Kleintje

Individuele centrale verwarmingsinstallaties in woningen

Een integrale benadering met de wettelijke eisen en de kwaliteitseisen volgens het GIW 2007

Oktober 2006
ISBN: 978-90-5044-139-1
© ISSO

Samenvatting

Het kleintje centrale verwarming is een compacte verzameling van de eisen en middelen voor de realisatie van verwarmingsinstallaties in woningen zoals die zijn vastgelegd in ISSO-publicatie 50 ''Ontwerptechnische kwaliteitseisen voor warmwater verwarmingsinstallaties''. Het toepassingsgebied van het kleintje cv omvat:

- Individuele verwarmingsinstallaties;
- Gasgestookte ketel of stadverwarming;
- Nieuwbouw of renovatie.

Het kleintje cv is bedoeld voor installatiebedrijven die zich bezig houden met:

- Advisering over installaties;
- Ontwerp;
- Montage;
- Onderhoud en klachtenbehandeling.

In het kleintje cv wordt per projectfase aangegeven welke wettelijke eisen en kwaliteitseisen van toepassing zijn. Hierbij wordt aangesloten op de 1 januari 2007 van kracht wordende GIW-eisen voor verwarmingsinstallaties in nieuwbouwwoningen. Deze eisen zijn vastgelegd in de GIW/ISSOpublicatie 2007. Om aan de eisen te voldoen worden middelen toegepast. Deze middelen zijn in het kleintje cv vermeld of uitgewerkt. Middelen kunnen variëren van een rekenmethode tot en met het toepassen van een bepaalde materiaalsoort. In het kleintje wordt uitgegaan van 5 installatieconcepten en de hierop aansluitende installatieschema's. De concepten worden behandeld in de programmafase en de installatieschema's in de ontwerpfase. Vanuit het ontwerp wordt terugverwezen naar de betreffende onderdelen in de installatiesschema's. De bedoeling van het kleintje cv is dat het direct kan worden toegepast in de verschillende genoemde situaties. Hiervoor zijn in het kleintje cv verschillende tabellen en grafieken met richtwaarden opgenomen. Waar dat mogelijk is en zinvol zijn teksten vervangen door figuren.

Het kleinje cv behandelt de bouwfysische eigenschappen van de woning, de cv-installatie, rookgasafvoer en de gasinstallatie. Deze integrale benadering heeft o.a. tot doel in de programmafase van een project aandacht te besteden aan de bouwfysische kwaliteit van de woning, plaats en ruimte in de meterkast en opstellingsruimte en de plaats van rookgasafvoer. Deze zaken worden meestal door een opdrachtgever en bouwer bepaald in de programmafase van een project en sluiten niet altijd aan bij de kwaliteitseisen van verwarmingsinstallaties in de ontwerpfase.

Voorwoord

ISSO
ISSO verzamelt kennis en informatie voor de installatiesector. Theoretisch goed onderbouwde kennis die direct praktisch toepasbaar is. Hierbij is een van de primaire doelen het vaststellen van kwaliteitseisen bij de realisatie van installaties in gebouwen. Deze kwaliteitspecificaties worden op een objectieve en transparante wijze vastgesteld door adviseurs en installateurs en de voor het betreffende onderwerp belanghebbenden zoals: opdachtgevers, gebouwbeheerders, gebruikers en de toeleveringsindustrie. ISSO faciliteert hierbij door het laten uitvoeren van onderzoek, het organiseren van het overleg met de marktpartijen en door het uitbrengen van publicaties waarin de resultaten zijn vastgelegd. Deze publicaties worden als normstellende publicaties gebruikt bij projecten en in het onderwijs. Met de ISSO-publicaties geeft de installatiesector (adviseurs en installateurs) aan op welke wijze en met welke kwaliteitsniveau's zij installaties ontwerpen en realiseren. Hierbij is een intensieve en goede samenwerking met de genoemde partijen noodzakelijk. Het doet ons dan ook een genoegen te constateren dat deze samenwerking zich steeds verder uitbreidt ook naar de kleinere installatie bedrijven. Het zakboekje ''Kleintje cv'' is hiervan een goed voorbeeld. ISSO geeft op basis van ISSO-publicatie 50 aan waarom en hoe een verwarmingsinstallatie in woningen en woongebouwen moet worden gerealiseerd. In het kleintje cv wordt op praktische wijze een handreiking gedaan naar installatiebedrijven die zich alleen bezig houden met individuele installaties aangesloten op een ketel of stadsverwarming. ISSO wenst de gebruikers van deze publicatie ''Kleintje centrale verwarming'' een plezierig en leerzaam onderhoud toe.

Vakgroep VKD van Uneto-VNI
Vakkennis is het kenmerk van de leden van de Vakgroep Klimaat- en Duurzame techniek (VKD) en deze vakkennis wil de vakgroep graag delen met andere installateurs. Binnen de hectiek van de dag vraagt de installateur om middelen die hem snel en doeltreffend helpen bij het uitvoeren van de werkzaamheden. Ongeacht of deze werkzaamheden nou het advies, het ontwerp, de aanleg of het beheer van een installatie betreffen.
Daarom heeft het bestuur van de VKD opdracht gegeven aan ISSO om een Kleintje CV op te stellen. Een handig en compact naslagwerk waarbij, met in acht name van de normen en voor zover mogelijk de kwaliteitseisen van GIW, problemen in ons dagelijks werk opgelost kunnen worden. Al onze parate kennis in een handzaam boekje die in de standaard uitrusting van uw monteur en op uw bureau eigenlijk niet mag ontbreken.

Wij wensen u veel vakkennis, professionaliteit en goede zaken!

Symbolenlijst

A_g	Gebruiksoppervlak woning	[m²]

A_{vg}	Verblijfsgebied oppervlak woning	[m²]
A_{vr}	Verblijfsruimteoppervlak woning	[m²]
c	Soortelijke warmte cv-water	[J/(kg·K)]
k_v	Volumestroom door een (in)regelafsluiter bij een drukverschil van 1 bar	[m³/h]
k_{vs}	k_v-waarde bij een volledig open inregelafsluiter	[m³/h]
q_m	Massastroom	[kg/s]
q_v	Volumestroom	[m³/s]
R_c	Warmteweerstand bouwkundige constructies	[(m²·K)/W]
R_h	Hydraulische weerstand	[Pa/(m³/s)^n]
U	Warmtedoorgangscoëfficiënt bouwkundige constructie	[W/(m²·K)]
θ	Temperatuur	[°C]
Δθ	Temperatuurverschil	[K]
Δp	Drukverlies	[Pa]
Δp_p	Opvoerhoogte van een pomp	[Pa]
η	Rendement	[%]
ρ	Soortelijke massa cv-water	[kg/m³]
Φ	Warmtevermogen	[W]

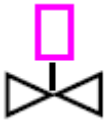
Grafische symbolenlijst

Een radiator.

Een vloerverwarmingsbuis.

Warmteopwekker (WO), dit kan zijn een ketel, of warmtewisselaar stadsverwarmingunit.

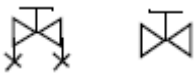
Regelafsluiter met servomotor (RA).



Thermostatische regelafsluiter (TRA).

Pomp (CP).

Toerengeregelde pomp (CP)



Inregelafsluiter (IRA) met meetvoorziening (links) en zonder meetvoorziening (rechts).

Handafsluiter.

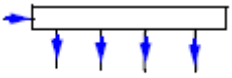
Handafsluiter zonder handwiel.

Terugslagklep

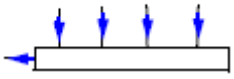
Veerbelaste bypassklep

1. Aanvoerleiding cv-water.

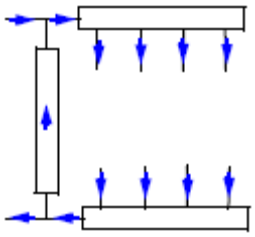
2. Retourleiding cv-water.



Verdeler cv-water.



Verzamelaar cv-water.



Kortgesloten verdeler/verzamelaar bij vloerverwarming.

Expansievat met membraan.

Ontluchting.

Temperatuurmeter en omzetter in een signaal voor de automatiseringsinstallatie.

Temperatuurmeter en omzetter in een signaal voor maximale temperatuur beveiliging.

Temperatuur regelaar.

Drukmeter en omzetter in een signaal voor de automatiseringsinstallatie.

Volumestroommeter en omzetter in een signaal voor de automatiseringsinstallatie.

Begrippenlijst

Actief regelend luchttoevoerrooster
De luchttoevoer naar een ruimte wordt geregeld op basis van bijvoorbeeld CO_2-concentratie. De regeling wordt electrische gevoed.
Basisverwarming
Warmtegebruiker, bijvoorbeeld vloerverwarming, geschikt voor het compenseren van het warmteverlies van een vertrek door transmissie of het onderhouden van een constante vloertemperatuur.

Bovenste verbrandingswaarde
De verbrandingswarmte van aardgas inclusief de verdamingswarmte van de in het gas aanwezige water (~ 35100 kJ/ normaal m³gas).
Convector
Warmtegebruiker waarbij warmte vooral convectief aan een ruimte wordt afgegeven.
Deellast
Bedrijfssituatie tussen vollast en nullast.
Energieprestatiecoëfficiënt (EPC)
Maat voor de energetische prestatie van een gebouw of een gedeelte van een gebouw inclusief de gebouwinstallaties, bepaald met een standaard gebruikersgedrag, in overeenstemming met NEN 5128.
Inregelafsluiter (IRA)
Afsluiter voor het handmatig instellen van de ontwerpvolumestromen met of zonder voorziening voor het meten van de volumestroom.
Inregelen
Instelllen van de ontwerpvolumestromen. In deze publicatie worden twee inregelmethoden gegeven:

- Voorinstelmethode;
- Temperatuurmethode.

Hoge temperatuurverwarming volgens GIW
Warmwaterverwarmingsinstallatie waarbij de gemiddelde cv-ontwerptemperatuur hoger is dan 50 °C.
k_v-waarde
Volumestroom in m³/h van water met een temperatuur van 5 tot 30 °C bij een drukverschil van 1 bar over een regelafsluiter. Het begrip kv-waarde wordt ook bij andere afsluiters dan regelafsluiters toegepast.
k_{vs}-waarde
Volumestroom in m³/h van water met een temperatuur van 5 tot 30 °C bij een drukverschil van 1 bar over een volledig open regelafsluiter.
Koudebrug
Gedeelte van een woningconstructie met een grotere warmtestroom dan de aansluitende constructie.
Kwaliteitsverklaring
Hiermee verklaard een fabrikant/leverancier dat een produkt voldoet aan bepaalde kwaliteitsspecificaties. Deze kwaliteitsspecificaties kunnen worden vastgelegd in een BRL en worden getoetst door een onafhankelijk instituut.
Onder kwaliteitsverkalringen vallen CE, attest, productcertificaat en procescertificaat.
Lagetemperatuurverwarming
Warmwaterverwarmingsinstallatie waarbij de gemiddelde cv-temperatuur niet hoger is dan 50 °C.
Onderste verbrandingswaarde (stookwaarde)
De verbrandingswarmte van aardgas exclusief de verdamingswarmte van de in het gas aanwezige water (~ 31700 kJ/normaal m³gas). Het begrip stookwaarde is ook van toepassing op andere brandstofsoorten.
Ontwerpcondities
Binnen- en buitencondities die dienen als basis voor het ontwerp van een centrale verwarming.
Ontwerpvolumestroom
De door de ontwerper bepaalde volumestroom waarmee de ontwerpvermogens worden gerealiseerd.
Ontwerptemperatuur
De door de ontwerper in overleg met de opdrachtgeverbepaalde temperaturen waarbij de ontwerpvermogens van de installatie worden gerealiseerd.
Ontwerpvermogen
Vereist waterzijdig vermogen onder ontwerpcondities.

Radiator
Warmtegebruiker waarbij warmte door straling en convectie aan een ruimte wordt afgegeven.
Regelafsluiter (RA)
Corrigerend orgaan in een hydraulische schakeling waarmee een volumestroom wordt beïnvloed.
Retourtemperatuur
Temperatuur van het cv-water bij het intreden in de warmteopwekker of bij uittreden van een radiator of vloerverwarmingsbuis.
Stooklijn
Een ingesteld verband tussen bijvoorbeeld de buitenluchttemperatuur en de cv-aanvoertemperatuur.
Temperatuurmethode
Procedure voor het instellen van de ontwerpvolumestromen, waarbij de retourtemperatuur van de warmtegebruikers (bijvoorbeeld radiatoren) wordt gemeten.
Thermostatische regelafsluiter TRA
Regelafsluiter met hierop aangebracht de regelaar voor de vertrektemperatuur. Sommige TRA's kunnen ook worden gebruikt om de ontwerpvolumestroom in te stellen.
Vloerverwarming
Stralingsverwarming waarbij de warmtegebruiker bestaat uit de verwarmde vloer van een vertrek.
Voorinstelmethode
Instellen van de ontwerpvolumestromen op basis van een drukverliesberekening.
Vollast
Bedrijfssituatie van een hydraulische schakeling waarbij de ontwerpvermogens worden gerealiseerd.
Warmwaterverwarmingsinstallatie
Centrale verwarming met warm water als verwarmingsmedium.
Gebruiksfunctie (volgens BouwBesluit)
De gedeelten van een of meer bouwwerken op een perceel of standplaats, die dezelfde gebruiksbestemming hebben en tezamen een gebruikseenheid vormen.
Gelijkwaardigheidsverklaring
In het bouwbesluit worden eisen gesteld met betrekking tot gezondheid, veiligheid en energie. In NEN normen staan bepalingsmethoden om aan de eisen te voldoen.Van deze bepalingsmethoden mag worden afgeweken als men gelijkwaardigheid met betrekking tot de eis kan aantonen. Men noemt dit dan een gelijkwaardigheisverklaring. In principe moeten burgemeester en wethouders van een gemeente een gelijkwaardigheidsverklaring goedkeuren. Een gelijkwaardigheidsverklaring wordt bijvoorbeeld opgesteld door een adviesbureau. Zie ook kwaliteisverklaring.
Verblijfsgebied (Volgens BouwBesluit)
Gedeelte van een gebruiksfunctie met ten minste een verblijfsruimte bestaande uit een of meer op dezelfde bouwlaag gelegen aan elkaar grenzende ruimten anders dan een toiletruimte, een badruimte, een technische ruimte of een verkeersruimte.
Verblijfsruimte (Volgens BouwBesluit)
Ruimte voor het verblijven van mensen, dan wel een ruimte waarin de voor de gebruiksfunctie kenmerkende activiteiten plaatsvinden.
Verkeersruimte (Volgens BouwBesluit)
Ruimte anders dan een ruimte in een verblijfsgebied, een toiletruimte, een badruimte of een technische ruimte, bestemd voor het bereiken van andere ruimten.
Zelfregelend luchttoevoerrooster
Een toevoerrooster waarvan de luchtdoorlaatbaarheid vrijwel onafhankelijk is van het drukverschil over het rooster. De regeling van het rooster haalt zijn energie uit de winddruk.

0 Inleiding

0.1 Doel van het zakboekje

Het kleintje cv is een handleiding voor de installatieontwerper en installatiemonteur van individuele verwarmingsinstallaties in woningen aangesloten op een ketel of warmtelevering

(stadsverwarming). Het kleintje cv geeft op bondige wijze aan welke wettelijke eisen en kwaliteitseisen van toepassing zijn in de verschillende projectfasen van de realisatie van een verwarmingsinstallatie. De kwaliteitseisen zijn afgestemd op de vanaf 1 januari 2007 van toepassing zijnde GIW eisen voor installaties in nieuwbouwwoningen. Bij de eisen worden de middelen genoemd of uitgewerkt waarmee aan de eisen kan worden voldaan. Om de installatieontwerper te helpen tijdens het overleg met een opdrachtgever zijn in het kleintje cv installatieconcepten opgenomen met hun eigenschappen. Op basis van deze installatieconcepten zijn in de ontwerpfase de installatieschema's gegeven.Tijdens het ontwerp wordt verwezen naar de verschillende onderdelen van de installatieschema's. Het kleintje cv kan worden gebruikt bij zowel nieuwbouw als renovatie projecten. De bedoeling van het kleintje cv is dat het direct kan worden toegepast in de verschillende genoemde situaties. Hiervoor zijn in het kleintje cv verschillende tabellen en grafieken met richtwaarden opgenomen. Waar dat mogelijk is en zinvol zijn teksten vervangen door figuren.
Het kleintje cv is gebaseerd op ISSO-publicatie 50 ''Ontwerp technische kwaliteitseisen voor warmwaterverwarmingsinstallaties'' [5].

0.2 Hoe is het zakboekje opgezet

De hoofdstukken in het kleintje cv volgen de vijf projectfasen van het Model Kwaliteitssysteem Klimaat installaties.

- Hoofdstuk 1: Programmafase (vaststellen PvE cv-installatie);
- Hoofdstuk 2: Ontwerpfase (dimensioneren cv-installatie);
- Hoofdstuk 3: Uitwerkingsfase (productselectie, bestek);
- Hoofdstuk 4: Realisatiefase (montage en oplevering);
- Hoofdstuk 5: Beheerfase (onderhoud, klachtenbehandeling).

Elke hoofdstuk vangt aan met de van toepassing zijnde wettelijke eisen en kwaliteiteisen. Bij de eisen is aangegeven welke van toepassing zijn bij nieuwbouwwoningen en welke voor bestaande woningen. Hierna worden de opeenvolgende activiteiten behandeld en de middelen gegeven om aan de eisen te voldoen. Het resultaat van een projectfase is de ''input'' voor de volgende fase. Zo is het Programma van Eisen (PvE) de basis voor de ontwerpfase en zijn de resultaten van de ontwerpfase de basis voor productselectie in de uitwerkingsfase enz. Het onderscheid tussen nieuwbouw of renovatie bij bestaande bouw wordt parallel behandeld in de verschillende hoofdstukken.

1 Programmafase van een project

1.1 Wensen van de opdrachtgever

Onderstaand overzicht geeft een indruk van de mogelijke wensen van een opdrachtgever met betrekking tot een verwarmingsinstallatie. In overleg met een installatieontwerper wordt gekeken of deze wensen technisch en financieel haalbaar zijn. Tevens adviseert de installatieontwerper de opdrachtgever over de mogelijkheden en onmogelijkheden van een verwarmingsinstallatie en de van toepassing zijnde wettelijke eisen en kwaliteitseisen.
Mogelijke wensen opdrachtgever voor een verwarmingsinstallatie:

- Wel of niet te verwarmen ruimten bijvoorbeeld ook zolder verwarmen om als slaapvertrek dienst te doen;
- Temperatuurniveaus in de ruimten;
- Plaats en type afgiftesysteem bijvoorbeeld radiatoren onder de ramen en/of vloerverwarming;
- Laag Temperatuur Verwarming (LTV);
- Regeling van de temperatuur alleen in de woonkamer of een regeling van de temperatuur in de verwarmde vertrekken;
- Warmteopwekking via ketel of bijvoorbeeld stadsverwarming;
- Energieprestatiecoëfficiënt (EPC) 0,7 i.p.v. 0,8;

- Plaats en beschikbare ruimte voor de warmteopwekker.

Mogelijke randvoorwaarden bij de wensen van de opdrachtgever:

- Is in het beschikbare budget rekening gehouden met de nieuwe GIW eisen;
- Wettelijke eisen en kwaliteitseisen, zie hoofdstuk 1.2;
- Beschikbaar zijn van een gasnet als een ketel wordt gewenst;
- Thermische kwaliteit constructies (R_c-waarde of Uwaarde) als LTV een wens is bij een renovatieproject;
- Te hoge temperatuur koudwaterleiding (< 25 °C) in combinatie met vloerverwarming;
- Combinaties ventilatiesysteem en warmteafgiftesysteem met betrekking tot het comfort in de verblijfsgebieden.

In de navolgende hoofdstukken wordt de realisatie van een verwarmingsinstallatie behandeld die voldoet aan de wensen van de opdrachtgever en die rekening houdt met de randvoorwaarden en de van toepassing zijnde wettelijke eisen en GIW eisen.

1.2 Wettelijke eisen en kwaliteitseisen

In dit hoofdstuk worden de wettelijke eisen en kwaliteitseisen vermeld die van toepassing zijn in de programmafase van een project. De wettelijke eisen zijn de eisen volgens het BouwBesluit (BB). Het blijkt dat er voor verwarmingsinstallaties in het BouwBesluit niet veel is geregeld. Daarom worden de wettelijke eisen aangevuld met de in ISSO-publicatie 50 vastgestelde kwaliteitseisen. Hierbij wordt aangesloten op de door het Garantie Instituut Woningbouw (GIW) uit ISSO-publicaties overgenomen kwaliteitseisen vastgelegd in de GIW/ISSO-publicatie 2007. Deze kwaliteitseisen zijn van toepassing voor nieuwbouwwoningen die onder GIW-garantie vallen. Dit is zo'n 80 % van de nieuwbouwwoningen. Waar dat mogelijk is worden deze kwaliteitseisen ook toegepast voor renovatieprojecten die niet onder het nieuwbouwregime vallen.
Omdat het functioneren van een verwarmingsinstallatie sterk afhankelijk is van de bouwfysische eigenschappen van een woning starten we met het vermelden van de relevante eisen die hiervoor gelden.

1.2.1 Bepalen van oppervlakken in woningen

Het is niet goed mogelijk installaties in woningen te realiseren zonder kennis te hebben van definities van oppervlakken en de hiervoor geldende wettelijke bepalingen. In bijlage A wordt dit uitvoerig behandeld met een aantal voorbeelden.
Wettelijke eisen voor vloeroppervlakken
In het BouwBesluit zijn twee soorten vloeroppervlakken gedefinieerd:

- Het gebruiksoppervlak A_g en het;
- Verblijfsgebiedoppervlak A_{vg}.

Gebruiksoppervlak A_g
Het gebruiksoppervlak wordt bepaald volgens de NEN 2580 ''Oppervlakken en inhouden van gebouwen''.
Het gebruiksoppervlak ook wel afgekort met “GO” is de bruikbare vloeroppervlakte voor de betreffende gebruiksfunctie. Bij woningen is dit in feite het totale vloeroppervlak tussen de omsluitende wanden van de gebruiksfunctie wonen.
Hierbij worden niet meegeteld vaste obstakels van enige omvang en moet de hoogte vanaf vloer tot plafond 1,5 meter of hoger zijn.
Het gebruiksoppervlak A_g is een vast gegeven gekoppeld aan de woning. Het kan dus niet zo zijn dat voor een woning verschillende gebruiksoppervlakken A_g worden berekend.
Het gebruiksoppervlak A_g wordt toegepast in de NEN 5128 ''Berekening van de Energie Prestatie Coëfficiënt van woningen en woongebouwen''.
Verblijfsgebiedoppervlak A_{vg}

Gedeelte van een gebruiksoppervlak met ten minste één **verblijfsruimte**, bestaande uit een of meer op dezelfde bouwlaag gelegen aan elkaar grenzende ruimten niet zijnde een:

- Toiletruimte;
- Badruimte;
- Technische ruimte (bijvoorbeeld ketelopstelruimte);
- Verkeersruimte (bijvoorbeeld hal, overloop).

Voorbeelden van **verblijfsruimten** voor woningen zijn:

- Woonkamer;
- Keuken;
- Slaapkamer;
- Hobbyruimte.

Wanneer een verblijfsgebied (VG) niet wordt ingedeeld in verschillende vertrekken, is het verblijfsgebied gelijk aan de verblijfsruimte.
Het verblijfsgebied en de indeling daarvan is geen vast gegeven en wordt tijdens het ontwerp, meestal door de de architect of bouwkundig adviseur bepaald. Aan een verblijfsgebied worden in het BouwBesluit eisen gesteld met betrekking tot bijvoorbeeld de daglichttoetreding of de benodigde ventilatiehoeveelheid. Deze eisen zijn gekoppeld aan de grootte van het verblijfsgebiedoppervlak A_{vg}.
In het ontwerp probeert men om ruimten niet te definiëren als verblijfsruimten of maakt men het verblijfsgebied oppervlak A_{vg} kleiner om daarmee de kosten te verlagen. Een typisch voorbeeld is het definiëren van de zolder als onbenoemde ruimte. De praktijk is dat de bewoners de zolder gaan gebruiken als slaapkamer of hobbykamer.
Bij het vaststellen van de grootte van het verblijfsgebied heeft men geen vrij spel omdat in het BouwBesluit een aantal voorwaarden staan bij de bepaling van het verblijfsgebiedoppervlak. De belangrijkste voorwaarden zijn:

- Minimaal 55 % van het gebruiksoppervlak A_g van een gebruiksfunctie moet aangemerkt worden als verblijfsgebied. Een woning met een gebruiksoppervlak A_g= 120 m² moet dus minimaal een verblijfsgebied hebben van A_{vg}= 0,55* 120 = 66 m² voor de gebruiksfunctie wonen;
- Voor de gebruiksfunctie wonen geldt voor het verblijfsgebied de volgende voorwaarden:
    - Minimaal oppervlak 5 m²;
    - Minimale breedte 1,8 m;
    - Minimale hoogte 2,6 m (**denk hierbij aan de zolder**).

GIW-eisen voor ventilatie installaties

- Het GIW staat niet toe dat een garage met een garagedeur gedefinieerd wordt als berging. Voor de gebruikfunctie garage staan in het BouwBesluit eisen voor ventilatie, voor een berging niet;
- Het GIW staat niet toe dat in woningen het verblijfsgebied rekenkundig kleiner wordt gemaakt om daarmee de ontwerp ventilatiehoeveelheid te verminderen. Het kleiner maken van het verblijfsgebied wordt ook wel krijtsteepmethode genoemd.

Bestaande bouw
De term verblijfsruimte wordt ook in de bestaande bouw toegepast.
Wandoppervlakken
Naast de vloeroppervlakken moeten ook de oppervlakken van buitenwanden, ramen, deuren, tussenwanden en daken worden vastgesteld om een warmteverliesberekening te kunnen maken. De wijze waarop deze oppervlakken moeten worden bepaald staat in ISSO-publicatie 51 ''Warmteverliesberekening voor woningen en woongebouwen''. Hierbij wordt aangesloten op de

NEN 1068 "Thermische isolatie van gebouwen", die in het BouwBesluit wordt aangewezen en dus een verplichte norm is voor nieuwbouwwoningen.

1.2.2 Thermische isolatie woningen

De thermische isolatie van de wanden van een woning wordt uitgedrukt in de begrippen warmteweerstand R_c of Uwaarde. Het warmteverlies door een wand bijvoorbeeld naar buiten toe wordt kleiner als de warmteweerstand R_c groter wordt. Bij de U-waarde geldt dat het warmteverlies door een wand naar buiten toe kleiner wordt als ook de U-waarde kleiner wordt.
In bijlage B is een toelichting gegeven op de begrippen R_c-waarde en U-waarden. Tevens worden in deze bijlage waarden gegeven voor de R_c en U-waarden van een aantal constructies zijnde wanden, daken, vloeren.
De R_c-waarde en U-waarde zijn bouwkundige gegevens die door de bouwer worden gerealiseerd en dus in principe door de bouwer aan de installatieontwerper moeten worden geleverd.
De volgende wettelijke eisen en kwaliteitseisen zijn van toepassing voor de R_c-waarde en de U-waarde.

Wettelijke eisen isolatie (BB 2003, afdeling 5.1)

Wettelijke prestatie-eisen thermische isolatie				
Constructie	**Nieuwbouw**		**Bestaande bouw**	
	$R_{c,min}$ (m²·K)/W	**U_{max}** W/(m²·K)	**$R_{c,min}$*)** (m²·K)/W	**U_{max}**)** W/(m²·K)
Dak	2,5	-	1,3	-
BG-vloer	2,5	-	1,3	-
Buitenwand	2,5	-	1,3	-
Deur, raam met kozijn	-	4,2	-	-
*) Bij **bestaande bouw** met gedeeltelijke vernieuwing kunnen de Burgemeester en wethouders ontheffing verlenen voor de nieuwbouweis tot minimum van (2,5-1,2=1,3). **) Voor bestaande bouw zijn geen eisen voor deur, raam en kozijn en hiermee gelijk te stellen constructiedelen.				

- R_c-waarden en U-waarden van bouwkundige constructies zoals wanden, vloeren, daken, ramen en deuren moeten volgens het BouwBesluit berekend worden met de NEN 1068 "Thermische isolatie van gebouwen".

Kwaliteitseisen voor isolatie

In het kader van duurzaam bouwen en/of om de energieprestatie eis EPC <= 0,8 voor nieuwbouw te halen worden hogere warmteweerstanden R_c toegepast en glassoorten met een lagere U-waarde dan de BouwBesluit eisen. Hieronder volgen enkele waarden voor de warmteweerstand van wanden en U-waarden van glas om aan de huidige EPC-eis van 0,8 of lager te voldoen:

- Buitenwand, dak en vloer: R_c= 3,5 (m²·K)/W;
- Dak, vloer R_c= 3,5 tot 4 (m²·K)/W;
- HR^{++}-glas (zonder kozijn): U~1,2 W/(m²·K);
- Geïsoleerde deuren: U~ 2 W/(m²·K).

In hoofdstuk 1.2.15 zijn voorbeelden gegeven van installaties die voldoen aan een EPC <= 0,8. Hierbij krijgt men een indruk van de toegepaste isolatiewaarden van bouwkundigeconstructies.

1.2.3 Luchtdoorlatendheid woning

Luchtdoorlatendheid of infiltratie heeft betrekking op de **niet gecontroleerde** hoeveelheid lucht die via kieren of spleten bij de ramen, deuren of dakaansluiting de woning binnentreedt of verlaat. Een te grote luchtdoorlatendheid geeft comfortklachten door tocht, grotere vermogens voor de verwarmingsinstallatie, een verstoring van de werking van het ventilatiesysteem en een toename van het energiegebruik. Om deze redenen is in het BouwBesluit een maximale waarde aan de luchtdoorlatendheid gesteld.
In bijlage C wordt nader ingegaan op de luchtdoorlatendheid van een woning.
De grootte van de luchtdoorlatendheid van een woning wordt door een bouwer gerealiseerd en dient door de bouwer aan de installatieontwerper te worden geleverd.

Wettelijke eisen luchtdoorlatendheid wanden (BB 2003, afdeling 5.2 Artikel 5.9)

Wettelijke prestatie eisen luchtdoorlatendheid wanden woning		
Woning*)	**Nieuwbouw**	**Bestaande bouw**
	$q_{v,10,maximaal}$ m³/s	
Wanden van verblijfsgebieden, toileten badruimten bij een drukverschil van 10 Pa.	0,2	geen eis**)

*) De luchtdoorlatendheid, uitgedrukt in de volumestroom $q_{v,10}$, heeft betrekking op de omhulling van de woning of een gedeelte daarvan. De volumestroom geldt bij een volgens de meetmethode in de NEN 2686 ''Luchtdoorlatendheid van gebouwen'' vastgesteld drukverschil over de woning en buitenlucht van 10 Pa. Een hoge luchtdoorlatendheid kan bijvoorbeeld vooroorzaakt worden door alleen een slechte dakaansluiting.
**) Voor bestaande bouw geldt bij volledige renovatie van de woning, vervanging van kozijnen e.d. dezelfde luchtdoorlatendheids eis als voor nieuwbouw.
**) Voor een woning met een netto inhoud van meer dan 500 m³ geldt voor de maximaal toegelaten luchtdoorlatendheid Vnetto/500* 0,2 m³/s.

Kwaliteitseisen luchtdoorlatendheid

1. Relatie luchtdoorlatendheid en ventilatiesysteem

Een te grote luchtdoorlatendheid kan de juiste werking van mechanische ventilatiesystemen nadelig beïnvloeden met als gevolg comfortklachten en een hoger energiegebruik. Een te lage luchtdoorlatendheid kan bijvoorbeeld gezondheidsproblemen opleveren als de bewoners het ventilatiesysteem dicht- of uitzetten. In onderstaande tabel/grafiek zijn afhankelijk van het ventilatiesysteem minimale- en maximale waarden gegeven voor de luchtdoorlatendheid.

Kwaliteitseis $q_{v,10}$ afhankelijk van het type ventilatiesysteem								
Ventilatiesysteem: A, B, C of D	**Bandbreede voor de $q_{v,10}$-waarde**							
A: Natuurlijke ventilatie					kan nog	oke	oke	oke
A: Natuurlijke ventilatie met zelfregelende toevoer roosters				kan nog	oke	oke	oke	oke
B: Mechanisch toevoer en natuurlijke afvoer	Geen informatie valt onder luchtverwarming.							
C: Natuurlijke toevoer en mechanische afvoer				kan nog	oke	oke	oke	oke
C: Natuurlijke toevoer en mechanische afvoer met zelf reg. toe			kan nog	oke	oke	oke	oke	oke
D: Mechanische toe- en afvoer		oke	oke	oke	oke	kan	kan	

						nog	nog	
D: Mechanische toe- en afvoer vraaggestuurd		oke	oke	oke	oke	kan nog	kan nog	
0	25	50	75	100	125	150	175	200
			$q_{v,10}$ in dm³/s					
0	90	180	270	360	450	540	630	720
			$q_{v,10}$ in m³/h					

Toelichting
Bij flatwoningen is een $q_{v,10}$= 50 dm³/s normaal en bij nieuwbouwwoningen moet 80 dm³/s haalbaar moet zijn. Een $q_{v,10}$ kleiner dan 50 dm³/s is niet zonder extra inspanning te halen. De praktijk leert dat de $q_{v,10}$ waarden altijd hoger uitvallen dan wat men verwacht of via berekening heeft vastgesteld.

2. $q_{v,10,kar}$ in de NEN 5128 EPC-berekening
In de NEN 5128 wordt bij de berekening van de EPC-waarde gewerkt met de $q_{v,10,kar}$- waarde. Dit is de $q_{v,10}$-waarde gedeeld door het gebruiksoppervlak A_g.
$q_{v,10,kar} = q_{v,10}/A_g$
De onderstaande minimale waarden en richtwaarden voor de $q_{v,10,kar}$ worden aanbevolen.

Ventilatiesystemen*)	Minimum waarde $q_{v,10,kar}$ dm³/s·m²	Richtwaarden $q_{v,10,kar}$ dm³/s·m²
A, B en C	1,0	1,0-1,43
D	0,4	0,625
*) Zie voor ventilatiesystemen hoofdstuk 1.2.4.		

1.2.4 Ventilatiesystemen

Een woning moet worden geventileerd om er voor te zorgen dat er voor de bewoners voldoende verse lucht aanwezig is. Ventileren houdt in dat er voorzieningen moeten zijn voor luchttoevoer en luchtafvoer. Het begrip verse lucht wordt in verband gebracht met de aanwezige concentratie CO_2 in een ruimte. Deze CO_2 wordt door personen uitgeademd. Om de concentratie CO_2 beneden de maximaal toegelaten waarde van 1200 ppm (parts per milion) te houden moet per persoon ongeveer 25 m³/h (~7 dm³/s) worden geventileerd. In een rokersomgeving is dit 35 m³/h.
Er worden vier typen ventilatiesystemen onderscheiden:

- Ventilatiesysteem A: Natuurlijke toevoer en afvoer van lucht;
- Ventilatiesysteem B: Mechanische toevoer en natuurlijke afvoer van lucht;
- Ventilatiesysteem C: Natuurlijke toevoer en mechanische afvoer van lucht;
- Ventilatiesysteem D: mechanische toevoer en mechanische afvoer van lucht.

Bij mechanische ventilatiesystemen zijn er nieuwe ontwikkelingen zoals radiatoren/convectoren met ingebouwde ventilatietoevoer of ventilatietoe- en afvoer met WarmeTerugWinning (WTW). Deze systemen vallen onder de **decentrale** ventilatiesystemen. In bijlage D worden de vier ventilatiesystemen en decentrale ventilatiesystemen uitvoeriger behandeld.
Voor de ontwerper van de centrale verwarmingsinstallatie is het belangrijk te weten welk ventilatiesysteem wordt toegepast vanwege:

- Berekening van de vermogens;
- Plaats van bijvoorbeeld radiatoren en inblaasroosters;

- Leiding- en kanalenloop;
- Beschikbare ruimte ketel samen met bijvoorbeeld een warmteterugwinunit bij ventilatiesysteem D op zolder;
- Decentrale ventilatiesystemen die direct zijn aangesloten op de cv-installatie.

Onafhankelijk van het type ventilatiesysteem A, B, C of D worden in het BouwBesluit eisen gesteld aan het aanwezig zijn van: ventilatievoorzieningen, de capaciteit (luchtvolumestroom) en de hoedanigheid van de luchttoevoer en luchtafvoer. De capaciteiten zijn gebaseerd op de maximale concentratie aan CO^2 van 1200 ppm.

Wettelijke eisen ventilatie nieuwbouw (BB 2003, afdeling 3.10)

Aanwezigheid voorziening, capaciteit en hoedanigheid nieuwbouw			
Aanwezigheid ventilatievoorziening in:	**Capaciteit*)** dm³/(s·m²)	**Minimale capaciteit** dm³/s	**Hoedanigheid luchttoevoer en luchtafvoer**
Verblijfsruimte	0,7	7	• Toevoer geen eis; • Afvoer geen eis.
Verblijfsruimte met kooktoestel	0,9	21	• Toevoer geen eis; • Afvoer rechtstreeks naar buiten.
Verblijfsgebied *Bijvoorbeeld 1e verdieping of 2e verdieping woning*	0,9	7	• Toevoer 50 % of meer van totale capaciteit van buiten; • Afvoer geen eis.
Verblijfsgebied met kooktoestel *Bijvoorbeeld 1e verdieping woonkamer met keuken*	0,9	21	• Toevoer 50 % of meer van totale capaciteit van buiten; • Afvoer rechtstreeks naar buiten.
Toiletruimte	-	7	• Toevoer geen eis; • Afvoer rechttreeks naar buiten.
Badruimte	-	14	• Toevoer geen eis; • Afvoer rechttreeks naar buiten.
**) Per verblijfsgebied oppervlak A_{vg} of verblijfsruimteoppervlak A_{vr}*			

Met betrekking tot spuien (snel verwijderen van bijvoorbeeld kookluchtjes) door openen van ramen geldt:

- Minimale spuicapaciteit verblijfsruimte 3 dm³/(s.m² $_{\text{verblijfsgebied}}$);
- Minimaal spuicapaciteit verblijfsgebied 6 dm³/(s.m² $_{\text{verblijfsgebied}}$).

Spuien is een tijdelijke voorziening en speelt geen rol bij het dimensioneren van de cv-installatie.

De voorzieningen voor toevoer van verse lucht en afvoer van binnenlucht moeten overeenkomstig NEN 1087 ''Ventilatie van gebouwen-Bepalingsmethode voor nieuwbouw'' worden bepaald. In de ISSO-publicaties 61 en 62 wordt het ontwerp van de installatie behandeld.

Wettelijke eisen ventilatie bestaande bouw (BB 2003, Afdeling 3.10)

Aanwezigheid voorziening, capaciteit, hoedanigheid bestaande bouw			
Aanwezigheid ventilatievoorziening in:	**Capaciteit*)** dm³/(s·m²)	**Minimale capaciteit** dm³/s	**Hoedanigheid luchttoevoer en luchtafvoer**
Verblijfsruimte *Bijvoorbeeld woonkamer*	0,7	7	• Toevoer geen eis; • Afvoer geen eis.
Verblijfsruimte met kooktoestel *Bijvoorbeeld keuken*	0,7	21	• Toevoer geen eis; • Afvoer rechtstreek naar buiten.
Toiletruimte	-	7	• Toevoer geen eis; • Afvoer rechtstreek naar buiten.
Badruimte	-	14	• Toevoer geen eis; • Afvoer rechtstreek naar buiten.
**) Per verblijfsruimte oppervlak A_{vr}*			

Voor de minimale spuicapaciteit van een verblijfsruimte geldt:

- Minimale spuicapaciteit verblijfsruimte 3 dm³/(s·m²).

De voorziening voor toevoer van verse lucht en de afvoer van binnenlucht moeten overeenkomstig NEN 8087 ''Ventilatie van gebouwen-Bepalingsmethoden voor bestaande gebouwen'' worden bepaald.

<u>Kwaliteitseisen ventilatie GIW</u>

Onder GIW garantie dienen de volgende vertrekken ook te worden geventileerd:

- Opstellingsruimte voor wasmachine of wasdroger:
  - Kleiner dan 2,5 m² minimaal 25 m³/h;
  - Groter dan 2,5 m² minimaal 50 m³/h.
- Berging minimaal 25 m³/h.

Als de opstellingsruimte voor een wasmachine of wasdroger wordt verwarmd heeft dit ook invloed op het op te stellen vermogen.

Waar mogelijk moeten deze kwaliteitseisen ook voor bestaande woningen bij bijvoorbeeld renovatie worden toegepast.

1.2.5 Thermische comfort

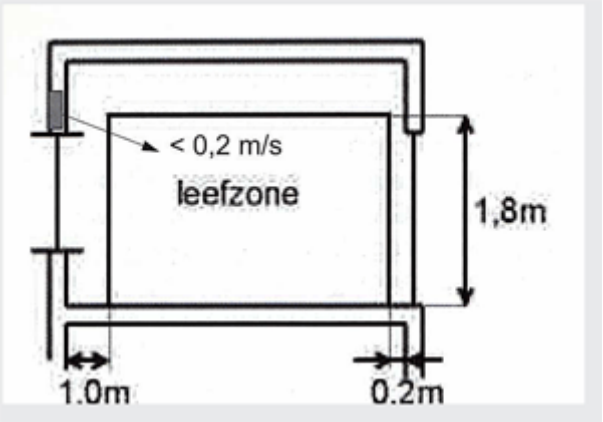
Thermisch comfort is gebaseerd op de theorie van professor Fanger, zie ISSO-publicatie 19 ''Thermisch binnenklimaat''. In dit hoofdstuk wordt deze theorie direct vertaald naar de minimaal benodigde ruimtetemperatuur in bijvoorbeeld de woonkamer en badkamer voor de wintersituatie onder ontwerpcondities.

Zomerperiode

Door de toename van de de isolatiegraad van woningen, veel glas op het zuiden en de interne warmteproductie door apparaten is er de laatste jaren ook aandacht voor te hoge binnentemperaturen in de zomerperiode. In de NEN 5128 worden hoge temperaturen afgestraft door een verhoging van de EPC-waarde. In de GIW-eisen moet een woning worden getoetst op een te hoge binnentemperatuur. Voor bijvoorbeeld een woonkamer mag de binnentemperatuur niet meer dan 300 uren boven de ongeveer 25 °C komen. Is dit wel het geval dan moeten er bouwkundige of installatietechnische maatregelen worden genomen. Bij installatietechnische maatregelen valt te denken aan (passief) koelen met een warmtepomp en/of nachtventilatie.
Koelen in de zomerperiode blijft verder buiten beschouwing in het kleintje cv.
Nachtventilatie is mogelijk met ventilatiesystemen, zie bijlage D.
Het thermisch comfort heeft ook betrekking op de luchtsnelheid in een vertrek. Met betrekking tot ventilatiesystemen wordt hiervoor in het BouwBesluit een maximale eis gesteld.
In onderstaande tekst worden de wettelijke eisen en kwaliteitseisen gegeven.

Wettelijke eisen luchtsnelheid (BB 2003: Afd. 3.10, artikel 3.49)

De maximale luchtsnelheid ten gevolge van verse buitenlucht in de leefzone van een verblijfsgebied of een verblijfsruimte mag niet groter zijn dan 0,2 m/s. In figuur 1.2.1. is de definitie voor de leefzone gegeven.



Figuur 1.2.1. Definitie van een leefzone in een verblijfsruimte of verblijfsgebied. De leefzone heeft alleen betrekking op ventilatiesystemen.

De luchtsnelheid wordt bepaald volgens NEN 1087 ''Ventilatie van gebouwen''. Deze eis geldt voor nieuwbouw.
Het is verstandig ook bij bestaande bouw bij renovatie met deze eis rekening te houden.
Voor de temperatuur in de vertrekken van een woning worden er geen wettelijke eisen gesteld.

Kwaliteitseisen ruimtetemperatuur volgens GIW

Voor verwarmde ruimten waar een of meer verwarmingslichamen zijn opgesteld gelden de volgende minimale temperaturen onder ontwerpcondities.

Minimale ruimtetemperatuur onder ontwerpcondities		
Bouwbesluit	**Verwarmde ruimte**	**Minimale temperatuur**
Verblijfsgebied of verblijfsruimte	Woonkamer	20 °C
	Keuken	20 °C
	Slaapkamer	20 °C
Verkeersruimte	Gang, hal, trap	15 °C
Onbenoemde ruimte	Zolder met open verbinding naar verkeersruimten	15 °C
Toiletruimte	Toilet	15 °C

Badruimte	Badruimte	22 °C

- *Onder ontwerpcondities wordt verstaan buiten -10 °C met een windsnelheid van 5 m/s en geen interne warmteproductie door personen, verlichting en apparaten;*
- *De bovengenoemde temperaturen moeten gelijktijdig gehaald kunnen worden bij gesloten deuren en ramen;*
- *De temperatuur wordt gemeten in het geometrisch midden van de ruimte op een hoogte van 1,5 m;*
- *Onbenoemde ruimte is een ruimte die niet in het BouwBesluit wordt genoemd, zoals bijvoorbeeld een zolder;*
- *Met elkaar verbonden ruimten zonder scheiding van deur en/of wand moeten worden gezien als één ruimte, waarvoor één temperatuur geldt.*
  Dit betekent bijvoorbeeld dat als de hal wordt verwarmd en er een open verbinding is met de zolder dit als één ruimte wordt gezien en de temperatuureis voor de hal ook van toepassing is voor de zolder.

Bestaande bouw
Bovengenoemde minimale temperaturen gelden ook voor bestaande woningen bij renovatie of het installeren van een verwarmingsinstallatie.
Hogere ruimtetemperaturen
Heeft men te maken met bejaardenwoningen of verzorgingstehuisen dan is vaak een hogere temperatuur gewenst. Verblijfgebied of verblijfsruimte 22 °C en badkamer 25 °C. Zie hiervoor ISSO-publicatie 51 ''Warmteverliesberekening''.
Als een hogere temperatuur wordt gekozen voor bijvoorbeeld de woonkamer dan moet in ieder geval bij een regeling met kamerthermostaat ook een verhoging van temperatuur voor de andere verwarmde vertrekken in rekening worden gebracht. Hierdoor blijft het warmteafgiftevermogen door bijvoorbeeld radiatoren in de verschillende vertrekken in de juiste verhouding en gaan de niet geregelde vetrekken niet achterlopen in temperatuur.
Bevriezing
Voor vertrekken waar **bevriezingsgevaar** kan optreden van bijvoorbeeld cv-leidingen, tapwater of anders geldt de volgende minimale temperatuur onder ontwerpcondities.

Minimale temperatuur niet verwarmde ruimten	
Ruimten waar bevriezing kan optreden	5 °C

- Via de warmteverliesberekening volgens ISSO-publicatie 51 moet worden aangetoond dat de temperatuur in de niet verwarmde ruimte niet onder de 5 °C komt;
- Als bevriezingsgevaar is aangetoond dan moet de ruimte zodanig worden verwarmd zodat de temperatuur niet meer onder de 5 °C kan komen. Bij een enkelvoudige leiding kan men ook kiezen voor een verwarmingslint op de leiding;
- Betreft het een ruimte genoemd bij verwarmde ruimten in de voorgaande tabel, bijvoorbeeld de toilet, en stelt men een radiator op, dan is de ruimte een verwarmde ruimte geworden en geldt de temperatuureis voor verwarmde ruimten, zijnde voor het toilet 15°C.

