

1 Introductie

Uitgangspunten:

- Maatschappelijk vastgoed van 2.100 m².
- Bouwbesluit en frisse school klasse B.
(R_c=3,5, HR++, Cv-ketel + radiatoren, koeling via LBH)
- Te beschouwen periode 50 jaar: kapitaallast als annuïteit.
- Te beschouwen jaarkosten: kapitaallast, onderhoud, energie.
- 1 kWh = 15 cent; 1 m³ = 60 cent; bedragen incl. BTW.
- Algemene inflatie: 2%.
- Prijsstijging elektriciteit: 5%; aardgas 8%.

2 Stoppen met aardgas

Het direct verwarmen met behulp van elektriciteit is niet aan de orde.

We maken gebruik van warmtepompen om energie uit andere media (lucht, water, bodem) te halen.

Het omrekenen van de energiebehoefte is eenvoudig:

- 1 kubieke meter aardgas heeft een energie-inhoud van 35,18 MJ.
- 1 kWh elektriciteit heeft een energie-inhoud van 3,6 MJ (1 Watt = 1 Joule/seconde).

$$\frac{35,18}{3,6} = 9,77 \text{ kWh elektriciteit} - 1 \text{ m}^3 \text{ aardgas}$$

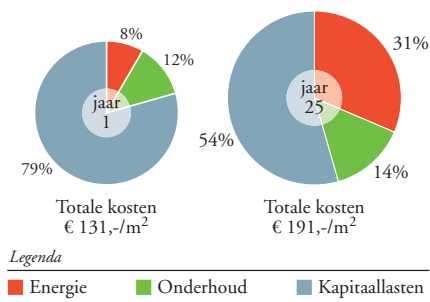
Het 'elektrisch verwarmen' gebeurt op basis van genoemde hulpbronnen. De elektrische energie die we nodig hebben is alleen maar hulpenergie voor het omzettingproces. Uitgaande van een rendement van 350% (sterk afhankelijk van de situatie) bedraagt de omrekening van aardgas naar elektriciteit (afgerond) een factor 2,5. De prijsverhouding tussen aardgas en elektriciteit is een factor 4; de energierekening is dus lager.

3 Beperken van de rekening

We treffen de volgende maatregelen:

- De R_c-waarden van vloer, gevel en dak worden respectievelijk 6, 8, en 10 m².K/W. Gevelkozijnen met 3-voudige beglazing (U = 0,8) en overstekken als vaste zonwering.
- We installeren een gesloten WKO met een afgifte via de vloer. Koeling blijft via de LBH gaan.

De extra investering bedraagt ongeveer 10% van de oorspronkelijke investering. De kapitaallast zal stijgen. De hogere investering verdient zich langzaam terug.

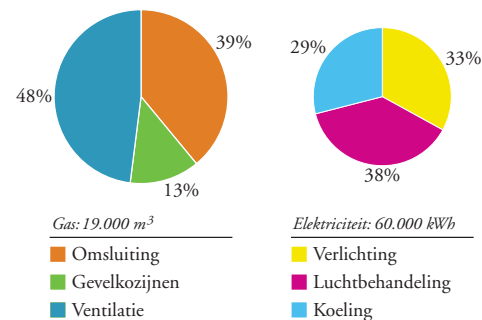


De diagrammen tonen de kosten voor jaar 1 en 25 bij ongewijzigd beleid (geen investering, constante inflatie).

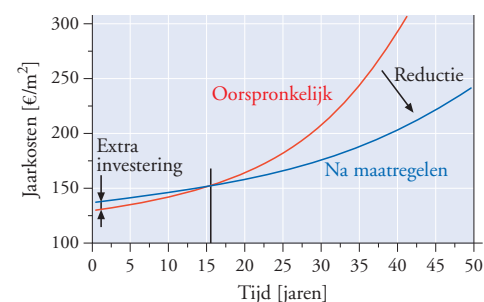
Op de volgende pagina's nemen we de stappen om die enorme stijging van de jaarkosten te beperken.

Steeds duurdere technieken houden de levering van aardgas op peil, de prijs voor afnemers zal evenredig hoger worden. Elektriciteit is vrijwel onbeperkt beschikbaar als we in staat zijn bronnen als de zon, aardwarmte of wind te benutten. Gebouwen kunnen daarom beter met behulp van elektriciteit worden geklimatiseerd.

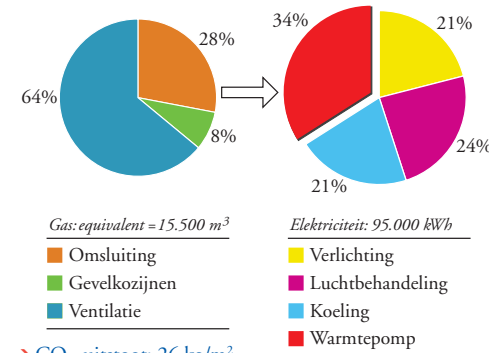
De energieverliezen in de uitgangssituatie zijn als volgt:



→ CO₂-uitstoot: 33 kg/m²



De nieuwe verdeling ziet er als volgt uit:



→ CO₂-uitstoot: 26 kg/m²

4 Koelen & balans in de bodem

De winst met een warmtepomp komt vooral uit het koelen. Een normale koelmachine haalt een rendement van 300%. Met een bodeminstallatie bedraagt het rendement 800 - 1.800%. Dat komt omdat er geen compressietechniek aan te pas komt, alleen maar (rond-)pompenergie.

