

4.4 Totale CO₂ - emissie

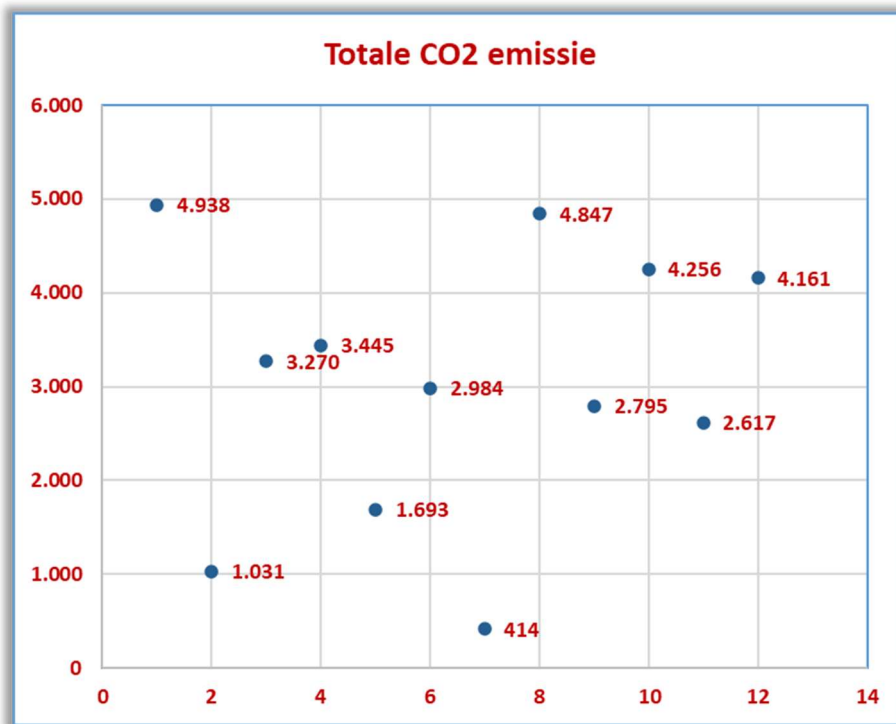


Fig. 7: Totale CO2 emissie (kg)

Fig. 7 is net als Fig. 5 direct gecorreleerd aan de gegevens in Fig. 4b.

5. Maatregelen tegen energieverbruik

Uit de grafieken in Hoofdstuk 4 blijkt dat er grote verschillen bestaan tussen het energiegebruik van de bekeken woningen.

Het energiegebruik van een woning kan door de bewoner, zijn stookgedrag, al worden beïnvloed, bijvoorbeeld door een lagere algemene temperatuur voor de woning in te stellen¹⁴, of door niet alle ruimten in de woning op de zelfde manieren te verwarmen (bijv. garage niet verwarmen¹⁵, slaapkamers op 15 °C).

Het doel van woningisolatie is om het warmteverlies van de woning te verminderen. Wanneer er minder warmteverlies is hoeft de verwarming minder hard te werken en worden er gas en dus kosten gespaard. Warmteverlies wordt veroorzaakt door conductieverlies (geleiding) door de wanden en ramen/kozijnen van de woning naar buiten, en door warmtelekkage door tocht.

Spouwmuurisolatie zal het gasverbruik met een klein percentage verlagen. De reden is dat de spouw maar beperkt isolatiemateriaal (spouwbreedte) kan

¹⁴ De woning zal dan minder comfortabel aanvoelen.

¹⁵ Wel vorstschade voorkomen.

bevatten. Voor een hoekwoningen zal spouwisolatie meer besparing opleveren (groter buitenoppervlak) dan voor een tussenwoning. De kosten voor spouwmuurisolatie zijn ook relatief laag.

Het beste isolatieglas, isolerende kozijnen en idem buitendeuren isoleren minder effectief dan muurisolatie met PIR-platen omdat PIR-platen van voldoende dikte veel meer isolerende werking hebben. Isolerende kozijnen en buitendeuren zijn in aanschaf ook duurder dan muurisolatie.

Hierbij moet ook worden meegewogen dat nieuwe kozijnen en buitendeuren de woning beter afsluiten en ventilatieverliezen sterk beperken. Bovendien ziet de woning er met nieuwe kozijnen en buitendeuren esthetisch veel betere uit.

Dakisolatie is verantwoordelijk zijn voor zo'n 20% van het warmteverlies van een woning. Een goede dakisolatie kan daarmee substantieel bijdragen aan een vermindering van het warmteverlies van een woning en daarmee de gaskosten reduceren.

Isolatie van de keldervloer is verantwoordelijk voor zo'n 10% van het warmteverlies van een woning. Een goede kelderisolatie kan op meerdere manieren worden gerealiseerd en daarmee ook een bijdragen leveren aan het verminderen van het warmteverlies van de woning en daarmee de gaskosten.

Binnen – of buitenmuur isolatie is een goede aanvulling op de isolatiewaarde van een woning. Binnenmuur isolatie neemt binnenruimte weg en leidt tot een verkleining van de woning. Om de woning goed te isoleren is zo'n 10 cm hoogwaardige isolatie (PIR-platen) nodig. Buitenmuur isolatie kan relatief eenvoudig aan de buitengevel worden aangebracht en worden afgewerkt met een laag steenstrips voor een optimaal uiterlijk van de woning.