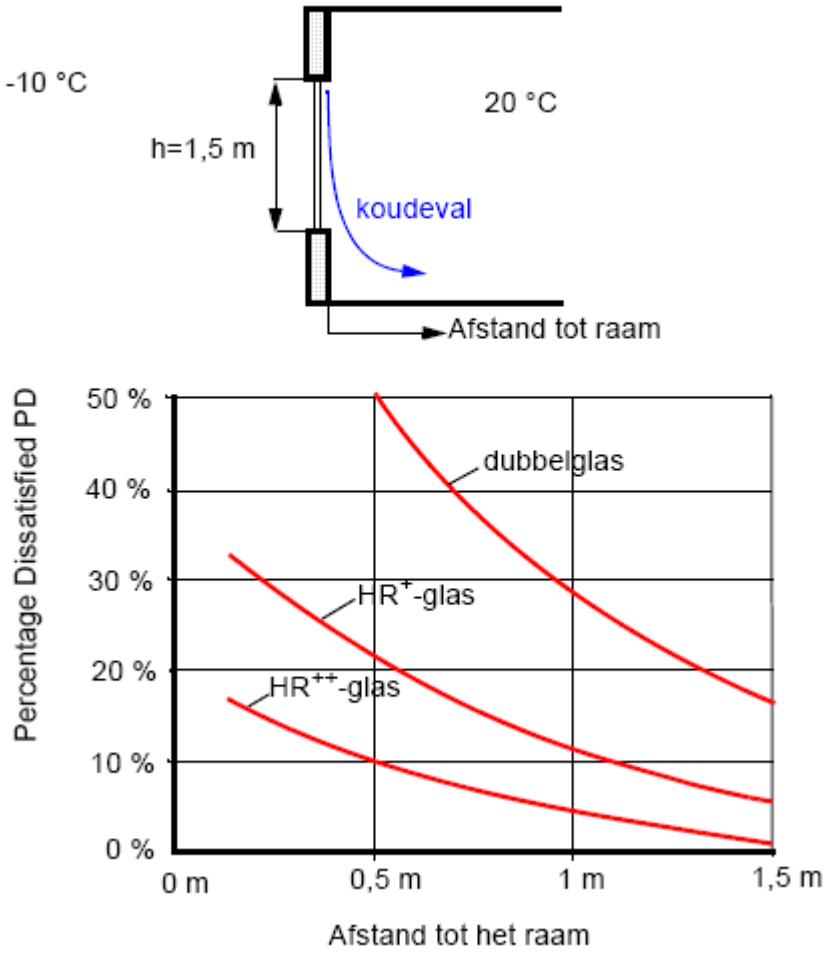
Plaatselijke thermische onbehaagelijkheid
Hierbij moet men denken aan:

- Tocht door koudeval langs bijvoorbeeld een raam;
- Tocht door inblaasrooster in de gevel;
- Te grote verticale temperatuurgradiënt;
- Koud glasvlak (stralingsasymmetrie).

Aan bovenstaande aspecten worden grenswaarden gesteld met betrekking tot het aantal klagenden. Zie hiervoor ISSO-publicatie 50 "Ontwerptechnische kwaliteitseisen voor warmwaterverwarmingsinstallaties".
Tochtklachten kan men oplossen door een radiator te plaatsen onder een raam of inblaasrooster met verse buitenlucht.

Koudeval langs een raam

Soms beslist een opdrachtgever of architect al vroegtijdig waar bijvoorbeeld radiatoren worden opgesteld. Figuur 1.2.2. geeft een indruk van het aantal te verwachten klagenden PD door tocht tengevolge van koudeval als geen radiator/ convector onder een raam is plaatst.



Figuur 1.2.2. Koudeval langs een raam zonder radiator en het aantal klagenden PD.

Gezien de kans op klagenden is het beter het type afgiftesysteem en de plaats samen met de installatieontwerper vast te stellen.

1.2.6 Regeling

Voor de automatische regeling van de temperatuur in de vertrekken worden twee typen regeling onderscheiden:

1. Temperatuurregeling in (meestal) woonkamer met een thermostaat (kamerthermostaat). Onder deze vorm van temperatuurregeling valt ook de stooklijnregeling met de mogelijkheid in de woonkamer de stooklijn aan te passen, waardoor een hogere of lagere waarde van de cv-wateraanvoertemperatuur wordt ingesteld;
2. Onafhankelijke temperatuurregeling in de verwarmde vertrekken met thermostaten.

Met onafhankelijk wordt bedoeld dat de temperatuur op de slaapkamer geregeld kan worden terwijl in de woonkamer geen warmtevraag is. In de woonkamer een kamerthermostaat en in de slaapkamers op de radiatoren thermostatische regelafsluiters is dus geen onafhankelijke regeling

per vertrek. In alle verwarmde vertrekken thermostatische regelafsluiters aanbrengen is wel een regeling per vertrek.
Bovengenoemde twee typen regeling kunnen op verschillende wijzen worden uitgevoerd afhankelijk van de wensen van de opdrachtgever als het gaat om:

- Aan- of uitschakelen op tijd of een;
- Adaptieve regeling.

In de ontwerpfase wordt de regeling verder uitgewerkt met betrekking tot:

- Plaatsing van de regeling;
- Traagheid afgiftesysteem;
- Wel of geen Stooklijn.

Aan de regeling worden geen wettelijke eisen gesteld. De hier genoemde kwaliteitseisen sluiten aan bij de GIW-eisen.
Wettelijke eisen regeling
Geen eisen.
Kwaliteitseisen regeling volgens het GIW

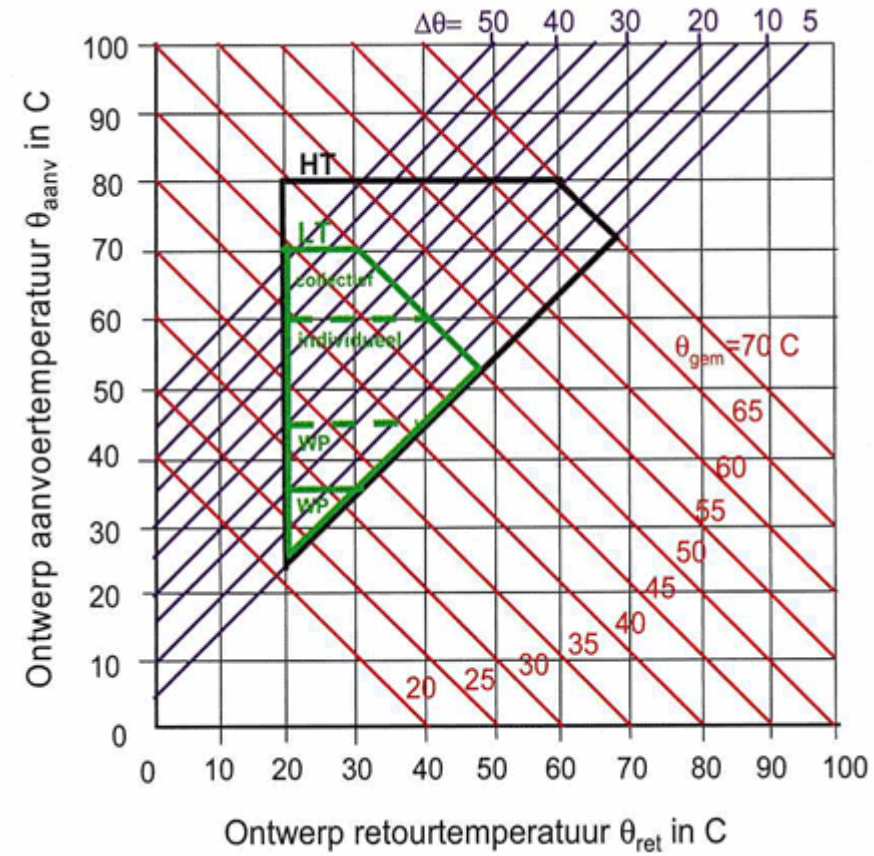
Toepassing type regeling voor de ruimtetemperatuur	
Situatie	**Type regeling**
Woonkamer is representatief als referentievertrek	1. Kamerthermostaat
Woonkamer is niet representatief als referentievertrek bijvoorbeeld: • Veel glas op het zuiden; • Meer afkoeling slaapkamer, badkamer tijdens nachtverlaging.	2. Regeling per vertrek
In de woonkamer vloerverwarming in combinatie met radiatoren/convectoren en in de andere vertrekken radiatoren of convectoren.	2. Regeling per vertrek
Uitsluitend vloer- of wandverwarming is toegepast.	2. Regeling per vertrek

Toelichting niet representatieve woonkamer
Een niet representatieve woonkamer is bijvoorbeeld een woonkamer met veel glas op het zuiden. Een ander voorbeeld is een slaapkamer met veel buitenwanden t.o.v. de woonkamer. Bij regeling met een kamerthermostaat zullen de niet geregelde vertrekken achterlopen in temperatuur omdat de kamerthermostaat in de woonkamer uitschakelt als de andere vertrekken nog niet op temperatuur zijn.

1.2.7 CV-temperaturen

Het betreft hier de aanvoer- en retourwatertemperaturen van het cv-water in de ontwerpsituatie. Wettelijk worden hieraan geen eisen gesteld. Indirect zijn in de NEN 5128 ''Energieprestatie van woningen en woongebouwen'' de cv-watertemperaturen gekoppeld aan het opwekkingsrendement voor verwarmen. Hoe lager de cv-temperaturen, hoe hoger het opwekkingsrendement en daarmee hoe lager de EPC-waarde. De koppeling van de cv-watertemperaturen aan de opwekkingsrendementen geschiedt door middel van de labels Laag Temperatuur Verwarming (LTV) en Hoog Temperatuur Verwarming (HTV). Onder wettelijke eisen wordt dit verder uitgewerkt.
De definitie voor LTV en HTV is in de nieuwe NEN 5128 van 2004 aanzienlijk gewijzigd t.o.v. de oude definitie. In de oude definitie werd gesproken van HTV als de aanvoertemperatuur van het cv-

water hoger was dan 55 °C en gesproken van LTV als de aanvoertemperatuur gelijk was aan of lager dan 55 °C. Met de nieuwe definitie voor LTV en HTV in de NEN 5128 is het communiceren over LTV of HTV een stuk ingewikkelder geworden.
Op basis van figuur 1.2.3 heeft het GIW besloten te spreken over LTV als de gemiddelde cv-water temperatuur onder ontwerpcondities gelijk is aan of lager dan 50 °C. Kijken we naar de rode lijn met 50 °C in figuur 1.2.3, dan zien we dat met deze vereenvoudigde definitie alle LTV systemen gedekt zijn.
Onder kwaliteitseisen worden maximale en minimale waarden gegeven voor het cv-water. Hierbij wordt aangesloten op de GIW-eisen.
<u>Wettelijke eisen cv-temperaturen</u>
Er is hier niet direct sprake van wettelijke eisen voor de cvwatertemperaturen. In de NEN 5128 ''Energieprestatie van woningen en woongebouwen'' wordt het begrip LTV en HTV gekoppeld aan de cv-watertemperaturen en typen verwarmingsinstallaties. In figuur 1.2.3. is dit door middel van een grafiek weergegeven.



Figuur 1.2.3. De definitie voor LTV en HTV volgens de NEN 5128 ''Energieprestatie van woningen en woongebouwen'', 2004.
De blauwe lijnen zijn lijnen met een constant temperatuurverschil. De rode lijnen zijn lijnen met een constante (rekenkundige) gemiddelde temperatuur tussen aanvoer en retour. in de figuur zijn de volgende gebieden te onderscheiden.

- Hoog Temperatuur Verwarming zit ingesloten tussen de zwarte lijn met HT en de groene lijn met LT;
- Laag Temperatuur Verwarming voor collectieve installaties zit ingesloten door de buitenste groene lijnen. Dit zijn bijvoorbeeld centrale ketelinstallaties voor een appartementengebouw. Hierbij valt op dat de maximale temperatuur 70 °C mag zijn, waarbij dan nog steeds het label LTV van toepassing is;
- Laag Temperatuur Verwarming voor individuele installaties zit ingesloten tussen het groene figuur met een maximale temperatuur van 60 °C. Een individuele ketel met een maximale

temperatuur van 60 °C is dus binnen de definitie van NEN 5128 een Laag Temperatuur Verwarmingssysteem.

De kleinere groene figuren betreffen LTV-voor warmtepompen die hier buiten beschouwing blijven. Voorbeeld Individuele installatie:

- Een HR 107 ketel met cv ontwerptemperaturen voor aanvoer en retour van 80 en 60 °C is binnen de NEN 5128 **HTV** en heeft een gemiddeld rendement van 0,95;
- Een HR 107 ketel met cv ontwerptemperaturen voor aanvoer en retour van 60 en 40 °C is binnen de NEN 5128 **LTV** en heeft een gemiddeld rendement van 0,975.

De in de NEN 5128 genoemde cv-temperaturen hebben dus in principe alleen betrekking op berekening van de EPC-waarde. Hierbij is de relatie hoge rendementen en lage cvtemperaturen een goede leidraad bij het ontwerp.

Kwaliteitseisen cv-temperaturen volgens het GIW

Ontwerpaanvoertemperatuur

1. De maximale ontwerp aanvoertemperatuur van het cv-water voor **radiator- en convectorverwarming** is gelijk aan 80 °C;
2. De maximale ontwerp aanvoertemperatuur van het cv-water voor **vloer- of wandverwarming** is gelijk aan 40 °C.

Toelichting eisen 1 en 2

- Eis 1: Deze maximale temperatuur is afgestemd op de rendementscijfers voor ketels in de NEN 5128;
- Eis 1: Als stadsverwarming bijvoorbeeld uitgaat van 90 °C, dan moet onder GIW-garantie het afgiftesysteem gedimensioneerd worden met een aanvoertemperatuur van maximaal 80 °C;
- Eis 2: In de NEN 2741 ''In het werk vervaardigde vloeren, Kwaliteit en uitvoering van cementgebonden dekvloeren'' staat dat een maximale temperatuur van het cv-water van meer dan 40 °C moet worden voorkomen.

Toelichting afstemmen temperaturen op afgifte en opwekker

Het afstemmen van de vermogens, temperaturen en volumestromen tussen het afgiftesysteem en de opwekking dient te geschieden voor zowel vollast als deellast. Dit is ook een GIW-eis. Dit betekent dat bij de cv-temperaturen niet alleen gekeken moet worden naar het afgiftesysteem maar ook naar de opwekker. Dat de opwekker de gekozen ontwerpaanvoertemperatuur moet kunnen leveren is een voor de hand liggende eis. Maar ook moet gekeken worden of de opwekker uit de voeten kan met het temperatuurverschil en de retourtemperatuur zowel voor vollast als deellastsituaties. De meeste ketels hebben bijvoorbeeld een interne beveiliging voor een te groot temperatuurverschil over de warmtewisselaar. Het maximale toegelaten temperatuurverschil bedraagt ongeveer 22 K. Wordt het temperatuur verschil groter dan ziet de beveiliging van de ketel dit als dat er te weinig water door de warmtewisselaar stroomt.
De beveiliging reageert door het brandervermogen terug te moduleren of uit te zetten. Het resultaat is dat de ketel onvoldoende vermogen levert en het daardoor langer duurt voordat de verwarmde vertrekken op de gewenste temperatuur komen. Het onderdeel van afstemmen, ook wel systeemintegratie genoemd, dient door de installatieontwerper in de ontwerpfase te worden gerealiseerd.

1.2.8 Energievoorziening gas of warmte

Wettelijke eisen (BB 2003, afdeling 2.9, artikel 2.69)

Een woning of woongebouw heeft een voorziening voor gas, tenzij de woning of het woongebouw wordt aangesloten op een gemeenschappelijke of publieke voorziening voor verwarmen. In het kleintje cv dus warmtelevering (stadsverwarming).

Bestaande bouw

Is er in een bestaande woning een voorziening voor gas aanwezig dan moet deze aangesloten kunnen worden op het distributienet van gas.

1.2.9 Aansluitvoorwaarden voor gas of warmte

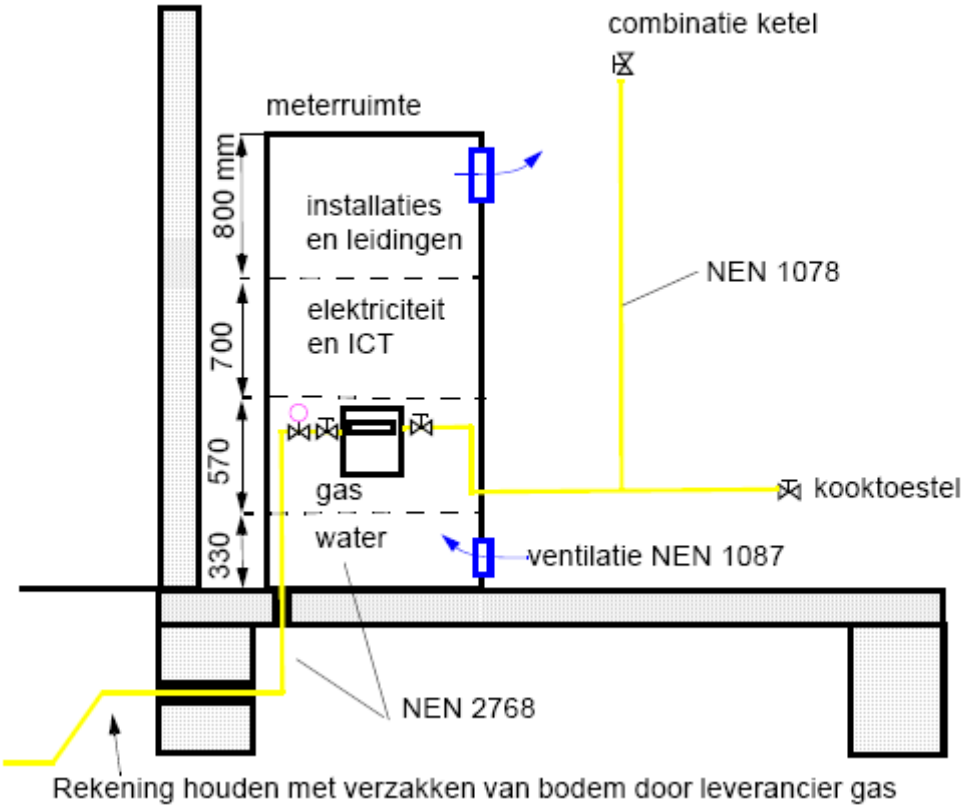
De nutsbedrijven leveren informatie omtrent de technische voorwaarden, garanties en tarieven. De technische voorwaarden worden behandeld in hoofdstuk 2.5 van de ontwerpfase.

1.2.10 Meterruimte (wettelijke eisen)

In een nieuwbouwwoning waarin zich een voorziening voor **elektriciteit, gas, drinkwater of verwarmen** bevindt moet een meterruimte zijn geplaatst waarin de centrale schakeling-, verdeel- en meetapparatuur voor die voorziening kan worden geplaatst.
De plaats van de meterruimte in een woning wordt bijna altijd door de opdrachtgever en architect vastgesteld. Hierbij zijn **wettelijke eisen** van toepassing met betrekking tot:

a. Afmetingen meterruimte;
b. Plaats meterruimte;
c. Gasaansluiting in de woning of warmtelevering;
d. Ventilatie meterruimte met gasvoorziening of warmtelevering.

Met behulp van figuur 1.2.4 worden deze wettelijke eisen toegelicht, waarbij wordt ingezoomd op een gasvoorziening.



Figuur 1.2.4. Meterruimte volgens de NEN 2768 in een nieuwbouwwoning met de minimale aansluitpunten voor gastoestellen in de woning.

a. Afmetingen meterruimte

Een meterruimte moet voor wat betreft:

- Afmetingen;
- Indeling;
- leidingdoorvoeringen.

Voldoen aan de NEN 2768 ''Meterruimten en bijbehorende voorzieningen in een woonfunctie'', 2005.
De minimale inwendige afmetingen volgens NEN 2768 voor laagbouw zijn:

- Inwendige hoogte 2400 mm;
- Inwendige breedte 750 mm;
- Inwendige diepte 310 mm voor gas en 350 mm voor stadsverwarming.

b. Plaats meterruimte

- Een meterruimte is niet rechtstreeks toegankelijk vanuit een:
    - Verblijfsgebied;
    - Toiletruimte;
    - Badruimte.
- De loopafstand van een buitendeur tot meterruimte is ten hoogste 3 meter.

c. Gasaansluiting of warmtelevering in een woning

- Een voorziening voor gas heeft in de meterruimte een aansluitmogelijkheid voor aansluiting op het publieke distributienet voor gas. De eisen voor de aansluiting vanuit de meterkast, via de bodemplaat en doorvoeringen naar de publieke netten (gas, water e.d.) is omschreven in de NEN 2768. De energiebedrijven hebben hiervoor werkbladen ontwikkeld waarin is aangegeven hoe zij materiaalkeuze en montage wensen;
- Een voorziening voor gas in de woning heeft een aansluitpunt bij:
    - Opstelplaats kooktoestel;
    - Opstelplaats stooktoestel (ketel);
    - Opstelplaats warmwatertoestel.

Deze plaatsen worden meestal door de opdrachtgever en architect vastgesteld.

- Een voorziening voor gas met een nominale leveringsdruk tot 100 mbar voldoet aan de NEN 1078 ''Eisen en bepalingsmethoden voor huishoudelijke gasleiding-installaties''.
  De eis geldt ook voor voor **bestaande bouw** bij renovatie.
- Bij warmtelevering wordt de warmteleveringsset in de meterkast gemonteerd op de plaats waar de gasmeter zit, zie figuur 1.2.4. Leveringsset met primaire en secundaire aansluitleidingen goed isoleren in verband met hoge temperaturen in de meterkast en daarmee hogere temperaturen voor koud tapwater.

d. Ventilatie meterruimte met gasvoorziening

- Een meterruimte voor een voorziening voor gas heeft een voorziening voor luchtverversing, bestaande uit een component voor toevoer van verse lucht en een compoment voor afvoer van binnenlucht;
- Een voorziening voor luchtverversing van een meterrruimte voor een voorziening voor gas heeft een volgens NEN 1087 ''Ventilatie van gebouwen-bepalingsmethoden voor nieuwbouw'' bepaalde capaciteit van tenminste 2 dm^3/s per m^3 netto inhoud van de meterruimte, met een minimum van 2 dm^3/s. Dit komt ongeveer overeen met een opening voor de in- en de uitlaat van 200 cm^2;
- Ook bij warmtelevering de meterkast ventileren in veband met de temperatuur in de meterkast ten behoeve van het koude tapwater, waarvan de temperatuur lager moet blijven dan 25 °C (is wettelijke eis).

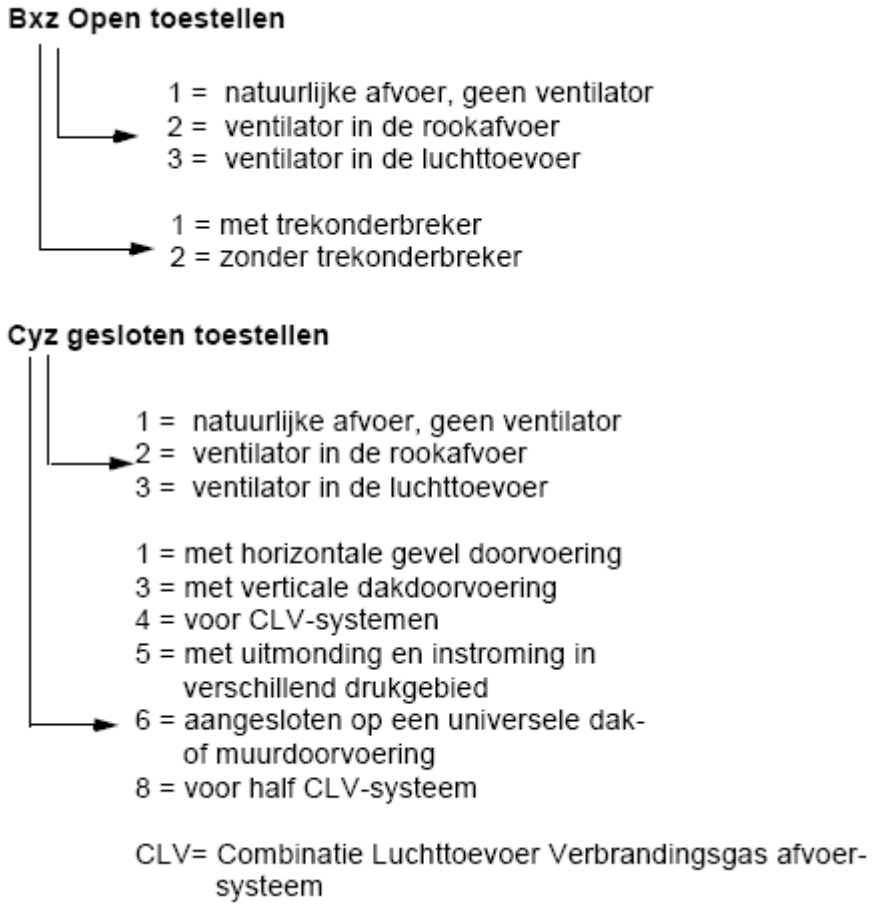
1.2.11 Opstellingsruimte ketel

Alle nieuwbouwwoningen hebben een opstellingsruimte voor een stooktoestel (ketel). Een opstellingsruimte is niet nodig als de woningen zijn aangesloten op een collectieve installatie zoals stadsverwarming.
In het BouwBesluit wordt onderscheid gemaakt tussen opstellingsruimten tot en met 130 kW en stookruimten als de belasting groter is dan 130 kW, gebaseerd op bovenste verbrandingswaarde.

Bij de eisen voor de opstellingsruimten wordt onderscheid gemaakt in **open en gesloten toestellen**. In een gesloten toestel (ketel) is de verbrandingsruimte gesloten uitgevoerd. De verbrandingslucht wordt via een kanaal van buiten aangevoerd en de verbrandingsgassen worden via een ander kanaal naar buiten afgevoerd.
Gastoestellen met CE markering zijn, op basis van de wijze waarop het verbrandingsgas wordt afgevoerd, voorzien van:

- Een A voor afvoerloze toestellen (kooktoestel);
- Een B voor afvoergebonden toestellen;
- Een C voor gesloten toestellen.

Tevens worden bij B en C toestellen twee cijfers toegevoegd voor een nadere typering, zie figuur 1.2.5.



figuur 1.2.5. Karakterisering met twee cijfers door fabrikanten voor afvoergebonden toestellen B en gesloten toestellen C met betrekking tot de rookgassenafvoer.

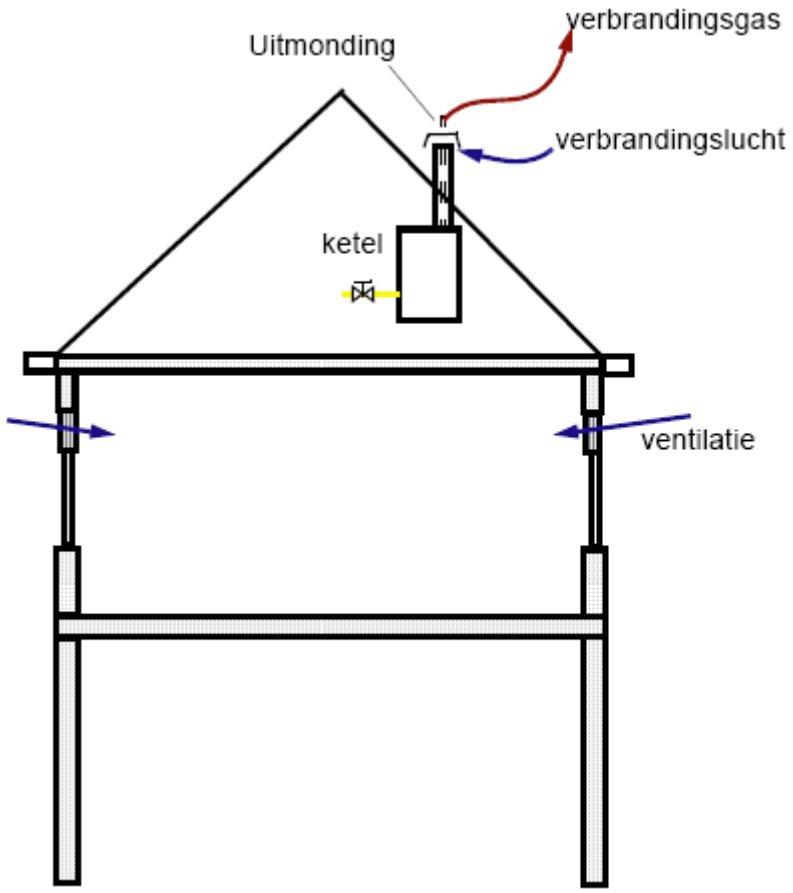
Voorbeelden

- Type C43 toestel is een gesloten toestel met een gecombineerde luchttoevoer en afvoer van verbrandingsgassen, bijvoorbeeld twee concentrische kanalen. De ventilator zit in de luchtafvoer, dus zuigen in de aanvoer en persen in de afvoer;
- Type B11 is een open toestel verbonden aan een afvoerkanaal met trekonderbreker, zoals dat in de bestaande bouw voorkomt.

Voor nieuwbouw wordt er in het kleintje cv vanuit gegaan dat alleen nog gesloten toestellen C worden toegepast.
De plaats van de opstellingsruimte in een woning wordt bijna altijd door de opdrachtgever en architect vastgesteld. Hierbij zijn **wettelijke eisen** van toepassing met betrekking tot:

a. Explosiegevaar;
b. Plaats in de woning;
c. Afmetingen van een opstellingsruimte.

Met behulp van figuur 1.2.6 worden deze eisen toegelicht, waarbij wordt ingezoomd op een gasvoorziening.



Figuur 1.2.6. Opstellingsruimte gesloten ketel (type C) bijvoorbeeld op zolder.

a. Explosiegevaar

Een opstellingsruimte met een gastoestel moet bouwkundig zo zijn ontworpen en uitgevoerd, dat bij verhoopte explosie in die ruimte de hoofddraagconstructie van een woning of woongebouw het niet begeeft.

Een opdrachtgever en architect roept hierbij de hulp in van een bouwkundig constructeur. Een zolder voldoet meestal aan deze wettelijke eis. Bij het opstellen van een ketel in een kelder lijkt het erop dat niet aan deze eis kan worden voldaan.

Deze eis geldt ook voor andere ruimten waar gasgestookte toestellen zoals een kooktoestel staan opgesteld. Als bijvoorbeeld tijdens de bouw een andere plaats voor een gastoestel wordt aangewezen, dan dient door de bouwkundig constructeur te worden nagegaan of aan bovenstaande wettelijke eis wordt voldaan.

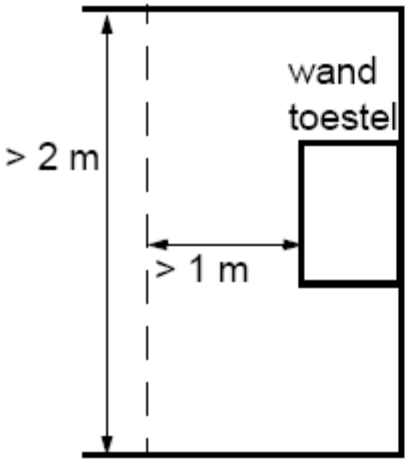
b. Plaats in de woning

Voor een opstellingsruimte in een woning gelden verder de volgende beperkingen:

- Een opstelplaats(ruimte) voor een open verbrandingstoesteltoestel (type B) ligt niet in een:
  - Toiletruimte;
  - Badruimte;
  - Garage (geldt niet voor bestaande bouw).

c. Afmetingen van een opstellingsruimte

In het BouwBesluit wordt gesteld dat de afmetingen van een opstellingsruimte moet zijn afgestemd op het te plaatsen stooktoestel (ketel) en warmwatertoestel (bijvoorbeeld geiser). Dit houdt in dat er rekening gehouden moet worden met de aanwijzingen van de fabrikant/leverancier van het stooktoestel of warmwatertoestel en de benodigde ruimte voor het installatiewerk, inclusief het transport van de bouwplaats naar de opstellingsruimte. Meestal zijn deze gegevens nog niet bekend in de programmafase. In de NEN 3028 ''Eisen voor verbrandingsinstallaties'',2004 worden aanbevelingen gedaan voor de afmetingen van de opstellingsruimte. De meeste fabrikanten/leveranciers verwijzen ook naar de NEN 3028 bij de installatie van hun toestel. In het kleintje cv zijn in figuur 1.2.7 de afmetingen uit de NEN 3028 overgenomen.



- Hoogte minimaal 2 m aan bedieningszijde;
- Loopstrook aan bedieningszijde minimaal 1 m
- Overige zijden of weerszijden bij wandtoestel minimaal 0,1 m

Figuur 1.2.7. Minimale afmetingen opstellingsruimte ketel.

1.2.12 Verbrandingsluchttoevoer

Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen toestellen met gesloten verbrandingskamer (type C) en toestellen met een open verbrandingskamer (Type B). Bij type B toestellen moeten bouwkundige openingen worden aangebracht voor de toevoer van verbrandingslucht.

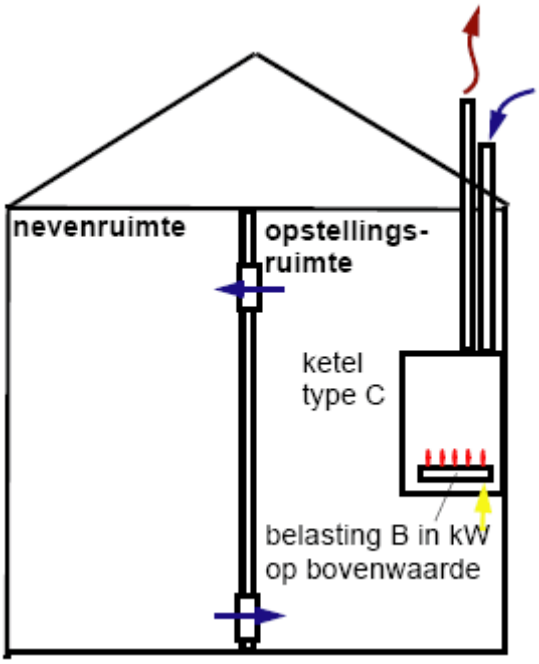
Type C toestellen (gesloten toestellen nieuwbouw)

Wettelijke eisen

De volgens de fabrikant/leverancier benodigde hoeveelheid verbrandingslucht wordt geleverd via een toevoerkanaal dat direct op de ketel is aangesloten. In het BouwBesluit worden wel eisen gesteld aan het minimale oppervlak van de inlaat voor verbrandingslucht en de uitlaat voor rookgassen.

Kwaliteitseis

Om de temperatuur in de opstellingsruimte niet te hoog te laten oplopen en om eventuele kleine lekkages van gas weg te ventileren is een ventilatievoorziening nodig. Als de fabrikant/ leverancier niets anders voorschrijft kan de ventilatieeis uit figuur 1.2.8. worden overgenomen.



Figuur 1.2.8. Voorwaarden ventilatievoorziening opstellingsruimte met gesloten toestel en afmetingen ventilatievoorziening ten behoeve van temperatuur in de opstellingsruimte.

Type B toestellen (open toestellen bestaande bouw)

<u>Wettelijke eisen</u>

<u>Verbrandingsluchttoevoer</u>

- Rechtstreeks van buiten via een opening in de gevel of via een luchttoevoer via het dak;
- Via andere vertrekken.

Toevoer rechtstreeks van buiten heeft de voorkeur. Voorwaarde hierbij is dat de deur van de opstellingsruimte wordt voorzien van kierdichting en een deurdranger.
Plaats het toestel niet pal naast of voor een toevoeropening voor verbrandingslucht in de buitengevel met de kans op bevriezing of verstoring van het verbrandingsproces.

Plaats toevoer verbrandingslucht in de gevel of het dak.

- De toevoeropening voor verbrandingslucht moet in de gevel minstens 2 m van de perceelgrens liggen;
- De toevoeropening voor verbrandingslucht in de gevel mag niet afsluitbaar zijn. Dus in de gevel minimaal 0,3 m boven het maaiveld.

Minimale hoeveelheid verbrandingslucht

In de onderstaande tabel zijn de minimale volumestromen verbrandingslucht volgens het Bouwbesluit gegeven voor gasgestookte toestellen. In de laatste kolom is de opening gegeven in cm² berekend volgens NEN 1087, uitgaande van 1Pa drukverlies en een luchtsnelheid door de opening van circa 0,8 m/s. De benodigde hoeveelheid lucht is niet alleen afhankelijk van de belasting, maar ook van de benodigde luchtovermaat van het toestel. Hiermee is in de rechterkolom rekening gehouden.

Wettelijke eisen minimale volumestroom verbrandingslucht		
Type B toestel en constructie Bxy z=1; natuurlijke afvoer, geen ventilator z=2; ventilator in	Minimale volumestroom verbrandingslucht in. m³/s	Doorlaat via buitengevel zonder rooster bepaald volgens NEN 1087 in. cm²

rookafvoer z=3; ventilator in luchttoevoer x=1; met trekonderbreker x=2; zonder trekonderbreker		
B11: Zonder ventilator	$0,78*10^{-}3*B$	5*B
B11: Blokkenvuur toestel type 1		
B22: Ventilator in rookafvoer	$0,38*10^{-3}*B$	3*B
B23: Ventilator in luchttoevoer		
B21: Blokkenvuur toestel type 2	$3,35*10^{-3}*B$	15*B
B = Belasting op bovenwaarde gas in kW. Blokkenvuur is bijvoorbeeld op gas gestookte openhaard.		

Voorbeeld
Er is gekozen voor een ketel type B23 met een belasting B=24 kW.
De minimale hoeveelheid verbrandingslucht is gelijk aan: $0,38*10^{-3}*24= 0,00912$ m^3/s (= 33 m^3/h) De minimale doorlaat in de buitengevel (zonder rooster) is gelijk aan: 3*24=72 cm^2 (bijvoorbeeld h*b= 6 cm*12 cm) Met rooster wordt de minimale doorlaat groter. De fabrikant/ leverancier levert hiervoor de benodigde informatie.
De opening voor verbrandingslucht via binnenwanden is ongeveer 2 keer zo groot.

1.2.13 Rookgassen afvoer

De functionele eisen voor de rookgasafvoersystemen staan in het BouwBesluit, hoofdstuk 3 ''Gezondheid'', afdeling 14 ''Afvoer van rook''. De artikelen verwijzen voor de bepalingsmethoden naar de NEN 2757 ''Toevoer van verbrandingslucht en afvoer van rook van verbrandingstoestellenbepalingsmethoden''. Het BouwBesluit stelt **wettelijke** eisen aan:

a. Capaciteit;
b. Brandwerendheid;
c. Goede werking;
d. Rookdichtheid.

Voor de programmafase zijn van belang:

c. Goede werking (plaats rookuitmonding);
d. Rookdichtheid (verdunningsfactor).

De goede werking heeft onder andere te maken met de plaats van de rookuitmonding en is vooral kritisch bij B11 toestellen zonder ventilator, toegepast in de bestaande bouw.
De rookdichtheid heeft te maken met bijvoorbeeld de afstand tussen een rookuitmonding en een inlaat voor ventilatie.
Hiervoor geldt in het BouwBesluit een maximale eis voor de zogenoemde verdunningsfactor f.
De prestatie eisen in het BouwBesluit beperken zich tot het betreffende perceel. Het is echter verstandig om bij het plaatsen van een rookgasuitmonding rekening te houden met de situatie buiten de perceelgrens als het gaat om visuele hinder en hinder van rookgassen.

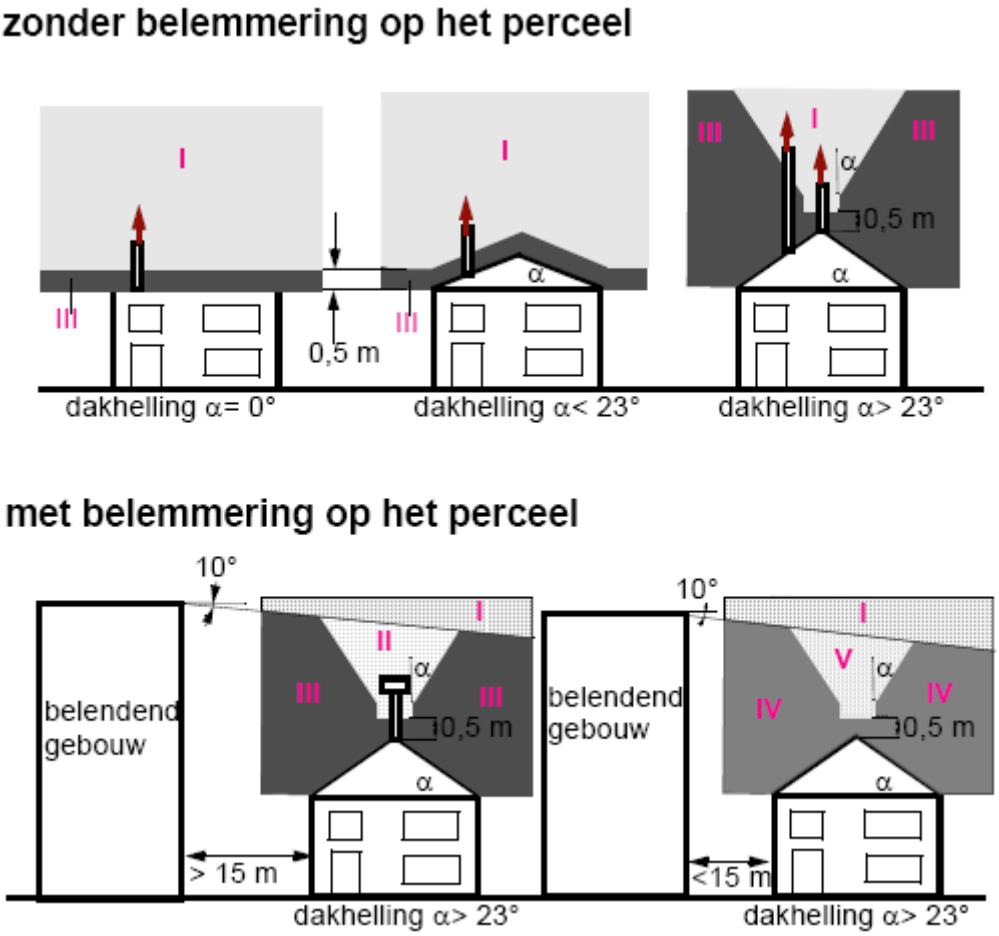
De meest simpele en effectieve regel om aan de wettelijke eisen te voldoen met zo min mogelijk kans op hinder of klachten is de uitmonding voor rook hoog ergens midden op het dak te plaatsen.

c. Goede werking (plaats rookuitmonding)

Type B toestellen met open verbrandingskamer

<u>1. Rookuitmondingen boven het dak</u>

Om de plaats van de rookgasuitmonding te kunnen aangeven zijn in totaal 5 uitmondingsgebieden gedefinieerd. Deze uitmondingsgebieden zijn aangegeven met de Romeinse cijfers I tot en met V, zie figuur 1.2.9.



Figuur 1.2.9. Definitie van uitmondingsgebieden rookgassen voor B toestellen op basis van de NEN 2757.

De precieze afmetingen van de uitmondingsgebieden zijn gegeven in de NEN 2757 of het kleintje gas van ISSO.

In onderstaanstaande tabel zijn de toegelaten uitmondingsgebieden voor de B toestellen gegeven.

Uitmondingsgebieden voor B-toestellen met open verbrandingskamer.

Uitmondingsgebied	**Type B-toestel**	**Overdruk bij de uitmonding Pa**	
		Kust	**Binnenland**
I	• Alle B-toestellen.	0	0
II	• Alle B-toestellen; • B11 toestellen met kap.	0	0

III	• Alle B-toestellen, mits voldoende overdruk; • B11 toestellen niet.	40	25
IV	• Alle B-toestellen, mits voldoende overdruk; • B11 toestellen niet.	60	37
V	• Alle B-toestellen, mits voldoende overdruk; • B11 toestellen niet.	20	12
B11-toestellen zijn toestellen zonder ventilator en met trekonderbreker.			
De minimale overdruk bij de uitmonding heeft betrekking op de capaciteit (volumestroom) van de rookgassen. Capaciteit is ook een onderdeel van de NEN 2757. Hiervoor fabrikant/leverancier raadplegen.			

Ter bevordering van de goede werking dakdoorvoering op een afstand van minimaal 1m van de dakrand plaatsen.

2. Rookuitmonding in de gevel

Alle B toestellen, behalve B11 toestellen zonder ventilator, mogen in de gevel uitmonden.
Ter bevordering van de goede werking een geveldoorvoer op een afstand van minimaal 1 m vanaf een rand plaatsen.
De wettelijke eisen met betrekking tot de perceelgrens zijn gelijk aan C-toestellen.

Type C toestellen met gesloten verbrandingskamer

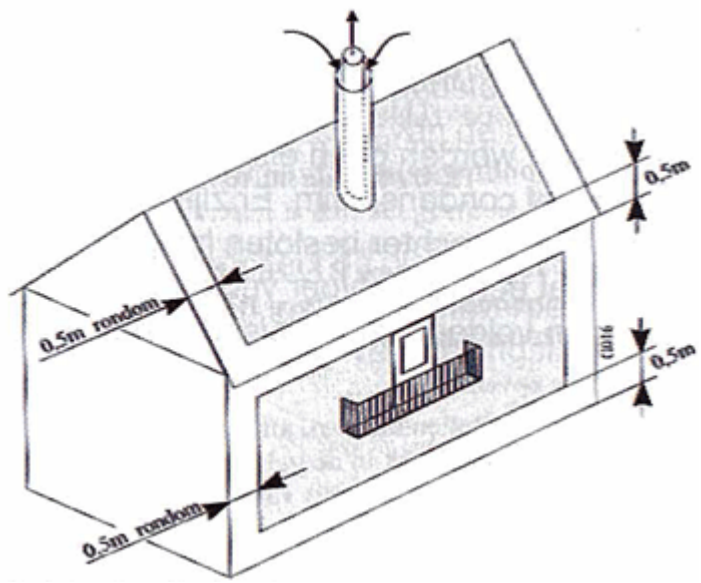
In principe is bij type C toestellen elke uitmondingsplaats in dak of gevel denkbaar. In eerste instantie dienen dan de aanwijzingen van de fabrikant/leverancier te worden gevolgd. Met de door de fabrikant/leverancier toegevoegde nummers is soms al aangegeven of de rookuitmonding in het dak of de gevel moet worden aangebracht.

Uitmonding in het dakvlak (aangegeven door fabrikant)

C3 = Met verticale dakdoorvoer.
C5 = Met uitmonding en instroming in verschillende drukgebieden.
C6 = Aangesloten op universele dak- of muurdoorvoering.

Uitmondingen in de gevel (aangegeven door fabrikant)

C1 = Met horizontale geveldoorvoering.
C5 = Met uitmonding en instroming in verschillende drukgebieden.
C6 = Aangesloten op universele dak- of muurdoorvoering.
Als de fabrikant/leverancier hier niets over vermeldt is het met het oog op een goede werking van de uitmonding raadzaam een uitmonding voor rook of een verbrandingsluchttoevoer ten minste 0,5 m vanaf een scherpe begrenzing te plaatsten, zie figuur 1.2.10.