De warmtevraag bedraagt oorspronkelijk 18.850 m^3 .
De koelvraag is 17.650 kWh .

De kosten daarvan bedragen respectievelijk € 11.350,- en € 2.650,-; samen goed voor € 14.000,-

Van gas naar elektriciteit gaat als volgt:

1. Gasverbruik relateren aan rendement van de CV.
2. Vermenigvuldigen met 9,77 (zie 2).
3. Relateren aan rendement van de warmtepomp.
4. Vermenigvuldigen met tarief elektriciteit.

€ 11.350,- wordt op deze manier ongeveer € 7.200,-

Om de kosten van het koelen met een warmtepomp te bepalen, hoeven we alleen de verhouding tussen het oude rendement (300%) en het nieuwe rendement (1200%) te bepalen. De rekening daalt met een factor 4 naar minder dan € 700,-

De rekening daalt van € 14.000,- naar minder dan € 8.000,- per jaar.

Berekenen we de primaire energiebehoefte van verwarmen en koelen dan bedraagt die respectievelijk 650 MJ (warmte) en 65 MJ (koude). Dit verschilt per ontwerp.

Bij een gesloten hulpbron, zoals een WKO (Warmte-Koude Opslag – in de bodem), dient de koelvraag en warmtevraag nagenoeg in balans te zijn. In het voorbeeld kan dan ook voor 585 MJ aan warmte niet worden voorzien door de WKO. Daarvoor dient op andere oplossingen te worden teruggevallen.

5 Andere systemen

Naast een WKO zijn er meer systemen voor het verwarmen en koelen die een oplossing kunnen bieden.

1. **Zonnecollector.** Deze maakt van zonnewarmte warm water. Uit de woningbouw kennen we dit soort systemen om warm tapwater te maken.
2. **Energiedak.** Een energiedak maakt gebruik van (een deel van) het dak als zonnecollector. Onder de dakbedekking zijn leidingen opgenomen die de warmte van het dak benutten (zwarte dakbedekking kan 70°C worden in de volle zon).
3. **Luchtwarmtepomp.** Met dit systeem kan energie uit de buitenlucht worden gehaald om direct te gebruiken voor de verwarming of koeling van het gebouw, zonder tussenkomst van een opslagsysteem.
4. **Warmtepompboiler.** Deze kan van warme (binnen-)lucht warm tapwater maken. De opslag van dat warme water gebeurt in een boilervat.

Voor de systemen 1 - 3 geldt dat de energievraag van het gebouw tegengesteld is aan de mogelijkheden van de hulpbron. Het vraagt veel van de warmtepomp om op een koude winterdag het gebouw te kunnen verwarmen met buitenlucht.

Met een extra investering kan in een opslagmogelijkheid worden voorzien, zodat het systeem beter in de 'gemiddelde' energiebehoefte kan voorzien.

Een warmtepomp (WP) zet energie van een hulpbron om in bruikbare warmte of koude. De werking is volgens het koelkastprincipe. Daar is een beperkte hoeveelheid elektriciteit voor nodig. Rendementen variëren per systeem en hulpbron van 300% tot 1800%.

Vitruvius
Consultancy

k e n n i s v a n b o u w e n

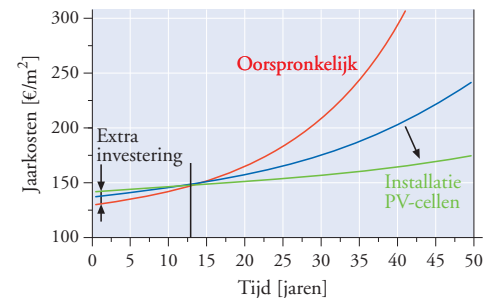
6 Photo-Voltaïsche cellen

Een dankbare bron van energie zijn Photo-Voltaïsche (PV) cellen. Deze maken elektriciteit uit het licht van de zon. Eén m^2 PV-cel levert ongeveer 120 kWh per jaar aan elektriciteit.

Ook voor de PV-cellen geldt dat de opwekking het hoogst is als we er het minst van gebruik hoeven te maken (vergelijk een zonnige zomerdag met een bewolkte winterdag).
Maken we gebruik van PV-cellen dan is een aansluiting op het openbare net essentieel om te kunnen bufferen.

In het voorbeeld dient bijna 800 m^2 PV-cellen geplaatst te worden om uiteindelijk een energieneutraal gebouw te maken.

Het dak moet nog wel ruimte bieden voor installaties, onderhoud van de PV-cellen en inspectie van de dakbedekking. Er zal niet meer dan 75% van het dak volgezet kunnen worden.



→ Eindresultaat CO_2 -uitstoot: 0 kg/m^2

www.vitruvius-consultancy.nl
Obrechtstraat 33
5344 AT Oss

T 0412 - 75 10 17
F 084 - 835 58 23
info@vitruvius-consultancy.nl