Zonnepanelen bieden de bewoner de mogelijkheid om zelf in duurzame energie te voorzien. De gewenste capaciteit van de zonnepanelen is de elektriciteitsbehoefte op jaarbasis van de woning. Dat komt neer op de reguliere elektriciteitsbehoefte van de woning en de benodigde elektriciteit voor de warmtepomp. Daarmee zijn er buiten de netkosten geen kosten voor elektriciteit, aangezien het teveel aan elektriciteit dat in de zomer wordt opgewekt in de winter kosteloos kan worden opgevraagd. Een eventueel overschot aan elektriciteit wordt vergoed.

Zonnepanelen leiden an sich niet tot een besparing van het energieverbruik van de woning, maar de stroomkosten van de bewoner worden wel aanzienlijk verlaagd door zelfopwekking.

Energiezuinige CV-ketel zijn HR-ketels en daarmee zeer zuinig. Deze ketels zijn gemiddeld 10% zuiniger dan de oude ketels. Een hoogrendementsketel behaalt een verhoogd rendement doordat het koude retourwater via een warmtewisselaar wordt voorverwarmd door warmteonttrekking uit de rookgassen.

Met een hybride warmtepomp kan het gasverbruik met 50–70 % worden verlaagd. Het energiegebruik per vierkante meter kan met een warmtepomp aanzienlijk worden verlaagd.

6. Het effect van maatregelen

Tabel 3 geeft een overzicht van de maatregelen die door de 13 bewoners zijn genomen.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Zonnepanelen	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0
Spouwmuurisolatie	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0
Geïsoleerde ramen	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Geïsoleerde kozijnen	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Binnenisolatie	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CV	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
HWP	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Energie efficiëntie	129	34	81	47	33	75	28	130	71	100	60	88	77

Tabel 3: Overzicht maatregelen

Uit de data kan worden afgeleid dat het stookgedrag van de bewoner ook sterk doorwerkt op de energie efficiëntie van een woning. Dit effect laat zich echter met het huidige detailniveau van de data (nog) niet kwantificeren.

Een lage energie efficiëntie waarde kan deels “gerealiseerd” worden door zuinig te stoken. Bij woning 5 is dat bijvoorbeeld het geval. De bewoners waren over 2022 maar deels thuis en hebben voor een periode de verwarming niet gebruikt.

Spouwmuurisolatie is een eerste makkelijke isolatiestap, maar draagt voor tussenwoningen maar beperkt bij tot de energie efficiëntie van de woning. Tussenwoningen verliezen weinig warmte aan de burens wanneer alle woningen op een vergelijkbare manier verwarmen.

Hoewel niet helemaal is vast te stellen, gebruiken alle woningen een HR-ketel. De ketels zullen afhankelijk van hun ouderdom meer of minder efficiënt zijn, maar een verschil kan niet worden vastgesteld.

Er is één woning met binnen isolatie, maar deze maakt ook gebruik van een hybride warmtepomp. Alle woningen met een hybride warmtepomp scoren erg goed op energie efficiëntie. Wanneer er een warmtepomp wordt geplaatst moet de woning al een zekere mate van energiezuinigheid hebben.

7. Conclusie

In de wijk Voorhof in Delft is een groep van zo’n 170 vergelijkbare uniforme woningen uit bouwjaar 1965 met elkaar vergeleken voor wat betreft de energiezuinigheid. 163 bewoners is per brief gevraagd om deel te nemen aan dit onderzoek. 18 bewoners heeft positief gereageerd en uiteindelijk zijn 13 antwoorden (8 %) verwerkt in dit rapport.

Deze hoeveelheid data is wellicht te beperkt om goede betrouwbare conclusies op te baseren. Diepgaander onderzoek / analyse op stookgedrag en meer detail op alle isolatiemaatregelen kan helpen om meer duidelijkheid te scheppen.

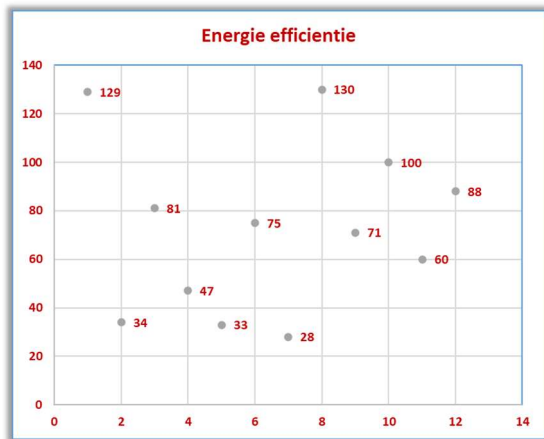


Fig. 5: Energie efficiëntie

	Klasse
Energie neutraal	geen
Parijs Proof	woning 2, 5 en 7
Zeer Zuinig	woning 4
Zuinig	woning 3, 6, 9, 11, 12 en 13
Gemiddeld	woning 1, 8 en 10
Onzuinig	geen
Zeer Onzuinig	geen

Tabel 2: Energieklassen woningen

Fig. 5 geeft het resultaat in termen van energie efficiëntie (kWh/m²). De goed presterende woningen zitten onder de 35 kWh/m².

Woning 5 is een "outlier" omdat de woning slechts voor een deel van het jaar verwarmt is. De goed presterende woningen hebben alle een hybride warmtepomp, maar dat is wellicht onvoldoende om ook een lage energie efficiëntie te hebben. Zo heeft woning 11 ook een hybride warmtepomp, maar scoort toch relatief hoog (60 kWh/m²) op energie efficiëntie.