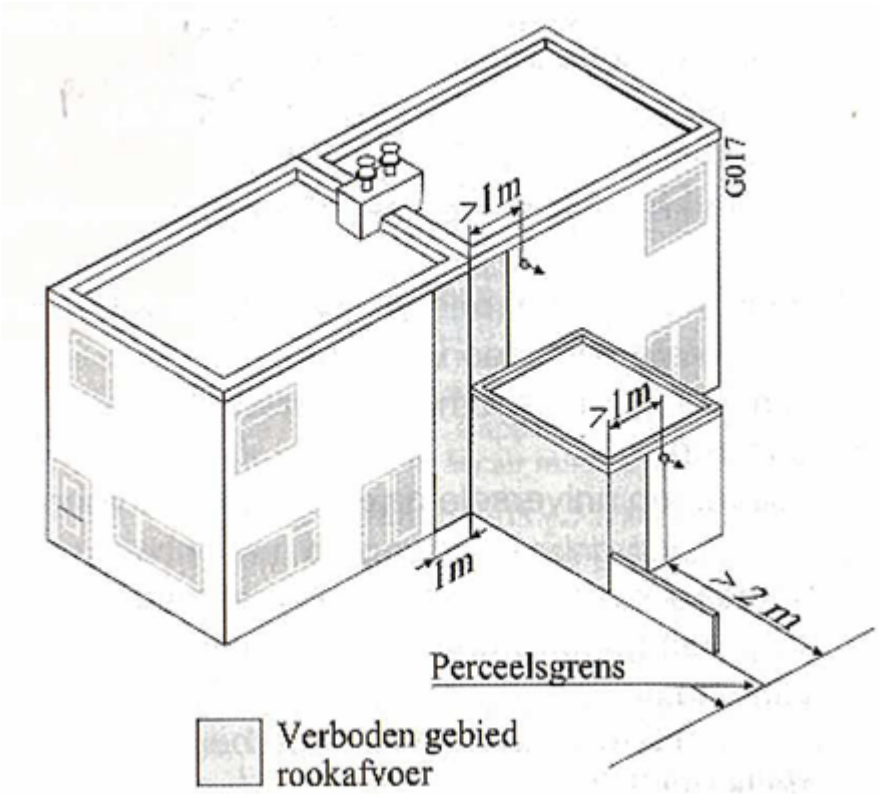


Figuur 1.2.10. Kwaliteitseis voor de minimale afstand rookuitmonding en luchttoevoer type C toestel tot een rand.

Wettelijke eisen m.b.t. afstand tot perceelgrens

Voor de afstanden tussen een rookuitmonding **in een gevel** en een perceel-grens eist het Bouwbesluit het volgende:

- Minimaal 2 m vanaf een perceel grenzend aan de openbare weg of tot het hart van de openbare weg of groen als het perceel daaraan grenst;
- minimaal 1 m vanaf een perceel grenzend aan een ander perceel (buren), zie figuur 1.2.11.



Figuur 1.2.11. Wettelijke eisen met betrekking tot afstand rookuitmonding en perceelgrens voor B of C toestellen.

In het Bouwbesluit worden geen eisen gesteld aan een hinderlijke rook- of condenspluim. Er zijn echter situaties geweest waarbij een rechter besloten heeft op basis van visuele hinder dat een rookafvoer verplaatst moest worden ondanks dat men voldeet aan de eisen in het BouwBesluit.

d. Rookdichtheid (verdunningsfactor)

Om ervoor te zorgen dat een luchtinlaat voor ventilatie niet te veel verontreinigd wordt met de rookgassenafvoer of een ventilatie uitlaat is in het BouwBesluit een eis gesteld aan de zogenoemde verdunningsfactor f. Voor rookgassen van gasgestookte ketels mag deze verdunningsfactor niet groter zijn dan 0,01. De verdunningsfactor wordt berekend met een formule gegeven in de NEN 2757 en luidt:

$$f = \frac{\sqrt{B}}{C_1 \cdot L + C_2 \cdot \Delta H}$$

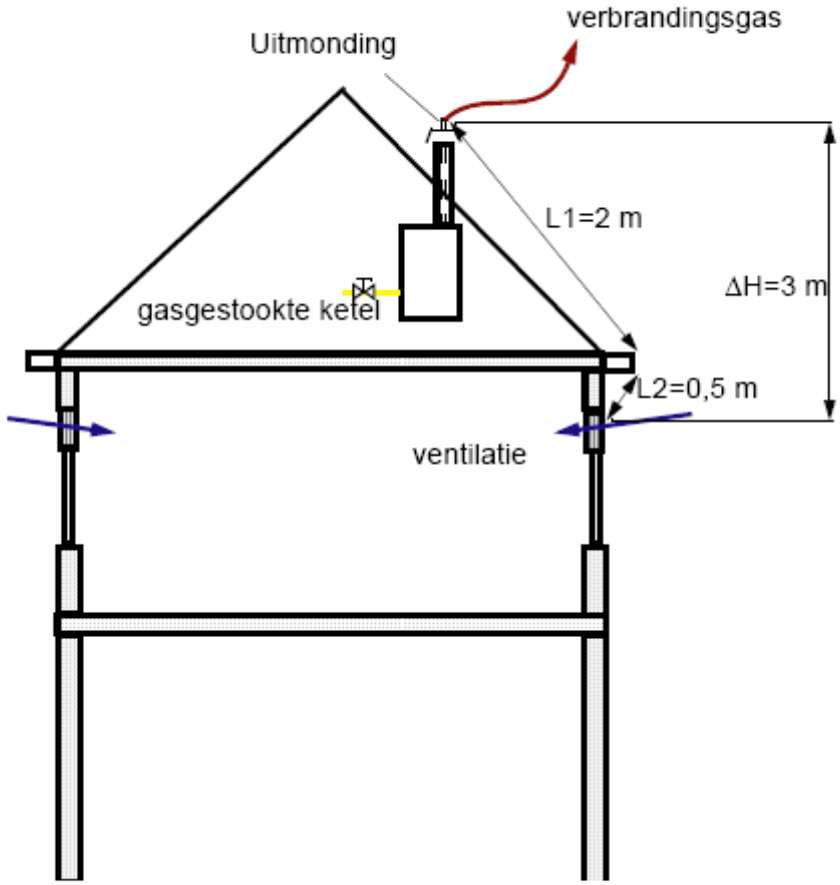
In deze formule is:

f	=	Verdunningsfactor;	-
B	=	Belasting op bovenwaarde in kW. Voor warmwatertoestellen met een vermogen kleiner dan 40 kW mag de helft van de belasting gekozen worden;	kW
L	=	Kortste afstand tussen de rookgasuitmonding en de inlaat voor ventilatie;	m
ΔH	=	Het hoogteverschil tussen uitmonding voor rookgassen en de ventilatietoevoer. Deze waarde is negatief als de uitmonding voor rookgassen lager ligt dan de toevoer voor ventilatie	m
C1 en C2	=	Waarden gegeven in de NEN 2757 die afhankelijk zijn van de brandstofsoort en de onderlinge positie van de rookgassenuitlaat en de ventilatietoevoer.	-

Het kan zijn dat de architect de plaats van de rookgasafvoer heeft bepaald. Van een installatieontwerper mag worden verwacht dat hij minimaal de verdunningsfactor controleert.

Voorbeeld

Van een rookgasafvoer op het dak en een ventilatietoevoer in de gevel voor een slaapkamer moet berekend worden of de verdunningsfactor kleiner is dan 0,01. In figuur 2.12 is de situatie gegeven.



Figuur 1.2.12. Berekening van de verdunningsfactor voor de gegeven situatie.
Uit de figuur volgt:

- Gasgestookte ketel met een belasting van 24 kW;
- De kortste afstand tussen de roogassenuitmonding en de inlaat voor ventilatie is L=2+0,5= 2,5 m;
- Het hoogteverschil: ΔH= 3 m;
- Uit de figuur in de NEN 2757 volgt situatie 1 met C1=163 en C2=325.

$$f = \frac{\sqrt{12}}{163 \cdot 2{,}5 + 325 \cdot 3} = 0.002$$

0,002 is kleiner dan 0,01. Er wordt dus (ruimschoots) voldaan aan de wettelijke eis voor de betreffende ventilatieluchttoevoer (rookgasafvoer op dak plaatsen).
Men kan ook uitgaan van een verdunningsfactor van 0,01 en dan de toegelaten waarde voor L berekenen. Zie hiervoor het kleintje GAVO van ISSO.
Ook bij de verdunningsfactor geldt: houdt rekening met wat er zich buiten de perceelgrens afspeelt. Bijvoorbeeld de luchtinlaat van de buren, zie figuur 2.13

Figuur 2.13. Rookgassenuitmondingen zitten vlak naast luchtinlaat (foto woningborg).

Figuur 2.13a. De kanalen binnen van figuur 2.13.

1.2.14 Geluid

Geluidseisen spelen bij ketels meestal geen kritische rol. Bij mechanische ventilatie wel. De wettelijke eis is dat de installatie van de buren niet meer dan 30 dB(A) gewogen geluidsdruk mag produceren in het verblijfsgebied van een woning.
Het GIW eist daar bovenop dat de installaties in een woning niet meer dan 30 dB(A) geluidsdruk mogen produceren in de verblijfsgebieden van de woning.
Een ketel op een open zolder voldoet hier meestal aan. Als een deel van de zolder als verblijfsruimte wordt vastgesteld moet de ketel door middel van een wand van de verblijfsruimte worden gescheiden. De voorgaande eisen met betrekking tot verbrandingsluchttoevoer en grootte van de opstellingsruimte zijn hierbij van toepassing.

1.2.15 Energiezuinigheid

In Nederland wordt een wettelijke eis gesteld aan het energiegebruik van nieuwbouwwoningen door middel van de zogenoemde Energie Prestatie Coëfficiënt (EPC). Deze EPC-waarde wordt door middel van berekening vastgesteld. De berekeningswijze is vastgelegd in de NEN 5128 ''Energieprestatie van woningen en woongebouwen''. In deze berekening worden zowel de bouwkundige eigenschappen, zoals isolatie, alsmede installatie eigenschappen, zoals rendementen meegenomen. De methode gaat uit van een standaard bewonersgedrag en kan dus niet direct vertaald worden naar het werkelijke (geschatte) energiegebruik. Om innovatie niet te belemmeren mogen nieuwe technieken die niet in de NEN 5128 staan door middel van een gelijkwaardigheidsverklaring in de berekening van de NEN 5128 worden meegenomen. Voorbeelden van gelijkwaardigheidsverklaringen zijn:

- Zelfregelende toevoerroosters bij ventilatie;
- Warmteterugwinapparaat bij douchen.

Voor bestaande woningen zal vanaf 2007 bij verkoop of verhuur een energieprestatiecertificaat worden verplicht.

Wettelijke eisen energie (BB 2003, Afd .5.13, Artikel 5,12)

Vanaf 15 augustus januari 2006 is de maximaal toegelaten EPC-waarde voor nieuwbouwwoningen kleiner dan of gelijk aan 0,8.
De berekening van de EPC-waarde geschiedt met de NEN 5128 van 2004.

Opmerking

In de NEN 5128 van 2004 zijn wijzigingen aangebracht t.o.v. van de vorige versie 2003. Deze wijzigingen leiden er soms toe dat berekening van dezelfde woning met de nieuwe NEN ongeveer een 0,04 hogere EPC-waarde geeft. Dit betekent dat de verlaging van de EPC van 1 naar 0,8 formeel een verlaging is van 0,2 maar in werkelijkheid een verlaging van 0,24.

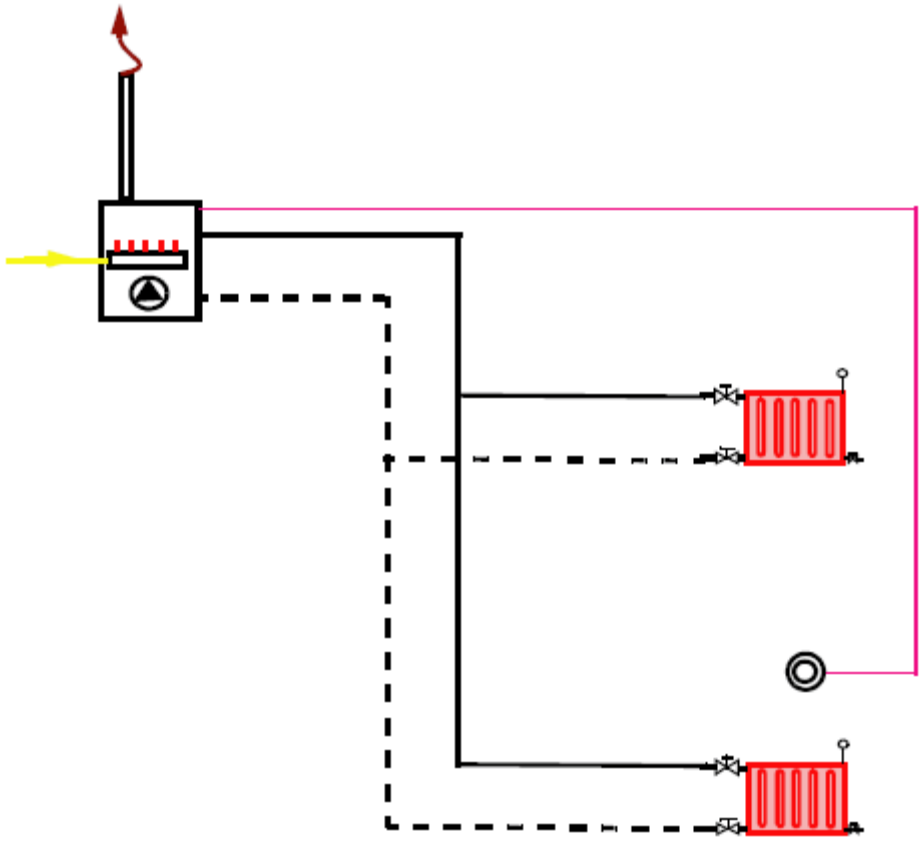
Bestaande bouw

Voor nieuwbouwwoningen en bestaande woningen komt op termijn regelgeving uit Europa. Deze regelgeving is vastgelegd in de Europese Richtlijn ''Energy Performance Building Directive''. In deze richtlijn is vastgelegd dat het energiegebruik van gebouwen (woningen) moet worden bepaald en dat installaties moeten worden gekeurd. De richtlijn had in januari 2006 moeten zijn geïmplementeerd in de Nederlandse regelgeving. Vanaf 2007 zal bij verhuur of verkoop van een woning een energiecertificaat moeten worden overlegd. Vanaf 2008 is dit wettelijk verplicht. In dit certificaat is een energie-index voor de betreffende woning opgenomen. Deze energie-index wordt bepaald met ISSO-publicatie 82. Voor het afgeven van een energiecertificaat moet men gecertificeerd zijn volgens BRL 9500-1. Het keuren van installaties zoals dat in de EPBD is vastgelegd wordt waarschijnlijk later ingevoerd.
Het energiebesparingspotentieel is bij bestaande bouw aanzienlijk groter dan bij nieuwbouw. De aandacht van de overheid zal zich de komende jaren dan ook steeds meer richten op besparingsmogelijkheden in de bestaande bouw.

1.3 Installatieconcepten en hun eigenschappen

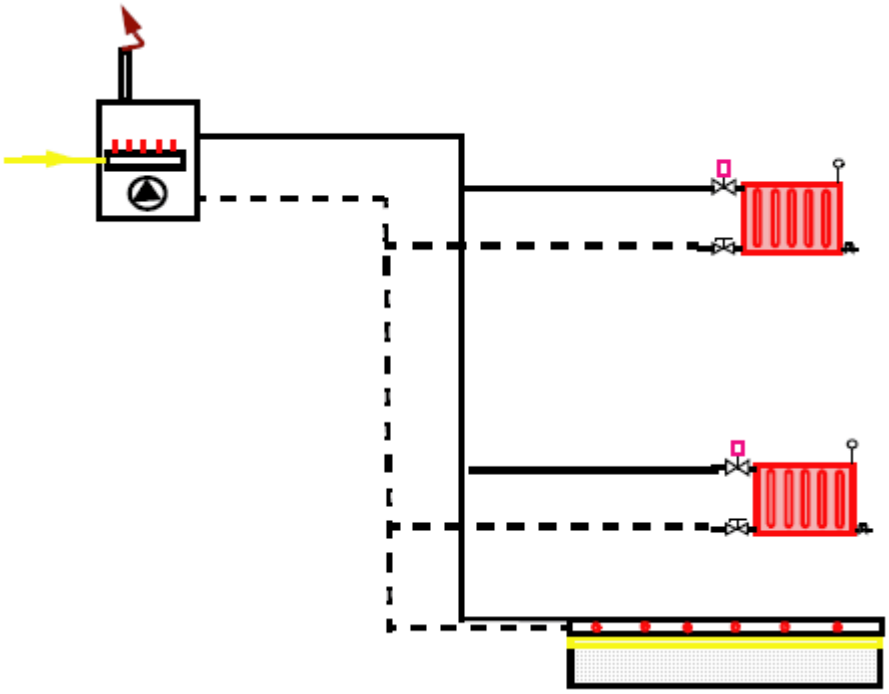
Installatieconcept 1:

Ketel met radiatoren of convectoren en kamerthermostaat



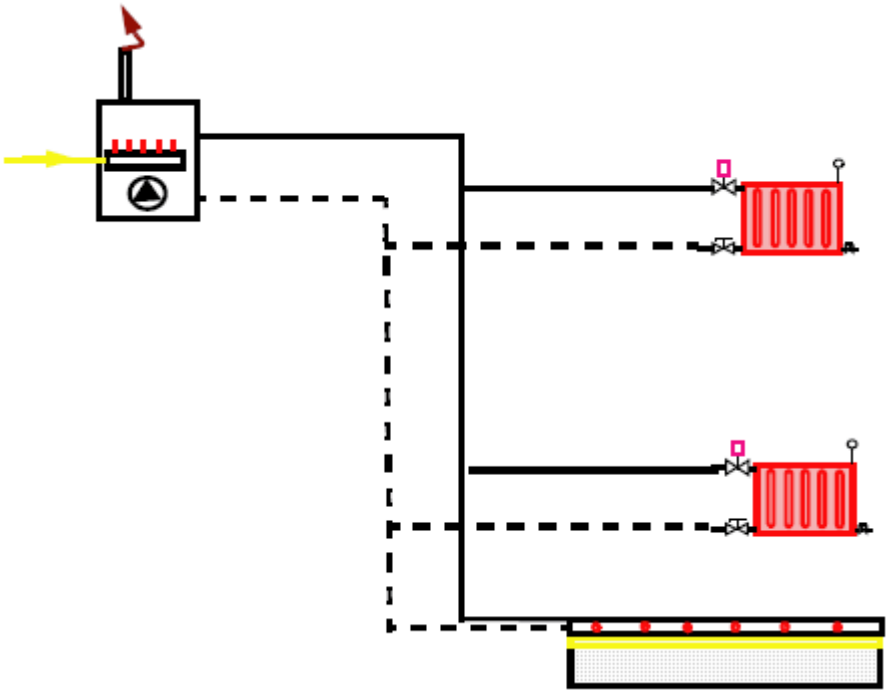
Toepassing	• Nieuwbouw; • Bestaande bouw; • Laagbouw; • Hoogbouw.
Voordelen	• Relatief goedkoop; • Veel toegepast; • Robuust concept; • Eenvoudig uit te breiden met radiatoren of convectoren.
Nadelen	• Alleen automatische regeling in woonkamer; • Niet geregelde vertrekken kunnen in temperatuur achterlopen; • Hoog temperatuur verwarming.
Ventilatiesysteem	• Geschikt voor alle centrale ventilatiesystemen A, B, C en D.
EPC<0,8	• Zie voor mogelijkheden cv installatieconcepten, gebouwen en ventilatiesystemen hoofdstuk 1.4.
Innovaties	

Installatieconcept 2:
Ketel met radiatoren of convectoren en regeling per vertrek d.m.v. Thermostatische RegelAfsluiters (TRA's)



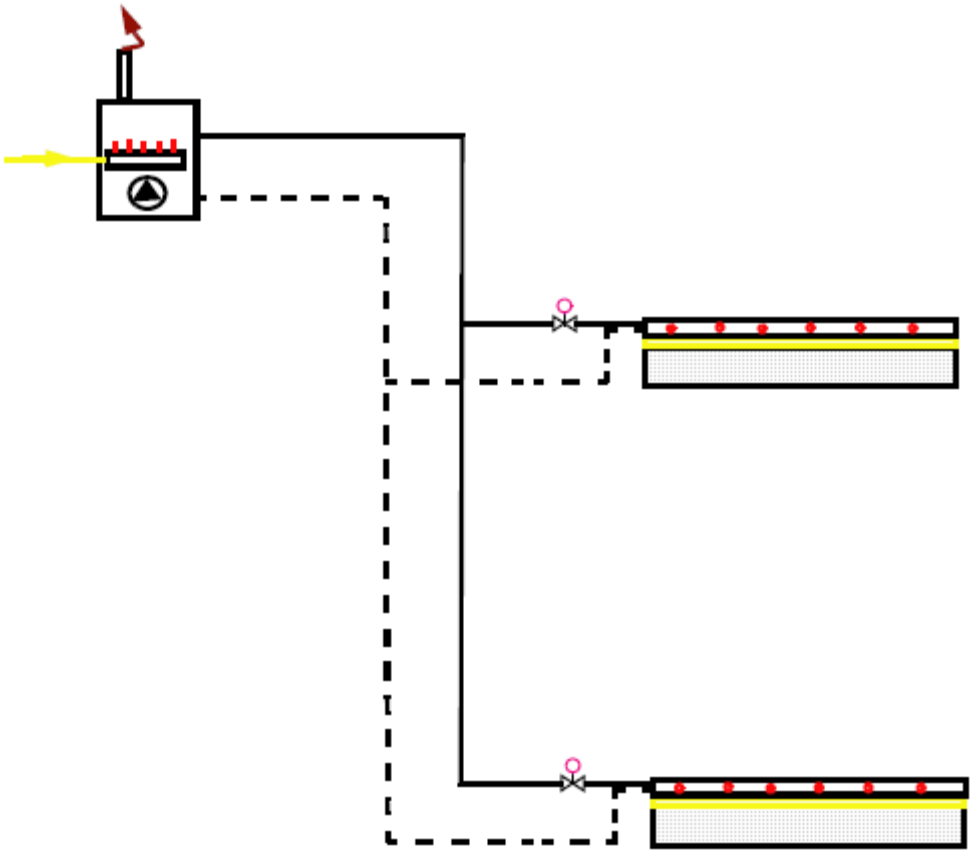
Toepassing	• Nieuwbouw; • Bestaande bouw; • Laagbouw; • Hoogbouw.
Voordelen	• Relatief goedkoop; • Veel toegepast; • Regeling per vertrek; • Robuust concept; • Eenvoudig uit te breiden met radiatoren of convectoren.
Nadelen	• Hoog temperatuur verwarming.
Ventilatiesysteem	• Geschikt voor alle centrale ventilatiesystemen A, B, C en D.
EPC<0,8	• Zie voor mogelijkheden cv installatieconcepten, gebouw en ventilatiesystemen hoofdstuk 1.4 .
Innovaties*)	• Convectoren met ventilator voor snel warmen (boosteren); • Radiatoren met mechanische toevoer verwarmde buitenlucht, decentraal ventilatiesysteem; • Radiatoren met mechanische toe- en afvoer en WTW, decentraal ventilatiesysteem.
*) Met ventilatoren ontstaat de mogelijkheid lagere cv-temperaturen te kiezen.	

Installatieconcept 3:
Ketel met in de woonkamer vloerverwarming als basisverwarming met radiatoren of convectoren met TRA's voor snel verwarmen en in de overige verwarmde vertrekken radiatoren of convectoren met regeling per vertrek d.m.v. TRA's.



Toepassing	• Nieuwbouw; • Bestaande bouw (frezen in vloer voor vloerverwarming); • Laagbouw; • Hoogbouw.
Voordelen	• Bekend en toegepast concept; • Vloerverwarming wordt ervaren als behaagelijk; • Regeling per vertrek; • Woonkamer snel warm door radiatoren/convectoren; • Robuust concept; • Eenvoudig uit te breiden met radiatoren.
Nadelen	• Hoog temperatuur verwarming; • Mengen van cv-water voor vloerverwarming (niet getekend in figuur).
Ventilatiesysteem	• Geschikt voor alle centrale ventilatiesystemen A, B, C en D.
EPC<0,8	• Zie voor mogelijkheden cv installatieconcepten, gebouw en ventilatiesystemen hoofdstuk 1.4.
Innovaties*)	• Convectoren met ventilator voor snel warm boosten; • Radiatoren met mechanische toevoer verwarmde lucht, decentraal ventilatiesysteem; • Radiatoren met mechanische toe- en afvoer en WTW, decentraal ventilatiesysteem;
*) Met ventilatoren ontstaat de mogelijkheid lagere cv-temperaturen te kiezen.	

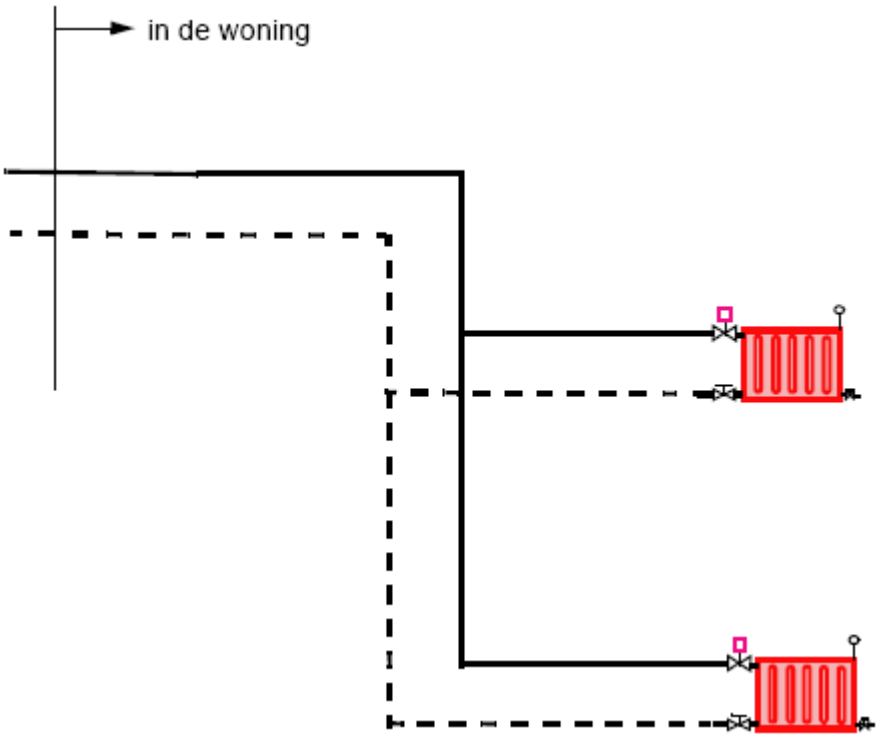
Installatieconcept 4:
Installatieconcept 4: Ketel met vloerverwarming en/of wandverwarming en regeling per vertrek.



Toepassing	• Nieuwbouw; • Laagbouw; • Hoogbouw.
Voordelen	• Vloerverwarming wordt ervaren als behaaglijk; • Regeling per vertrek; • Laag Temperatuur Verwarming.
Nadelen	• Relatief nieuw concept; • Traag systeem; • Ongeveer 70 % wand of vloer moet vrij blijven; • Bewoners informeren over welke vloerbedekking of andere afwerklaag mogelijk is; • Kans op te hoge temperatuur slaapkamers; • Bij ventilatiesyteem D kans op te lage vloertemperatuur.
Ventilatiesysteem	• Geschikt voor centrale ventilatiesystemen C en D.
EPC<0,8	• Zie voor mogelijkheden cv installatieconcepten, gebouw en ventilatiesysteem hoofdstuk 1.4.
Innovaties	• Mogelijkheid aanwezig voor warmtepomp.

Installatieconcept 5:

Stadsverwarming direct systeem zonder scheidingswisselaar voor cv met radiatoren of convectoren en regeling per vertrek met thermostatische regelafsluiters.



Toepassing	• Nieuwbouw; • Bestaande bouw; • Laagbouw; • Hoogbouw;
Voordelen	• Geen gasvoorziening; • Robuust concept; • Regeling per vertrek; • Relatief eenvoudig uit te breiden met radiatoren of convectoren.
Nadelen	• Hoog temperatuur verwarming > 80 °C mogelijk; • Elektrisch koken.
Ventilatiesysteem	• Geschikt voor alle centrale ventilatiesystemen A, B, C en D.
EPC<0,8	• Zie voor mogelijkheden cv installatieconcepten, gebouwen en ventilatiesysteem hoofdstuk 1.4.
Innovaties	• Warmteleveringunits van de plank.

1.4 Installatieconcepten en EPC-waarden

Uitgaande van een wettelijk verplicht te halen EPC-waarde van 0,8 of lager worden voor vier typen woningen:

- Tussenwoning;

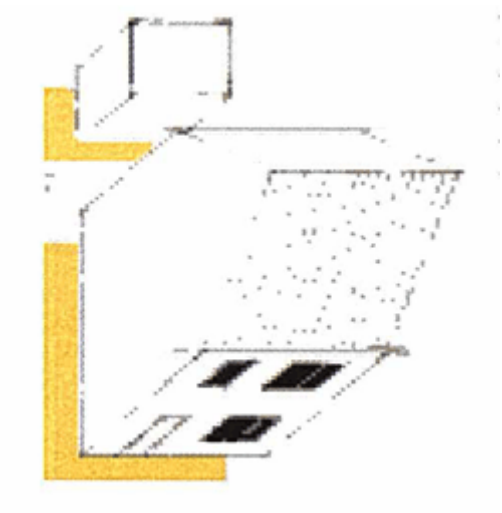
- Twee onder een kap woning;
- Vrijstaande woning;
- Galerijwoning.

vijf **totaalconcepten** (woning + installaties) gegeven.

1. **Basisvariant**; universeel toepasbare maatregelen;
2. **Comfortvariant**; met vloerverwarming;
3. **Bouwkundige variant**; met minimale isolatie;
4. **Duurzame variant**; met zonnecollector;
5. **Regel variant**; met zelfregelbare ventilatieroosters en een zonnecollector.

In de navolgende tabellen zijn binnen de vijf totaalconcepten de vijf installatieconcepten voor cv gegeven.

Tussen woning (Tuinkamerwoning)



Afmetingen:

- Gebruiksoppervlak (A_g)	= 111,4 m²
- Verliesoppervlak	= 157,1 m²
- Beganegrondvloer	= 46,8 m²
- Dakoppervlak	= 57,2 m²
- Totaal dichte delen	= 48,8 m²
- Ramen voorgevel	= 4,9 m²
- Ramen achtergevel	= 9,4 m²
- Buiten deuren	= 4,0 m²

Oriëntatie

- Ramen achtergevel op het zuiden

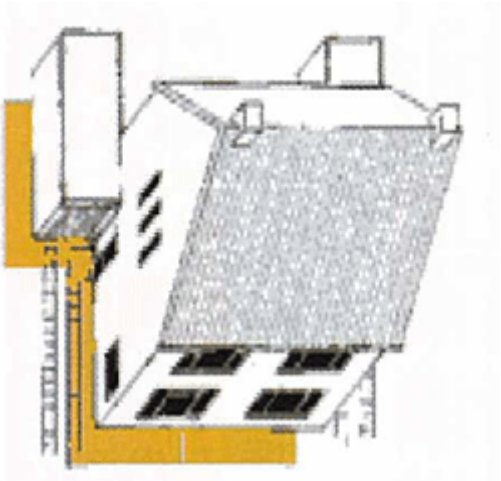
Stadsverwarming

Het totaalconcept: 1.basis met stadsverwarming levert een EPC=0,70.

Totaalconcepten voor tussenwoning met individuele installaties met een EPC<=0,8					
Totaalconcept	**1. Basis**	**2.Comfort vloerverw.**	**3. Bouw minimaal**	**4. Duurzaam met zon**	**5. Regeling ventilatie**
EPC	0,76	0,73	0,80	0,79	0,77
Schilisolatie	R_c=3,5 geïsol. buiten deuren	R_c=3,5 geïsol. buiten deuren	R_c=2,5 geïsol. buiten deuren	R_c=3,5 geïsol. buiten deuren	R_c=3,5 geïsol. buiten deuren
Glas	HR^{++} glas	HR^{++} glas	HR^{++} glas	HR^{++} glas	HR^{++} glas
Kierdichting	Dubbel $q_{v,10,kar}$=0,4	Dubbel $q_{v,10,kar}$=0,4	Dubbel $q_{v,10,kar}$=0,4	Dubbel $q_{v,10,kar}$=0,4	Dubbel $q_{v,10,kar}$=0,4
Zonwering	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee
Ventilatiesysteem	Systeem D	Systeem D	Systeem D	Systeem C	Systeem C
WTW	Ja (95%),	Ja (95%),	Ja (95%), met	Nee	Nee

	geen bypass	met bypass	bypass		
Ventilatoren	Gelijkstroom	Gelijkstroom	Gelijkstroom	Gelijkstroom(afvoer)	Gelijkstroom (afvoer)
Zelf Reg. roosters	Nee	Nee	Nee	Nee	Ja, constant debiet
WTW douche	Nee	Nee	Nee	Ja	Ja
Zonneboiler	Nee	Nee	Nee	Ja	Ja
Opwekker tapw.	HR combi ketel 72,5%	HR combi ketel 72,5%	HR combi ketel 72,5%	HR combi ketel 72,5%	HR combi ketel 72,5%
Installatieconcept	**1 of 2**	**4**	**1 of 2**	**1 of 2**	**1 of 2**
cv-temperaturen	HTV, dus > 60 °C	HTV, dus > 60 °C	HTV, dus > 60 °C	HTV, dus > 60 °C	HTV, dus > 60 °C
Afgiftesysteem	Radiator/convector	Vloerverwarming	Radiator/convector	Radiator/convector	Radiator/convector
Opwekker cv	HR 107 combi ketel	HR 107 combi ketel	HR 107 combi ketel	HR 107 combi ketel	HR 107 combi ketel

Twee onder een kap woning



- Gebruiksoppervlak (A_g) = 133,7 m²
- Verliesoppervlak = 253,5 m²
- Beganegrondvloer = 52,7 m²
- Dakoppervlak = 67,3 m²
- Totaal dichte delen = 118,9 m²
- Ramen voorgevel = 11,1 m²
- Ramen achtergevel = 8,9 m²
- Ramen linkerzij gevel = 4,4 m²
- Buitendeuren = 6,0 m²

Oriëntatie

- Ramen achtergevel op het zuiden

Stadsverwarming

Het totaalconcept: 1. basis met radiatoren en stadsverwarming levert een EPC=0,80.

Totaalconcepten voor twee onder een kap en individuele installaties met een EPC<=0,8					
Totaalconcept	**1. Basis**	**2.Comfort vloerverw.**	**3. Bouw minimaal**	**4. Duurzaam met zon**	**5. Regeling ventilatie**
EPC	0,79	0,79	0,80	0,80	0,80
Schilisolatie	R_c=3,5 geïsol. buiten deuren	R_c=3,5 geïsol. buiten deuren	R_c=2,5 geïsol. buiten deuren	R_c=4,5 geïsol. buiten deuren	R_c=3,5 geïsol. buiten deuren

Glas	HR++ glas	HR++ glas	HR++ glas	HR++ glas	HR++ glas
Kierdichting	Dubbel $q_{v,10,kar}$=0,4	Dubbel $q_{v,10,kar}$=0,4	Dubbel $q_{v,10,kar}$=0,4	Dubbel $q_{v,10,kar}$=0,4	Dubbel $q_{v,10,kar}$=0,4
Zonwering	Nee	Nee	Ja	Ja	Ja
Ventilatiesysteem	Systeem D	Systeem D	Systeem D	Systeem C	Systeem C
WTW	Ja (95%), met bypass	Ja (95%), geen bypass	Ja (95%), met bypass	Nee	Nee
Ventilatoren	Gelijkstroom	Gelijkstroom	Gelijkstroom	Gelijkstroom (afvoer)	Gelijkstroom (afvoer)
Zelf Reg. roosters	Nee	Nee	Nee	Nee	Ja, constant debiet
WTW douche	Nee	Nee	Ja	Ja	Ja
Zonneboiler	Nee	Nee	Nee	Ja	Ja
Opwekker tapw.	HR combi ketel 72,5%	HR combi ketel 72,5%	HR combi ketel 72,5%	HR combi ketel 72,5%	HR combi ketel 72,5%
Installatieconcept	**4**	**4**	**4**	**1 of 2**	**1 of 2**
cv-temperaturen	HTV, dus > 60 °C	LTV, dus > 60 °C	HTV, dus > 60 °C	HTV, dus > 60 °C	HTV, dus > 60 °C
Afgiftesysteem	Vloerverwarming	Vloerverwarming	Vloerverwarming	Radiator/convector	Radiator/convector
Opwekker cv	HR 107 combi ketel	HR 107 combi ketel	HR 107 combi ketel	HR 107 combi ketel	HR 107 combi ketel

Vrijstaande woning

- Gebruiksoppervlak (A_g)	= 137,5 m²
- Verliesoppervlak	= 324,7m²
- Beganegrondvloer	= 76,7 m²
- Dakoppervlak	= 90,7 m²
- Totaal dichte delen	= 140,9 m²
- Ramen voorgevel	= 10,3 m²
- Ramen achtergevel	= 6,0 m²
- Ramen linkerzij gevel	= 2,2 m²
- Buitendeuren	= 4,0 m²
Oriëntatie	
- Ramen achtergevel op het zuiden	

Stadsverwarming

Het totaalconcept: 1.basis met radiatoren en stadsverwarming levert een EPC=0,77.

Totaalconcepten voor vrijstaande woning en individuele installaties met een EPC<=0,8					
Totaalconcept	**1. Basis met vloerver**	**2.Comfort vloerverw.**	**3. Bouw minimaal**	**4. Duurzaam met zon**	**5. Regeling ventilatie**
EPC	0,79	0,79	0,80	0,76	0,80
Schilisolatie	R_c=4; dak 4,5 geïsol. buiten deuren	R_c=3,5 geïsol. buiten deuren	R_c=2,5 geïsol. buiten deuren	R_c=3,5 geïsol. buiten deuren	R_c=3,5 geïsol. buiten deuren
Glas	HR^{++} glas	HR^{++} glas	HR^{++} glas	HR^{++} glas	HR^{++} glas
Kierdichting	Dubbel $q_{v,10,kar}$=0,4	Dubbel $q_{v,10,kar}$=0,4	Dubbel $q_{v,10,kar}$=0,4	Dubbel $q_{v,10,kar}$=0,4	Dubbel $q_{v,10,kar}$=0,4
Zonwering	Nee	Nee	Nee	Ja	Ja
Ventilatiesysteem	Systeem D	Systeem D	Systeem D	Systeem D	Systeem C
WTW	Ja (95%), met bypass	Ja (95%), geen bypass	Ja (95%), met bypass	Ja (95%), met bypass	Nee
Ventilatoren	Gelijkstroom	Gelijkstroom	Gelijkstroom	Gelijkstroom	Gelijkstroom (afvoer)
Zelf Reg. roosters	Nee	Nee	Nee	Nee	Ja, constant debiet
WTW douche	Nee	Nee	Ja	Nee	Ja
Zonneboiler	Nee	Nee	Ja	Ja	Ja
Opwekker tapw.	HR combi ketel 72,5%	HR combi ketel 72,5%	HR combi ketel 72,5%	HR combi ketel 72,5%	HR combi ketel 72,5%
Installatieconcept	**4**	**4**	**1 of 2**	**4**	**1 of 2**
cv-temperaturen	LTV, dus > 60 °C	LTV, dus > 60 °C	LTV, dus > 60 °C	LTV, dus > 60 °C	LTV, dus > 60 °C
Afgiftesysteem	Vloerverwarming	Vloerverwarming	Radiator/convector	Vloerverwarming	Radiator/convector
Opwekker cv	HR 107 combi ketel	HR 107 combi ketel	HR 107 combi ketel	HR 107 combi ketel	HR 107 combi ketel

Galerijwoning (totaal)

- Gebruiksoppervlak (A_g)	= 1796 m²
- Verliesoppervlak	= 2256 m²
- Beganegrondvloer	= 448,9 m²
- Dakoppervlak	= 465,0 m²
- Totaal dichte delen	= 1015 m²

	- Ramen voorgevel	= 97,4 m²
	- Ramen achtergevel	= 221,8 m²
	- Ramen linkerzij gevel	= 5,8 m²
	-Ramen rechterzijgevel	= 47,1 m²
	- Buitendeuren	= 6,0 m²
	Oriëntatie	
	- Ramen achtergevel op het zuiden	

Stadsverwarming
Het totaalconcept: 1. basis met radiatoren en stadsverwarming levert een EPC=0,80.

Totaalconcepten voor appartement en individuele installaties met een EPC<=0,8					
Totaalconcept	**1. Basis**	**2.Comfort vloerverw.**	**3. Bouw minimaal**	**4. Duurzaam met zon**	**5. Regeling ventilatie**
EPC	0,76	0,77	0,78	0,80	0,79
Schilisolatie	R_c=3,5 geïsol. buiten deuren	R_c=3,5 geïsol. buiten deuren	R_c=2,5 geïsol. buiten deuren	R_c=3,5 geïsol. buiten deuren	R_c=3,5 geïsol. buiten deuren
Glas	HR^{++} glas	HR^{++} glas	HR^{++} glas	HR^{++} glas	HR^{++} glas
Kierdichting	Dubbel $q_{v,10,kar}$=0,4	Dubbel $q_{v,10,kar}$=0,4	Dubbel $q_{v,10,kar}$=0,4	Dubbel $q_{v,10,kar}$=0,4	Dubbel $q_{v,10,kar}$=0,4
Zonwering	Ja	Ja	Nee	Nee	Nee
Ventilatiesysteem	Systeem D	Systeem D	Systeem D	Systeem A	Systeem C
WTW	Ja (95%), met bypass	Ja (95%), met bypass	Ja (95%), met bypass	Nee	Nee
Ventilatoren	Gelijkstroom	Gelijkstroom	Gelijkstroom	Nee	Gelijkstroom (afvoer)
Zelf Reg. roosters	Nee	Nee	Nee	Nee	Ja, constant debiet
WTW douche	Nee	Nee	Ja	Ja	Ja
Zonneboiler	Nee	Nee	Nee	Ja	Ja
Opwekker tapw.	HR combi ketel 72,5%	HR combi ketel 72,5%	HR combi ketel 72,5%	HR combi ketel 72,5%	HR combi ketel 72,5%
Installatieconcept	**1 of 2**	**4**	**1 of 2**	**1 of 2**	**1 of 2**
cv-temperaturen	LTV, dus > 60 °C	LTV, dus > 60 °C	LTV, dus > 60 °C	LTV, dus > 60 °C	LTV, dus > 60 °C
Afgiftesysteem	Radiator/convector	Vloerverwarming	Vloerverwarming	Radiator/convector	Radiator/convector

Opwekker cv	HR 107 combi ketel	HR 107 combi ketel	HR 107 combi ketel	HR 107 combi ketel	HR 107 combi ketel

1.5 PvE en benodigde gegevens

In het Programma van Eisen is in overleg met de opdrachtgever vastgelegd welke cv-installatie wordt gerealiseerd. Belangrijk hierbij is dat de opdrachtgever een goed beeld heeft van wat hij of zij gaat krijgen en de installatieontwerper weet dat hij dit kan realiseren. Een goed beeld van de installatie houdt o.a. in dat bekend moet zijn:

- Welke vertrekken worden verwarmd;
- Ontwerptemperaruren in de vertrekken;
- Type afgifte systeem (radiatoren, convectoren);
- Plaats radiatoren;
- Type opwekker (afhankelijk van de keuze voor gas of stadsverwarming);
- Plaats opwekker;
- Regeling en bediening van de installatie;
- Onderhoud;
- Kosten.

Voor het ontwerp van de cv-installatie is de installatieontwerper afhankelijk van o.a. gebouwgegevens die hij van de bouwer of adviseur moet ontvangen. Dit zijn o.a.:

- Tekening(en) van de woning(en) met afmetingen;
- U en R_c-waarden van de constructies;
- Luchtdoorlatendheid van de woning(en);
- Ventilatiesysteem;
- Tapwatersysteem.

Denk bij tapwater bijvoorbeeld ook aan informatie en afstemming gedurende het project over het verloop van de cv-leidingen en de taperwaterleidingen i.v.m legionella.

EPC-berekening

Belangrijk is dat de installatieontwerper ook beschikt over de volledige EPC-berekening. Hierin staan gegevens over de isolatiekwaliteit van de woning en keuzen/uitgangspunten over de installaties in de woning.

2 Ontwerpfase van een project

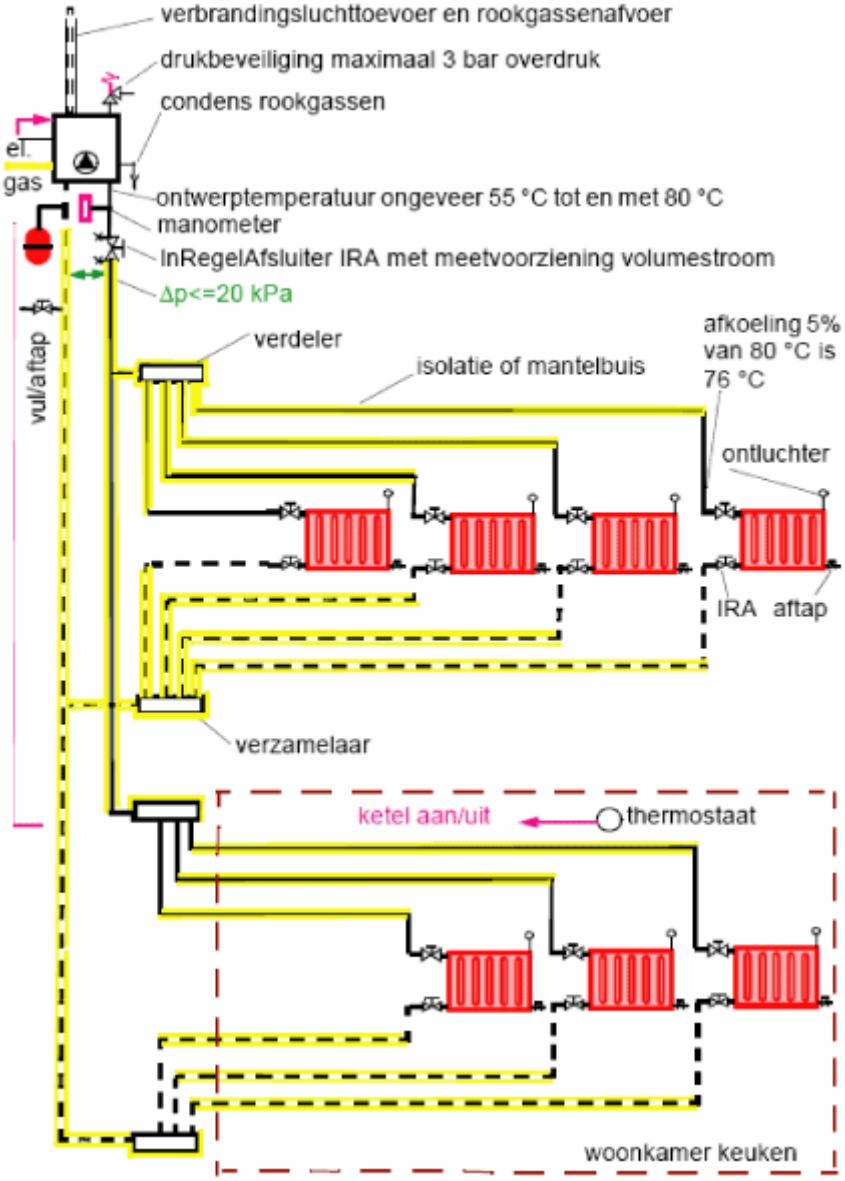
2.1 Installatieschema's centrale verwarming

In dit hoofdstuk zijn 5 installatieschema's voor centrale verwarming uitgewerkt. Deze 5 installatieschema's zijn gebaseerd op de vijf installatieconcepten uit de programmafase. Het ontwerp van de verschillende onderdelen (radiatoren, distributie, etc.) van de schema's wordt in de volgende hoofdstukken uitgewerkt.

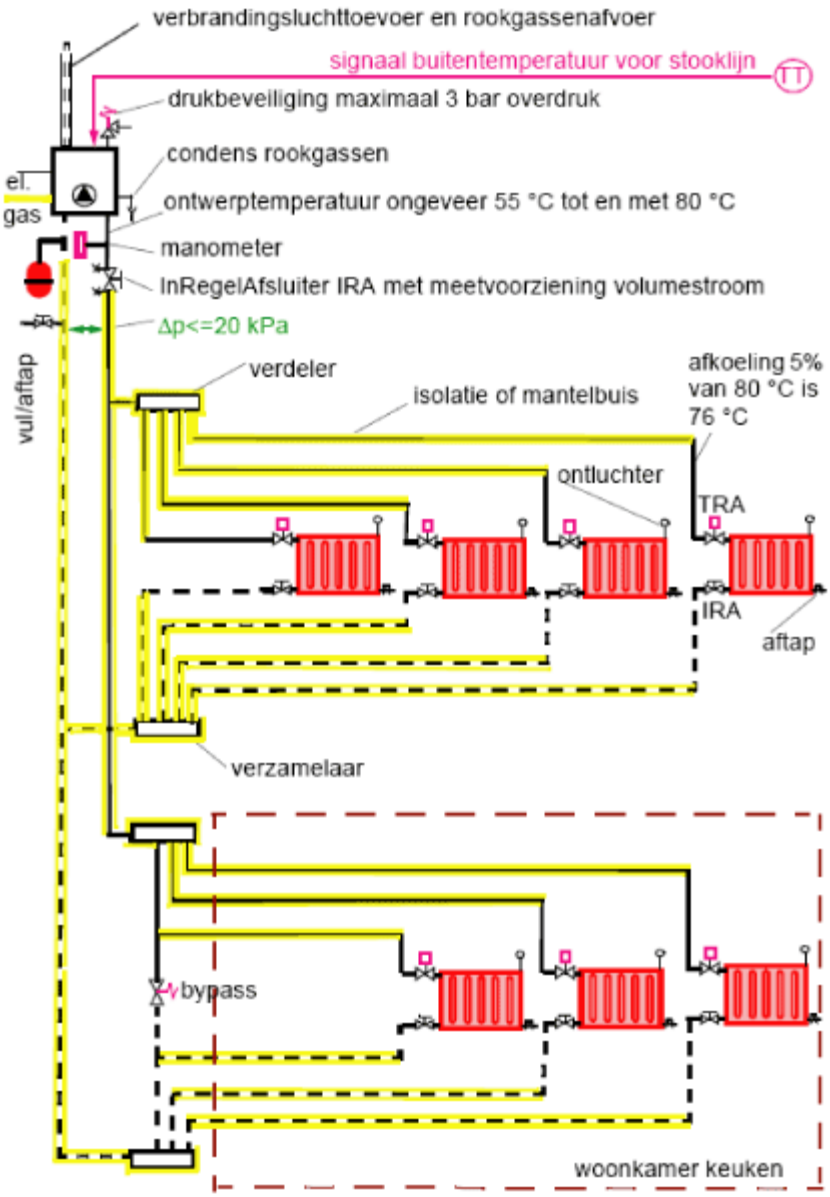
- **Installatieschema 1:**
  Ketel met radiatoren of convectoren en kamerthermostaat.
- **Installatieschema 2:**
  Ketel met radiatoren of convectoren en regeling per vertrek door middel van TRA's.
- **Installatieschema 3:**
  Ketel met in de woonkamer vloerverwarming als basisverwarming aangevuld met radiatoren of convectoren geregeld met TRA's en in de overige verwarmde vertrekken radiatoren of convectoren geregeld met TRA's (regeling per vertrek).
- **Installatieschema 4:**
  Ketel met vloerverwarming en/of wandverwarming en regeling per vertrek.

- **Installatieschema 5:**
  Stadsverwarming direct systeem met radiatoren of convectoren en regeling per vertrek d.m.v. thermostatische regelafsluiters.

Installatieschema 1
Ketel met radiatoren of convectoren en kamerthermostaat.

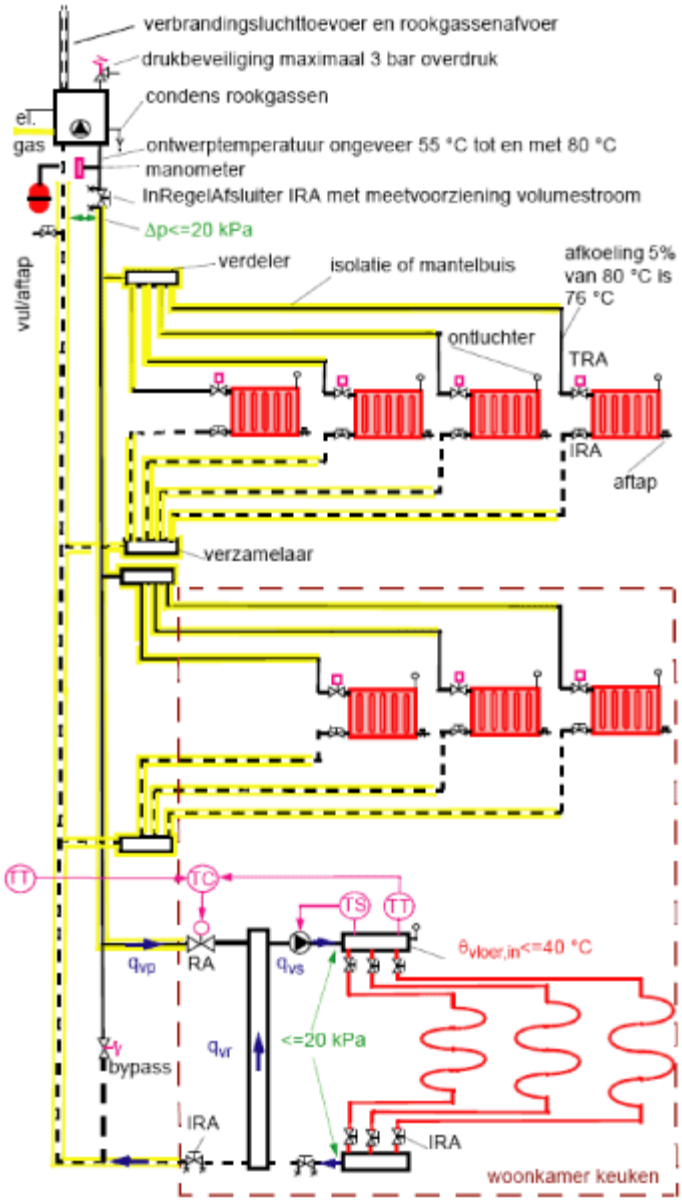


Installatieschema 2
Ketel met radiatoren of convectoren en regeling per vertrek d.m.v. TRA's.



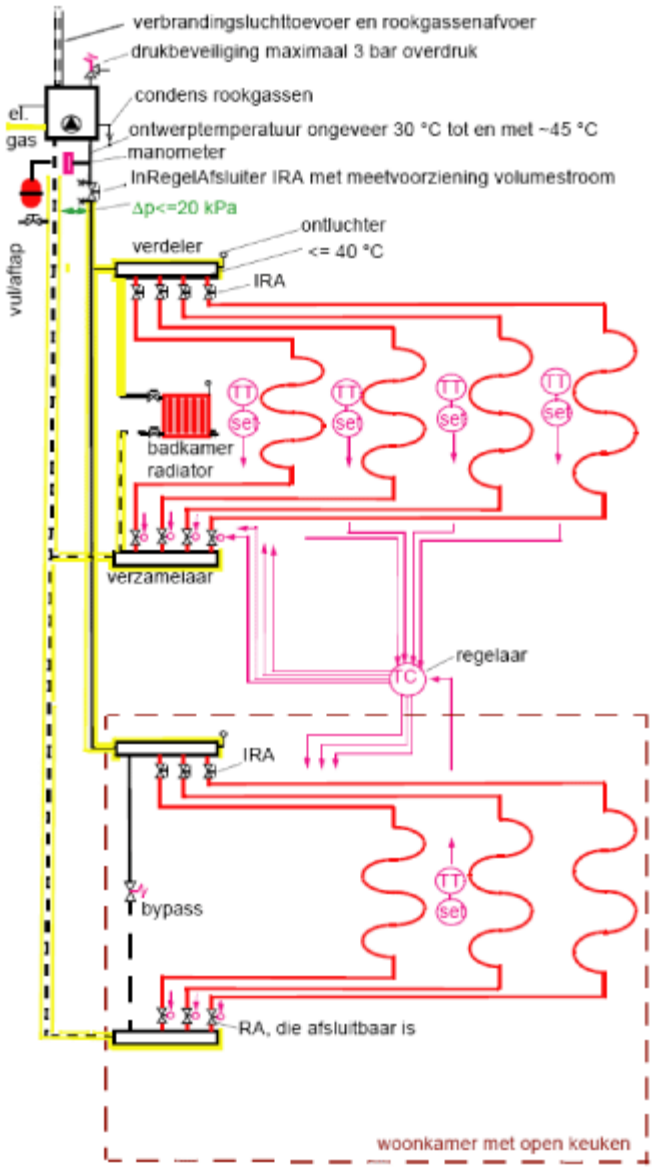
Installatieschema 3

Ketel met vloerverwarming en radiatoren of convectoren en regeling per vertrek.



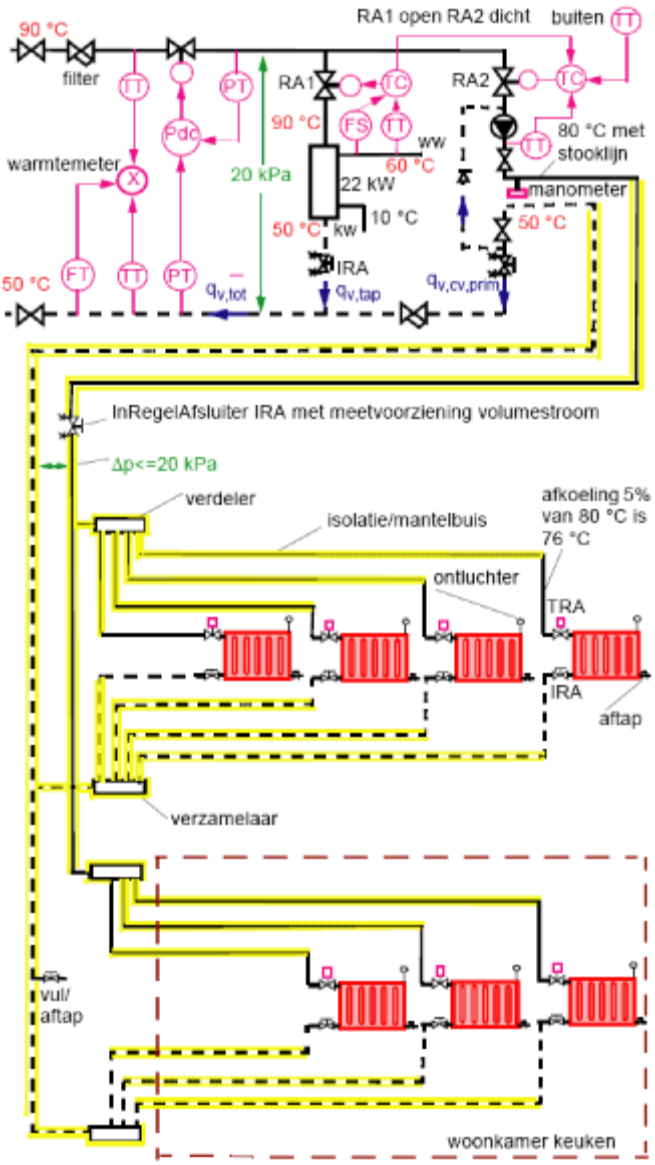
Installatieschema 4

Ketel met vloerverwarming en/of wandverwarming en regeling per vertrek.



Installatieschema 5

Stadsverwarming direct systeem met radiatoren of convectoren en regeling per vertrek d.m.v. TRA's.



2.2 Bepaling vermogensbehoefte vertrekken

Het bepalen van de grootte (dimensioneren) van een verwarmingsinstallatie vangt aan met het bepalen van de vermogensbehoefte in de verwarmde vertrekken van een woning. Dit wordt ook wel de warmteverliesberekening genoemd.

2.2.1 Wettelijke eisen en kwaliteitseisen

Wettelijke eisen vermogensbehoefte vertrekken

Geen wettelijke eisen.

Kwaliteitseisen berekening vermogensbehoefte verwarmde vertrekken conform GIW

De warmteverliesberekening wordt uitgevoerd volgens ISSO-publicatie 51 ''Warmteverliesberekening voor woningen en woongebouwen''.

GIW-eisen met betrekking tot de invoergegevens

- Minimale binnentemperaturen verwarmde vertrekken zijn gegeven in hoofdstuk 1.2.5;
- Klasse A :Buren niet aanwezig. Dit betekent bij laagbouw alle buren op 10 °C en bij gestapelde bouw alle buren op 15 °C;
- Bij nachtverlaging voor alle verwarmde vertrekken uitgaan van een 8 urige nachtverlaging en opwarmen binnen 2 uur, ongeacht het type regeling. Dit betekent een **minimale**

opwarmtoeslag van 2,5 W/m² voor elk verwarmd vertrek. Bij een hoekvertrek of uitbouw dient een grotere 5 W/m² opwarmtoeslag te worden gekozen;
- Als gekozen wordt voor geen nachtverlaging (Φ_o=0), dan dient dit schriftelijk met de opdrachtgever/koper te zijn afgesproken;
- Bij niet verwarmde vertrekken dient via de warmteverliesberekening de binnentemperatuur te worden bepaald;
- De R_c- of U-waarden en $q_{v,10}$-waarde conform de EPC-berekening;
- Uitgaan van de ventilatie eisen volgens het BouwBesluit, de GIW eisen m.b.t. overige te ventileren ruimten en bepaling van het oppervlak van een verblijfsgebied zonder krijtstreepmethode;
- Bij mechanische inblaas dient de temperatuur minimaal 16 °C te zijn bij een buitentemperatuur van -10 °C;
- Bij mechanisch inblazen, waarbij de lucht is opgewarmd via WarmteTerugWinning, is de maximale inblaastemperatuur 16 °C bij een buitentemperatuur van -10 °C.

Voor bestaande bouw warmteverliesberekening in ISSO-publicatie 51 volgen.
De warmteverliesberekening is een uitgebreide methode die met behulp van een computerprogramma moet worden uitgevoerd. Om snel een richtwaarde te krijgen van het warmteverlies kan men gebruik maken van het door ISSO uitgegeven ''Kleintje warmteverlies voor woningen''.
In het kleintje cv worden voor verschillende situaties in tabellen indicaties gegeven voor het warmteverlies.

2.2.2 Indicatie vermogensbehoefte vertrek

Het warmteverlies Φ_{tot} van een vertrek is opgebouwd uit drie verliesposten zijnde transmissie Φ_t, ventilatie en/of infiltratie, Φ_v en de opwarmtoeslag Φ_o. Deze laatste term dient om het vertrek na een nachtverlaging binnen een gestelde tijd weer op temperatuur te krijgen.

$$\Phi_{tot} = \Phi_t+\Phi_v+\Phi_o \quad \text{W}$$

Bij ventilatiesysteem A en C moet de grootste waarde voor infiltratie of ventilatie in rekening worden gebracht. Bij ventilatiesysteem D de som voor ventilatie en infiltratie.
Het warmteverlies kan worden beïnvloed door bepaalde keuzen bij de invoergegevens. Zie bijvoorbeeld de GIW-eisen. Deze keuzen dienen altijd in overleg met de opdrachtgever of koper van de woning te worden gemaakt en schriftelijk vastgelegd. In ISSO-publicatie 51 is hiervoor een zogenoemde vraagspecificatie gegeven.
De bouwkundige gegevens zoals afmetingen, R_c-waarden en $q_{v,10}$-waarde dienen door de de bouwer te worden geleverd.

Opmerking over toepassen ISSO 51

In ISSO 51 wordt het transmissie verlies berekend met een temperatuurverschil tussen binnen en buiten van 20-(-10)= 30 °C. Door middel van een correctiefactor f wordt het kleiner temperatuur verschil naar bijvoorbeeld de buren berekend. Het komt in de praktijk voor dat in sommige berekeningen gebruik wordt gemaakt van de correctiefactor f plus van het kleiner temperatuurverschil tussen een woonkamer en de buren van bijvoorbeeld 20-10= 10 °C. Er wordt in dit geval een te lage transmissie berekend.

Indicatie vermogensbehoeften

In onderstaande tabellen zijn indicaties gegeven voor de vermogensbehoefte. In de tabellen wordt onderscheid gemaakt tussen ventilatiesysteem C ''natuurlijke toevoer en mechanische afvoer'' en ventilatiesysteem D ''mechanische toevoer en mechanische afvoer met WarmteTerugWinning WTW''. Met WTW neemt het warmteverlies door ventilatie aanzienlijk af en daarmee ook de totale vermogensbehoefte Φ_{tot} van een vertrek.

Indicatie vermogensbehoeften Tussenwoning conform GIW
• Rc-buitenwanden = 3 m²·K/W; • Rc-dak en vloer = 4 m²·K/W; • U_{glas} HR^{++} = 1,2 W/(m²·K); • $q_{v,10}$ = 100 dm³/s;

- Zekerheidsklasse A;
- **Radiatorverwarming**;
- Opwarmtoeslag per vertrek = 2,5 W/m² voor ventilatiesysteem C en D.

Verwarmde vertrekken		**Ventilatiesysteem C**				**Ventilatiesysteem D WTW**			
	θ_i °C	Φ_t W	Φ_v W	Φ_o W	Φ_{tot} W	Φ_t W	Φ_v W	Φ_o W	Φ_{tot} W
woonkamer	20	1181	802	244	2227	1181	211	99	1491
keuken	20	574	54	162	790	574	46	110	730
hal, trap, overl.	15	0	210	257	467	0	22	175	197
slaapkamer 1	20	544	498	179	1221	544	129	80	753
slaapkamer 2	20	468	435	161	1064	468	118	73	659
slaapkamer 3	20	403	267	118	788	403	76	58	537
badkamer	22	511	118	100	729	511	151	10	672

Indicatie vermogensbehoeften Tussenwoning conform GIW

- Rc-buitenwanden = 3 m²·K/W;
- Rc-dak en vloer = 4 m²·K/W;
- U_{glas} HR^{++} = 1,2 W/(m²·K);
- $q_{v,10}$ = 100 dm³/s;
- Zekerheidsklasse A;
- **Vloerverwarming**;
- Opwarmtoeslag per vertrek = 2,5 W/m² voor ventilatiesysteem C en D.

Verwarmde vertrekken		**Ventilatiesysteem C**				**Ventilatiesysteem D WTW**			
	θ_i °C	Φ_t W	Φ_v W	Φ_o W	Φ_{tot} W	Φ_t W	Φ_v W	Φ_o W	Φ_{tot} W
woonkamer	20	962	762	182	1906	962	167	77	1206
keuken	20	435	52	129	616	435	6	87	528
hal, trap, overl.	15	0	197	241	438	0	8	165	173
slaapkamer 1	20	476	473	140	1089	476	102	66	644
slaapkamer 2	20	401	414	128	943	401	94	61	556
slaapkamer 3	20	350	254	97	701	350	61	51	462
badkamer	22	420	110	84	614	420	124	11	555

Indicatie vermogensbehoeften hoekwoning conform GIW

- Rc-buitenwanden = 3 m²·K/W;
- Rc-dak en vloer = 4 m²·K/W;
- U_{glas} HR^{++} = 1,2 W/(m²·K);
- $q_{v,10}$ = 100 dm³/s;

- Zekerheidsklasse A;
- **Radiatoren**;
- Opwarmtoeslag per vertrek = 5 W/m² voor C en 2,5 W/m² voor D

Verwarmde vertrekken		**Ventilatiesysteem C**				**Ventilatiesysteem D**			
	θ_i °C	Φ_t W	Φ_v W	Φ_o W	Φ_{tot} W	Φ_t W	Φ_v W	Φ_o W	Φ_{tot} W
woonkamer	20	1213	746	551	2510	1213	315	313	1841
keuken	20	449	456	198	1403	449	218	53	720
hal, trap, overl.	15	0	420	379	799	0	18	279	297
slaapkamer 1	20	560	354	317	1231	560	188	190	938
slaapkamer 2	20	418	256	243	917	418	147	147	712
slaapkamer 3	20	553	255	252	1060	553	79	154	786
badkamer	22	636	118	186	940	636	157	50	843

Indicatie vermogensbehoeften vrijstaande woning conform GIW

- Rc-buitenwanden = 3 m²·K/W;
- Rc-dak en vloer = 4 m²·K/W;
- U_{glas} HR^{++} = 1,2 W/(m²·K);
- $q_{v,10}$ = 100 dm³/s;
- Zekerheidsklasse A;
- **Radiatoren**;
- Opwarmtoeslag per vertrek = 5 W/m² voor C en 2,5 W/m² voor D

Verwarmde vertrekken		**Ventilatiesysteem C**				**Ventilatiesysteem D**			
	θ_i °C	Φ_t W	Φ_v W	Φ_o W	Φ_{tot} W	Φ_t W	Φ_v W	Φ_o W	Φ_{tot} W
woonkamer	20	1137	746	551	2434	1137	389	231	1757
keuken	20	449	756	198	1403	449	218	36	703
hal, trap, overl.	15	0	420	379	799	0	95	71	166
slaapkamer 1	20	576	354	317	1247	576	188	129	893
slaapkamer 2	20	430	256	243	929	430	147	100	677
slaapkamer 3	20	492	255	252	999	492	150	105	747
badkamer	22	601	118	186	905	601	207	34	842

Indicatie vermogensbehoeften Tussenwoning conform GIW

- Rc-buitenwanden = 3 m²·K/W;
- Rc-dak en vloer = 4 m²·K/W;
- U_{glas} HR^{++} = 1,2 W/(m²·K);
- $q_{v,10}$ = 100 dm³/s;

- Zekerheidsklasse A;
- **Radiatoren**;
- Opwarmtoeslag per vertrek = 2,5 W/m² voor ventilatiesysteem C en D.

Verwarmde vertrekken		**Ventilatiesysteem C**				**Ventilatiesysteem D**			
	θ_i °C	Φ_t W	Φ_v W	Φ_o W	Φ_{tot} W	Φ_t W	Φ_v W	Φ_o W	Φ_{tot} W
woonkamer	20	1482	790	289	2558	1482	241	220	1943
keuken	20	435	756	94	1285	435	170	31	636
hal, trap, overl.	15	-165	210	109	154	-165	20	109	0
slaapkamer 1	20	683	301	141	1125	683	129	116	928
slaapkamer 2	20	463	252	101	816	463	92	80	635
slaapkamer 3	20								
badkamer	22	521	118	83	722	521	118	25	664

2.3 Dimensioneren van het afgiftesysteem

De volgende stap in het ontwerp is op basis van de warmtebehoefte van de vertrekken de vermogens van radiatoren/ convectoren en of vloerverwarming te bepalen. Tevens wordt in dit hoofdstuk ingegaan op het plaatsen van de radiatoren/convectoren en de combinatie van radiatoren en convectoren.
De plaats van de radiatoren is meestal al vastgelegd in de programmafase van een project door bijvoorbeeld een architect. De installatieontwerper kan dan aangeven of bij de betreffende situatie kans op klachten optreedt.
In bestaande bouw kan bijvoorbeeld na isolatie besloten worden de aanvoertemperatuur naar de radiatoren te verlagen. In bijlage E is een methode gegeven waarmee kan worden bepaald of met een lagere aanvoertemperatuur voldoende voldoende vermogen wordt geleverd door de radiatoren. Lagere cv-temperaturen leiden tot hogere rendementen.

2.3.1 Wettelijke eisen en kwaliteitseisen

Wettelijke eisen afgiftesysteem
Geen eisen.
Kwaliteitseisen radiatoren en convectoren conform GIW

- **Op te stellen vermogen.**
  Het op te stellen vermogen in een vertrek moet groter zijn dan of gelijk aan het met ISSO-publicatie 51 berekende warmteverlies (warmtebehoefte). Concreet betekent dit dat als een vertrek een warmtebehoefte heeft van Φ_{tot} = 2000 W, het totale radiatorvermogen in de ontwerpsituatie 2000 W of meer moet zijn.
  Opmerking: Bij combinatie van bijvoorbeeld radiatoren en vloerverwarming moet het totale op te stellen vermogen groter zijn dan of gelijk aan de warmtebehoefte Φ_{tot};
- **Gegevens fabrikant/leverancier radiatoren/convectoren.**
  De door de fabrikant/leverancier verstrekte afgiftecijfers van de radiatoren/convectoren dienen gebaseerd te zijn op de NEN-EN 442-2 ''Radiatoren en convectoren-Beproevingsmethode opgave van de prestaties'';
- **Correctie warmteafgifte radiator/convector voor praktijksituatie.**
  De op de testnorm NEN-EN 442-2 gebaseerde afgiftecijfers dienen gecorrigeerd te worden voor projectafhankelijke situaties zoals: vertrektemperaturen, cv-temperaturen en opstellingswijze van radiatoren/convectoren. In ISSO-publicatie 66 ''Vermogen van

radiatoren en convectoren bij niet genormeerde opstelling'' zijn hiervoor correctiecijfers gegeven;
- Als de afkoeling vanaf de ketel of stadsverwarmingunit naar de radiator of convector groter is dan 5% van de aanvangstemperatuur, dan moet het vermogen van de radiator worden bepaald met de lagere aanvoertemperatuur, zie ISSO publicatie 66. Een andere oplossing is de volumestroom te vergroten, waardoor de gemiddelde temperatuur stijgt. De correctie vermelden in het ontwerp;
- De retour op dezelfde wijze uitvoeren met isolatie of mantelbuis als de aanvoer.
- **Minimale voorzieningen.**
    - Elke radiator/convector moet voorzien zijn van een ontluchtingsvoorziening;
    - Elke radiator/convector moet voorzien zijn van een afsluiter in de aanvoer en een afsluiter in de retour, waarvan een van de afsluiters een inregelafsluiter moet zijn;
    - Elke radiator/convector moet voorzien zijn van een aftapvoorziening.
- **Opstelling radiatoren/convectoren in vertrek.**
    - Radiatoren/convectoren verdelen over een vertrek, waarbij het grootst vermogen wordt opgesteld in dat deel van het vertrek waar de verliezen het grootst zijn, bijvoorbeeld bij ramen;
    - Radiatoren/convectoren bij voorkeur onder een raam plaatsen, waarbij de breedte van de radiator ongeveer net zo breed is als het raam. Voor uitzonderingen, zie ISSO-publicatie 50;
    - Radiatoren/convectoren zoveel als mogelijk onder de luchttoevoerroosters in de gevel plaatsen (ventilatiesysteem A en C);
    - Radiatoren/convectoren niet direct in de buurt of onder een afzuigroosters plaatsen;
    - Radiatoren in bijvoorbeeld de badkamer laag bij de vloer plaatsen (10 cm), zodat de temperatuur op 1,5 m hoogte wordt gehaald.
- **Eisen voor putconvectoren.**
    - Put dient minimaal over dezelfde R_c-waarde te beschikken als de vloer;
    - De put dient waterdicht te zijn;
    - Afstand onderkant convector tot putbodem is gelijk aan de breedte van de convector. De breedte van de put is minimaal gelijk aan 2,5 maal de breedte van de convector. Dwarsschotten plaatsen volgens opgave van de fabrikant/leverancier. Deze afmetingen gelden niet als de put en convector als een geheel zijn getest en worden geleverd;
    - Convector altijd aan de gevelzijde plaatsen. Dus één luchtinlaat en één luchtuitlaat;
    - Afstand put tot buitenwand (glas) is ongeveer 0,25 m.

Voor bestaande bouw dezelfde kwaliteitseisen hanteren.

<u>Kwaliteitseisen vloer-wandverwarming conform GIW</u>

- **Op te stellen vermogen:**
  Het op te stellen vermogen in een vertrek moet groter zijn dan of gelijk aan het met ISSO-publicatie 51 berekende warmteverlies (warmtebehoefte). Concreet betekent dit dat als een vertrek een warmtebehoefte heeft van Φ_{tot} = 2000 W, het totale vloerverwarmingsvermogen in de ontwerpsituatie 2000 W of meer moet zijn.
- **Gegevens fabrikant/leverancier vloer-wandverwarming.**
  De door de fabrikant/leverancier verstrekte afgiftecijfers van vloer-of wandverwarming dient te zijn gebaseerd op de NEN-EN 1264-2 ''Vloerverwarming- Bepaling van het warmtevermogen''.
- **Correctie warmteafgifte vloer- wandverwarming voor praktijksituaties.**
  De correctie van het vermogen voor een willekeurige praktijksituatie is al voorzien in de door de fabrikant/ leverancier op basis van de NEN-EN 1264-2 verstrekte gegevens, zie vloerverwarmingsgrafiek hoofdstuk 2.3.3;
- Als het afkoelen van het cv-water van af de ketel of de stadsverwarmingsunit naar de vloerverwarmingsbuizen groter is dan 5% van de aanvangstemperatuur dan dient bij het dimensioneren van de vloerverwarming uit te worden gegaan van de lagere temperatuur;
- Maximaal toegelaten vloer- en wandtemperatuur. Dit is de temperatuur boven een buis in de vloer. Zie rode grenslijnen bij vloerverwarmingsgrafiek.

vertrek	Vloertemperatuur	Wandtemperatuur

	$\theta_{vl,max}$ ° C	$\theta_{w,max}$ ° C
Verblijfsruimte (woonkamer, slaapkamer)	29	32
Randzones (woonkamer bij raam)	34	-
Badkamer	31	32
Hal	31	32

- **Minimale voorzieningen**
  - Elke verdeler of verzamelaar moet voorzien zijn van een ontluchtingsvoorziening;
  - Elke vloerverwarmingsbuis (groep) moet voorzien zijn van een afsluiter in de aanvoer en een afsluiter in de retour, waarvan een van de afsluiters een inregelafsluiter moet zijn;
  - Groepen verdelen over meerder vertrekken is niet toegestaan. Uitzonderingen hierop zijn groepen voor toiletten, hal of overloop die gecombineerd mogen worden met een groep uit de woonkamer of badkamer.
- **Minimale dekking ingestorte leidingen vloer-en wandverwarming (nieuwbouw).**
  - Als bij vloerverwarming de isolatie zich bevindt tussen de dekvloer en de draagvloer, dan is de minimale dekking boven de buizen 2 cm en de maximale dekking 5,5 cm;
  - Als bij vloerverwarming de isolatie zich bevindt onder de draagvloer, dan is de minimale dekking boven de buizen 2 cm en de maximale dekking 3 cm;
  - Bij wandverwarming is de minimale dekking 1 cm.
- **Informatie naar kopers van de woning.**
  - Kopers van de woning dienen geïnformeerd te worden over de vloerafwerking en het beschikbare vrije oppervlak waarvan de ontwerper is uitgegaan.

Deze kwaliteitseisen voor bestaande bouw ook aanhouden. Bij gefreesde sleuven voor de vloerverwarmingsbuizen is en mag de minimale dekking kleiner zijn dan 2 cm.

2.3.2 Radiatoren en convectoren

Op basis van het totale warmteverlies Φ_{tot} van een vertrek worden de benodigde vermogens gekozen die de radiatoren of convectoren moeten afgeven:

Voorbeeld

Stel het warmteverlies van een vertrek is Φ_{tot} = 2000 W.

Als in het vertrek één radiator wordt opgesteld, dan moet de radiator een vermogen afgeven van:

$\Phi_{rad} = \Phi_{tot}$ = 2000 W

Worden in een vertrek, bijvoorbeeld de woonkamer, twee radiatoren opgesteld, dan wordt de 2000 W verdeeld over de twee radiatoren. Stel dat het grootst deel van het warmteverlies 1200 W plaatsvindt bij het grootste raamoppervlak dan wordt voor dat deel van het vertrek een radiatorvermogen gekozen van 1200 W. We krijgen dan:

$\Phi_{rad,1}$ =1200 W

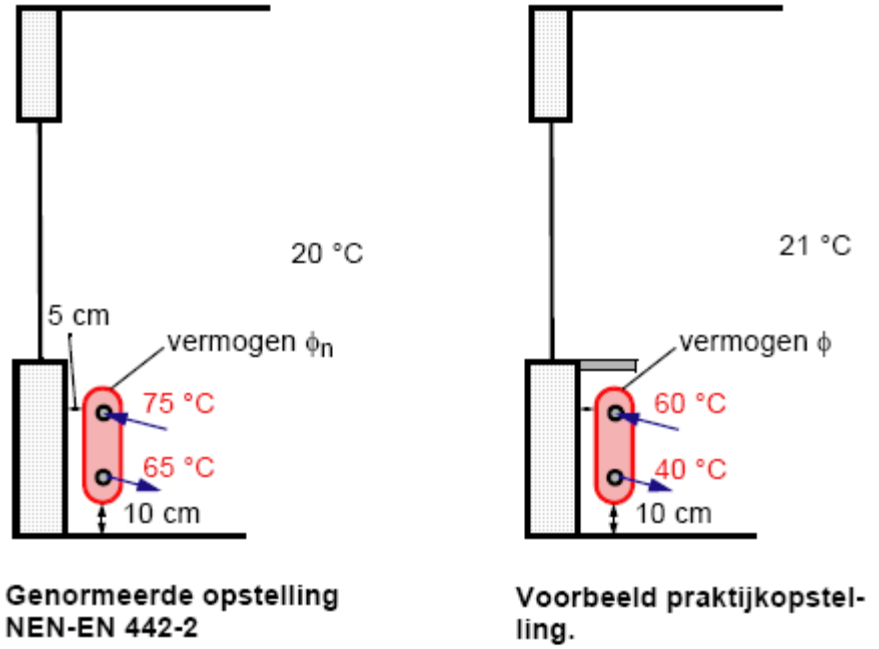
$\Phi_{rad,2}$ = 800 W

Φ_{tot} =2000 W

De volgende stap is een radiator te selecteren uit de catalogus van de fabrikant/leverancier. De door de fabrikant/ leverancier vermelde vermogens van een radiator/convector zijn gebaseerd op de NEN-EN 442-2. Dit betekent dat deze genormeerde vermogens geldig zijn bij de volgende temperaturen:

- Aanvoertemperatuur cv-water van 75 °C;
- Retourtemperatuur cv-water van 65 °C;
- Vertrektemperatuur 20 °C.

In figuur 2.3.1 is een voorbeeld gegeven van de genormeerde opstelling volgens de NEN-EN 442-2 en een willekeurige praktijkopstelling



Figuur 2.3.1. Genormeerde opstelling van een radiator volgens de NEN-EN 442-2 en een willekeurige praktijkopstelling.

Het zijn dus niet alleen de cv-temperaturen die kunnen verschillen van de norm, maar bijvoorbeeld ook een vensterbank boven de radiator.

Als de praktijkopstelling gelijk is aan de genormeerde opstelling, kan het benodigd vermogen van de radiator of convector direct uit de catalogus worden afgelezen zonder correctie. Dus als Φ_{rad}=1200 dan wordt uit de catalogus een radiator geselecteerd van 1200 W of groter.

Als de praktijkopstelling afwijkt van de genormeerde situatie moet het benodigde radiator- of convectorvermogen worden gecorrigeerd voordat men een radiator of convector uit de catalogus kan selecteren.

De benodigde correctiefactoren staan in ISSO-publicatie 66 "Vermogen van radiatoren en convectoren in praktijksituaties". In het kleintje cv wordt op vereenvoudigde wijze gecorrigeerd voor een vensterbank en de cv-temperaturen.

Invloed van een vensterbank op het vermogen van een radiator					
Plaatradiator			**Leden radiator**		
Afstand radiator vensterbank			Afstand radiator vensterbank		
0 cm	5 cm	10 cm	0 cm	5 cm	10 cm
fw=1,15	fw=1,07	fw=1,03	fw= 1,03		

- *De uit de catalogus te selecteren radiatoren is*
  $\Phi_{catalogus} = f_w . \Phi_{rad}$;
- *Bij ledenradiatoren valt de vermindering van het vermogen tengevolge van een vensterbank mee, ongeveer 3 %. Dit komt omdat de opgewarmde lucht naar de voorzijde kan uitwijken. Dit in tegenstelling tot een plaatradiator, waarbij een of meer schachten als het ware worden afgesloten.*

Voorbeeld

Een radiator moet een vermogen afgeven van Φ_{rad}=1200 W. Het betreft een plaatradiator met een vensterbank 5 cm boven de radiator. Het uit de catalogus van de fabrikant/ leverancier te selecteren radiatorvermogen is dan minimaal.

$\Phi_{catalogus}$ = 1,07. 1200= 1284 W

Te selecteren radiator/convector als cv-temperaturen en vertrektemperatuur anders zijn dan in de norm NEN-EN 442 75/65/20 °C.						
Benodigd vermogen radiator/convector Φ_{rad}	**Ontwerp cv-watertemperaturen project in °C**					
	80/60	70/50	60/40	75/65	65/55	55/45
500 W	500	687	1024	500	670	980
1000 W	1000	1373	2049	1000	1340	1960
1500 W	1500	2095	3074	1500	2010	2940
2000 W	2000	2746	4099	2000	2680	3920

- *Bij de cv-temperaturen 80/60 blijkt dat er geen correctie op het vermogen volgt. Dit komt omdat de gemiddelde temperatuur van de radiator/convector bij 80/60 ongeveer gelijk is aan de gemiddelde genormeerde temperatuur bij 75/65, zijnde 70 °C;*
- *Als het ontwerptemperatuurverschil groter is dan 20K, dan moet de correctie met de radiatorgrafiek in ISSO-publicatie 66 worden uitgevoerd;*
- *In bovenstaande tabel is uitgegaan van een vertrektemperatuur van 20 °C. Bij een hogere vertrektemperatuur, zoals in de badkamer, moet een grotere radiator/convector worden geselecteerd, zie ISSO-publicatie 66;*
- *In het geval van een vensterbank eerst de corectie voor de vensterbank uitvoeren en daarna met bovenstaande tabel een temperatuurcorrectie toepassen;*

Voorbeeld
Stel dat het benodigde radiatorvermogen is Φ_{rad}=1500 W. De ontwerp cv-temperaturen zijn vastgesteld op 60/40 °C.
Uit de tabel volgt dat een radiator met een vermogen van 3074 W moet worden geselecteerd. Deze radiator zal bij de ontwerptemperaturen 60/40 °C het benodigde ontwerpvermogen van 1500 W afgeven.
Bij het selecteren van de radiator wordt tevens gekozen voor een bepaald type en de afmetingen. Het is vanzelfsprekend dat de afmetingen zodanig moeten zijn dat de radiator of convector bijvoorbeeld onder de borstwering past. Als de cv-temperaturen lager worden valt snel op dat de benodigde afmetingen van de radiator te groot worden. Een radiator/ convector met ventilator kan hier een oplossing bieden.

Berekening van de volumestroom
De juiste hoeveelheid water die door een radiator of convector moet stromen (ontwerpvolumestroom q_v) wordt berekend met formule 2.3.1.

$$q_v = \frac{\Phi_{rad}}{\rho \cdot c \cdot (\theta_{in} - \theta_{uit})} \quad \frac{m^3}{s}$$

In deze formule stellen voor:

q_v	=Volumestroom	m³/s
Φ_{rad}	=Benodigd vermogen radiator/convector	W
θ_{in}	=Ingaande cv-temperatuur	°C
θ_{uit}	=Uitgaande cv-temperatuur	°C
ρ	=Soortelijke massa water circa 981	kg/m³
c	=Soortelijke warmte water circa 4190	J/(kg·K)

Voorbeeld

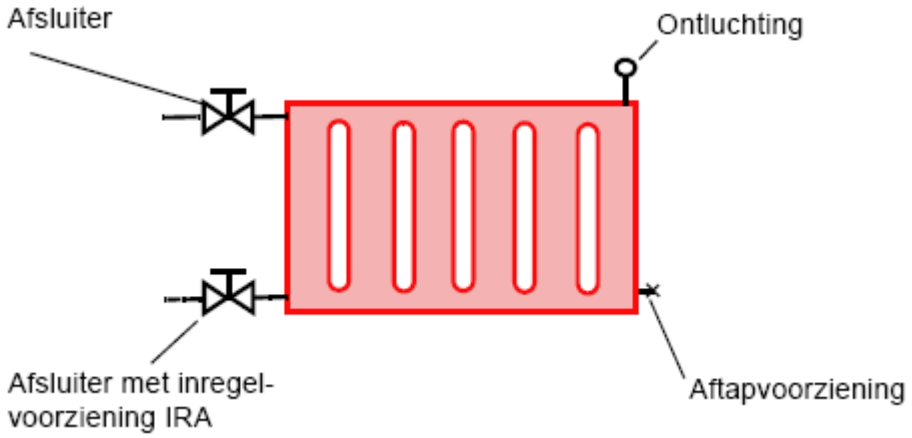
Uitgaande van het benodigde radiatorvermogen in het vorige voorbeeld Φ_{rad}= 1500 W volgt voor de volumestroom.

$$q_v = \frac{1500}{981 \cdot 4190 \cdot (60 - 40)} = 0,000018 \quad \frac{m^3}{s}$$

Vermenigvuldigen met 1000 en 60 geeft het resultaat in liter/min.
0,000018·1000·60=1,08 liter/min (ongeveer één liter fles per minuut !)

Opmerking

Deze ontwerpvolumestroom gaat niet vanzelf door een radiator stromen. Hiervoor is een inregelafsluiter nodig en moet worden ingeregeld, zie hoofdstuk 2.4.6.

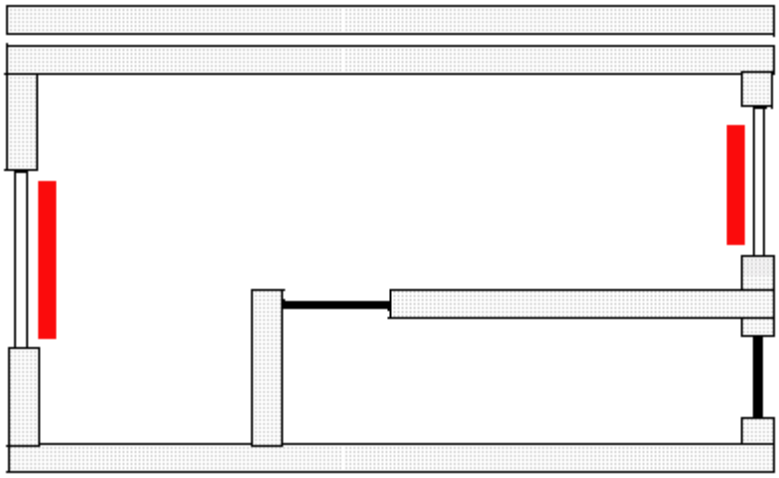


Figuur 2.3.2. Minimale voorzieningen op een radiator/convector volgens de nieuwe GIW-eisen.

Een ontluchting zit meestal al standaard op een radiator/convector. De inregelafsluiter kan ook geïntegreerd zijn in de afsluiter in de aanvoer (dubbelinstelbare handafsluiters of thermostatische regelafsluiters met de mogelijkheid de ontwerpvolumestroom in te stellen). Het afsluiten van de radiator/ convector en het inregelen kan ook geïntegreerd zijn in een zogenoemd onderblok of aansluitcombinatie. Figuur 2.3.3 geeft hiervan een voorbeeld.

Figuur 2.3.3. Een onderblok voor een 2-pijpssysteem met afsluit- en inregelvoorziening (foto Comap).

Opstelling radiator/convector in een vertrek



Figuur 2.3.4. Radiatoren/convectoren verdelen over het vertrek. Plek met grootste verlies krijgen het grootste vermogen.

Figuur 2.3.5. Radiatoren/convectoren bij voorkeur onder een raam plaatsten, waarbij de breedte van de radiator/convector ongeveer gelijk is aan de breedte van het raam.

Figuur 2.3.6. Radiatoren/convectoren bij voorkeur onder een inblaasroosters in de gevel plaatsen (ventilatiesysteem A en C).

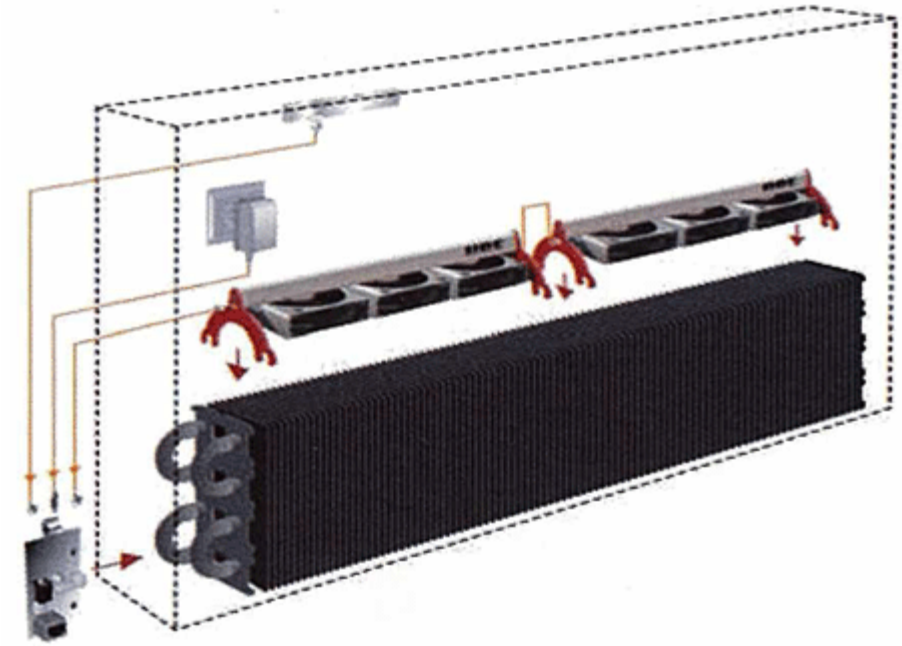
Figuur 2.3.7. Radiatoren/convectoren niet in de buurt van of onder een afzuigrooster plaatsen (ventilatiesysteem A, C en D).

Radiatoren/convectoren met ventilatoren

Er worden drie verschillende typen te onderscheiden:

1. Verwarmen met geforceerde convectie via ventilator;
2. Verwarmen en mechanische toevoer buitenlucht via de gevel;
3. Verwarmen en mechanische toe- en afvoer lucht via de gevel met warmteterugwinning.

1. Verwarmen met geforceerde convectie
Deze techniek wordt al langer toegepast bijvoorbeeld bij vloerconvectoren. Met geforceerde convectie wordt de warmteafgifte van de radiator/convector groter. Figuur 2.3.8 geeft een voorbeeld van een wandconvector met ventilatoren.



Figuur 2.3.8 Wandconvector met geforceerde (ventilator) convectie (foto Jaga).
Een voordeel van geforceerde convectie is dat men met kleinere afmetingen van een convector voldoende warmtevermogen kan leveren. Dit opent de mogelijkheid om radiatoren/ convectoren toe te passen bij cv-aanvoertemperaturen lager dan 55 °C. Een ander voordeel is dat men de ventilator op een maximale stand kan zetten (boosteren) om een vertrek sneller op temperatuur te krijgen. Dit sluit aan bij de wensen van de meeste bewoners om een vertrek snel op te kunnen warmen.
De installatieontwerper houdt hierbij rekening met:

- Alleen de vermogensafgifte zonder ventilator is bepaald volgens de NEN-EN 442-2. Met ventilator is men afhankelijk van de gegevens van de fabrikant/leverancier;
- Gewogen geluidsdruk in de ontwerpsituatie <= 30 dB(A). De fabrikant levert meestal een gewogen geluidsvermogen in dB(A) dat naar de geluidsdruk kan worden omgerekend;
- Elektrische aansluiting 230 V nodig.

Voorbeeld
Een vertrek moet verwarmd worden met wandconvectoren aangesloten op een laag Temperatuur Verwarming Installatie (LTV).
Bekende gegevens:

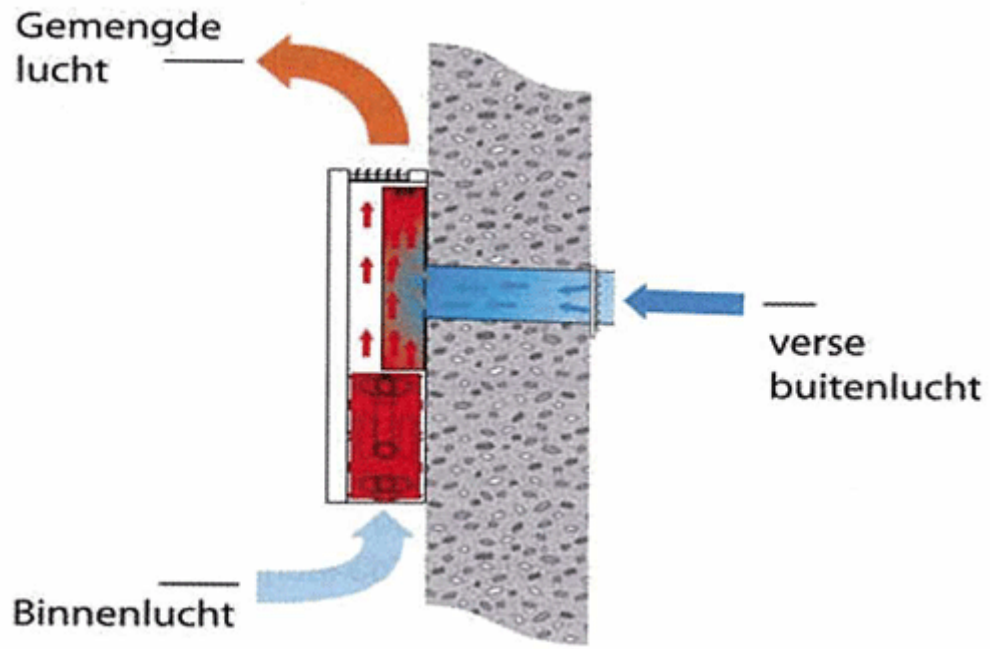
- Vermogensbehoefte Φ_{tot}= 2000 W;
- Cv-aanvoer θ_{in}= 55°C;
- Cv- retour θ_{uit}= 45 °C;
- 2 Convectoren in het vertrek type 11;
- Maximale hoogte convector h = 50 cm;
- Maximale breedte convector b = 150 cm.

Selectie zonder ventilator (ventilator uit):
Type 11 met de afmetingen h= 50 cm en b= 160 cm levert een vermogen van Φ = 1064 W. Dit is totaal 2*1064=2128 W, dus voldoende om de vermogensbehoefte Φ_{tot} te dekken. Alleen is de breedte b van de convector te groot.

Selectie met ventilator in ''middenstand''
Type 11 met de afmetingen h= 50 cm en h= 100 cm levert een vermogen van Φ = 1192 W. Dit is totaal 2*1192=2384 W, dus voldoende om de vermogensbehoefte te dekken. De breedte van de convector ligt ruim onder de maximale waarde van 150 cm. Het geluidsvermogen van de convector is bijvoorbeeld 28 dB(A).
Boosteren
Zet men de ventilator in de hoogste stand dan levert dit een extra vermogen van 240 W per wandconvector. Hiermee wordt een gemiddelde opwarmtijd van 20 minuten verlaagd naar 12 minuten. De retourtemperatuur daalt ongeveer 2 °C extra.
De geluidsdruk mag voor deze tijdelijke situatie hoger zijn dan 30 dB(A).
2. Verwarmen en mechanische toevoer buitenlucht via de gevel
Bij deze radiatoren/convectoren zijn vier functies in één apparaat ondergebracht:

- Toevoer buitenlucht;
- Filteren;
- Verwarmen;
- Nachtkoeling.

In figuur 2.3.9 is een voorbeeld gegeven van zo'n apparaat



Figuur 2.3.9 Wandconvector met mechanische toevoer vanuit de gevel (foto Jaga). De interne regeling zorgt binnen een bepaald regelbereik voor een inblaastemperatuur van 18 °C voor de gemengde en verwarmde lucht.
Voorbeelden opbouw ventilatiesysteem

- Alle verblijfsgebieden/ruimten worden voorzien van wandconvectoren met mechanische toevoer. Via overstroom voorzieningen (spleten onder de deur) wordt de lucht in de natte ruimten zoals keuken, toilet en badruimte afgezogen via een kanalenstelsel met centrale ventilator. Decentrale vraagsturing d.m.v. CO_2 sensoren en koppeling met het toerental van de centrale afzuigventilator voor balans tussen toevoer en afvoer;
- In het verblijfsgebied (woonkamer, keuken) wandconvector(en) met mechanische toevoer. In de overige verblijsruimten natuurlijke toevoer. Afzuiging via keuken, toilet en badruimte via een kanalenstelsel met centrale ventilator. Decentrale vraagsturing d.m.v. CO_2 sensoren in woonkamer en keuken en koppeling met het toerental van de centrale afzuigventilator voor balans tussen toevoer en afvoer.

Zie bijlage D voor een verdere toelichting over decentrale ventilatiesystemen.

Het voordeel van deze vorm van ventileren is dat er minder kanalen nodig zijn en men per vertek zijn ventilatiebehoefte kan aanpassen op bijvoorbeeld CO_2 concentratie. Ook bestaat de mogelijkheid te werken met lagere cv-temperaturen en kan men boosteren, dankzij de geforceerde convectie. In de zomer kan men s'nachts koelen met lucht van buiten.
De installatieontwerper houdt rekening met:

- Alleen vermogensafgifte zonder ventilator is bepaald volgens de NEN-EN 442-2. Met de ventilator aan is men afhankelijk van de gegevens van de fabrikant/leverancier;
- Geen natuurlijke ventilatiesysteem combineren met een mechanisch ventilatiesysteem in één verblijfsgebied;
- Lage Inblaastemperatuur als er geen warmtevraag is;
- Geluidsbelasting op de gevel van buiten;
- Verdunningsfactor kleiner of gelijk aan 0,01;
- Inlaat 2 m van perceelgrens;
- Gewogen geluidsdruk in verblijfsruimte in ontwerpsituatie < =30 dB(A);
- Elektrische aansluiting nodig 230 V;
- Mengtemperatuur in ontwerpsituatie >= 16 °C.

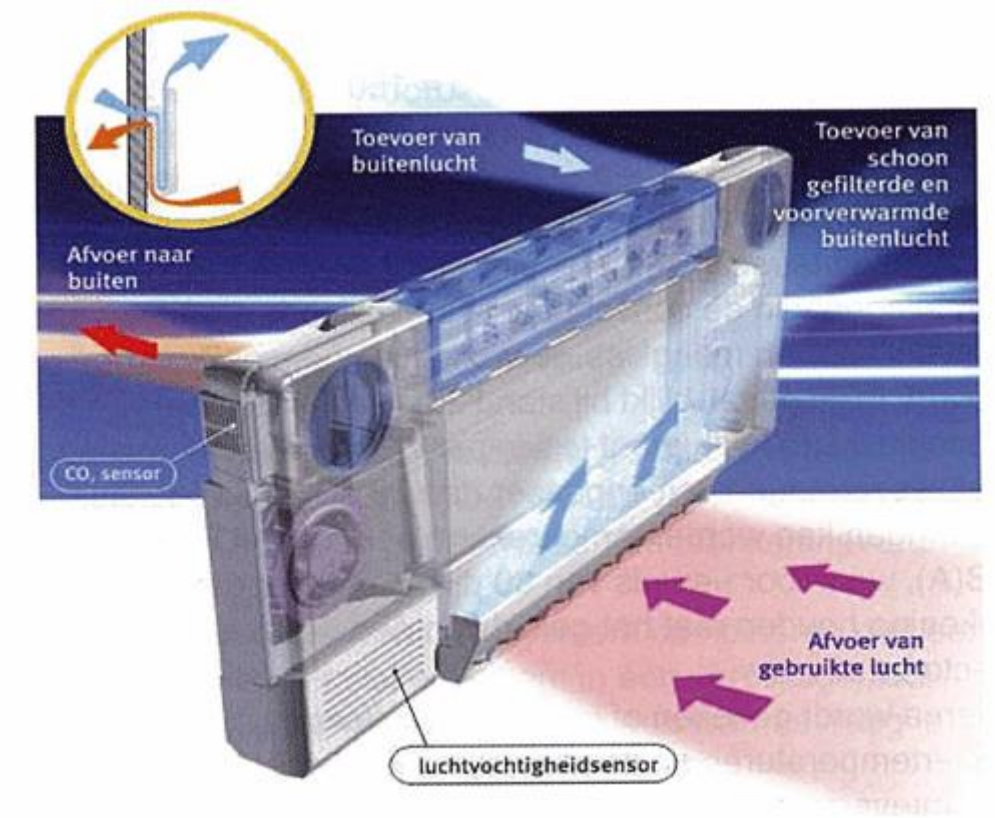
Voorbeeld
Een vertrek moet geventileerd en verwarmd worden met twee wandconvectoren met mechanische ventilatie aangesloten op een Laag Temperatuur Verwarming Installatie (LTV).
Bekende gegevens:

- Benodige hoeveelheid buitenlucht 100 m³/h;
- Vermogensbehoefte Φ_{tot}= 2000 W;
- Cv-aanvoer θ_{in}=55°C;
- Cv- retour θ_{uit} = 45 °C;
- 2 Wandconvectoren type 11;
- Maximale hoogte convector h = 50 cm;
- Maximale breedte convector b = 150 cm.

De eerste stap is het bepalen van een convector die voldoende verse lucht levert. De fabrikanten/leveranciers hebben dit meestal zo geregeld dat zij onafhankelijk van de afmetingen van de convector bij verschillende standen van de ventilator en mengklep de verse luchthoeveelheid opgeven. In dit geval blijkt bij stand 2 de volumestroom van de buitenlucht 60 m³/h groot te zijn per wandconvector met een geluidsvermogen van ongeveer dan 28 dB(A). Dit geluidsvermogen kan worden omgerekend naar de geluidsdruk in dB(A), waarvoor een eis van 30 dB(A) of lager geldt. Hierbij rekening houden met het geluid van één of twee wandconvectoren. Hierna wordt gekeken of met het betreffende type 11, de cv-watertemperaturen en de afmetingen minimaal 1000 W aan warmtevermogen kan worden geleverd.
Door de ventilator op een hogere waarde te zetten (boosteren) kan er meer worden geventileerd en of worden verwarmd.
Door middel van regeling kan de ventilatiehoeveelheid worden aangepast aan het bewonersgedrag. Hiermee wordt energie bespaard en een lagere EPC-waarde berekend. De lagere EPC moet d.m.v. een erkende gelijkwaardigheidsverklaring worden aangetoond.
3. Verwarmen en mechanische toe- en afvoer van lucht via de gevel met warmteterugwinning
Bij deze radiatoren/convectoren zijn vijf functies in een apparaat ondergebracht:

- Ventileren;
- Filteren;
- Warmteterugwinning;
- Verwarmen;
- Nachtkoeling.

In figuur 2.3.10 is zo'n apparaat gegeven.



Figuur 2.3.10. Radiator met mechanische ventilatie en warmteterugwinning (foto climarad).

Voorbeelden opbouw ventilatiesysteem

- Alle verblijfsgebieden/ruimten worden voorzien van een radiator(en) met mechanische toe- en afvoer met WTW. Er zijn nu geen overstroomvoorzieningen nodig voor deze ruimten. De lucht in de toilet en badkamer wordt afgzogen via kanalen aangesloten op een kanalenstelsel met centrale ventilator. Het afzuigen in de keuken gebeurt mechanisch via een appart kanaal;
- Alleen radiator(en) met mechanische toe- en afvoer met WTW in het verblijfsgebied woonkamer met keuken. Geen overstroom voorziening naar dit gebied. In de overige verblijfsruimten toevoer via de gevel en afzuigen in de toilet en badkamer via een kanalen stelsel met centrale ventilator. De afzuiging in de keuken boven het kooktoestel vindt plaats via een appart kanaal met ventilator.

Het voordeel van deze vorm van ventileren is dat er geen of minder kanalen nodig zijn en men per vertrek de ventilatiebehoefte kan aan passen. Dankzij de WTW kan men werken met lagere cv-temperaturen en kan men "boosteren" als men een vertrek sneller wil opwarmen. In de zomer kan men s'nachts koelen met lucht van buiten.
De installatie ontwerper houdt rekening met:

- Alleen vermogensafgifte zonder ventilator is bepaald volgens de NEN-EN 442-2. Met de ventilator aan is men afhankelijk van de gegevens van de fabrikant/leverancier;
- Geen natuurlijke ventilatiesysteem combineren met een mechanisch ventilatiesysteem in één verblijfsgebied;
- Geluidsbelasting op de gevel van buiten;
- Verdunningsfactor kleiner of gelijk aan 0,01;
- Inlaat 2 m van perceelgrens;
- Gewogen geluidsdruk in ontwerpsituatie < =30 dB(A). De fabrikant/leverancier levert een geluidsvermogen in dB(A). Dit kan worden omgereken naar een geluidsdruk. Hierbij rekening houden met het aantal apparaten;
- Electrische aansluiting nodig 230 V;
- Inblaastemperatuur in ontwerpsituatie >= 16 °C.

Het selecteren en dimensioneren van de radiatoren met mechanische ventilatie bestaat uit twee stappen:

1. Bepaal met de eisen van het Bouwbesluit de benodigde hoeveelheid ventilatie in de vertrekken en selecteer het aantal apparaten en de in te stellen stand per apparaat voor de ventilatie hoeveelheid;
2. Bepaal op basis van de warmteverliesberekening het benodigde radiator vermogen dat elk apparaat moet hebben.

De ventilatie hoeveelheid kan worden aangepast aan de CO_2 concentratie en/of de relatieve vochtigheid. Met behulp van een erkende gelijkwaardigheidsverklaring kan worden aan getoond dat hiermee een verlaging van de EPC wordt berekend.

2.3.3 Vloerverwarming/wandverwarming

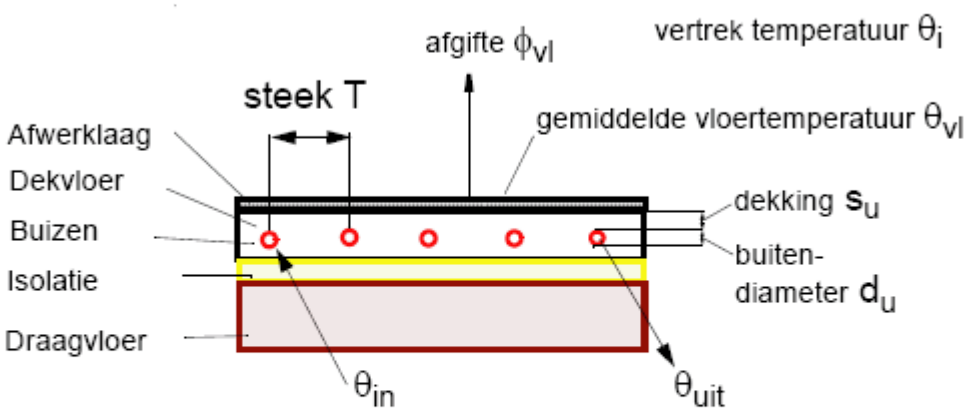
Op basis van het totale warmteverlies Φ_{tot} van een vertrek moet een vloer- of wandverwarmingssysteem worden gedimensioneerd dat minmaal een vermogen afgeeft gelijk aan Φ_{tot}.

Voorbeeld

Stel het warmteverlies van een vertrek is Φ_{tot} = 2000 W. Als in het vertrek vloerverwarming wordt toegepast, dan moet het onder ontwerpcondities (buiten -10 °C) het afgegeven vermogen van de vloerverwarming minimaal zijn.

$\Phi_{vloer} = \Phi_{tot}$ = 2000 W

De berekening van de benodigde cv-aanvoertemperatuur, buisdiameter en afstand tussen de buizen (steek) is een complexe zaak. Fabrikanten/leveranciers van vloer-wandverwarming beschikken meestal over op de NEN-EN 1264-2 gebaseerde computerprogramma's om deze berekeningen uit te voeren. In ISSO-publicatie 49 "Vloerverwarming" zijn voor verschillende situaties op basis van de NEN-EN 1264- 2 grafieken gegeven waarmee de afgifte per vierkante meter vloer- of wandoppervlak globaal kan worden bepaald. In figuur 2.3.11 is zo'n vloerverwarmingsgrafiek gegeven. In onderstaande figuur zijn de van toepassing zijnde grootheden gegeven.

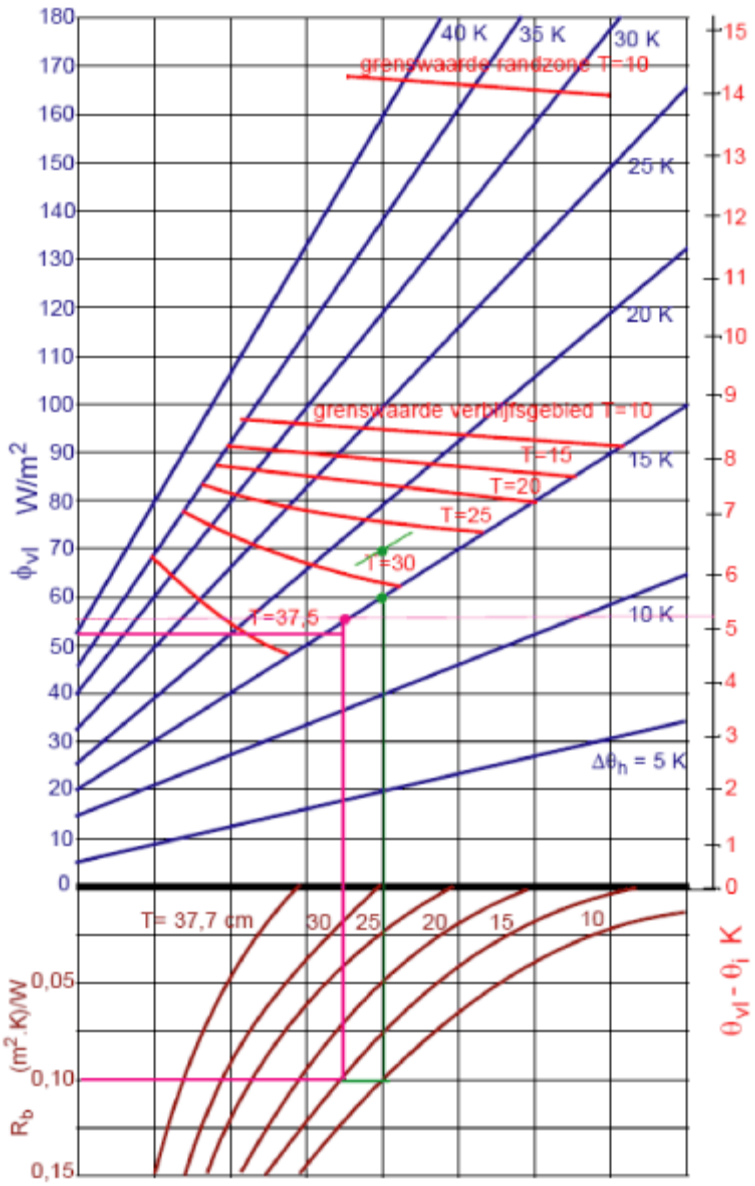


Warmteweerstand afwerklaag

- Plavuizen: R_b = 0,01 (m^2.K)/W
- Eiken parket: R_b = 0,05 (m^2.K)/W
- Kurk parket: R_b = 0,07 (m^2.K)/W
- Tapijt: R_b = 0,1 (m^2.K)/W
- Zwaar tapijt: R_b = 0,15 (m^2.K)/W

Benadering overtemperatuur $\Delta\theta_h$

$$\Delta\theta_h = \frac{\theta_{in} + \theta_{uit}}{2} - \theta_i \qquad K$$



Figuur 2.3.11. Vloerverwarmingsgrafiek geldig voor: Buizen in dekvloer natbouw; Buitendiameter buis d_u= 16 tot 20 mm; Dekking boven buizen S_u = 35 mm.

Voorbeeld

Met behulp van de vloerverwarmingsgrafiek moet de afstand (steek) tussen de buizen worden bepaald. We gaan ervan uit dat de volgende gegevens bekend zijn:

Bekende gegevens:

- Warmtebehoefte woonkamer: Φ_{tot} = 2000 W;
- Aanvoertemperatuur van het cv-water is: θ_{in} = 40 °C;
- Retourtemperatuur van het cv-water is: θ_{uit} = 30 °C;
- Woonkamertemperatuur θ_i = 20 °C;
- Beschikbare vloeroppervlak is 90 % van het het gebruiksoppervlak: A_{vloer} = 0,9 x 42 m² = 38 m²;
- Als afwerklaag wordt tapijt gekozen: R_b=0,1 m²·K/W.

Verwerken gegevens

Uit bovenstaande gegevens volgt dat dat het minimaal door de vloerverwarming te leveren vermogen per vierkante meter vloer gelijk moet zijn aan:

$$\Phi_{vl} > \frac{\Phi_{tot}}{A_{vl}} = \frac{2000}{38} = 53 \quad W/m^2{}_{vloer}$$

De overtemperatuur $\Delta\theta_h$ is:

$$\Delta\theta_h > \frac{40+30}{2} - 20 = 15 \quad K$$

Deze waarde valt toevallig samen met de blauwe overtemperatuur lijn met $\Delta\theta_h$= 15 K. Is dit niet het geval dan zelf een overtemperatuurlijn trekken.
De warmteweerstand van het tapijt en het te leveren vermogen worden als horizontale paarse lijnen uitgezet in de vloerverwarmingsgrafiek.
Er wordt **gekozen** voor een afstand tussen de buizen van 15 cm. Op het snijpunt verticaal naar boven tot de blauwe overtemperatuur 15 K. Het snijpunt met de blauwe lijn levert het werkpunt van de vloerverwarming. Op de linkeras lezen we de vermogensafgifte af en op de rechteras de gemiddelde vloertemperatuur. Het is duidelijk dat het werkpunt niet mag liggen boven de rode grenslijn met steek T= 15 cm.
Resultaten uit de grafiek:

- Afgifte van de vloer is: Φ_{vl}= 55 W/m² vloer (lichte mate van overdimensionering 55 > 53);
- θ_{vl}-θ_i = 5,2 K; hieruit volgt voor de gemiddelde vloertemperatuur θ_{vl}= 5,2 + 20 = 25,2 °C;
- Afstand tussen de buizen is: T = 15 cm;
- Buisdiameters uitwendig/inwendig d_u/d_i = 17 mm/12 mm;
- Dekking boven de vloer S_u= 35 mm.

Opmerkingen

1. Er zijn ook ander manieren om met de vloerverwarmingsgrafiek te werken. Een manier om bijvoorbeeld overdimensioneren uit te sluiten is de retourtemperatuur θuit af te leiden uit de grafiek. De overtemperatuurlijn volgt dan uit het snijpunt met een horizontale getrokken lijn met de minimaal benodigde warmtebehoefte en een verticaal getrokken lijn vanuit het snijpunt met de horizontale lijn voor de vloerafwerking en de steek van de buizen;
2. De in de vloerverwarmingsgrafiek rood weergegeven grenscurven zijn gebaseerd op een maximaal toelaatbare oppervlaktetemperatuur in verband met thermische behaaglijkheid, zie onderstaande tabel en eisen.

Vertrek	**$\theta_{vl,max}$ in °C**
Verblijfsgebied (woonkamer, slaapkamer)	29
Randzones (woonkamer bij raam)	34
Badkamer (niet weergegeven in grafiek)	31

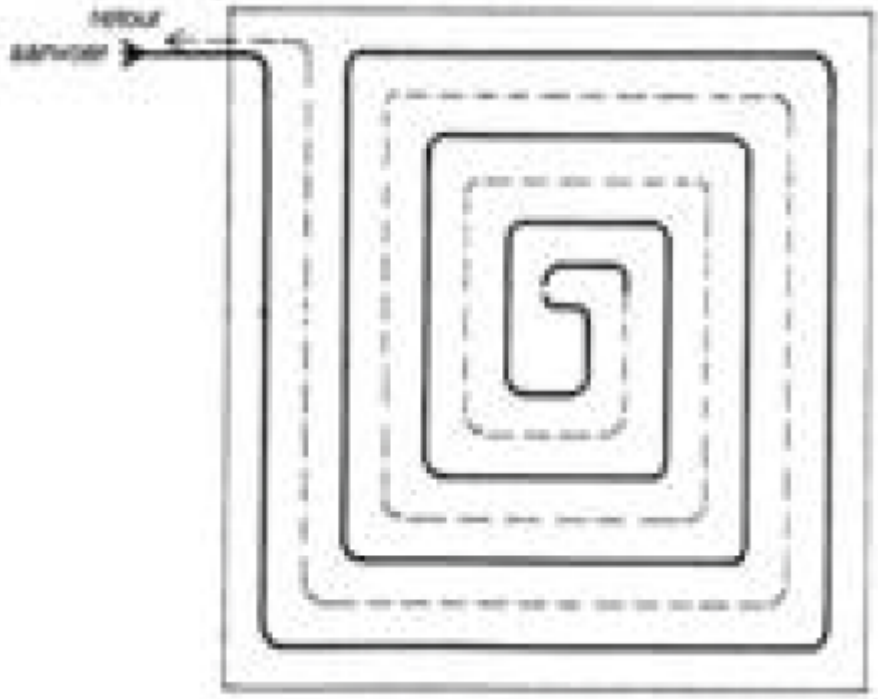
3. De oppervlaktetemperatuur van de vloer is niet constant. De hoogste waarden treden op direct boven de vloerverwarmingsbuis. De gemiddelde vloertemperatuur θ_{vl} is af te lezen op de rechteras van de vloerverwarmingsgrafiek en is lager dan de plaatselijke maximaal toegelaten vloertemperatuur $\theta_{vl,max}$.
4. Voor bestaand bouw kan vloerverwarming worden gerealiseerd d.m.v frezen in een dekvloer Su=0 cm. Zie voor vloerverwarmingsgrafieken ISSO-publicatie 49.

Legpatroon vloerverwarmingsbuizen
Vloerregisters kunnen op verschillende manieren worden gelegd. Bij de keuze van het legpatroon spelen de volgende aspecten een rol:

- Gelijkmatige vloeroppervlaktetemperatuur;
- Hogere vloertemperatuur in de randzones. Is een belangrijk punt omdat er relatief veel klachten zijn over koudeval of koudestraling in de buurt van ramen of buitenwanden;
- Het warmste cv-water eerst naar ''koudste'' zones brengen;

- Minimale kromtestraal afhankelijk van de opgave fabrikant/ leverancier van de buis.

Ondertaande figuren geven voorbeelden van een gelijkmatige vloertemperatuur en een hogere vloertemperatuur in een randzone.



Figuur 2.3.12. Met het slakkenhuispatroon wordt een gelijkmatige vloertemperatuur verkregen.

Figuur 2.3.13. Kleinere steek buizen in de randzone bij een raam voor een hogere oppervlaktetemperatuur van de vloer. Dit legpatroon heeft de voorkeur.

Figuur 2.3.13. Kleinere steek buizen in de randzone bij een raam voor een hogere oppervlaktetemperatuur van de vloer. Dit legpatroon heeft de voorkeur.

Berekening van de volumestroom

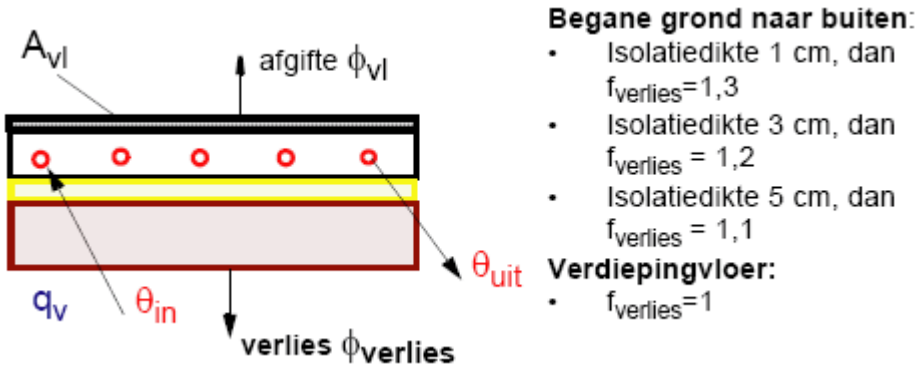
De hoeveelheid water die door een vloerverwarmingsbuis stoomt wordt bij benadering berekend met formule 2.3.2.

$$q_{v,1} = f_{verlies} \cdot \frac{A_{vl,1} \cdot \Phi_{vl,1}}{\rho \cdot c \cdot (\theta_{in} - \theta_{uit})} \quad \frac{m^3}{s}$$

In deze formule stellen voor:

$q_{v,1}$	=Volumestroom door buis onder $A_{vl,1}$	m³/s
$f_{verlies}$	=Factor voor warmteverlies naar onderzijde	-
$A_{vl,1}$	=Vloeroppervlak	m²
$\Phi_{vl,1}$	=Warmteafgifte uit vloerverwarmingsgrafiek voor vloeroppervlak $A_{vl,1}$	W/m² vloer
θ_{in}	=Ingaande cv-temperatuur	° C
θ_{uit}	=Uitgaande cv-temperatuur	° C
ρ	=Soortelijke massa van water circa 981	kg/m³
c	=Soortelijke warmte van water circa 4190	J/(kg·K)

Vermenigvuldigen van de uitkomst met 1000 en 60 geeft de volumestroom in liter/min.
Met de verliesfactor $f_{verlies}$ wordt het warmteverlies naar de onderzijde $f_{verlies}$ in rekening gebracht. Waarden voor de verliesfactor zijn gegeven in figuur 2.3.14. Voor een precieze berekening wordt verwezen naar ISSO-publicatie 49.

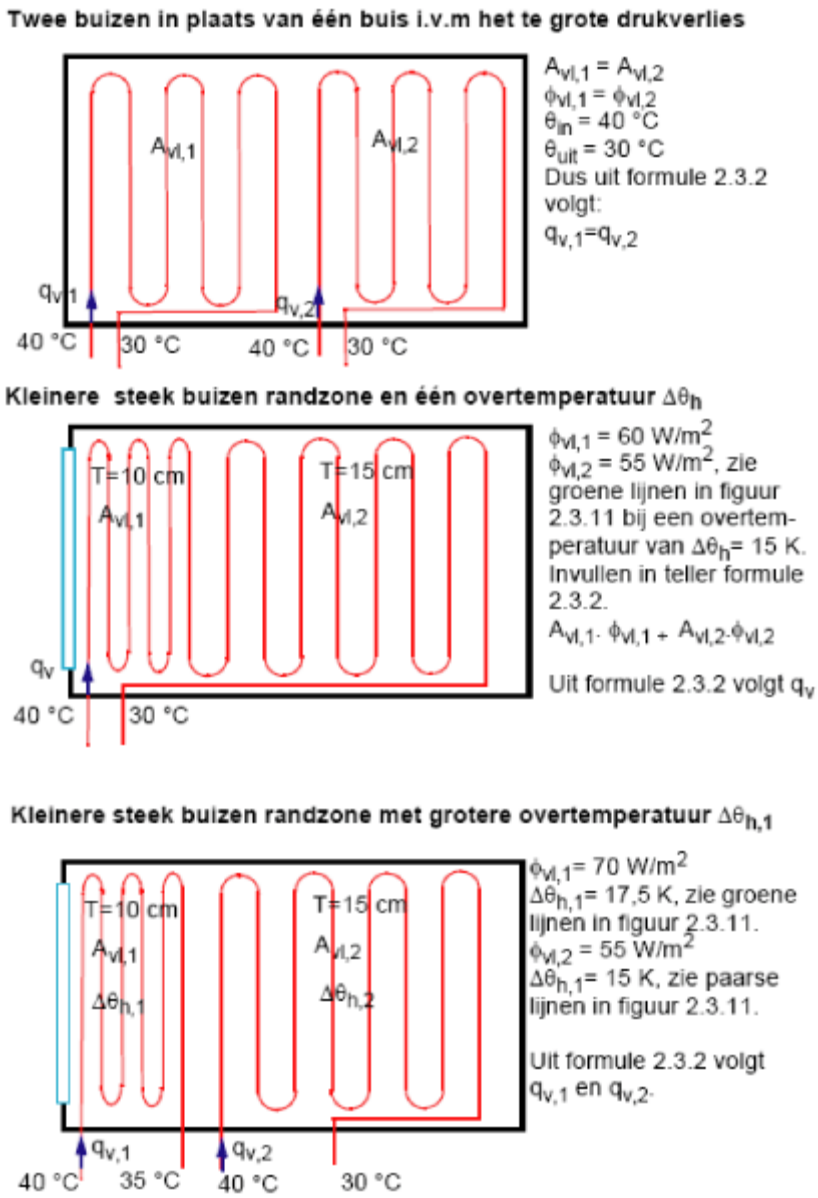


Figuur 2.3.14. Warmteverlies naar de onderzijde in rekening gebracht door middel van de verliesfactor $f_{verlies}$.

Het beschikbare vloeroppervlak A_{vl} kan in stukken worden opgedeeld $A_{vl,1}$ en $A_{vl,2}$, etc. in verband met:

- De maximale lengte van een vloerverwarmings buis in verband met het drukverlies <= 20 kPa;
- Omdat in de randzones onder de ramen met een een kleinere steek (grotere warmteafgifte Φ_{vl}) wordt gewerkt.

In figuur 2.3.15 zijn een aantal voorbeelden gegeven.



Figuur 2.3.15. Verschillende situaties voor berekening van de volumestroom in een vloerverwarmingsbuis met formule 2.3.2.

2.3.4 Vloerverwarming met radiatoren/convectoren

De reden om vloerverwarming te combineren met radiatoren is om daarmee de traagheid van vloerverwarming te compenseren. Installatieschema 3 geeft een voor de hand liggende en veel toegepaste combinatie van vloerverwarming met radiatoren. In de woonkamer en eventueel ook badkamer wordt vloerverwarming toegepast als basisverwarming. Deze basisverwarming compenseert bijvoorbeeld het transmissie verlies Φ_t naar buiten. Het transmissieverlies is afhankelijk van de buitentemperatuur die slechts geleidelijk van waarde verandert. Dit sluit goed aan op het trage vloerverwarmingssysteem. De snellere veranderingen van de warmtebehoeften tengevolge van ventilatie, interne warmteproductie, wel of geen zoninstraling worden opgevangen door de snellere radiatoren of convectoren. In de slaapkamers worden alleen radiatoren of convectoren toegepast. Ook dit is een goede keuze omdat gebleken is dat bewoners een voorkeur hebben voor een koele slaapkamer tijdens het slapen. Met vloerverwarming op de slaapkamers koelt de slaapkamer langzaam af en gaan bewoners ramen openzetten om een snellere afkoeling te bevorderen.

Een ander punt is dat met radiatoren de koudeval en/of koudestraling van een raam kan worden gecompenseerd. Het verkleinen van de afstand tussen de buizen in de randzone is nu niet noodzakelijk.

2.4 Selectie en dimensioneren distributiesysteem

De radiatoren of convectoren worden door middel van een distributiesysteem voorzien van warm water. In het kleintje cv wordt uitgegaan van het in woningen hoofdzakelijk toegepaste **tweepijpssysteem** met een toevoernet en een afvoernet waartussen bijvoorbeeld de radiatoren zijn aangesloten. Vroeger werd het distributiesysteem hoofdzakelijk uit gevoerd met metalen 1/2'' draadbuis. Deze metalen buizen werden tegen de wanden gemonteerd. Nu wordt hoofdzakelijk gewerkt met kunststofbuizen die in de wanden en dekvloer van een woning worden weggewerkt. Ook nieuw in het kader van Laag Temperatuur Verwarming is dat vloerverwarmingssystemen direct op de warmteopwekker worden aangesloten. De ketel levert dan voor cv een temperatuur die niet hoger is dan bijvoorbeeld 40 °C, zie installatieschema 4. Bij Hoog Temperatuur Verwarming is de vloerverwarming voorzien van een eigen distributiepomp om er onder andere voor te zorgen dat het warme cv-water van een ketel 80 °C, niet direct de vloerverwarmingsbuizen instroomt, zie installatieschema 3.
Op basis van de hieronder gegeven kwaliteitseisen worden de verschillende distributiesystemen in dit hoofdstuk behandeld.

2.4.1 Wettelijke eisen en kwaliteitseisen

Wettelijke eisen distributiesysteem
Geen wettelijke eisen.
Kwaliteitseisen distributiesysteem

- Het drukverlies over een distributiesysteem mag niet meer bedragen dan 20 kPa;
- Het distributiesysteem moet zijn ingeregeld;
- Bij een opwekker moet in de aanvoer een inregelafsluiter met meetvoorziening voor de volumestroom worden gemonteerd, zie installatieschema's 1 t/m 5;
- Als de cv-water temperatuur groter is dan 40 °C moeten de leidingen in de dekvloer worden geïsoleerd;
- Het warme cv-water in de aanvoer vanaf de opwekker tot aan de radiator, convector of vloerverwarmingsbuis mag niet meer afkoelen dan 5 % van de ontwerp aanvangstemperatuur. Dit betekent bijvoorbeeld dat als de keteltemperatuur 80 °C is, de temperatuur bij de radiator niet lager mag zijn dan 76 °C. Als de temperatuurdaling groter is dan 5 %, dan moet bij het dimensioneren van de radiator/convector en vloer-of wandverwarming uitgegaan worden van de lagere aanvoertemperatuur, zie voorberekening hoofdstuk 2.3.2 en 2.3.3;
- De retour op dezelfde wijze isoleren als de aanvoer;
- Kunststofbuizen dienen diffusiedicht te zijn;
- De dekking op ingestorte leidingen dient gemiddeld minimaal te zijn:

Vloerverwarming	2 cm
Wandverwarming	1 cm
Transportleiding cv	2 cm

- Indien de ontluchtingsvoorzieningen op de radiatoren/ convectoren niet voldoen om de gehele installatie te ontluchten, dan dienen er aanvullende voorzieningen te worden getroffen;
- Indien de vloer- wandverwarming wordt gerealiseerd met een mengregeling, dan dient deze hydraulisch neutraal te worden uitgevoerd, zie hoofdstuk 2.4.4;
- Leidingen in kruipruimten en overwarmde ruimten isoleren;
- De oppervlaktetemperatuur van een vloer in een verblijfsruimte mag tengevolge van de cv-buizen gemiddeld niet hoger worden dan 30 °C en boven de buizen niet hoger dan 40 °C.

2.4.2 Afmetingen buizen, fittingen en toepassing

Tabel 2.4.1 geeft een indruk van toegepaste buissoorten, afmetingen bij cv.

Tabel 2.4.1. Typen buizen en afmetingen.

Type buis	**DN - maat**	**Inch maat**	**Afmetingen**		
			d_{buiten} mm	wanddikte mm	d_{binnen} mm
Draadbuis (gasbuis) naadloos of gelast NEN 3257	DN 10	3/8''	17,2	2,35	12,5
	DN 15	1/2''	21,3	2,65	16,0
	DN 20	3/4''	26,9	2,65	21,6
	DN 25	1''	33,7	3,25	27,2
Precisiebuis NEN 1982 dunwandig			12	1	10
			15	1,25	12,5
			15	1,5	12,0
			22	1,25	19,5
			22	1,5	19,0
			28	1,25	25,5
			28	1,5	25,0
			35	1,50	32,0
Kunststof buizen diffusiedicht			14	2	10
			16	2	12
			18	2	14
			20	2	16
			26	2	22
-Bij kunstofbuizen is alleen de buitendiameter gestandaardiseerd. De wanddiktes kunnen per fabrikant/leverancier verschillen.					
-In het bijzonder moet bij de toepassing van kunststofbuizen gelet worden op: • Temperatuur; • Druk; • Diffussiedicht (is 100 % bij meer lagen buis bestaande uit kunststof en aluminium. In andere situtaties is sprake van een weerstand tegen diffussie); • Montagevoorvoorschriften fabrikant/leverancier.					
-Koperen buis kan ook, maar is niet in bovenstaande tabel opgenomen.					

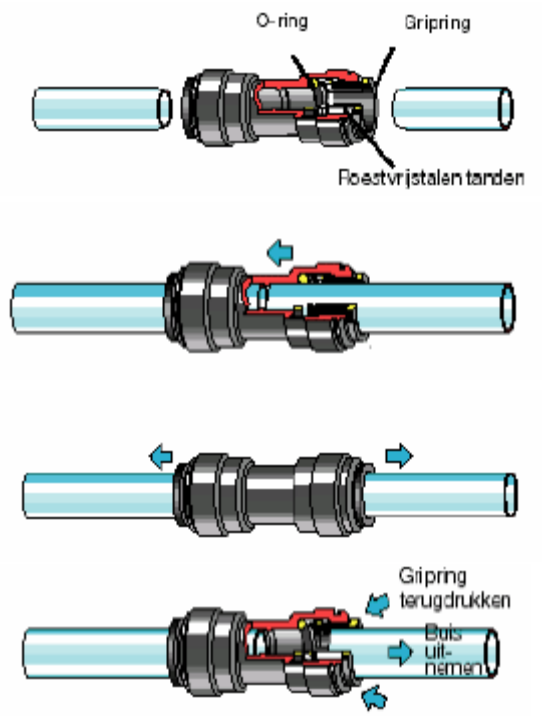
In tabel 2.4.2 is informatie over verbindingstechnieken en toepassing gegeven.

Tabel 2.4.2. Verbindingstechnieken en toepassing.

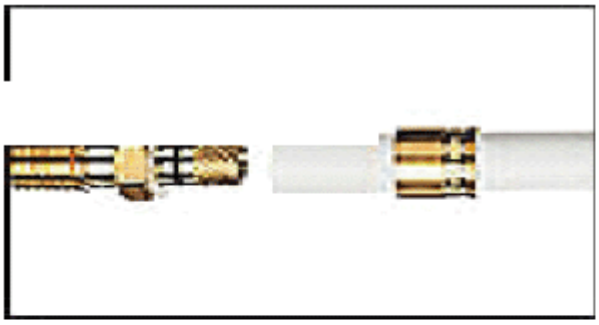
Type buis	**fitting (verbindingstechniek)**	**Toepassing**
Stalen draadbuis (gasbuis) naadloos of	Lassen	A, B, D

gelast NEN 3257	Draadverbinding	A, B, D
Precieze buis NEN 1982 dunwandig	Knelfitingen	A, B
	Steekfittingen	A, B
	Persfitting met blijvende vervorming	A, B
Kunststofbuizen	Lijmen	B, C, D
	Knelfittingen	B, C, D
	Steekfittingen	B
	Persfitting met blijvende vervorming	B, C, D
Toepassing		
A = In het zicht, bijvoorbeeld wandmontage.		
B = Weggewerkt maar bereikbaar, bijvoorbeeld in een schacht. Kruipruimte of kelder mag ook mits deze droog, toegankelijk, en dwarsventilatie heeft. Buis voorzien van mantelbuis, isolatie of beschermlaag. In onverwarmde ruimte buis beschermen en isoleren.		
C = In de grond op ten minste 0,8 m diep. Hierbij rekening houden met afstand tot andere buizen en de gevel. Buizen voorzien van een beschermlaag.		
D = Weggewerkt en onbereikbaar bijvoorbeeld ingestort in vloer, wand of onbereikbare ruimte. Hierbij geldt: • Stalen buizen voorzien van een mantelbuis, isolatie of beschermlaag; • Koperen buizen voorzien van mantelbuis, isolatie of beschermlaag; • Kunstof buizen voorzien van mantelbuis of isolatie; • Kunstof buizen bij voorkeur zonder verbinding in vloer of wand uitvoeren.		
Zie ook ISSO-publicate 76 ''Montage en materiaalspecificaties''.		

Leidingsystemen
Door fabrikant/leverancier worden momenteel ook metalen en kunststofbuizen met hulpstukken en fitting als één leidingsysteem op de markt gebracht.
Voor afmetingen, verbindingstechniek en toepassing moet de informatie van de fabrikant/leverancier worden geraadpleegd. Voor sommige van deze van deze leidingsystemen zijn Beoordelings RichtLijnen (BRL) beschikbaar, waarin ook het toepassingsgebied met voorwaarden is af te leiden. Het voldoen aan de BRL geeft recht op een KOMO attest met productcertificaat.
In onderstaande figuren zijn afbeeldingen gegeven van een Steekfitting en een persfitting met kunststofbuizen. In beide gevallen is sprake van een compleet systeem.



Figuur 2.4.1. Voorbeeld van een demontabele steekfitting met kunststof buis.



Fitting en persring
om kunststofbuis.

Persen met speciale
perstang.

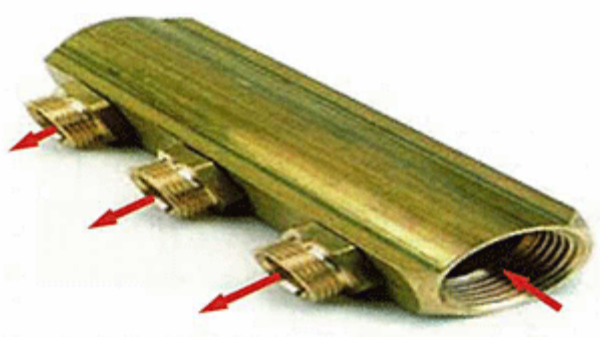
Figuur 2.4.2. Voorbeeld van een niet demontabele persfitting met kunststof buis.

2.4.3 Distributiesysteem radiatoren en convectoren

Er wordt onderscheid gemaakt tussen twee soorten distributiesystemen:

1. Zonder verdelers en verzamelaars;
2. Met verdelers en verzamelaars.

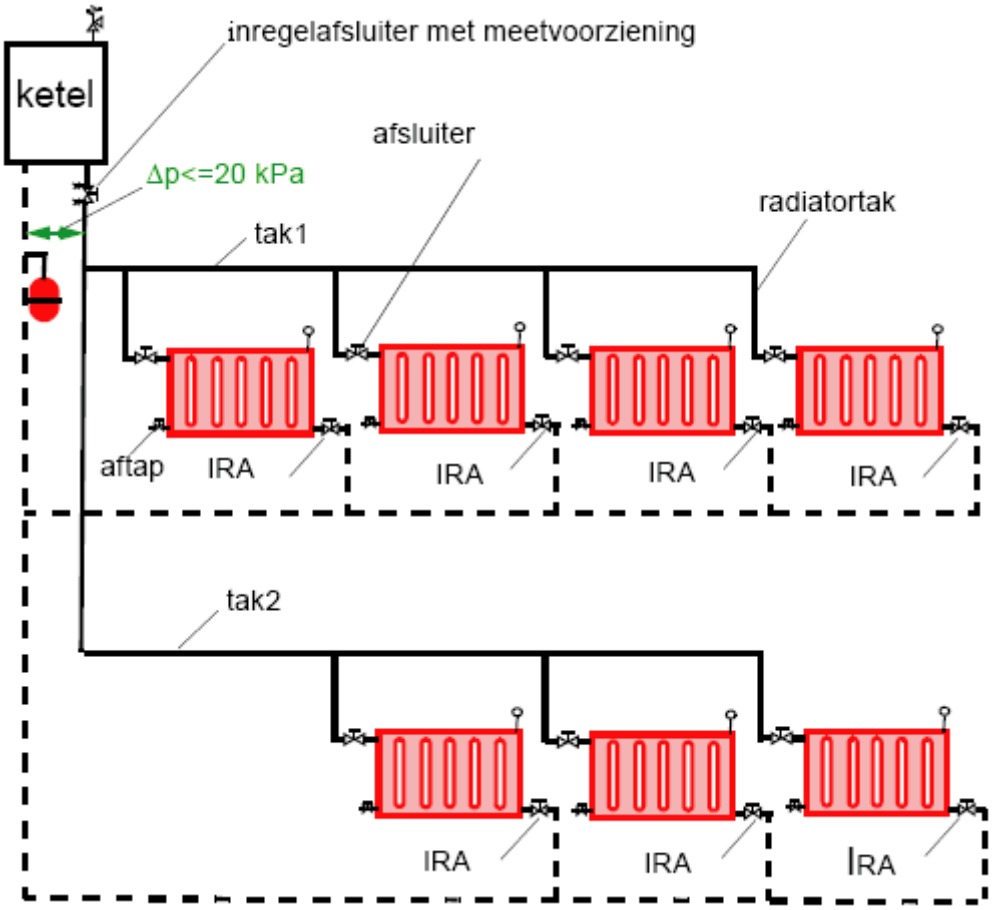
Een verdeler is een punt in het distributiesysteem met één aanvoer en verschillende uitgaande buizen naar de radiatoren of convectoren. Een verzamelaar is een punt in het distributiesysteem met meerdere inkomende buizen en één retourbuis. In figuur 2.4.3 is een afbeelding van een verdeler gegeven.



Figuur 2.4.3. Voorbeeld van een verdeler met één aanvoer en drie uitgaande buizen.

Kenmerk van een verdeler is dat de druk voor alle uitgaande buizen gelijk is. Voor een verzamelaar is de druk voor alle inkomende buizen gelijk. Distributiesystemen met een verdeler/ verzamelaar op elke verdieping hebben o.a. het voordeel dat het totale drukverlies over het distributiesysteem meestal lager is en daardoor eenvoudiger aan de eis van niet meer dan 20 kPa kan worden voldaan.

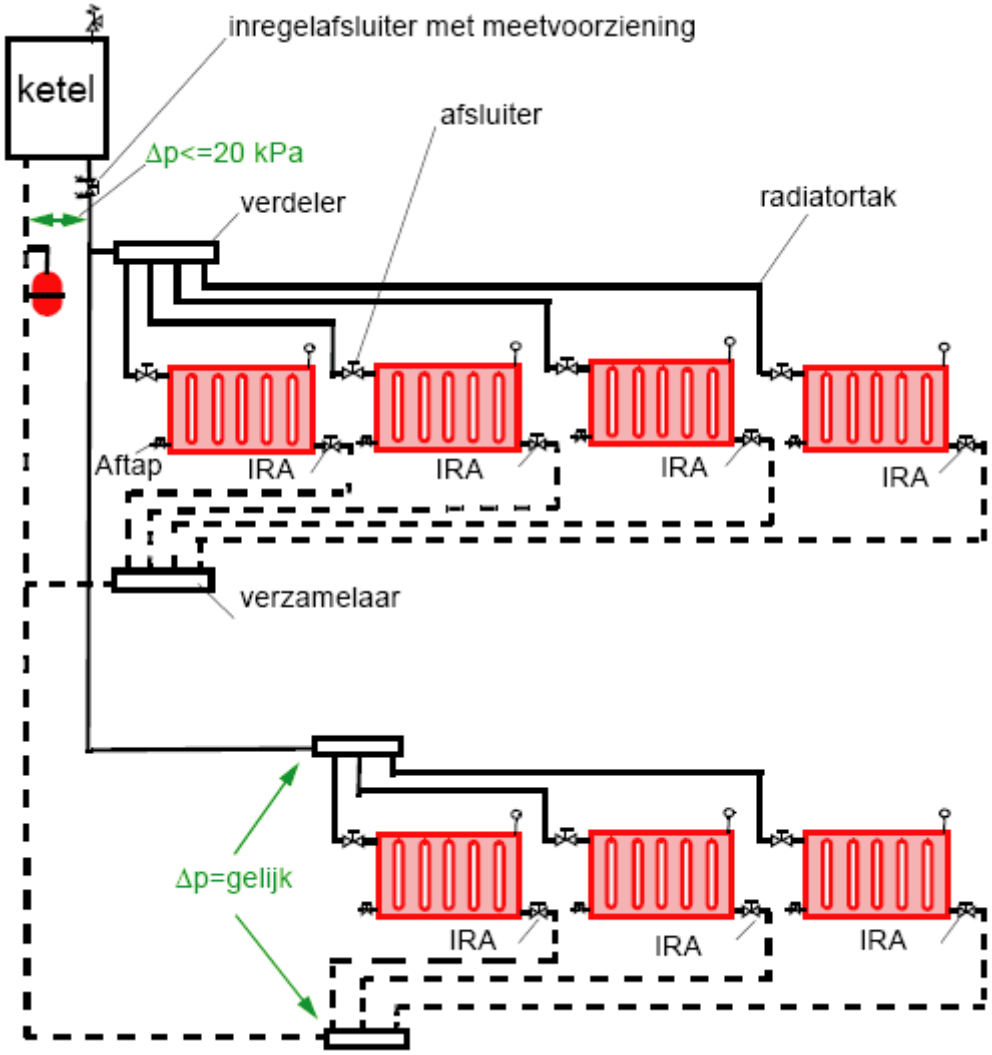
1. Distributiesysteem zonder verdelers en verzamelaars



Figuur 2.4.4. Tweepijps distributiesysteem zonder verdeler/ verzamelaar met radiatoren. IRA staat voor InRegelAfsluiter. De inregelvoorziening kan ook aangebracht zijn in de afsluiter van de aanvoer.

De parallel geschakelde radiatoren zijn door midddel van aanvoer- en retourbuizen met elkaar verbonden. Bij nieuwbouw zijn deze buizen in de wanden en vloeren weggewerkt. In principe krijgt de laatste radiator op een tak het laagste drukverschil aangeboden. Sluit men op een tak te veel radiatoren of convectoren aan dan bestaat de kans dat de laatste radiatoren een te laag drukverschil krijgen en daardoor een te lage volumestroom. Inregelen van de volumestromen is bij dit soort systemen van groot belang. Ook de afkoelingseis van niet meer dan 5 % van de ontwerpaanvoertemperatuur is bij dit soort distributiesystemen moeilijker te realiseren.

2. Distributiesysteem met verdelers en verzamelaars



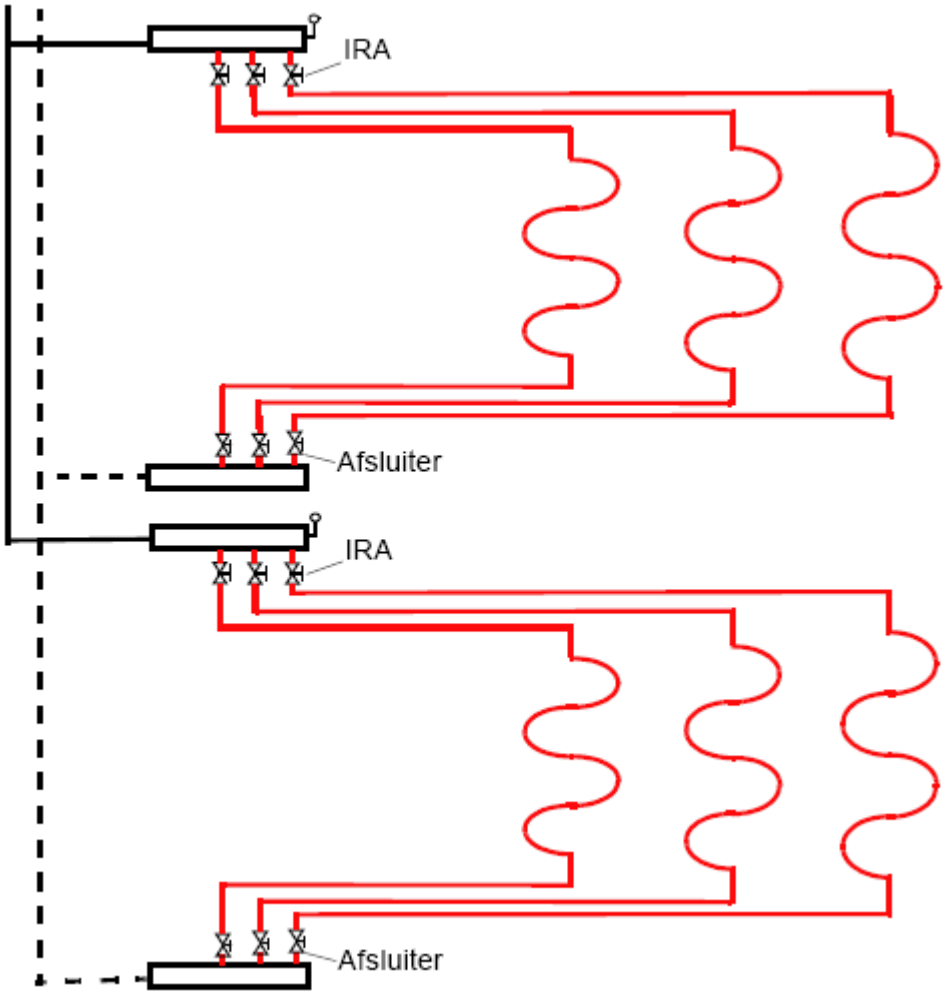
Figuur 2.4.5. Tweepijps distributiesysteem met verdelers enverzamelaars. IRA staat voor InRegelAfsluiter. De inregelvoorziening kan ook aangebracht zijn in de afsluiter in de aanvoer.

Ten opzichte van het distributiesysteem in figuur 2.4.4 zonder verdelers en verzamelaars heeft het distributiesysteem in figuur 2.4.5 meestal een lager drukverlies.

Tevens hebben de radiatoren tussen een verdeler/verzamelaar hetzelfde drukverschil. Dit maakt het met de hand uitvoeren van een drukverliesberekening eenvoudiger. Omdat in de verdeler of verzamelaar nagenoeg geen drukverlies optreedt zal als een radiator wordt dichtgezet, dit minder verandering van het drukverlies over de verdeler/ verzamelaar met zich meebrengen en daardoor minder verandering van de volumestromen in de overige radiatoren. Dit maakt het inregelen van de installatie eenvoudiger en is regeltechnisch ook een voordeel als de radiatoren worden voorzien van thermostatische regelafsluiters, omdat de radiatoren elkaar onderling minder kunnen beïnvloeden.

2.4.4 Distributiesysteem vloerverwarming

Het distributiesysteem van vloerverwarming komt overeen met het tweepijpsdistributiesysteem voor radiatoren met verdelers en verzamelaars. In figuur 2.4.6 is een distributiesysteem voor vloerverwarming gegeven.

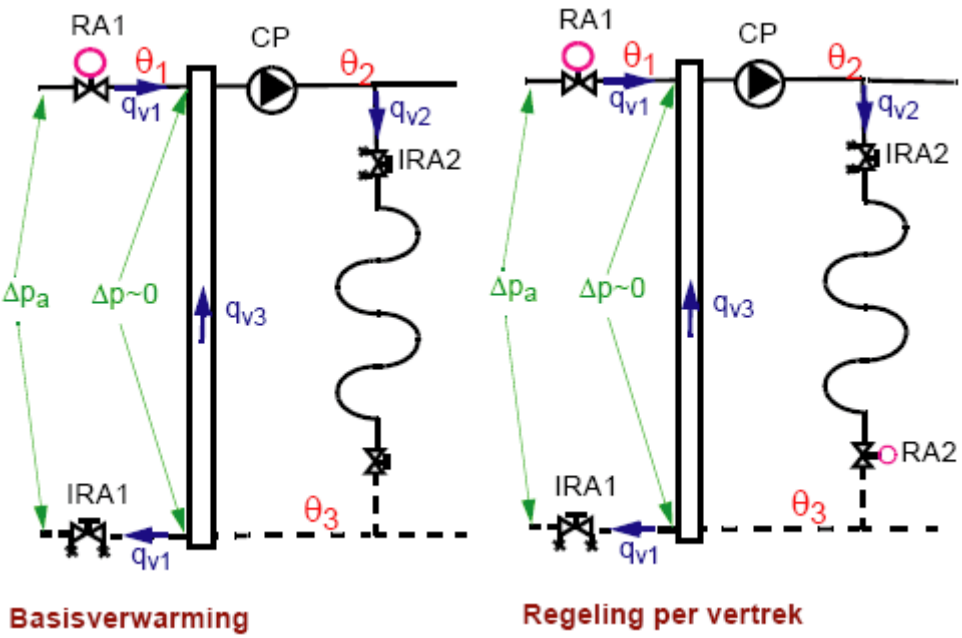


Figuur 2.4.6. Distributiesysteem voor vloerverwarming met twee verdelers en verzamelaars.

In het distributiesysteem van figuur 2.4.6 zit geen naregeling door middel van 2-weg regelafsluiters. De vermogensafgifte wordt beïnvloed door de aanvoertemperatuur te laten dalen of stijgen. Als de aanvoertemperatuur groter is dan 40 °C moet door middel van een mengschakeling de aanvoertemperatuur worden verlaagd.

Mengschakeling vloerverwarming

Door middel van mengen van het afgekoeld cv-water uit de retour wordt de aanvoertemperatuur van het cv-water verlaagd. Een mengschakeling kan worden gerealiseerd met een tweewegregelafsluiter of met een driewegregelafsluiter. De mengschakeling met tweewegregelafsluiter is passief (ook wel neutraal genoemd). Dit houdt in dat het vloerverwarmingssysteem hydraulisch is gescheiden van de rest van het cv-systeem. In figuur 2.4.7 is het principeschema gegeven van een passieve mengschakeling met 2-weg regelafsluiter. Deze schakeling is ook toegepast in installatieschema 3 van hoofdstuk 2.1.



Figuur 2.4.7. Passieve mengschakeling met tweewegregelafsluiter bijvoorbeeld toegepast bij vloerverwarming. Basisverwarming is zonder naregeling met een 2-weg regelafsluiter RA2 in de vertrekken.

Principewerking mengschakeling

De pomp CP zorgt ervoor dat retourwater met een temperatuur θ_3 wordt teruggestuurd naar de aanvoer. Door menging van de twee volumestromen q_{v1} en q_{v3} met de temperaturen q_1 en q_3 wordt de cv watertemperatuur naar de vloerverwarming verlaagd naar een temperatuur θ_2. De temperatuur θ_2, wordt verlaagd door het sluiten van de regelafsluiter RA1.

Vaste voormenging

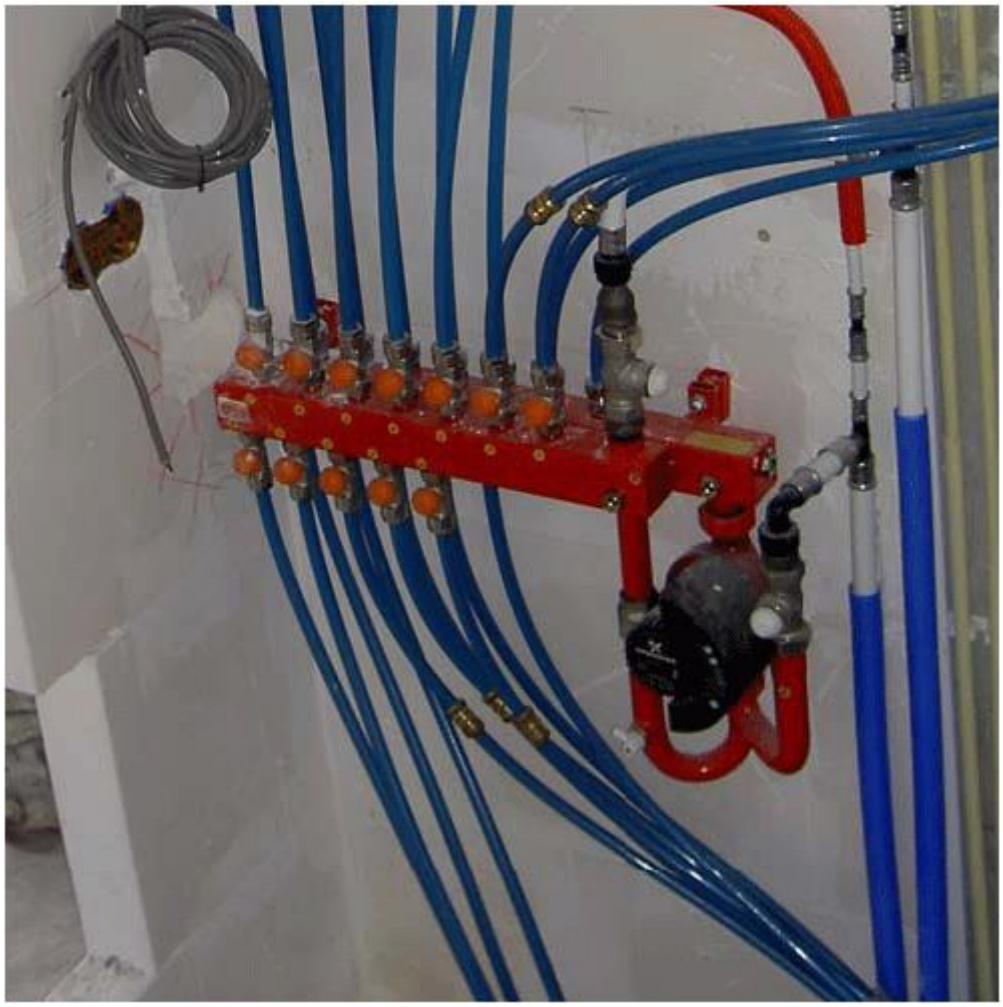
Als de aanvoertemperatuur θ_1 bijvoorbeeld 80 °C is en de regelafsluiter RA1 staat volledig open (100 %), dan moet met behulp van de inregelafsluiter IRA1 ervoor worden gezorgd dat door middel van menging de temperatuur θ_2 wordt verlaagd naar bijvoorbeeld 40 °C. Dit wordt vaste voormenging genoemd en is een eigenschap van de passieve mengschakeling met tweewegregelafsluiter.

Passief (hydraulisch neutraal)

De recirculatie leiding waardoor de volumestroom q_{v3} stroomt is een korte dikke buis met weinig drukverlies. Dit betekent dat het drukverlies over de vloerverwarming inclusief de pomp CP ongeveer gelijk is aan 0 Pa ongeacht de stand van de regelafsluiters RA1. Hierdoor is het vloerverwarmingssysteem met de volumestroom q_{v2} hydraulisch gescheiden van het hoofdcircuit met de volumestroom q_{v1}. De hiermee gepaard gaande eigenschappen zijn:

- Pomp CP neemt alleen het drukverlies van de vloerverwarming voor zijn rekening;
- Er is een aansluitdruk Δp_a nodig van de ketelpomp of warmtelevering om de volumestroom q_{v1} te realiseren;
- Bij basisverwarming (zie figuur 2.4.7) is de volumestroom q_{v2} constant en kan de afgifte van de vloer op basis van de buitentemperatuur worden geregeld. Een ander mogelijkheid is dat een kamerthermostaat de regelafsluiter RA1 aanstuurt om de ruimtetemperatuur in de woonkamer te regelen. We noemen dit dan geen basisverwarming. Kenmerkend is dat het vermogen wordt beïnvloed door de aanvoertemperatuur θ_2 te variëren;
- Bij regeling per vertrek kan met RA1 de aanvoertemperatuur θ_2 op basis van de buitentemperatuur worden geregeld (stooklijn). Met de regelafsluiter(s) RA2 wordt de temperatuur in de vertrek(ken) geregeld.

In figuur 2.4.8 is een afbeelding gegeven van de mengschakeling met 2-wegregelafsluiter met regeling per vertrek. Het kost altijd enige tijd in de praktijk uitgevoerde schakelingen te vertalen naar een principeschema zoals gegeven in figuur 2.4.7.



Figuur 2.4.8. Passieve mengschakeling voor vloerverwarming met 2-wegregelafsluiter en regeling per vertrek.Voor het principeschema zie figuur 2.4.7.

2.4.5 Richtwaarden voor het drukverlies in buizen

In onderstaande tabel zijn richtwaarden gegeven voor het drukverlies in buizen. Uitgangspunt is een door de radiator(en) of convector(en) af te geven vermogen Φ bij een bepaald temperatuurverschil Δθ. De volumestroom q_v is berekend met formule 2.3.1.

Tabel 2.4.3. Richtwaarden voor het drukverlies in buizen.

			Binnendiameter leiding						
Φ [W]	Δθ [K]	q_v [ltr/min]	10 mm	12 mm	14 mm	16 mm	18 mm	20 mm	22 mm
			Drukverlies Pa/m						
500	10	0,73	48	20	8	4	2	1	1
	20	0,37	9	4	2	1	1	0,5	0,5
1000	10	1,47	169	67	32	17	10	6	4
	20	0,73	48	20	8	4	2	1	1
1500	10	2,21	328	136	65	34	20	12	8
	20	1,11	97	41	20	10	6	3	2

2000	10	2,95	548	227	108	57	32	20	12
	20	1,47	160	67	32	17	10	6	4
3000	10	4,42	1142	468	222	116	66	40	25
	20	2,21	328	136	65	34	20	12	8
4000	10	5,90	1936	789	372	194	110	66	42
	20	2,95	549	227	108	57	32	20	12
5000	10	7,37	2925	1187	557	290	164	98	62
	20	3,69	820	338	160	84	48	29	18
6000	10	8,85	4107	1660	776	404	227	136	86
	20	4,42	1143	469	222	116	66	40	25
7000	10	10,32	5481	2208	1030	534	300	180	113
	20	5,16	1515	619	292	153	87	52	33
8000	10	11,80	7046	2831	1318	682	383	229	144
	20	5,90	1936	789	372	194	110	66	42
Als richtwaarde voor het drukverlies per meter leiding geldt kleiner dan of gelijk aan 150 Pa/m, zie blauw gekleurde velden.									

Voorbeeld
Een radiator heeft een vermogen van 1500 W en een ontwerptemperatuurverschil van 20 K. Als een aansluitleiding met een binnendiameter van 12 mm wordt toegepast volgt uit tabel 2.4.3 dat de volumestroom gelijk is aan 1,11 ltr/ min en het drukverlies 41 Pa per meter bedraagt.
Voorbeeld
Een ketel moet een vermogen leveren van 8000 W bij een ontwerptemperatuurverschil van 20 K. Als een aansluitleiding met een inwendige diameter van 18 mm wordt toegepast, dan volgt uit tabel 2.4.3 dat de de volumestroom gelijk is aan 5,9 ltr/min en het drukverlies 110 Pa per meter.
Drukverlies in hulpstukken
Met hulpstukken wordt bedoeld bochten, T-stukken, fittingen e.d. Voor het meenemen van het drukverlies in hulpstukken wordt verwezen naar ISSO-publicatie 18 ''Leidingnetberekening''. Soms is het mogelijk, zoals bij het distributiesysteem met verdelers en verzamelaars, het drukverlies in hulpstukken te verwaarlozen of hiervoor +20 % toeslag bij te tellen.
Drukverlies van regelafsluiters
Fabrikanten/leveranciers geven soms bij afsluiters de k_v-waarde op. Dit is de volumestroom door de afsluiter bij een drukverschil van 1 bar (100.000 Pa). In onderstaande tabel is de relatie gegeven tussen k_v-waarde, volumestroom q_v door de afsluiter en het drukverlies over de afsluiter.
Tabel 2.4.4. Richtwaarden drukverlies regelafsluiters.

			k_v-waarde in m³/h				
Φ [W]	Δθ [K]	qv [m³/h]	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
			Drukverlies Pa				
2000	10	0,176	33640	18923	12110	8410	6179
	20	0,088	8396	4723	3026	2099	1542
1500	10	0,132	18923	10644	6812	4731	3476

	20	0,066	4723	2657	1700	1181	867
1000	10	0,088	8410	4731	3028	2103	1545
	20	0,044	2099	1181	756	525	386
500	10	0,044	2103	1183	757	526	386
	20	0,022	525	295	189	131	96
10.000 Pa is ongeveer gelijk aan 1 meter waterkolom.							

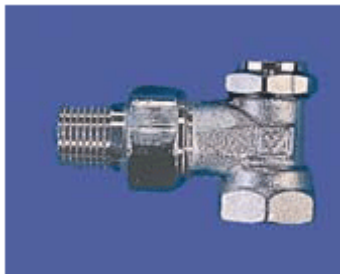
Het begrip k_{vs}-waarde staat voor een afsluiter die volledig open staat. Het valt op dat bij kleinere k_v-waarden het drukverlies over de afsluiter snel toeneemt. De blauwe velden geven waarden aan die toelaatbaar zijn.

2.4.6 Inregelen van de ontwerpvolumestroom

Met inregelen worden de ontwerpvolumstromen ingesteld bij de radiatoren/convectoren en vloer- en wandverwarmingsbuizen. Inregelen wordt in de huidige praktijk nogal eens verwaarloosd. Hierbij wordt voorbijgegaan aan de noodzaak en de voordelen van inregelen.

- Het ontwerpvermogen van bijvoorbeeld een radiator wordt alleen geleverd als de ontwerpvolumestroom is ingesteld;
- In een goed ingeregelde installaties is het energiegebruik ongeveer 10 % lager;
- Niet ingeregelde installaties hebben vaker klachten over comfort en het niet goed functioneren van een ketel.
- In de EPC-berekening voor nieuwbouw en de EPA-berekening voor bestaande bouw wordt ervan uitgegaan dat de installatie is ingeregeld;
- Bij stadsverwarming is inregelen verplicht gesteld door het energieleveringsbedrijf.

Het instellen van de ontwerpvolumestromen gebeurt met behulp van inregelafsluiters die zijn gemonteerd in de aanvoer of retour van de radiatoren/convectoren of in de aanvoer of retour van vloer- wandverwarmingsbuizen. In de onderstaande figuren zijn een aantal typen inregelafsluiters gegeven.



Afbeelding 2.4.9. Voetventiel.

Afbeelding 2.4.10. Onderblok met inregelvoorziening.

Het voetventiel is goedkoop maar is t.o.v. de duurdere inregelafsluiters minder nauwkeurig. Door middel van het instellen van een klep met behulp van van een imbussleutel wordt de gewenste opening ingesteld.

Afbeelding 2.4.11. Dubbel instelbare handafsluiter.
Met een speciale sleutel kan door middel van roteren de maximale opening van de dubbel instelbare afsluiter worden ingesteld en vergrendeld op de gewenste waarde.

Afbeelding 2.4.12. Inregelbare thermostatische regelafsluiters
Dit zijn de duurdere inregelafsluiters waarmee de ontwerpvolumestroom nauwkeuriger kan worden ingesteld. Door het wieltje bovenop de afsluiter in een bepaalde stand te zetten wordt in serie met de regelpoort de opening van de inregelpoort ingesteld op de gewenste waarde.

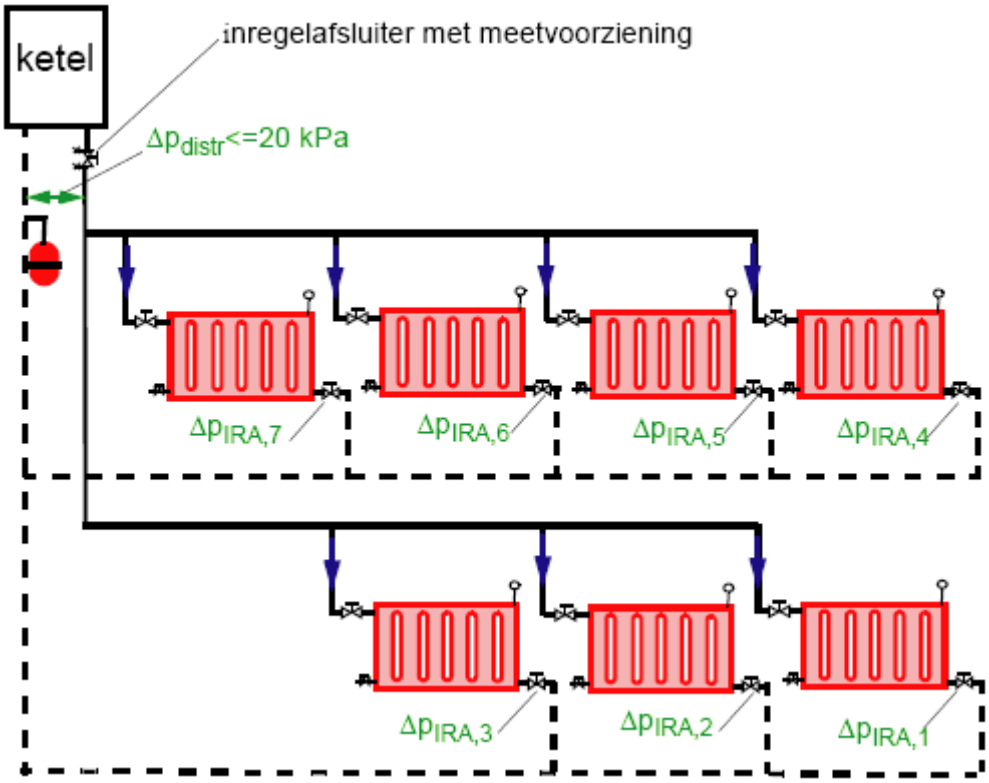
Voorinstelmethode
Om de inregelafsluiter op de gewenste waarde in te stellen zijn de volgende gegevens nodig:

- Ontwerpvolumestroom q_v door bijvoorbeeld een radiator, zie hoofdstuk 2.3;
- De weg te smoren druk over een inregelafsluiter Δp_{IRA};
- Het door de fabrikant/leverancier van de inregelafsluiter te leveren verband tussen volumestroom q_v, weg te smoren druk Δp_{IRA} en stand van de inregelafsluiter.

De weg te smoren druk volgt uit een drukverliesberekening van het distributiesysteem. Een drukverliesberekening wordt meestal uitgevoerd met een computerprogramma. De hiervoor benodigde gegevens worden ontleend aan ISSO-publicatie 18 ''Leidingnetberekening''. Uitgaande van de ontwerpvolumestromen en gekozen leidingdiameters levert een drukverliesberekening de volgende gegevens:

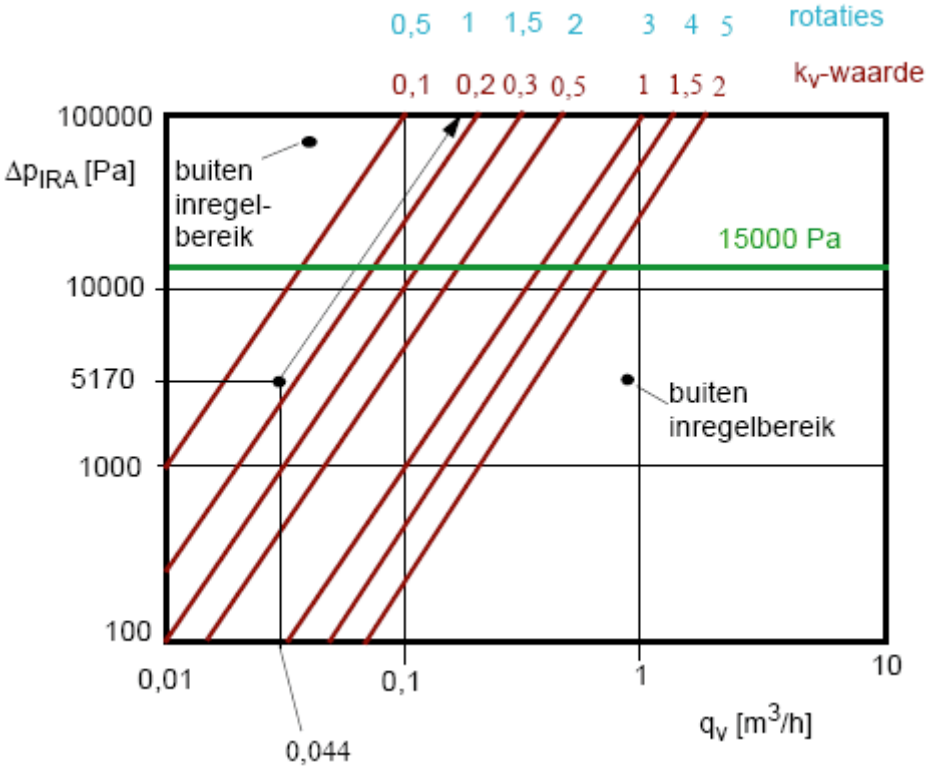
- Drukverlies distributiesysteem Δp_{distr}. Dit drukverlies moet kleiner zijn dan of gelijk aan 20 kPa en moet worden geleverd door de pomp in de ketel;
- De weg te smoren drukken Δp_{IRA} over de inregelafsluiters.

In figuur 2.4.13. zijn de resultaten van een drukverliesberekening voor een distributiesysteem met radiatoren (groen) gevisualiseerd.



Figuur 2.4.13. De resultaten van een drukverliesberekening, zijnde het drukverlies van het distributiesysteem Δp_{distr} en de bij de inregelafsluiters weg te smoren drukken Δp_{IRA}.

De fabrikant/leverancier levert bij een inregelafsluiter een zogenoemde druk/volumestroom karakteristiek met instelstanden. In figuur 2.4.14 is zo'n druk/volumestroom karakteristiek in grafiekvorm gegeven.



Figuur 2.4.14. Druk/volumestroom grafiek van een inregelafsluiter met bijhorende instelstanden (rotaties).

Voorbeeld

- $\Delta_{rad,5}$ = 1000 W (volgt uit warmteverliesberekening);
- θ_{in} = 80 °C;
- θ_{uit} = 60 °C;
- q_v = 0,044 m³/h of 0,73 ltr/min (volgt uit formule 2.2.1);
- $\Delta p_{IRA,5}$ = 5170 Pa (volgt uit drukverliesberekening).

De twee laatste gegevens uitzetten in de drukvolumestroomgrafiek in figuur 2.4.14 levert een instelstand van ongeveer 0,9 rotaties.
Zolang het werkpunt binnen de (bruine) k_v-lijnen valt zit men binnen het inregelbereik. Een werkpunt buiten de k_v-lijnen is buiten inregelbereik en betekent dat men niet goed meer kan inregelen. Buiten inregelbereik treedt op als men bijvoorbeeld veel druk moet wegsmoren over de inregelafsluiter. In figuur 2.4.14 is dit het gebied linksboven. Men kan dit oplossen door de pomp in een lagere stand te zetten of doormiddel van voorsmoren met de inregelafsluiter bij de ketel.

Voorbeeld

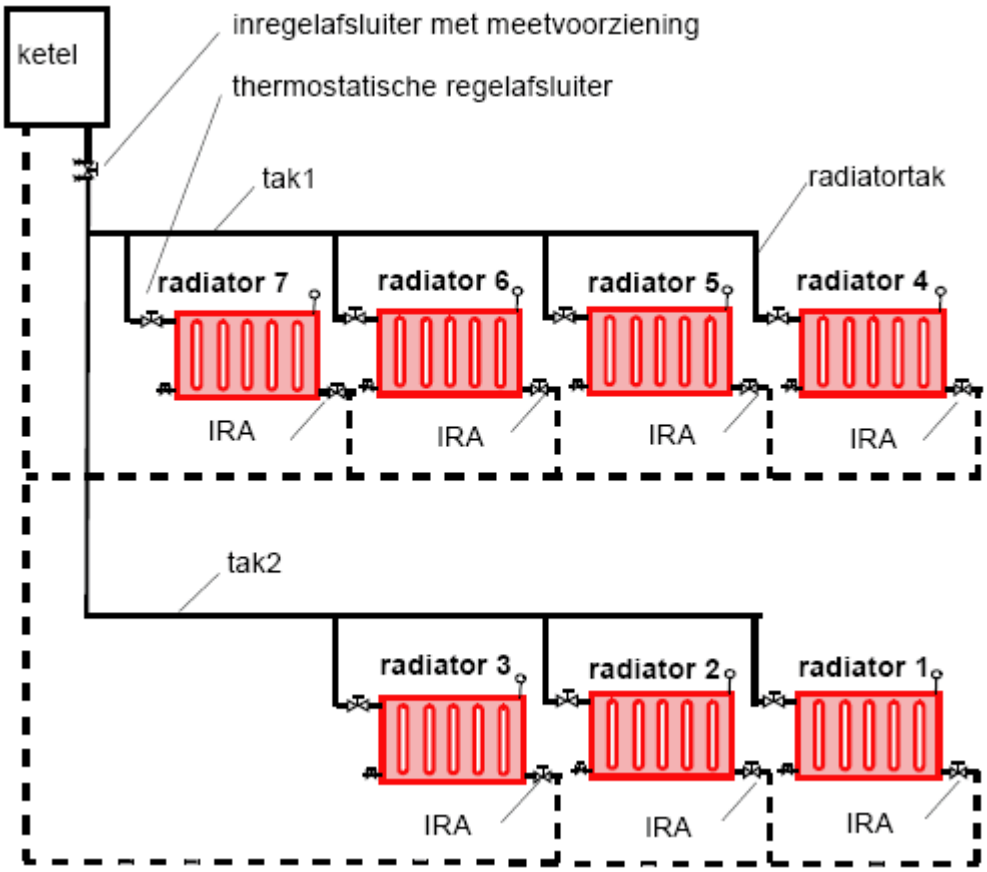
Een praktische benadering voor bepalen van de instelstanden is soms mogelijk bij distributiesystemen met verdelers en verzamelaars, zie figuur 2.4.5. Het drukverlies in de leidingen en hulpstukken in deze distributiesystemen is vaak laag en verschilt weinig per radiator.
Stel dat het drukverlies van een distributiesysteem Δp_{dystr} = 18 kpa is. Het gemiddelde drukverlies in de aanvoer en retour van de leidingen en hulpstukken naar de radiatoren is ongeveer 3 kPa. Dit betekent dat elke inregelafsluiter ongeveer Δp_{IRA} = 18- 3 =15 kPa (=15000 Pa) aan druk moet wegsmoren. In fguur 2.4.14 is deze druklijn in het groen weergegeven. Met behulp van de verschillende volumestromen van de radiatoren kunnen nu redelijk snel de instelstanden van de inregelafsluiters worden bepaald.

Bestaande Bouw

In bestaande bouw is het soms niet mogelijk een drukverliesberekening uit te voeren omdat het distributiesysteem onvoldoende bekend is (leidingdiameters, leidinglengten). In deze gevallen kan gebruik gemaakt worden van de temperatuurmethode. In het onderstaande voorbeeld is deze methode toegelicht. De methode gaat uit van een gelijk ontwerptemperatuurverschil over de radiatoren/ convectoren. Het doel dat moet worden nagestreefd is dat d.m.v. inregelen over elke radiator ongeveer hetzelfde temperatuurverschil moet worden gemeten. Hierbij mogen de metingen en het instellen van de inregelafsluiters gebeuren bij een willekeurige deellastsituatie met voldoende temperatuurverschil over de radiatoren.

Voorbeeld temperatuurmethode

In figuur 2.4.15 en tabel 2.4.5 is een voorbeeld van de temperatuurmethode voor een willekeurige deellastsituatie. Het ontwerptemperatuurverscil is 20 K.



Figuur 2.4.15. Installatie met 7 radiatoren waarop de temperatuurmethode wordt toegepast. In tabel 2.4.5 zijn de meetresultaten vermeld.

Tabel 2.4.5. Meetresultaten temperatuurmethode, zie figuur 2.4.15.

	1e meting Δθ	2e meting Δθ	3e meting Δθ
radiator 1	**15**	**14**	**11**
radiator 2	13	12	10
radiator 3	10	11	**9**
radiator 4	11	10	10
radiator 5	9	11	**11**
radiator 6	10	10	**11**
radiator 7	**7**	**9**	10

De meting van de aanvoer- en retourtemperatuur kan worden uitgevoerd met bijvoorbeeld een oppervlaktetemperatuurmeter.
De metingen kunnen worden gestopt als uit een meting blijkt dat $\Delta\theta_{min}/\ \Delta\theta_{max}>0,8$. Dit is het geval bij de derde meting 9/11=0,82.
Bij radiatoren waar het temperatuurverschil te groot is worden de inregelafsluiters verder opengedraaid en bij radiatoren waarbij het temperatuurverschil te klein is worden de inregelafsluiters verder dichtgedraaid.
Voordat men begint kan met de inregelafsluiter bij de ketel worden gecontroleerd of er voldoende volumestroom (druk) naar de radiatoren wordt geleverd. Bij aanvang van de metingen worden de inregelafsluiters 50 % dichtgedraaid vanuit de open stand.

Een uitvoerige beschrijving van de voorinstelmethode en de temperatuurmethode is gegeven in ISSO-publicatie 56 "Inregelen van de ontwerpvolumestromen in individuele verwarmingsinstallaties in woningen". Hier komen ook aan de orde inregelafsluiters waarbij men direct de volumestroom kan aflezen. Deze zijn handig bij vloerverwarming i.v.m. de traagheid van dit afgiftesysteem.

2.4.7 Afkoelen cv-water tijdens transport

Tijdens het ontwerp moet er naar worden gestreefd om het afkoelen van het cv-water tijdens transport naar de radiatoren/ convectoren beneden 5 % van de aanvangstemperatuur te houden. Dit betekent dat als de aanvangstemperatuur bijvoorbeeld 80 °C is de eindtemperatuur bij de radiator niet lager mag zijn dan 0,95*80°C= 76°C. Te veel afkoelen kan worden voorkomen door isolatie of een mantelbuis die ongeveer equivalent is aan 4 mm isolatie. Een te grote afkoeling van het cv-water tijdens transport geeft de volgende problemen:

- Te Lage warmteafgifte bij bijvoorbeeld een radiator of convector waardoor comfortproblemen ontstaan;
- Te hoge vloertemperaturen;
- Te groot temperatuurverschil over een ketel, waardoor de beveiliging het brandervermogen gaat terugregelen.

Als het praktisch niet mogelijk is de afkoeling lager te houden dan 5 %, wat bijvoorbeeld kan voorkomen bij collectieve installaties in appartementhuizen, dan moet de lagere temperatuur verekend worden door een groter radiator/convector of vloerverwarming te dimensioneren, zie hoofdstuk 2.3.2 en 2.3.3. Hiermee zijn de hoge vloertempertaturen en te grote temperatuurverschillen over de ketel niet verholpen. In onderstaande tabel zijn voor ingestorte leidingen de tempertuurdalingen gegeven.

Tabel 4.6. Afkoelen cv-water ingestorte kunststofleiding.

Afkoeling cv-water 80 °C ingestorte kunstofbuis na 10 m										
Φ **W**	Δθ **K**	**dbuis,inw. in mm** 10			**dbuis,inw. in mm** 12			**dbuis,inw. in mm** 14		
		Isolatiedikte mm			**isolatiedikte mm**			**isolatiedikte mm**		
		0	4	10	0	4	10	0	4	10
500	10	58	75	77	56	75	77	54	74	77
	20	44	71	75	41	70	74	39	69	74
	30	35	67	72	32	66	72	31	64	71
1000	10	68	78	79	66	77	79	65	77	78
	20	58	75	77	56	75	77	51	74	77
	30	50	73	76	47	73	76	45	71	75
1500	10	71	78	79	70	78	79	70	78	79
	20	64	77	78	62	76	78	61	76	78
	30	58	75	77	56	75	77	54	74	77
2000	10	73	79	79	73	79	79	72	78	79
	20	67	78	79	66	77	79	65	77	78
	30	62	76	78	61	76	78	59	76	78

Lineair interpoleren of extrapoleren van de tabelwaarden voor een ander lengte van de buis is toegestaan.
De blauwe velden voldoen aan de 5% afkoelingseis (5% van 80 is 76 °C).
Voorbeeld

- Radiatorvermogen 1500 W;
- Ontwerptemperatuurverschil 20 K;
- Aanvangstemperatuur 80 °C;
- Inwendige buisdiameter 12 mm;
- Mantelbuis (equivalent met 4 mm isolatie).

Uit tabel 4.6 volgt:

- Temperatuur na 10 m 76 °C;
- Temperatuur na 5 m 78 °C (d.m.v. interpolatie);
- Temparatuur na 20 m 72 °C (d.m.v. extrapolatie).

Voor lagere cv- aanvangstemperaturen, zie ISSO-publicatie 50 of ISSO-toolbox op de ISSO-site.

2.5 Selectie en dimensioneren ketel of warmtelevering

In het kleintje cv wordt voor de warmteopwekking uitgegaan van gasgestookte cv-ketels of warmtelevering. Gasgestookte ketels zijn er in vele vormen en afmetingen. In het kleintje cv worden de voor de installatieontwerper meest belangrijke zaken vermeld. Voor specifieke toesteleigenschappen zoals afmetingen, regeling en montage wordt verwezen naar de informatie van de fabrikant/leverancier.
Warmtelevering door een netbeheerder kan met een gescheiden systeem, waarbij door middel van een warmtewisselaar in de woning het collectieve net gescheiden is van de verwarmingsinstallatie in de woningen of met een direct systeem zonder scheidingswarmtewisselaar. In het kleintje cv wordt alleen het directe systeem behandeld.

2.5.1 Wettelijke eisen en kwaliteitseisen

Wettelijke eisen
Elke ketel dient te zijn voorzien van een CE-markering. Deze CE-markering geeft aan dat een ketel voldoet aan de eisen voor veiligheid, gezondheid en doelmatig energiegebruik vastgelegd in de volgende Europese Richtlijnen:

- Veiligheid gastoestellen richtlijn 90/396/EEG;
- Veiligheid EMC-richtlijn 89/336/EEG;
- Veiligheid lage spanningsrichtlijn 72/23/EEG;
- Rendementsrichtlijn 92/42/EEG.

Deze eis geldt ook voor bestaande gebouwen, waarin een nieuwe ketel wordt geïnstalleerd. Ketels zonder CE-markering mogen niet in de handel worden gebracht.
Kwaliteitseisen ketels conform GIW

- Het opwekkingsvermogen voor centrale verwarming dient minimaal gelijk te zijn aan het aansluitvermogen berekend volgens ISSO-publicatie 51;
- Het onder gespecificeerde condities (bijvoorbeeld 36/30 °C) gemeten rendement van een ketel voor verwarmen dient groter te zijn dan of gelijk aan 107 % gemeten op onder waarde. Dus een ketel met het gaskeur HR107;
- In het geval van combinatieketels geldt:
    - Minimaal gaskeur CW3 voor woning met badkamer waar geen bad inpast;
    - Minimaal gaskeur CW4 voor woningen met één badkamer;
    - Minimaal gaskeur CW 6 voor woningen met twee badkamers.

Toelichting

Het gaskeurlabel is een in Nederland toegepast kwaliteitsinformatielabel dat door Gastec/Kiwa en de Nederlandse vereniging voor ketelfabrikanten is ontwikkeld. Er zijn de volgende gaskeurlabels:

- Gaskeur HR (HoogRendement verwarmen100 %, 104 % of 107 %);
- Gaskeur SV (Schonere Verbranding, lagere NOx uitstoot;
- Gaskeur NZ (Geschikt als naverwarmer voor zonneboilerinstallatie);
- Gaskeur CW(Comfort Warmwater 6 klassen);
- Gaskeur HRWW (Hoogrendement voor warmtapwater).

Ketels kunnen meerdere labels hebben bijvoorbeeld voor een combinatie ketel: HR107, HRww en CW3. In onderstaand figuur is een HR107 label weergegeven.

Kwaliteitseisen warmtelevering

- Het te leveren vermogen voor centrale verwarming dient minimaal gelijk te zijn aan het aansluitvermogen berekend volgens ISSO-publicatie 51;
- De leveringsvoorwaarden voor wat betreft vermogen, temperaturen, volumestromen, druk, drukverschil en regeling dienen aan te sluiten bij de cv-installatie in de woning;
- Indien ook tapwater op de warmtelevering is aangesloten dient de aanvoertemperatuur ten minste 70 °C te bedragen;
- Het materiaalgebruik van de cv-installatie dient aan te sluiten bij de leveringsvoorwaarden m.b.t. corrosie en zuurstofdiffusie;
- Per woning het warmtegebruik meten;
- Bij het uitzetten verwarmen van de cv-installatie in de woning dient de regelafsluiter van de stadsverwarming bij de woning te worden dichtgestuurd.

2.5.2 Benodigd vermogen

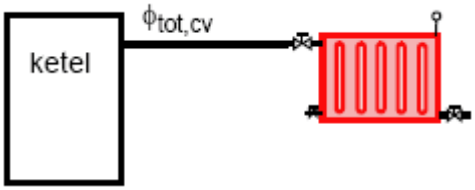
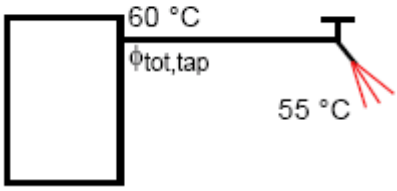
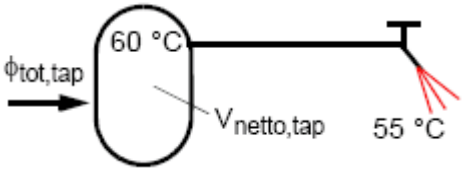
Het door de ketel of warmtelevering te leveren vermogen moet minimaal gelijk zijn aan het aansluitvermogen voor verwarmen. Het aansluitvermogen wordt berekend met ISSO-publicatie 51 en is inclusief leidingverliezen. In tabel 2.5.1 is een indicatie gegeven van de aansluitvermogens per woningtype.
Bij gecombineerde ketels voor verwarmen en tapwater kan het vermogen voor tapwater bepalend zijn bij de selectie van de ketel. In de laatste kolom van tabel 2.5.1 is het benodigd vermogen gegeven voor tapwater bij een doorstroomtoestel als één tappunt wordt gebruikt.
Doorstroomtoestellen uitgevoerd als combinatieketels zijn meestal zo ingericht dat het vermogen wordt geleverd aan het tapwater of aan de cv installatie. Bij het selecteren van deze ketels is het grootste te leveren vermogen (tapwater) bepalend voor de selectie.
Tabel 2.5.1. Indicatie van het aansluitvermogen van verschillende woningtypen.

	Type woning	**Indicatie van het aansluitvermogen voor verwarmen Φ_{tot} kW**	**Benodigd vermogen voor één tappunt 6,4 ltr/min van 10 °C naar 60 °C*). kW**
Nieuwbouw	Tussen woning	7 - 10	22
	Hoekwoning	9 - 13	
	Vrijstaand	12 - 15	
	Appartement	5 - 7	

Bestaande bouw	Tussenwoning	10- 20	
	Hoekwoning	15- 25	
	Vrijstaand	20 - 40	
	Appartement	10- 20	
*) Het benodigd vermogen komt overeen met een ketel met een gaskeurlabel CW3. Dit is voor nieuwbouw onder GIW garantie de laagst mogelijke toegestane klasse voor warm water, zie hoofdstuk 2.5.1.			

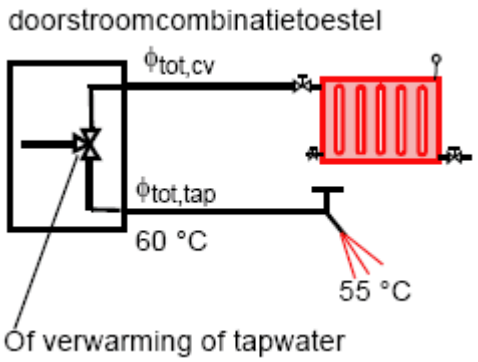
Er zijn meerdere situaties te onderscheiden bij het bepalen van het benodigde vermogen van een ketel. In het navolgende overzicht is dit uitgewerkt.

1. Gescheiden cv en tapwater

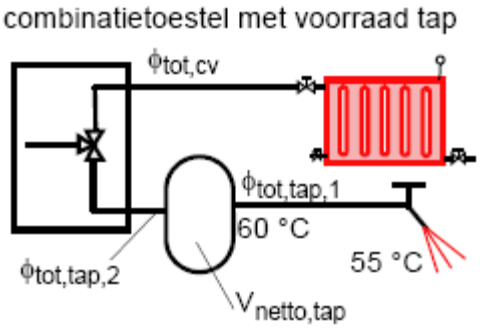
Situatie	**Benodigd vermogen ketel**
	Minimaal het aansluitvermogen $\Phi_{tot,cv}$ volgens ISSO 51, zie tabel 2.5.1 voor een indicatie vermogens; - Het minimale beschikbare ketelvermogen is meestal ~22 kW, dus ruim voldoende voor verwarmen.
doorstroomtoestel warmwater 	**Ter informatie CW klassen:** • CW3:>= 6 l/min; $\Phi_{tot,tap,min}$= 21 kW; • CW4:>= 7,5 l/min; $\Phi_{tot,tap,min}$= 26 kW; • CW5:>= 9 l/min*); $\Phi_{tot,tap,min}$= 31 kW. CW-klassen gaan uit van 60 °C aan het toestel. *) 9 l/min voor badfunctie.
voorraadtoestel warmwater 	**Ter informatie CW klassen:** • CW3:>= 6 l/min; $V_{netto,tap,min}$= 60 ltr; • CW4:>= 7,5 l/min;$V_{netto,tap,min}$= 75 ltr; • CW5:>= 9 l/min*); $V_{netto,tap,min}$= 90 ltr. $V_{netto,tap,min}$ houdt er geen rekening mee dat een bad 2x achter elkaar wordt gebruikt. *) 9 l/min voor badfunctie.

2. Doorstroomcombinatieketel

Situatie	**Benodigd vermogen ketel**

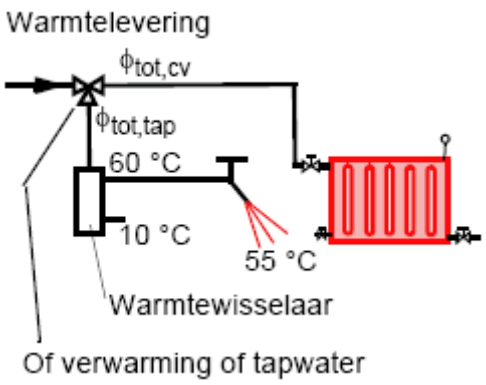
	**Nieuwbouw:** Wordt bepaald door CW klasse tapwater. Bij CW4 is het geleverde vermogen ongeveer 26 kW. Op de cvstand kan het brandervermogen meestal op een lagere stand worden gezet. **Bestaande bouw:** Het grootste vermogen $\Phi_{tot,cv}$ of $\Phi_{tot,tap}$ is bepalend voor de selectie. **Opmerking:** Als het cv vermogen en tapwater vermogen gelijktijdig moeten worden geleverd moeten beide vermogens worden opgeteld.

3. Combinatie cv-ketel en voorraadtoestel tapwater

Situatie	Benodigd vermogen ketel
 **Opmerking:** Deze situatie wordt gekozen als men bijvoorbeeld voor tapwater een CW5 klasse nodig heeft $\Phi_{tot,tap,1}$>31 kW en men een ketelvermogen van ongeveer $\Phi_{tot,cv}$ =26 kW wil opstellen.	**Nieuwbouw:** Kies een CW4 met een vermogen van ongeveer 26 kW. Met een een voorraad vat van $V_{netto,tap}$ = 180 liter is de hersteltijd ongeveer 20 minuten, wat normaal is voor een gastoepassing. **Bestaande bouw:** • Als $\Phi_{tot,cv}$<26 kW, kies dan een CW3 of CW4 toestel ; • Als $\Phi_{tot,cv}$>26 kW, kies een hogere CW klasse. De noodzaak voor een voorraadvat komt te vervallen.

4. Warmtelevering secundair systeem

Situatie	Benodigd vermogen

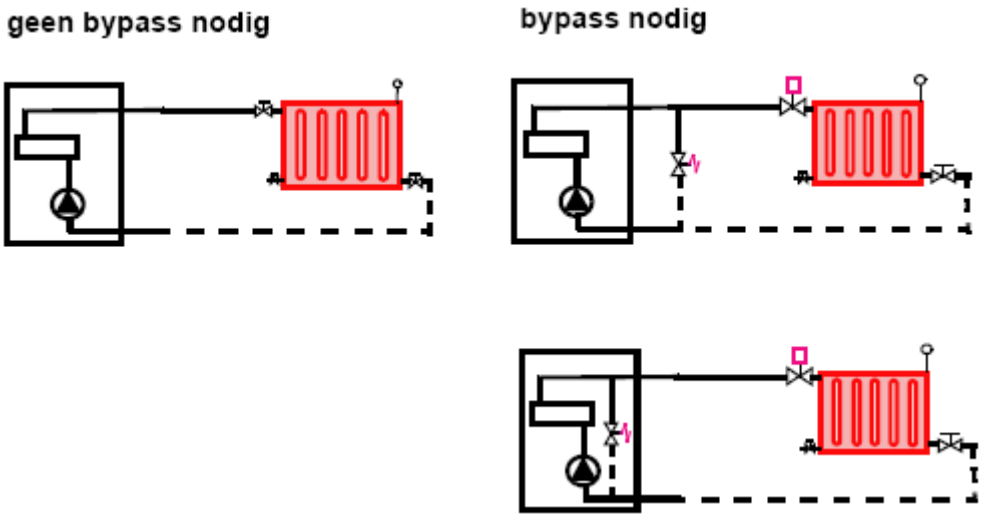
 **Opmerking:** Warmtelevering door derden valt buiten de GIW garantie. Men kan dus kiezen voor een CW3 klasse.	**Nieuwbouw:** Wordt bepaald door CW klasse tapwater. Bij bijvoorbeeld CW3 is het geleverde vermogen ongeveer 21 kW. **Bestaande bouw:** Het grootste vermogen $\Phi_{tot,cv}$ of $\Phi_{tot,tap}$ is bepalend voor de levering. **Opmerking:** Als het cv vermogen en tapwatervermogen gelijktijdig moeten worden geleverd moeten beide vermogens worden opgeteld.

2.5.3 Hydraulische inpassing

Bij het hydraulisch inpassen van een ketel moet worden gekeken naar de technische randvoorwaarden zoals minimale volumestroom of minimale retourtemperatuur die door een fabrikant/leverancier wordt opgegeven.
Bij warmtelevering is men bijvoorbeeld afhankelijk van de aanvoertemperatuur en druk die door de netbeheerder wordt geleverd.

Hydraulische inpassing van ketels

Bij individuele ketels voor woningen is alleen de vereiste minimale volumestroom van het cv-water door de warmtewisselaar van een ketel van belang. Een te lage volumestroom treedt op als bijvoorbeeld op de radiatoren thermostatische regelafsluiters worden toegepast. Tijdens deellast wordt hierdoor de volumestroom naar de ketel lager en kan uiteindelijk nul worden. De ketel zal afschakelen. Een oplossing voor deze situaties is een bypass in de hydraulische schakeling op te nemen, zie figuur 2.5.1.



Figuur 2.5.1. Bypass ter voorkoming van een te lage volumestroom door de ketel. Door sommige fabrikanten/ leveranciers van ketels is de bypass in de ketel ingebouwd.

In de installatieschema's 2, 3 en 4 van hoofdstuk 2.1 is de bypass opgenomen in de hydraulische schakeling ver van de ketel. Ver van de ketel omdat hiermee de schakelfrequentie van de ketel lager wordt.
Een bypass kan uitgevoerd zijn als een veerbelaste afsluiter die openspringt bij een drukverschil van bijvoorbeeld 25 kPa.

Er worden bij ketels ook bypassen geleverd die afhankelijk van de situatie in een bepaalde stand moeten worden gezet. Dicht als de volumestroom constant blijft. Op 50 % als thermostatische regelafsluiters worden toegepast. Bij deze bypass is er continu een volumestroom van aanvoer naar retour en daarmee een hogere retourtemperatuur naar de ketel.

Hydraulische inpassing warmtelevering

Net zoals bij ketels zijn er bij warmtelevering spelregels van toepassing, opgelegd door het warmteleveringsbedijf met vrijheidsgraden voor de ontwerper van de cv-installatie.
Uiteindelijk dient er overeemstemming te worden bereikt over het technisch ontwerp van de cv-installatie tussen het warmteleveringsbedrijf en de installatieontwerper.
Onderstaand is een overzicht gegeven van de leveringsvoorwaarden, vrijheidsgraden en voorwaarden cv-installatie:

Technische leveringsvoorwaarden:

- Aanvoertemperatuur cv-water bijvoorbeeld 90 °C;
- Toepassen van een stooklijn op de aanvoertemperatuur bijvoorbeeld van 90 °C naar 70 °C;
- Drukverschil bijvoorbeeld 20 kPa;
- Cv-druk bijvoorbeeld 2 bar (~ 200 kPa);
- Zuurgraad cv-water (pH-waarde 8 tot 10 let op materiaal gebruik aluminium en kunstofpakkingen);
- Individuele warmtegebruikmeting.

Vrijheidgraden installatie

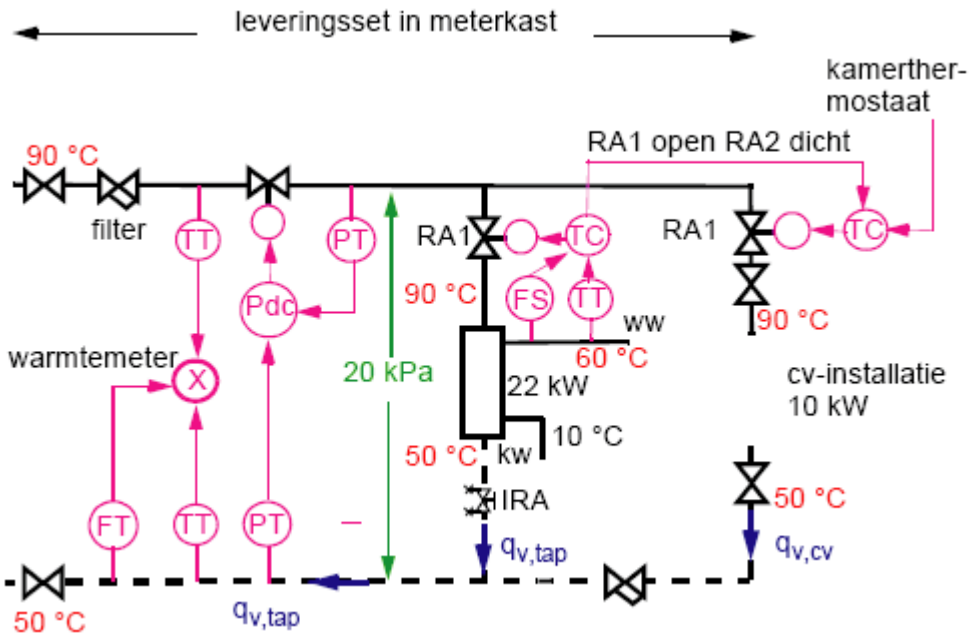
- Het te leveren ontwerpvermogen bijvoorbeeld tot maximaal 30 kW;
- Ontwerp retourtemperatuur liefst zo laag mogelijk, bijvoorbeeld maximaal 50 °C of lager;
- Ontwerpvolumestroom.

Voorwaarden voor de cv-installatie

- Geen aanvoerwater direct terugstorten naar de retour zonder dat een warmtewisselaar (radiator) is gepasseerd. Dus geen bypass of drieweg verdeelafsluiter toepassen;
- Geen pomp in serie plaatsen met het geleverde drukverschil (bij secundair systeem);
- Tijdens deellast mag de volumestroom niet groter worden dan de ontwerpvolumestroom en de retourtemperatuur niet groter dan de ontwerpretourtemperatuur. Dit wordt o.a gerealiseerd door middel van inregelen en een constante aansluitdrukverschilregelaar;
- Afleveringsstation in overleg met leveringsbedrijf.

Leveringsstation zonder mengen van cv-water

In figuur 2.5.2 is het hydraulisch schema van zo’n secundair afleveringsstation voor cv en tapwater gegeven. Hierbij zijn een aantal willekeurige ontwerpwaarden vermeld.



Figuur 2.5.2. Voorbeeld secundair afleveringsstation voor cv- installaties met radiatoren en kamerthermostaat en een doorstroom warmtewisselaar voor het tapwater.

In figuur 2.5.2 is uitgegaan van een modulerende regelafsluiter RA2. In deze situatie wordt de **centrale** volumestroom van het cv-water gevarieerd voor deellastsituaties. Het moduleren van RA2 wordt mogelijk gemaakt met de kamerthermostaat in combinatie met de regelaar TC. Let bij deze regeling op een te groot verschil in vermogensafname bij combinaties van radiatoren en convectoren.

Een ander goedkopere manier is de regelafsluiter RA te vervangen door een motorafsluiter MA die open of dicht staat. Deze situatie lijkt op het aan/uitschakelen van een ketel op basis van wel of geen warmtevraag door de kamerthermostaat.

Stel dat er is gekozen voor een ontwerpretourwatertemperatuur van 50 °C voor zowel het tapwater als cv. Met invulling van de ontwerpvermogens en temperaturen in formule 2.2.1 kan dan de ontwerpvolumestroom worden berekend.

$q_{v,tap}$ = 8,1 liter/min

$q_{v,cv}$ = 3,7 liter/min

Het zou toevallig zijn als de regelafsluiter RA1 en de warmtewisselaar van het tapwatercircuit precies 20 kPa gebruiken in de ontwerpsituatie. Er wordt dus een inregelafsluiter geplaatst in de retour van de warmtewisselaar die het teveel aan druk wegsmoort. Doet men dit niet dan worden de ontwerpvolumestroom en de retourtemperatuur groter dan men met het leveringsbedrijf heeft afgesproken. Het drukverlies van de cv-installatie is bijvoorbeeld 15 kPa. Met de inregelafsluiter met meetvoorziening in de centrale aanvoer (GIW-eis) wordt dan het teveel aan druk 5 kPa weggesmoord. Handiger en goedkoper is de drukverschilregelaar in te stellen op de tak met het grootste drukverlies. Stel dat tapwater een drukverlies heeft van 18 kPa en de cv een drukverlies van 15 kPa. De drukverschilregelaar wordt dan ingesteld op 18 kPa. De inregelafsluiter in de retour van de warmtewisselaar komt dan te vervallen. De weg te smoren druk van de inregelafsluiter in de retour van de cv wordt nu 3 kPa.

Stooklijn leveringsbedrijf

Als het leveringsbedijf een stooklijn toepast dan moet het tapwater gedimensioneerd worden op de laagste aanvoertemperatuur. Bjvoorbeeld 90 °C bij een buitentemperatuur van -10 ° C, dalend tot een temperatuur van 70 °C bij een buitentemperatuur van 5 ° C en hoger. Het tapwater wordt gedimensioneerd op een aanvoertemperatuur van 70 °C.

Maximale aanvoertemperatuur naar de cv-installatie

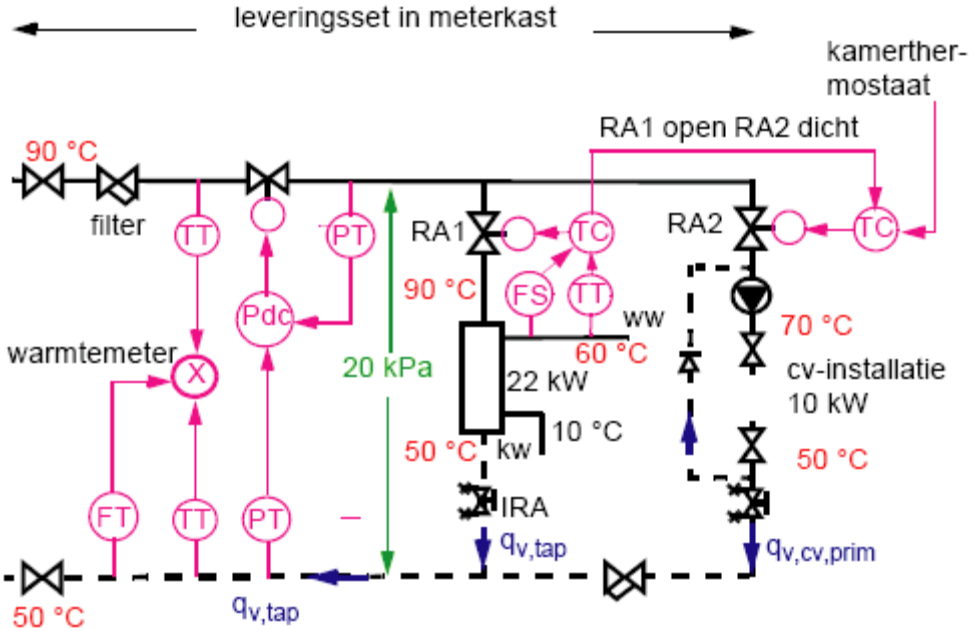
Het warmteleveringsbedrijf levert een aanvoertemperatuur van 90 °C.

Het GIW eist dat het afgiftesysteem wordt gedimensioneerd met een maximale aanvoertemperatuur van 80 °C. Het warmteleveringsbedrijf eist een retourtemperatuur die niet hoger is dan 50 °C.

Uitgaan van 80/50 als ontwerptemperaturen bij de radiatoren betekent bij een aanvoertemperatuur van 90 °C een hogere retourtemperatuur dan 50 °C.
Men kan dit oplossen door bijvoorbeeld uit te gaan van de ontwerptemperaturen 80/45 bij het dimensioneren van de radiatoren.
Bij een aanvoertemperatuur van 90 °C is de retourtemperatuur nu iets kleiner dan 50 °C. Het geleverde vermogen is groter dan het ontwerpvermogen (aansluitwaarde). Een precieze berekening kan worden uitgevoerd met de radiatorgrafiek in ISSO-publicatie 66.

Leveringsstation met mengen van cv-water

De leveringstemperatuur van het cv-water kan te hoog zijn omdat bijvoorbeeld de radiatoren worden gedimensioneerd op een temperatuur van 80 °C of omdat vloerverwarming wordt toegepast. Bij vloerverwarming is de aanvoertemperatuur kleiner of gelijk is aan 40 °C.
De leveringstemperatuur van het cv-water kan te hoog zijn omdat bijvoorbeeld de radiatoren worden gedimensioneerd op een temperatuur van 80 °C of omdat vloerverwarming wordt toegepast. Bij vloerverwarming is de aanvoertemperatuur kleiner of gelijk is aan 40 °C.



Figuur 2.5.3. Voorbeeld secundair afleveringsstation met verlaging van de aanvoertemperatuur voor een cv-installatie.

De hydraulische oplossing in figuur 2.5.3 voor het verlagen van de aanvoertemperatuur wordt mengschakeling met 2-weg regelafsluiter genoemd of ook wel menginjectieschakeling of neutrale schakeling.
Een eigenschap van de menginjectieschakeling is dat de aanvoerwatertemperatuur al kan worden verlaagd als de regelafsluiter RA2 volledig open staat (vollastsituatie). Dit gebeurt met behulp van twee inregelafsluiters een in de retour van de cv van het leveringsstation en een in de centrale retour/aanvoer van de cv-installatie. In hoofdstuk 2.4.4 is de mengschakeling met 2-wegregelafsluiter uitvoerig behandeld.
In figuur 2.5.3 wordt de stand van RA2 bepaald door de kamerthermostaat in combinatie met de regelaar TC. Bij een kleinere warmtevraag loopt de regelafsluiter RA2 verdere dicht, waardoor de aanvoertemperatuur naar de cv-installatie lager wordt. Ook hierbij letten op een gelijke afname van het vermogen bij combinaties van radiatoren en convectoren.

Stooklijn voor de cv-installatie

Als net zoals in instalatieschema 5 wordt uitgegaan van regeling per vertrek met behulp van thermostatische regelafsluiters op de radiatoren, kan met behulp van de menginjectieschakeling in figuur 2.5.3 de aanvoertemperatuur op basis van de buitentemperatuur worden geregeld. Dit is niet anders dan bij een ketel die op basis van de buitentemperatuur een bepaalde aanvoertemperatuur realiseert (stooklijn).

Zowel het afleveringsstation in figuur 2.5.2 als 2.5.3 kunnen worden ontworpen of zijn in de handel van de plank te verkrijgen eventueel met omkasting. In figuur 2.5.4 zijn hiervan afbeeldingen gegeven.

Figuur 2.5.4. Afbeeldingen van een secundair afleveringsstation.

Figuur 2.5.5. Afbeeldingen van een in de handel verkrijgbaar secundair afleveringsstation.

Hoge temperaturen in de meterkast

Om ervoor te zorgen dat de temperatuur in de meterkast voldoende laag blijft i.v.m. de temperatuur van het tapwater dient het afleveringsstation met ongeveer 20 mm isolatie te zijn geïsoleerd en de meterkast te worden geventileerd 2* 200 cm² opening.

2.6 Regeling en beveiliging

In een cv-installatie dienen een aantal voorzieningen aanwezig te zijn om de installatie automatisch te laten functioneren zonder dat daarbij gevaarlijke situaties ontstaan. In onderstaande tekst worden de belangrijkste aspecten genoemd. De bij ketels genoemde regelingen en beveiligingen zijn meestal standaard in en op de ketel aangebracht en zijn gebaseerd op de NEN 3028 ''Veiligheidseisen voor centrale verwarmingsinstallaties''

2.6.1 Wettelijke eisen en kwaliteitseisen

Wettelijke eisen regeling beveiliging

Geen wettelijke eisen.

Kwaliteitseisen regeling en beveiliging

Regeling

- Voor de eisen regeling woonkamer of regeling per vertrek hoofdstuk 1.2.6 raadplegen;
- De kamerthermostaat bij voorkeur tegen een binnenwand monteren op een hoogte tussen 60 cm en 150 cm op een representatieve plek, niet in de zon of in de buurt van een warmtebron;
- Thermostatische regelafsluiters niet boven warmeluchtstroom van radiator of convector monteren. Dit betekent de kop altijd horizontaal plaatsen;
- In convectorputten alleen thermostatische regelafsluiters met afstandvoeler toepassen;
- Bij toepassing van thermostatische regelafsluiters een stooklijn toepassen;
- Een ketel moet zijn voorzien van een regelthermostaat voor het cv-water met eigen waarnemend orgaan op de ketel. De maximaal in te stellen waarde is 95 °C. De brandstoftoevoer moet zodanig tijdig worden gestopt dat de temperatuur niet hoger wordt dan 100 °C;
- De regeling dient secundair gericht te zijn op vermindering van het energiegebruik.

Beveiliging

- Een ketel moet zijn voorzien van een niet afsluitbare watergebrekbeveiliging die na inwerkingtreding de brandstoftoevoer blokkeert. Voor ketels met een nominaal vermogen tot 130 kW mag de watergebrekbeveiliging op een indirecte manier meestal door een drukschakelaar worden uitgevoerd;
- De maximale overdruk in de installatie mag niet meer zijn dan 3 bar, tenzij de installatie is ingericht voor een hogere werkdruk;
- Voor beveiliging tegen te hoge druk moet bij (<0,5 m)of op de opwekker een drukbeveiligingsklep zijn gemonteerd. Tussen de installatie en de drukbeveiligingsklep mag geen afsluiter zitten;
- Voor beveiliging tegen te hoge temperatuur moet een maximaalthermostaat met eigen waarnemend orgaan op de ketel zijn aangebracht op het punt waar de hoogste temperatuur optreedt. De maximaal thermostaat moet de brandstoftoevoer vergrendelen voordat het cvwater in de ketel een temperatuur van 110 °C bereikt;
- De installatie, met uitzondering van installaties direct aangesloten op een warmtedistributienet, moet zijn voorzien van een manometer. Deze manometer kan in de ketel zijn gemonteerd, waardoor communicatie over te hoge en te lage drukken via keteldisplay of de kamerthermostaat geschiedt. Is er geen manometer in de ketel gemonteerd, dan moet een manometer in de nabijheid (<0,5 m) van de ketel worden gemonteerd. Op de manometer dient de minimale en maximale druk te zijn aangegeven;
- Bij elke ketel moet een expansievat worden geplaatst.

2.6.2 Regeling

Voor de specifieke eigenschappen en toepassing van regelingen en regelapparatuur wordt verwezen naar de gegevens van fabrikanten/leveranciers.

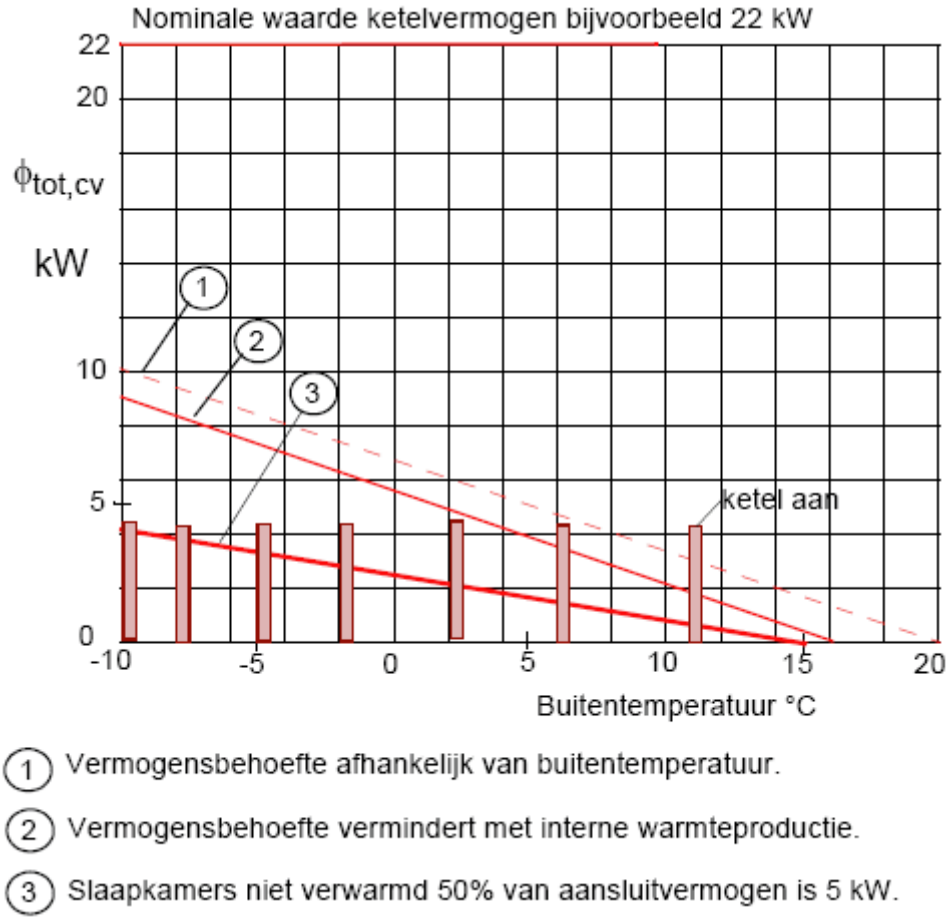
In onderstaande tekst wordt ingegaan op het modulatiebereik van de brander in de ketel en de toerengeregelde pomp.

Brander modulerend of ketel aan/uit

Tijdens deellast zijn de gevraagde vermogens vaak aanzienlijk lager dan de berekende aansluitwaarde. Dit komt door:

- Interne warmteproductie (personen, verlichting, en apparatuur);
- Zoninstraling;
- Het niet verwarmen van bijvoorbeeld de slaapkamers;
- Buren aanwezig.

In figuur 2.6.1 is het gevraagde vermogen weergegeven afhankelijk van de buitentemperatuur. Het gevolg van de lage vermogensvraag is dat een ketel al snel buiten het modulatiebereik komt. Moduleren houdt in dat het brandervermogen wordt terugeregeld. Dit terugregelen lukt tot ongeveer 20 % van de nominale waarde van het ketelvermogen. Hierna schakelt de ketel aan/uit op basis van de kamerthermostaat of de ketelthermostaat.



Figuur 2.6.1. Vermogensvraag verwarmen tijdens deellast. De aansluitwaarde is 10 kW en het nominale ketelvermogen 22 kW. Minimale modulatiestand 20 % van 22 is 4,4 kW.

Het aan- uitgaan van de ketel heeft geen noemenswaardig effect op fluctuaties van de ruimtetemperatuur omdat dit door de massa van het cv-water en de woning wordt weggedempt. De ketel moet veel schakelen en de temperaturen in de ketel veel variëren tussen hoge en lage waarden. De meeste ketels beschikken over een antipendel inrichting en blijven dus enige minuten uit ook als er warmtevraag is.

Fabrikanten werken aan het vergroten van het modulatiebereik van branders.

Een ander mogelijkheid om het modulatiebereik te vergroten is een aparte ketel voor cv (10 kW) en een aparte ketel voor warmtapwater (minimaal 26 kW).

Toerengeregelde pomp in de ketel

Momenteel zijn er ook ketels met toerengeregelde pompen verkrijgbaar. De voordelen hiervan zijn:

- Besparing op pompenergie circa 125 kW·h/jaar wat neerkomt op een besparing van ongeveer 20 Euro;
- Verhoging van het ketelrendement;
- Beperkt geluid in de installatie.

Bij toepassing van een toerengeregelde pomp dient men uit te gaan van de voorwaarden van de fabrikant/leverancier met betrekking tot:

- Type regeling in de vertrekken;
- Drukverlies van het distributiesysteem;
- Ontwerptemperatuurverschil.

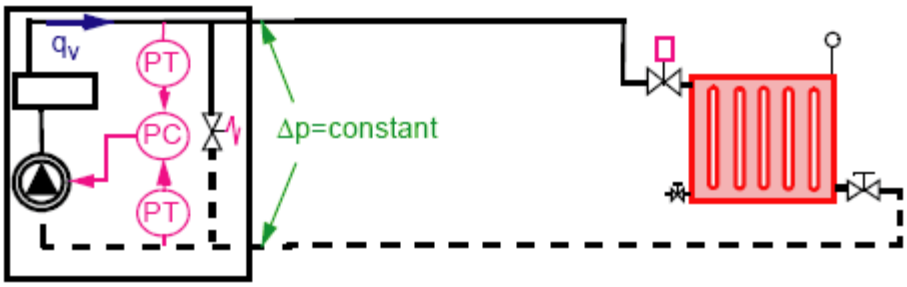
Voor het verminderen van het toerental van de pomp zijn verschillende regelmethoden mogelijk die in grote installaties ook worden toegepast. Voor de kleinere installaties worden momenteel twee regelmethoden toegepast die door de fabrikanten/leveranciers in de ketel worden ingebouwd.

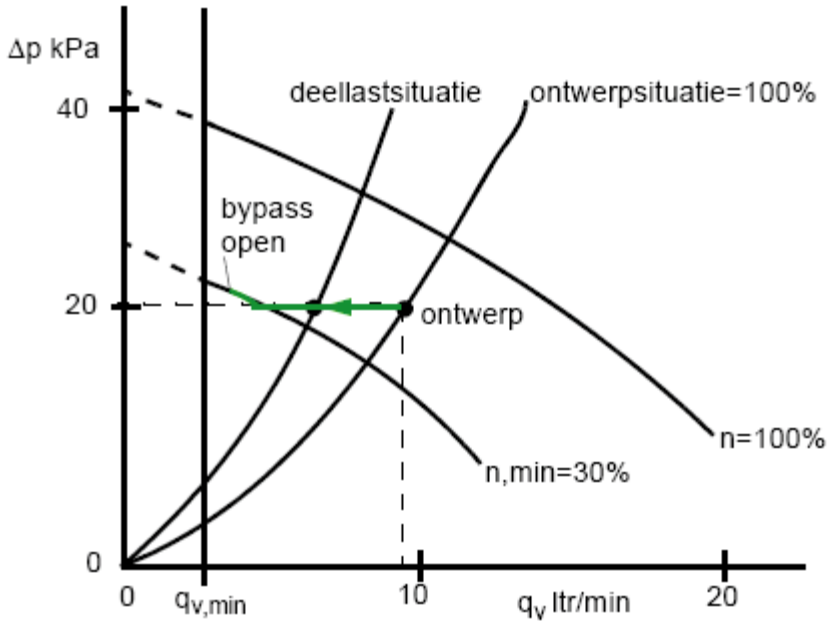
1. Constant drukverschil over de ketel;
2. Constant temperatuurverschil over de ketel.

Opmerking:
Een andere andere regelingen met een pomp is bijvoorbeeld toerenregeling op basis van het verschil tussen ruimtetemperatuur en setpoint van de kamerthermostaat.

1. Constant drukverschil over de ketel

In figuur 2.6.2 is deze regeling gegeven. Tijdens het sluiten van de thermostatische regelafsluiters neemt het drukverschil over de installatie toe. Het toerental van de pomp wordt lager om het drukverschil constant te houden.





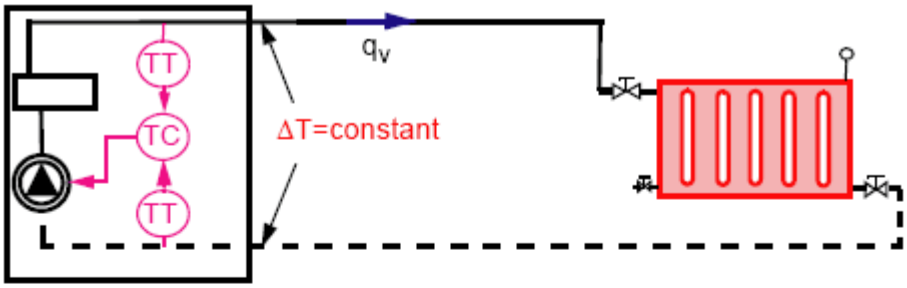
Figuur 2.6.2. Toerenregeling ketelpomp op basis van een constant drukverschil.

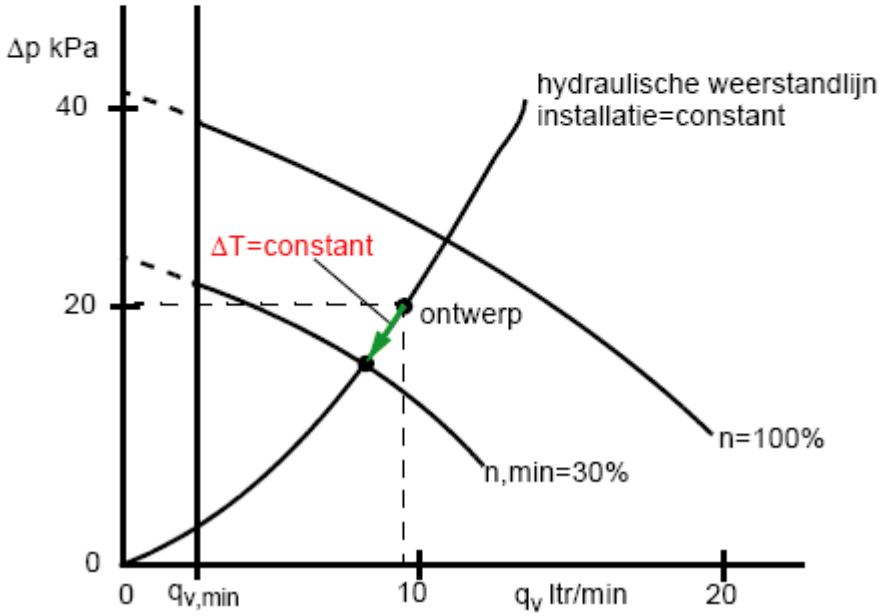
Deze vorm van toerenregeling wordt toegepast bij een regeling per vertrek met bijvoorbeeld thermostatische regelafsluiters. Kenmerk hiervan is dat de vermogensafgifte wordt verminderd door verlaging van de volumestroom.

Als het toerental zijn minimale waarde heeft bereikt stijgt de druk en opent de bypassklep om voor een minimale volumestroom door de warmtewisselaar te zorgen.

2. Constant temperatuurverschil over de ketel

Bij dalende vermogensvraag wordt het temperatuurverschil tussen aanvoer en retour kleiner. Door verlaging van de volumestroom met de toerengeregelde pomp wordt het temperatuurverschil op een constante waarde gehouden van bijvoorbeeld 15 K. In figuur 2.6.3. is een principeschets van deze regelmethode gegeven.





Figuur 2.6.3. Toerenregeling ketelpomp op basis van een constant temperatuurverschil.

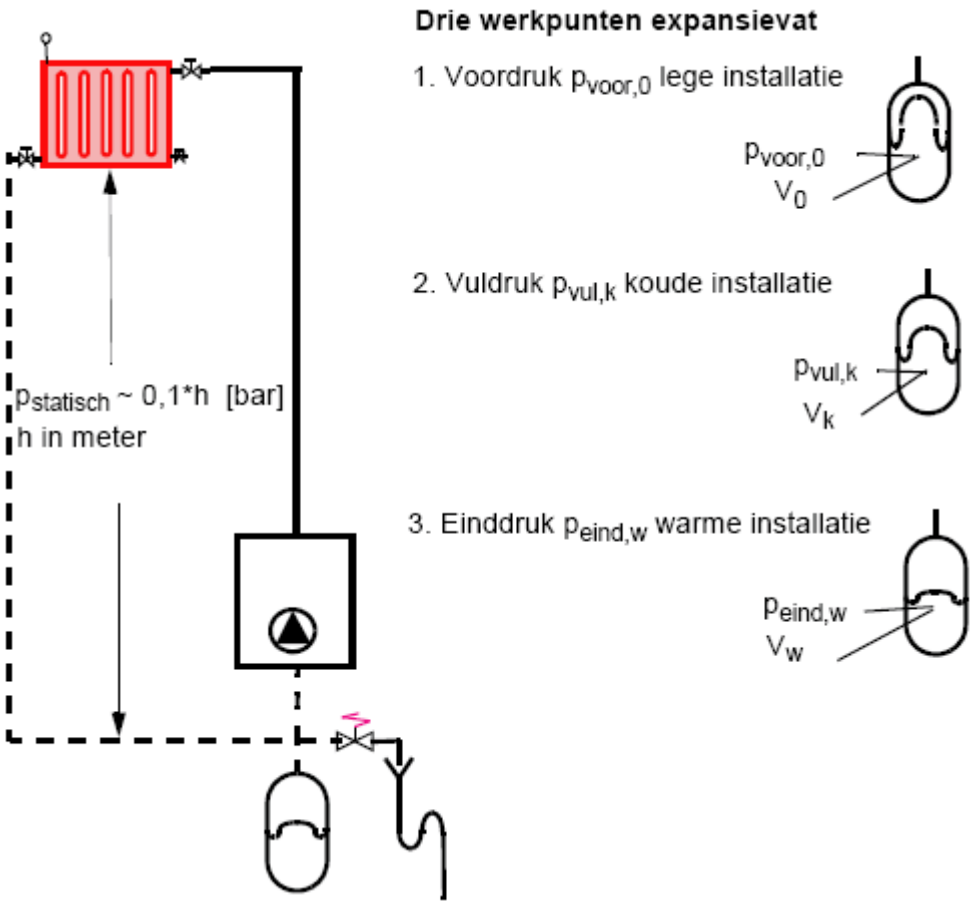
Deze vorm van toerenregeling wordt toegepast bij een regeling van de woonkamer met een kamerthermostaat.

Als het toerental zijn minimale waarde heeft bereikt blijft de volumestroom constant en wordt het temperatuurverschil over de ketel kleiner bij dalende vermogensvraag.

2.6.3 Beveiliging

Als het cv-water wordt verwarmd zet het uit. Deze volumetoename wordt opgevangen door een expansievat. Zonder expansievat zou de druk al snel oplopen tot boven de drie bar en de veiligheidsklep openen.

In een individuele installatie wordt een expansievat gemonteerd aan de zuigzijde van de ketelpomp. In figuur 2.6.4 is een schets gegeven van een cv-installatie met expansievat.



Figuur 2.6.4. Expansievat gemonteerd aan de zuigzijde van de pomp.

Met het expansievat moet voldaan worden aan de volgende voorwaarden:

- In de cv-installatie dient een overdruk aanwezig te zijn. houdt hierbij rekening houden met de hoogte van de installatie boven het expansievat zoals in figuur 2.6.4 weergegeven door bijvoorbeeld een hogere voordruk te kiezen. Elke meter stijging betekent een daling van de druk van het cv-water met 0,1 bar;
- De maximale druk in de cv-installatie is ongeveer 2,5 bar en is dus 0,5 bar lager als de openingsdruk van de veiligheidsklep 3 bar;
- De druk aan de zuigzijde van de pomp dient groter te zijn dan de door de fabrikant/leverancier van de ketel/ pomp voorgeschreven waarde. Kies een expansievat met een voordruk die groter is dan de minimale druk aan de zuigzijde van de pomp. Expansievaten hebben een voordruk vanaf 0,5 bar oplopend met 0,5 bar.

Voor berekening van het volume van het expansievat moeten de waterinhoud en de maximale cv-temperatuur bekend zijn.
Tevens moet de vuldruk bekend zijn. Het vullen van een installatie gebeurt met de drinkwaterinstallatie in een woning. Voor de vuldruk wordt ongeveer 1,5 bar overdruk aangehouden. In ISSO-publicatie 50 is de berekeningsmethode gegeven om de inhoud (capaciteit) van het expansievat te bepalen. In tabel 2.6.1 zijn een aantal richtwaarden gegeven voor de capaciteit van het expansievat.

Tabel 2.6.1. Richtwaarden voor de netto inhoud capaciteit van expansievaten.

Type cv-installatie	**Theoretische Inhoud expansievat V_0**		
	Maximale cv-temperatuur		
	80 °C	60 °C	40 °C
Radiatoren	19 liter	13 liter	-

Convectoren	11 liter	8 liter	-
Vloerverwarming	-	-	5 liter
Wandverwarming	-	-	5 liter

Selecteer de eerst volgende standaard grootte boven V_o.

2.7 Eisen en dimensioneren gasinstallatie

Het betreft de gasinstallatie in de woning vanaf de gasmeter naar bijvoorbeeld de ketel en het gasfornuis.

2.7.1 Wettelijke eisen en kwaliteitseisen

Wettelijke eisen BB

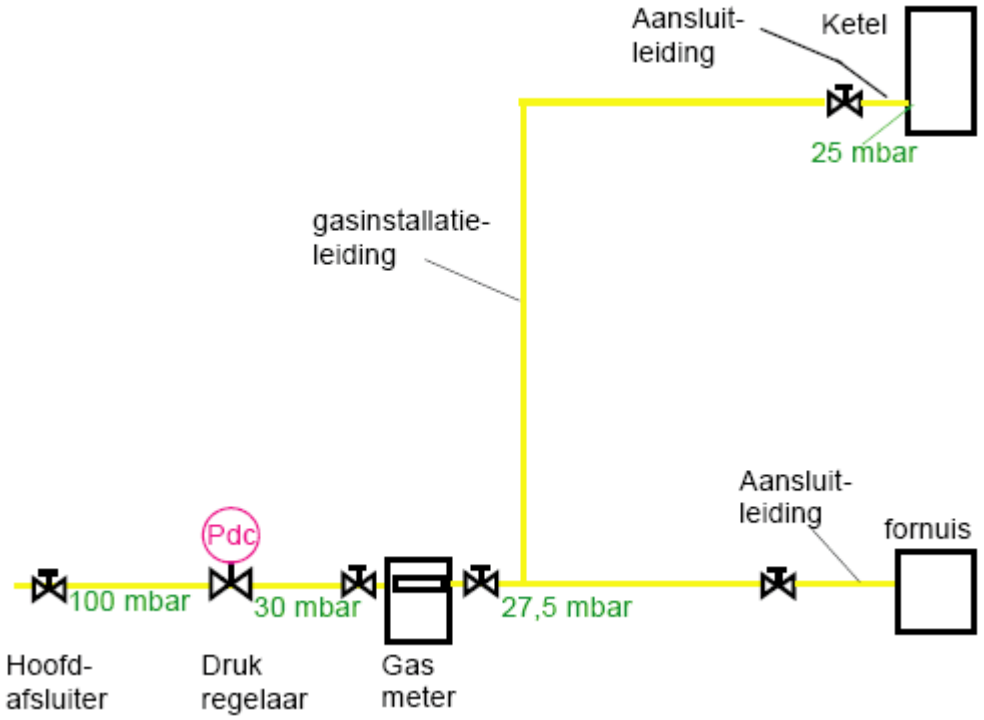
Bij het ontwerp van gasinstallaties zijn van toepassing de eisen volgens de NEN 1078 ''Eisen en bepalingsmethoden voor huishoudelijke gasleidinginstallaties''.

Kwaliteitseisen

Kwaliteitseisen met betrekking tot ontwerp en uitvoering staan vermeld in de ISSO-publicatie kleintje GAVO. In hoofdstuk 2.7.2 zijn de belangrijkste punten gegeven. het kleintje GAVO is o.a. gebaseerd op de de NPR 3378 serie.

2.7.2 Dimensioneren gasinstallatie

In figuur 2.7.1 is een gasinstallatie conform NEN 1078 gegeven met daarbij globaal aangegeven de installatiedelen en de drukken en drukverliezen.



Figuur 2.7.1. Voorbeeld van een gasinstallatie in de woning met richtwaarden voor druk en drukverlies.

Typen buizen en diameters

In tabel 2.7.1 zijn indicatief een aantal typen buizen en diameters gegeven.

Tabel 2.7.1. Indicatie van de typen buizen en diameters toegepast bij een individuele gasinstallatieleiding.

Type buis	**DN - maat**	**inch maat**	**Afmetingen**

			d_{buiten} mm	wanddikte mm	d_{binnen} mm
Draadbuis (gasbuis) naadloos of gelast NEN 3257	DN 10	3/8"	17,2	2,35	12,5
	DN 15	1/2"	21,3	2,65	16,0
	DN 20	3/4"	26,9	2,65	21,6
	DN 25	1"	33,7	3,25	27,2
Precisiebuis NEN 1982 dunwandig			15	1,25	12,5
			15	1,5	12,0
			22	1,25	19,5
			22	1,5	19,0
			28	1,25	25,5
			28	1,5	25,0
Naadloze half harde koperen buis NEN-EN 1057			15	1,0	13
			18	1,0	16
			22	1,1	19,8
			28	1,2	25,6
Kunststof buizen diffusiedicht			16	2	12
			18	2	14
			20	2	16
			26	2	22

Aansluitleidingen op cv-gastoestellen

- Vaste verbinding: draadbuis, precisiebuis en koperen buis;
- Buigbaar: roestvast stalen gegolfde buis en metalen flexibele aansluitleidingen.

Toepassing gasbuizen
Afhankelijk van de toepassing is in onderstaande tekst globaal aangegeven waar en op welke wijze gasbuizen mogen worden toegepast.
Voor sommige gasinstallatieleidingen (buis, hulpstukken en fittingen) zijn Beoordelings RichtLijnen (BRL's) beschikbaar, waaruit het toepassingsgebied is af te leiden. Hiervoor wordt verwezen naar het overzicht in het kleintje GAVO van ISSO.
A = Gasleidingen In het zicht (bijv. wandmontage).

- Metalen leidingen, als het geen obstakel is en er geen beschadiging kan optreden;
- Horizontaal tenminste 50 mm boven de vloer monteren.

B = Gasleidingen weggewerkt maar bereikbaar

- Metalen leidingen met beschermlaag mogen in een tunnel (horizontaal) of koker/schacht (verticaal) zijn weggewerkt. Voor deze tunnel of koker/schacht geldt:
    - Blijvend toegankelijk voor inspectie en onderhoud;
    - wordt geventileerd;

    - Zo nodig voorzien van afvoer hemelwater.
- Kunststofleidingen mogen zonder mantelbuis in een geventileerde koker worden weggewerkt, mits de fabrikant anders voorschrijft;
- Stalen en koperen leidingen mogen in een kruipruimte of kelder worden weggewerkt, mits deze droog, toegankelijk, en dwarsventilatie heeft;
- Preciziebuis en kunstofbuis niet in ruimte onder de vloer.

C = Gasleidingen in de grond

- Op tenminste 0,8 m diep met 0,3 m daarboven een waarschuwingslint;
- Rekening houden met afstand tot andere buizen en de gevel.

D = Weggewerkt en onbereikbaar (bijv. ingestort of onbereikbare ruimte).

- Stalen draadbuis, koperen buis mogen worden ingestort/ ingefreesd als:
    - Deze droogblijven, ook achter tegelwand badkamer;
    - Bij in- uitrede voorzien van kunstof of stalen mantelbuizen;
    - Dekking boven de leiding minimaal 35 mm;
    - Koperen buizen met persverbinding niet instorten.
- Kunststof buizen mogen worden ingestort als:
    - Zonder verbinding of met persverbinding gelijkwaardig met een soldeerverbinding;
    - Dekking boven buis of mantelbuis vloer 20 mm wand 10 mm.
- Draadbuis-, koper- en kunstofbuizen mogen in onbereikbare ruimten als:
    - mantelbuizen worden toegepast.

Bepaling van de leidingdiameters
De fabrikant van een cv-ketel geeft op wat de gasdruk moet zijn bij het gasblok van de ketel. Dit is ongeveer 25 mbar (2500 Pa). De gasdruk na de meter in de woning is ongeveer 27,5 mbar (2750 Pa). In figuur 2.7.1 is een richtwaarde gegeven voor het maximale drukverlies van gasmeter naar de aansluitleiding. Dit is ongeveer 2,5 mbar (250 Pa). Er van uitgaande dat de leidinglengte vastligt is het drukverlies afhankelijk van de volumestroom van het gas en de leidingdiameter. Bij gasinstallaties is het gebruikelijk de volumestroom te koppelen aan de belasting van het toestel (ketel). De belasting is het door het gas aan de brander in de ketel geleverde vermogen. deze waarde wordt opgegeven door de fabrikant leverancier van de ketel.
Voorbeeld
Uitgaande van een belasting op bovenwaarde van 25,2 kW is de bijbehorende volumestroom van het aardgas gelijk aan.
$q_{v,gas}$= 1,71* 25,2 = 24,8 liter/min
Om de juiste diameter van de gasinstallatieleiding te bepalen moet een drukverliesberekening worden gemaakt. Hierbij kan gebruik gemaakt worden van rekenmethoden gebaseerd op de NEN 1078. In het kleintje cv beperken we ons tot het geven van een indicatie van de gasleidingdiameters voor de cv-ketel.

- Belasting 10 kW bovenwaarde DN10 (dinw=12,5 mm);
- Belasting 20 kW bovenwaarde DN15 (dinw=16 mm);
- Belasting 30 kW bovenwaarde DN20 (dinw=21,6 mm);
- Belasting 40 kW bovenwaarde DN20 (dinw=21,6 mm).

Bij bovenstaande diameters is uitgegaan van 20 m leiding en een drukverlies van maximaal 200 Pa.
Voor het beproeven van een gasinstallatie zie kleintje GAVO van ISSO.

2.8 Eisen en dimensioneren rookgasafvoer

Fabrikanten van ketel en rookgasafvoerkanalen leveren meestal de benodigde gegevens voor realisatie van een afvoerkanaal dat voldoet aan de wettelijke eisen. In het kleintje GAVO van ISSO

worden aspecten tot materiaalgebruik en drukverlies behandeld. Het bepalen van de plaats van de uitmonding is behandeld in de programmafase van het kleintje cv.

3 Uitwerkingsfase van een project

In de uitwerkingsfase worden op basis van de gegevens uit de programmafase en ontwerpfase de producten geselecteerd en werkmethoden vastgelegd in een bestek.

3.1 Wettelijke eisen en kwaliteitseisen

Wettelijke eisen
Geen wettelijke eisen.
Kwaliteitseisen
Bij de productselectie wordt niet afgeweken van de gegevens uit de programmafase en ontwerpfase, zonder overleg met de opdrachtgever of ontwerper.

3.2 Materiaal en productselectie

Het is mogelijk dat bijvoorbeeld de definitieve radiatorselectie pas in de uitwerkingsfase plaatsvindt. Ook nu blijven de kwaliteitseisen uit het ontwerp van kracht dat het radiatorvermogen groter of gelijk moet zijn dan de benodigde vermogensbehoefte van het vertrek en dat rekening wordt gehouden met de in het ontwerp vastgestelde correctiefactoren voor het radiatorvermogen. Als in het ontwerp een ketel met CW klasse 4 is vastgesteld dan kan in het bestek niet een ketel met CW klasse 3 worden opgenomen.

3 Uitwerkingsfase van een project

In de uitwerkingsfase worden op basis van de gegevens uit de programmafase en ontwerpfase de producten geselecteerd en werkmethoden vastgelegd in een bestek.

3.1 Wettelijke eisen en kwaliteitseisen

Wettelijke eisen
Geen wettelijke eisen.
Kwaliteitseisen
Bij de productselectie wordt niet afgeweken van de gegevens uit de programmafase en ontwerpfase, zonder overleg met de opdrachtgever of ontwerper.

3.2 Materiaal en productselectie

Het is mogelijk dat bijvoorbeeld de definitieve radiatorselectie pas in de uitwerkingsfase plaatsvindt. Ook nu blijven de kwaliteitseisen uit het ontwerp van kracht dat het radiatorvermogen groter of gelijk moet zijn dan de benodigde vermogensbehoefte van het vertrek en dat rekening wordt gehouden met de in het ontwerp vastgestelde correctiefactoren voor het radiatorvermogen. Als in het ontwerp een ketel met CW klasse 4 is vastgesteld dan kan in het bestek niet een ketel met CW klasse 3 worden opgenomen.

4 Realisatiefase van een project

In de realisatiefase vindt de werkvoorbereiding, montage, inregelen en beproeving van de cv-installatie plaats. In het kleintje cv wordt niet ingegaan op de werkvoorbereiding.

4.1 Wettelijke eisen en kwaliteitseisen

Wettelijke eisen
Geen wettelijke eisen.
Kwaliteitseisen

- Montage van apparaten, buizen en fittingen dient in eerste instantie te geschieden volgens de voorschriften van de fabrikant/leverancier;
- Installatie spanningsvrij monteren;
- Installatie moet kunnen uitzetten en krimpen zonder dat hierbij te grote spanningen of tikkende geluiden ontstaan;
- Installatie beschermen tegen inwendige en uitwendige corrosie;
- Installatie beproeven op dichtheid voordat de installatie of delen daarvan worden geïsoleerd of aan het zicht onttrokken;
- De volumestromen van de cv-installatie moeten worden ingeregeld op basis van de inregelstaat uit de ontwerpfase;
- Installatie beproeven op volledigheid en functioneren.

4.2 Montage

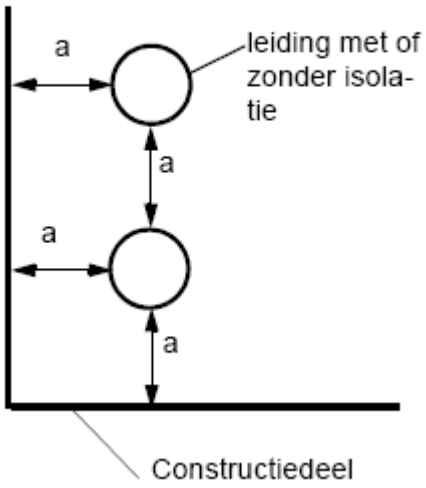
Buizen en fittingen

In de ontwerpfase, hoofdstuk 2.4.2 is een overzicht gegeven van toegepaste buissoorten en is een overzicht gegeven van verbindingstechnieken en de toepassing daarvan. Dit overzicht is niet volledig. Voorop blijft staan dat de voorschriften van de fabrikant/leverancier moeten worden gevolgd. Uitgebreide informatie over montage en materialen is te vinden in ISSO-publicatie 76 ''Montage en materiaalspecificaties voor warmwaterverwarmingsinstallaties''.

- Stalen draadbuizen mogen koud of warm worden gebogen tot DN25 (1'');
- Stalen buizen die in muren of vloeren worden weggewerkt voorzien van een kunststof beschermslang of beschermlaag;
- Geen precisiebuis toepassen in vochtige ruimten;
- Koperen buizen mogen worden gebogen tot een buitendiameter van 22 mm;
- Koperen transportbuizen die in een muur of vloer worden weggewerkt voorzien van een beschermmantel of beschermlaag;
- Messing fittingen niet in combinatie met amoniak houden (isolatiematerialen) toepassen in een vochtig milieu;
- Kunststof transportbuizen die in muren of vloeren worden weggewerkt voorzien van een mantelbuis of isolatie;
- Kunststofleidingen dienen diffusiedicht te zijn;
- Kunststofbuizen in vloer of wand bij voorkeur zonder verbinding uitvoeren. Als dit niet mogelijk is verbinding op tekening aangeven;
- Zorg ervoor dat bij opslag en montage geen verontreinigingen in de buizen komt.

Bij opbouw montage een minimale afstand van 50 mm aanhouden tussen de buizen onderling en tussen een buis en een constructiedeel. Deze regel geldt voor zowel geïsoleerde als ongeïsoleerde buizen, zie figuur 4.2.1.

a= minimaal 50 mm



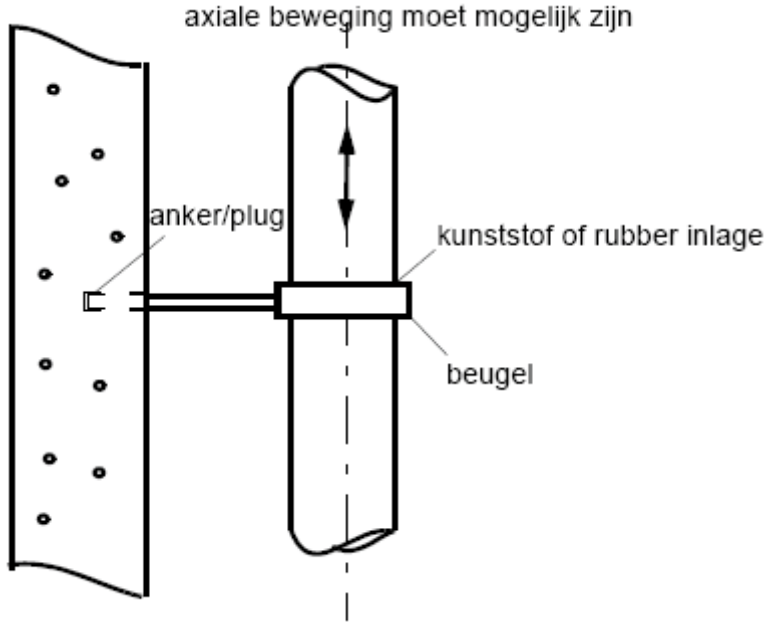
Figuur 4.2.1. Minimale afstand tussen buizen en tussen buizen en constructies.

Isoleren

- Indien nodig vóór het isoleren een oppervlaktebeschermlaag aanbrengen;
- Controleer vóór het isoleren de leidingen en fittingen op lekkage;
- Losneembare fittingen zoals knelkoppelingen en steekfittingen niet isoleren;
- Geen amoniak houdend isolatiemateriaal toepassen bij messing fittingen in een vochtig milieu;
- Koperen leidingen niet met PUR isoleren.

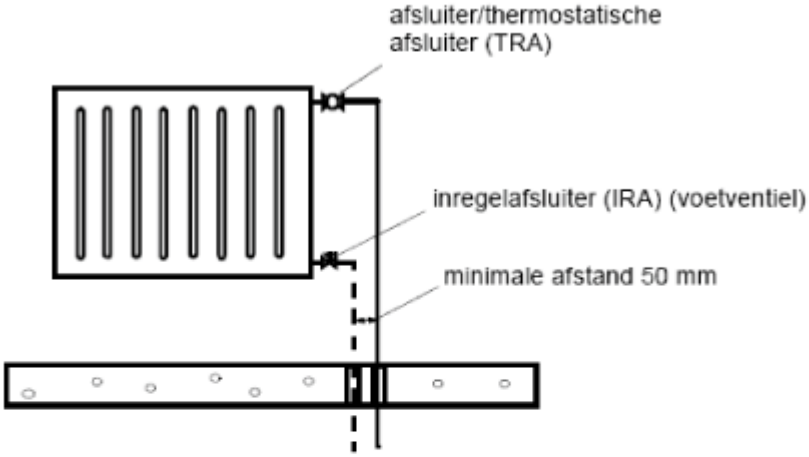
Uitzetten en krimpen

Bij individuele cv-installaties wordt het uitzetten en krimpen opgevangen door de elasticiteit van de installatie. Hierbij dienen de volgende voorzieningen te worden toegepast.

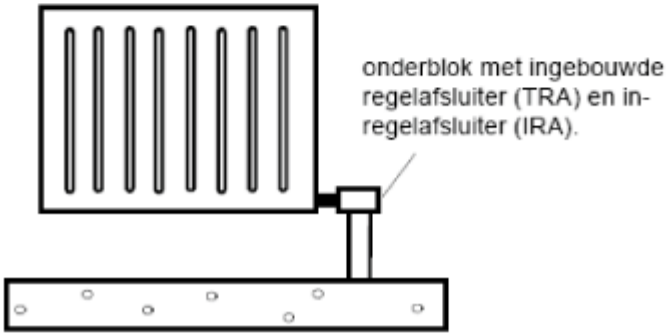


Figuur 4.2.2. Tijdens uitzetten krimpen moet een axiale beweging van de buis mogelijk zijn zonder tikkende geluiden.

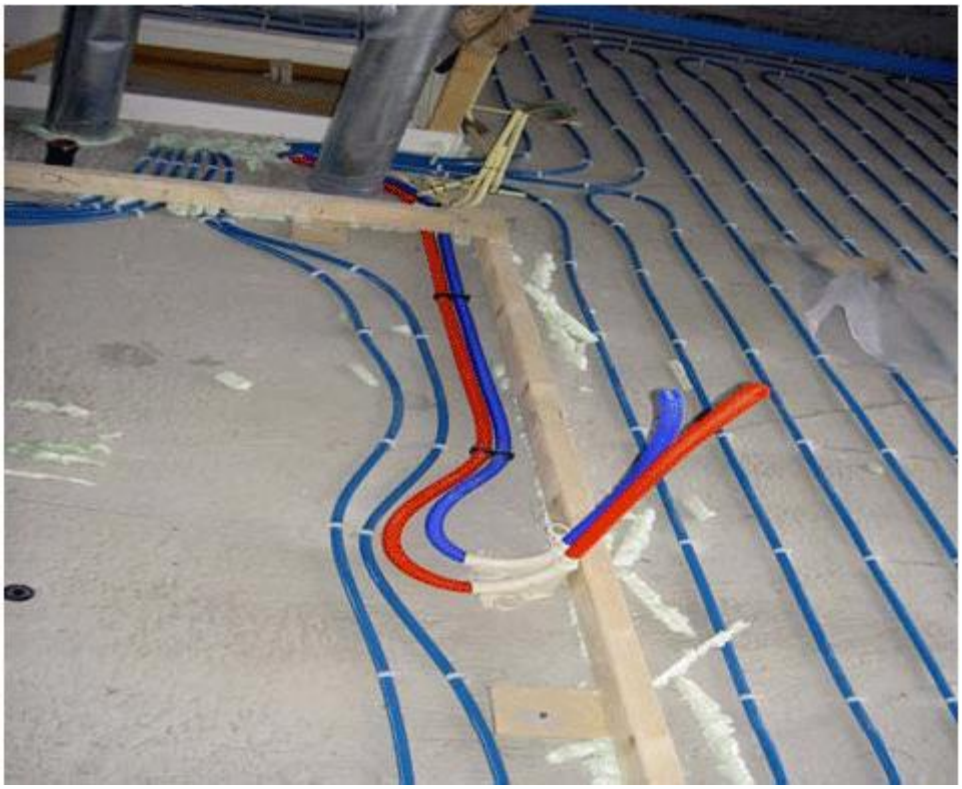
Enkelzijdige aansluiting (bestaande bouw)



Enkelzijdige aansluiting met onderblok (nieuwbouw)



Figuur 4.2.3. Radiatoren enkelzijdig aansluiten zodat uitzetting van de radiator of convector mogelijk is.



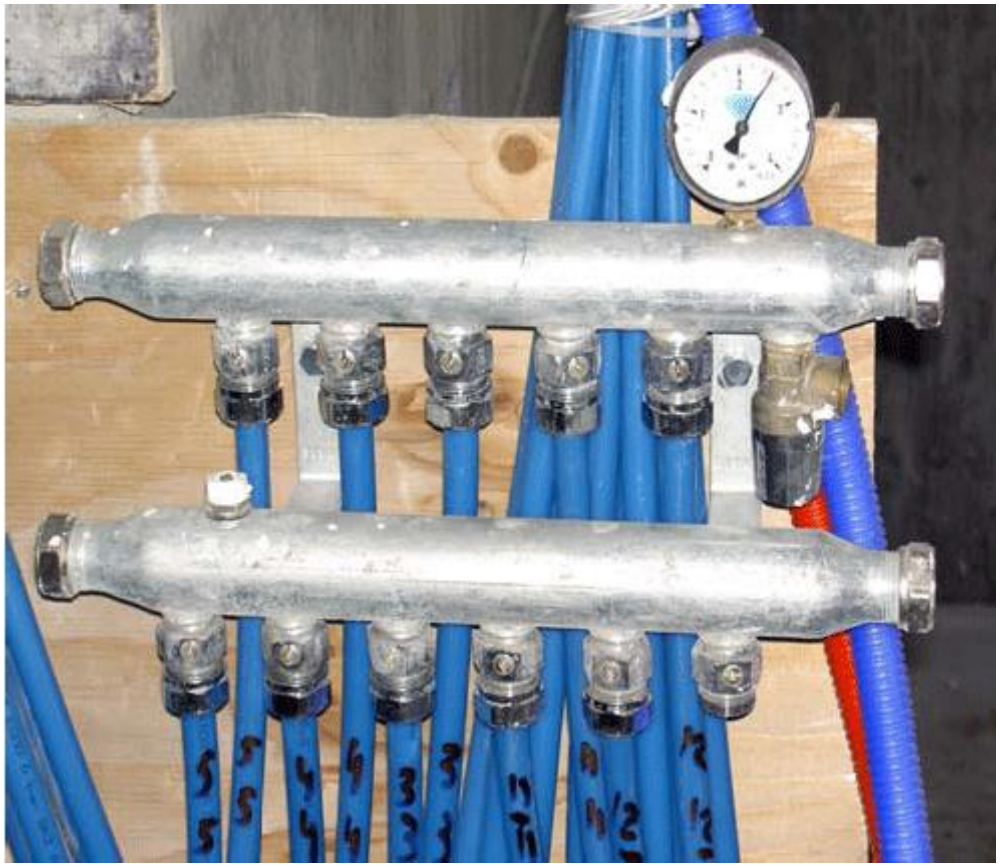
Figuur 4.2.4. Op plaatsen waar kunststofleidingen uit de vloer komen geleide bocht toepassen.

Vullen afpersen en verwarmen

De installatie 1x vullen. Hierbij dienen alle afsluiters open te staan en wordt ontlucht via de ontluchtingspunten op de radiatoren en verdelers en verzamelaars.
Het afpersen geschiedt met water of lucht. Hierbij wordt de volgende procedure gevolgd.

- De installatie wordt op een overdruk gebracht van 1,5X de maximale werkdruk (bijvoorbeeld 2,5 bar) met een minimum van 1 bar;
- Zorg ervoor dat de veiligheidsklep dicht blijft en de druk niet te hoog is voor de apparaten. Apparaten zoals radiatoren en ketel zijn meestal bestand tegen een overdruk van 6 bar;
- Controleer de installatie op lekkage;
- De druk moet gedurende een uur constant blijven;
- Bij kunststofbuizen zal de druk in eerste instantie dalen door de elastische vervorming van de buizen;
- De installatie opnieuw op druk brengen. Hierna dient de druk tenminste 6 uur constant te blijven;
- Onder handhaving van de druk de kunststofbuizen instorten en daarna de druk nog 12 uren handhaven;
- Het verwarmen van buizen in dekvloeren of wanden mag pas plaatsvinden na een verhardings-/ drogingsproces van 28 dagen.

In figuur 4.2.5 is een afbeelding gegeven van een zogenoemde druktestset. Door middel van lucht worden de buizen successievelijk op dichtheid getest.



Figuur 4.2.5. Druktestset op de bouw om successievelijk de leidingen met lucht op dichtheid te testen.

4.3 Beschermen tegen corrosie

Inwendig:

1. Zorg dat er geen lekkages zijn;

2. Pas zuurstofdichte materialen toe;
3. Lucht in de installatie snel afvoeren, eventueel met een automatische microbellen ontluchter;
4. Door toepassing van de punten 1,2 en 3 behoeven geen beschermende middelen aan het cv-water te worden toegevoegd.

Indien de installatie meer dan 2x per jaar moet worden bijgevuld is er sprake van lekkage. Door het vullen wordt zuurstof toegevoegd aan het cv-water.
Uitwendig

- Pas draadbuis met roestwerende grondverf toe;
- Gebruik geen knelverbindingen in onbereikbaar weggewerkte of in het beton gestorte leidingen;
- Voorzie leidingdoorvoeringen door wanden en vloeren bij voorkeur van kunststof pijphulzen;
- Geen precizie buis in kruipruimten toepassen;
- In natte ruimten kunststof pijphulzen 5 cm boven de vloer laten uitsteken.

4.4 Inregelen van de volumestromen

Voor een uitgebreide beschrijving van het inregelen wordt verwezen naar ISSO-publicatie 56.
Voorinstelmethode bij nieuwbouw
In de ontwerfase van het project is een inregelstaat opgesteld. Uitgaande van bijvoorbeeld radiatoren zijn op de inregelstaat **minimaal** de volgende gegevens vermeld:

- Projectnaam, locatie, adres woning;
- Specificatie locatie radiator en inregelafsluiter in de woning;
- Per radiator vermogen, aanvoer- en retourtemperatuur en ontwerpvolumestroom;
- In te stellen stand van de inregelafsluiter van elke radiator;
- Productinformatie inregelafsluiters.

Het is handig dat op de inregelstaat naast de kolom met in te stellen waarden de door de inregeltechnicus ingestelde standen worden vermeld.
Met de voorinstelmehode worden de in te stellen standen van de inregelafsluiters door middel van berekening bepaald. Dit moet worden gecontroleerd en eventueel gecorrigeerd door middel van het meten van de retourtemperatuur. In de GIW/ISSO-publicatie 2007 staan het aantal controle metingen afhankelijk van het aantal gerealiseerde woningen.

Figuur 4.3.1. Inregelen van de ontwerpvolumestromen met de voorinstelmethode.

Temperatuurmethode bestaande bouw

Er zijn onvoldoende gegevens om via een drukverliesberekening de standen van de inregelafsluiters te bepalen. Door middel van het meten van de retourtemperatuur of het temperatuurverschil worden de juiste standen van de inregelafsluiters bepaald. In de ontwerpfase hoofdstuk 2.4.6 is hiervoor een procedure gegeven. Via deze procedure moet door de inregeltechnicus de inregelafsluiter in de juiste (ontwerpstand) worden ingesteld.

4.5 Beproeven en opleveren van de installatie

Volg hierbij in eerste instantie de voorschriften van de fabrikant/ leverancier van de ketel of de verwarmingsset bij warmtelevering.
Het beproeven bestaat uit de volgende onderdelen:

- Controle op volledigheid;
- Controle op functioneren.

Opmerking:
De verwarmingsinstallatie kan alleen goed functioneren als ook de gebouweigenschappen zoals U-waarden en luchtdoorlatendheid voldoen aan het ontwerp.

4.6 Documentatie benodigde gegevens

Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen de gebruikers (eigenaars) van de installatie en de bouwers (producenten).

Gebruikers

- Functionele eigenschappen van de installatie;
- Gebruikshandleiding installatie;
- Benodigd vermogen per verwarmd vertrek;
- Geïnstalleerd vermogen per vertrek;
- Afmetingen verwarmingselementen;

- Inregelstaat;
- Garantiebepalingen;
- Onderhoud en beheer.

Bouwers

- Programma van eisen;
- Gegevens uit de ontwerpfase;
- Bestek uit de uitwerkingsfase;
- Gegevens uit de realisatiefase.

5 Beheerfase van een project

Voor individuele cv-installaties zijn in de beheerfase van belang onderhoud van de installatie en klachtenbehandeling.

5.1 Wettelijke eisen en kwaliteitseisen

Wettelijke eisen
Geen eisen.
Kwaliteitseisen
Afhankelijk van de garantiebepalingen minimaal 1X per jaar onderhoud aan ketel en installatie. Tenzij de ketelfabrikant anders voorschrijft.

5.2 Periodiek onderhoud

Periodiek onderhoud van de cv-installatie draagt bij aan:

- Een lange levensduur van de installatie;
- Verkleining van de kans op tussentijdse storingen;
- Beperking van het energiegebruik;
- Het voorkomen van onveilige situaties;
- Communicatie met de gebruiker/eigenaar.

Voor de meeste individuele cv-installaties is een jaarlijkse controle voldoende. Hierbij wordt minimaal gecontroleerd op:

- Lekkage gasleiding en cv-leiding;
- Druk gasnet en cv-leiding;
- Leidingen controleren op roest;
- Ketel schoonmaken en controleren op functioneren;
- Verbrandingsluchttoevoer en rookgassenafvoer controleren;
- Installatie controleren op functioneren.

5.3 Klachtenbehandeling

Een klacht kan zeer direct zijn bijvoorbeeld de ketel doet het niet. Raadpleeg eventueel de zelfdiagnose test van de ketel en/of de technische documentatie. Denk hierbij aan de interne beveiliging van de ketel zoals voldoende waterdruk.
Bij klachten over het comfort (temperatuur) eerst installatie controleren op voldoende cv-temperaturen zowel bij de ketel als bij de eindgebruikers:

- Ketel aanvoertemperatuur te laag. Misschien te groot temperatuurverschil over ketel;
- Aanvoertemperatuur bij radiator te laag. Misschien te veel afkoeling onderweg omdat niet is geïsoleerd of een verstopping in de leiding;
- Retourtemperatuur radiator te laag. Er is niet ingeregeld of pomp niet in juiste stand;
- Slaapvertrek komt niet op temperatuur. Misschien door regeling met kamerthermostaat.

Als het probleem niet in de installatie en de regeling zit gebouw controleren op luchtdoorlatendheid en U-waarden. Buitenconstructie controleren eventueel met een infraroodmeter, zie bijlage F.

Bijlage A Bepaling oppervlakken van woningen

Het is niet goed mogelijk installaties in woningen te realiseren zonder kennis te hebben van definities van oppervlakken en de hiervoor geldende wettelijke bepalingen.

Vloeroppervlakken

Voor vloeroppervlakken zijn het gebruikersoppervlak A_g en het verblijfsgebiedoppervlak A_{vg} in het BouwBesluit gedefinieerd. Met het verblijfsgebied oppervlak A_{vg} wordt de minimale hoeveelheid ventilatie in de vertrekken van een woning bepaald. Deze hoeveelheid ventilatielucht bepaalt mede het vermogen van de verwarmingsinstallatie. Het gebruiksoppervlak Ag wordt toegepast in de NEN 5128 ''Berekening van de Energie Prestatie Coëfficiënt van woningen en woongebouwen''. De Energie Prestatie Coëficiënt (EPC) is een maat voor het energiebebruik van een woning inclusief de installaties. Voor nieuwbouwwoningen is sinds augustus 2006 de EPC op maximaal 0,8 gesteld. Het gebruiksoppervlak A_g en het verblijfsgebiedoppervlak A_{vg} worden meestal bepaald door een architect of een bouwkundig adviseur.

Wandoppervlak

Naast de vloeroppervlakken moeten door de installatieontwerper ook de oppervlakken van buitenwanden, ramen, deuren, tussenwanden en daken worden vastgesteld om een warmteverliesberekening te kunnen maken. Het maken van een warmteverliesberekening is de start bij het ontwerpen van een verwarmingsinstallatie. In deze bijlage wordt onder **kwaliteitseisen** aangegeven hoe deze oppervlakken volgens ISSO-publicatie 51 ''Warmteverliesberekening voor woningen en woongebouwen'' moeten worden bepaald. Hierbij wordt aangesloten op de NEN 1068 ''Thermische isolatie van gebouwen''.

Wettelijke eisen vloeroppervlak

Voordat het gebruiksoppervlak A_g kan worden vastgesteld dienen eerst de gebruiksfuncties van een woning te worden vastgesteld. Gebruiksfuncties voor een woning zijn:

- Woonfunctie;
- Overige gebruiksfuncties (bijvoorbeeld bergruimte of garage);
- Toilet;
- Verkeersruimte.

Het vaststellen van de gebruiksfuncties in een woning (of gebouw) is de start bij alle woning- of gebouwontwerpen. Op basis van de gebruiksfuncties worden in het BouwBesluit (minimale) prestatie-eisen gesteld aan bijvoorbeeld de grootte van het verblijfsgebied A_{vg}, ventilatiehoeveelheid, daglichttoetreding, maar ook bijvoorbeeld de elektrische voorzieningen die in een verblijfsgebied aanwezig moeten zijn.

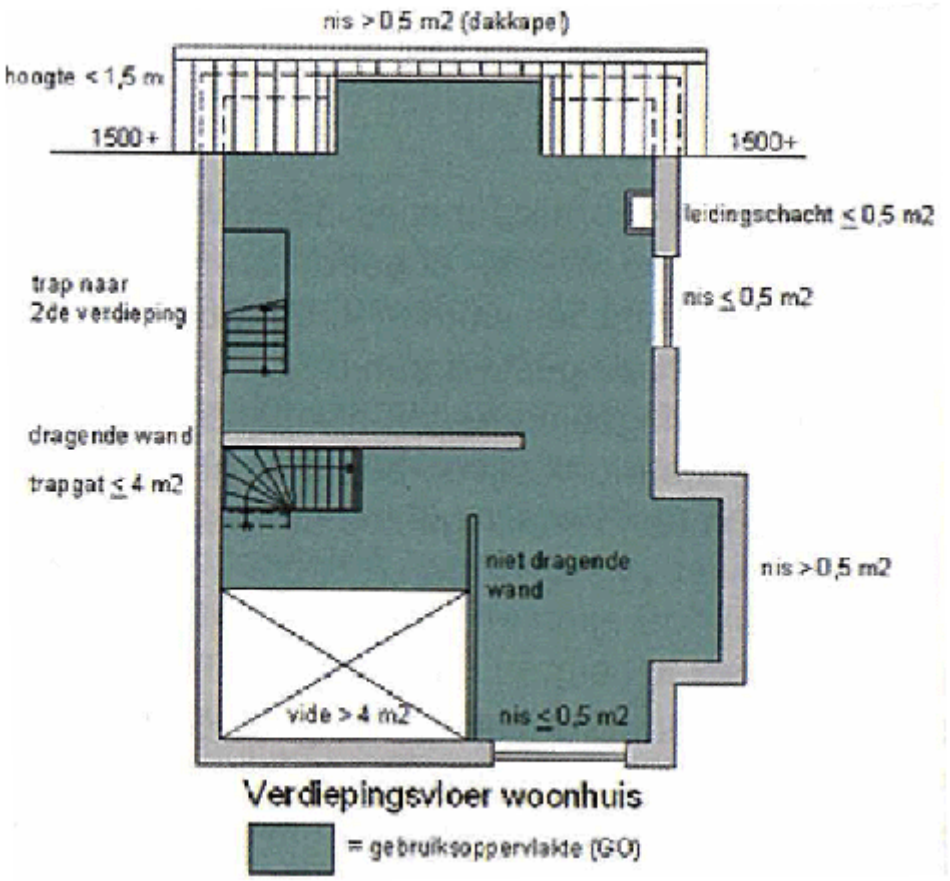
Gebruiksoppervlak A_g

Het gebruiksoppervlak wordt bepaald volgens de NEN 2580 ''Oppervlakken en inhouden van gebouwen''.

De gebruiksoppervlakte ook wel afgekort met ''GO'' is het bruikbare vloeroppervlak voor de betreffende gebruiksfunctie. Bij woningen is dit in feite het totale vloeroppervlak tussen de omsluitende wanden van de gebruiksfunctie. Hierbij worden niet meegeteld vaste obstakels van enige omvang zoals:

- Dragende binnenwanden;
- Schalmgat, vide, liftschacht als oppervlak > 4 m²;
- Vloeroppervlakte met een vrije hoogte kleiner dan 1,5 meter (maar wel de vloer onder een trap of hellingbaan meetellen);
- Afzonderlijke constructie (geen trap) > 5 m²;
- Leidingschacht > 0,5 m².

Bij bepaling van de grenslijn van het gebruiksoppervlak wordt een incidentele nis of uitsparing en een incidenteel uitspringend bouwdeel niet meegeteld, voorzover het grondvlak daarvan kleiner is dan 0,5 m².
In figuur A.1 is een voorbeeld gegeven van het gebruiksoppervlak van een verdiepingsvloer van een woning.



Figuur A.1. Voorbeeld van een gebruiksoppervlak A_g van een verdiepingsvloer van een woning (voor de gebruiksfunctie wonen).

Verblijfsgebied oppervlak A_{vg}

Gedeelte van het gebruiksoppervlak GO met ten minste één **verblijfsruimte**, bestaande uit een of meer op dezelfde bouwlaag gelegen aan elkaar grenzende ruimten niet zijnde een:

- Toiletruimte;
- Badruimte;
- Technische ruimte (bijvoorbeeld ketelopstelruimte);
- Verkeersruimte (bijvoorbeeld hal, overloop).

Binnen de definitie van **verblijfsgebied** zit de definitie van **verblijfsruimte** opgesloten. De definitie voor verblijfsruimte luidt:

Verblijfsruimte oppervlak A_{vr}

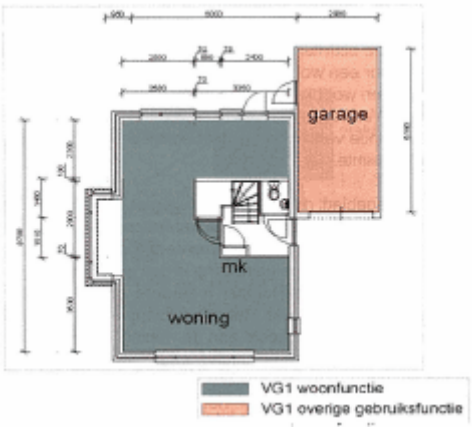
Ruimte voor het verblijven van mensen, dan wel een ruimte waarin de voor een gebruiksfunctie kenmerkende activiteiten plaatsvinden. Voorbeelden van verblijfsruimten voor woningen kunnen zijn:

- Woonkamer;
- Keuken;
- Slaapkamer;
- Hobbyruimte.

Een gebouw moet altijd een verblijfsruimte hebben waarin de kenmerkende activiteiten plaatsvinden van de gebruiksfunctie. Dit is voor een woning met de gebruikfunctie wonen en verblijfruimten woonkamer, keuken, slaapkamers geen probleem. Wanneer een verblijfsgebied niet wordt ingedeeld in verschillende vertrekken, is het verblijfsgebied gelijk aan de verblijfsruimte. Een verblijfsgebied, ook wel aangeduid met VG, bestaat dus uit een of meer verblijfsruimten of andere aparte ruimten die met elkaar in verbinding staan en op dezelfde verdieping zijn gelegen. De verblijfsgebiedindeling is dus geen vast gegeven. Voor een woning kunnen meerdere verblijfsgebiedindelingen worden gemaakt. Het gebruiksoppervlak A_g is wel een vast gegeven gekoppeld aan de woning. Het kan dus niet zo zijn dat voor een woning verschillende gebruiksoppervlakken A_g worden berekend.
De meeste ontwerpers maken het verblijfsgebiedoppervlak A_{vg} liefst zo klein mogelijk om eenvoudiger en goedkoper aan de BouwBesluit eisen te kunnen voldoen met betrekking tot bijvoorbeeld daglichttoetreding en ventilatiehoeveelheid. Hierbij heeft men geen vrijspel omdat aan het toekennen van een verblijfsgebied de volgende voorwaarden zijn verbonden:

- Minimaal 55% van het gebruiksoppervlak A_g van een gebruiksfunctie moet aangemerkt worden als verblijfsgebied. Een woning met een gebruiksoppervlak A_g= 120 m² moet dus minimaal een verblijfsgebied hebben van A_{vg}=0,55* 120= 66 m² voor de gebruiksfunctie wonen;
- Voor de gebruiksfunctie wonen geldt voor het verblijfsgebied de volgende voorwaarden:
    - Minimaal oppervlak 5 m²;
    - Minimale breedte 1,8 m;
    - Minimale hoogte 2,6 m (denk aan zolder).

In figuur A.2. is een voorbeeld gegeven van verblijfsgebieden voor de begane grondvloer van een woning.



Figuur A.2. Voorbeeld van verblijfsgebieden voor de begane grondvloer van een woning.

Toelichting bij figuur A.2

De toiletruimte en de meterkast (technische ruimte) mogen niet in een verblijfsgebied liggen. De hal betreft een verkeersruimte en mag dus ook geen verblijfsgebied zijn. Er zijn drie redenen om aan de hal de gebruiksfunctie verkeersruimte toe te kennen:

1. De hal voldoet niet aan de minimale breedte van 1,8 m (door aanwezigheid van de meterkast);
2. De meterkast (technische ruimte) mag niet rechtstreeks toegankelijk zijn vanuit een verblijfsruimte (artikel 4.68 BouwBesluit);
3. Bij het oppervlak onder de trap is de hoogte lager dan 2,6 m.

Kortom de hal voldoet niet aan de voorwaarden van een verblijfsgebied.
In het voorbeeld van figuur A.2 wordt het oppervlak van de erker wat voldoet aan alle voorwaarden voor een verblijfsgebied niet meegeteld. De eerder genoemde reden hoe kleiner het verblijfsgebied hoe eenvoudiger en goedkoper het is om aan het BouwBesluit te voldoen is hiervan

de reden. Wel moet voldaan worden aan de eis dat voor het gebruiksoppervlak A_g en het verblijfsgebied A_{vg} voor de functie wonen voor de totale woning geldt:
$A_{vg} >= 0,55\ A_g$

GIW-eisen voor installaties

In de GIW eisen voor installaties, vastgelegd in de GIW/ ISSO-publicatie 2007, wordt het buitensluiten van de erker aan het verblijfsgebiedoppervlak niet geaccepteerd. Meer algemeen wordt door het GIW het verkleinen van het verblijfsgebied, waarbij nog steeds voldaan wordt aan de hier genoemde wettelijke 55 % eis, niet geaccepteerd. De reden hiervan is dat het de toekomstige bewoners moeilijk is uit te leggen is dat zij een deel van de woonkamer niet zouden mogen gebruiken, omdat dit in het ontwerp zo is bepaald. In de GIW/ISSO-publicatie 2007 wordt dit expliciet gesteld door het verbod op het toepassen van de krijtstreepmethode. Bij het ontwerpen van een ventilatie installatie met de krijtstreepmethode wordt het verblijfsgebied kleiner gemaakt, waardoor de ventilatiehoeveelheden kleiner worden.
De garage in figuur A.2 betreft de overige gebruiksfuncties. In dit geval dus de gebruiksfunctie garage. Het gebruiksoppervlak van de garage is A_g= 17,81 m². Volgens de 55 % regel zou minimaal 0,55* 17,81= 9,8 m² voor de betreffende gebruiksfunctie zijnde garage moeten worden. Dit is veel te klein voor het parkeren van een auto met de mogelijkheid om uit te stappen en rondom de auto te lopen. Om die reden is $A_{vg}=A_g$.

Bestaande bouw

De term verblijfsruimte wordt ook bij de bestaande bouw toegepast.

Kwaliteitseisen wanden

In hoofdstuk 2.2 van ISSO-publicatie 51 ''Warmteverliesberekening voor woningen en woongebouwen'' wordt voor bepaling van de oppervlakken uitgegaan van de NEN 1068 ''Thermische isolatie van gebouwen''. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen het definitief bepalen van de vermogens in de ontwerpfase en een schatting van het vermogen van de opwekker in de programmafase van een project.

Schatten vermogen van de opwekker

Bij toepassen van de schilberekening voor zowel nieuwbouw als bestaande bouw uitgaan van de buitenafmetingen.

Berekening van de vermogens in de ontwerpfase

Voor zowel bestaande bouw als nieuwbouw geldt:

- Wanden uitgaan van de binnenmaten;
- Vloeren uitgaan van de binnenmaten;
- Plafonds uitgaan van de binnenmaten;
- Daken uitgaan van de binnenmaten;
- Ramen en deuren uitgaan van de dagmaat.

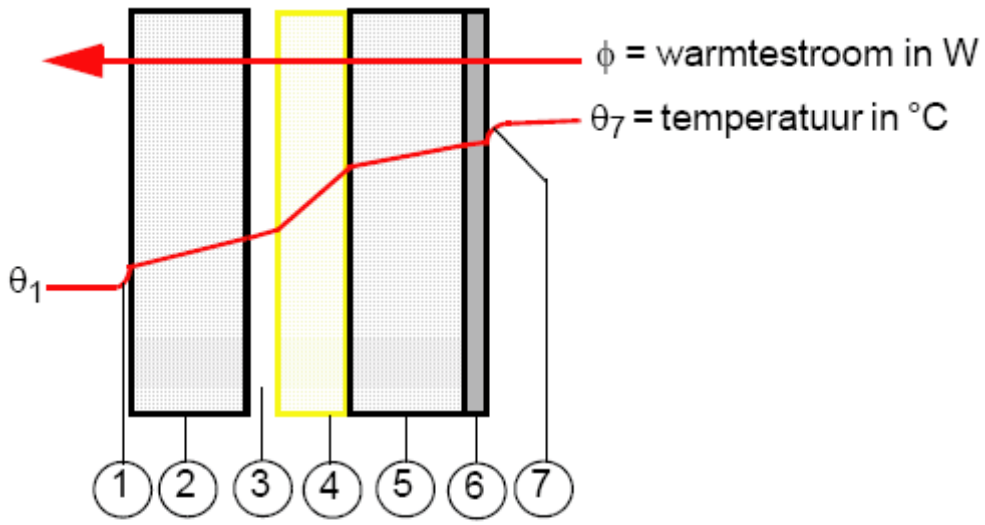
Bijlage B U- en R-waarden bouwkundige constructies

Berekening R_c- en U-waarden

In onderstaande tekst wordt de berekening van de R_c en U-waarden gegeven voor constructies met evenwijdige vlakken. Hierbij wordt geen rekening gehouden met:

- Lagere isolatiewaarde isolatiemateriaal door bijvoorbeeld het bevestigingsmateriaal;
- Uitvoering;
- Koudebruggen.

Voor de formele berekening van ingewikkeldere constructies wordt verwezen naar de NEN 1068 ''Thermische isolatie van gebouwen- Rekenmethoden'', de ISSO site toolshop of het kleintje U en R_c-waarden van ISSO.



1 = Warmteoverdracht van wand naar lucht
2 = Buitenwand
3 = Spouw
4 = Isolatie
5 = Binnenwand
6 = Pleisterlaag
7 = Warmteoverdracht van lucht naar wand

Figuur B.1. Buitenwand met isolatie en spouw. In de figuur zijn het temperatuurverloop en de warmtestroom gegeven.

De warmteweerstand R_c wordt berekend met formule A.1.

$$R_c = \frac{d_2}{\lambda_2} + R_{sp3} + \frac{d_4}{\lambda_4} + \frac{d_5}{\lambda_5} + \frac{d_6}{\lambda_6} \quad \frac{m^2 \cdot K}{W} \qquad B \cdot 1$$

d = De dikte van een constructiedeel in m;

λ = De warmtegeleidingscoëfficiënt λ van een constructie in W/(m.K):

-Buitenwand: λ~ 1,2 W/(m·K)

-Isolatie: λ~ 0,04 W/(m·K)

-Binnenwand: λ~ 1,5 W/(m·K)

-Pleisterlaag: λ~ 0,7 W/(m·K)

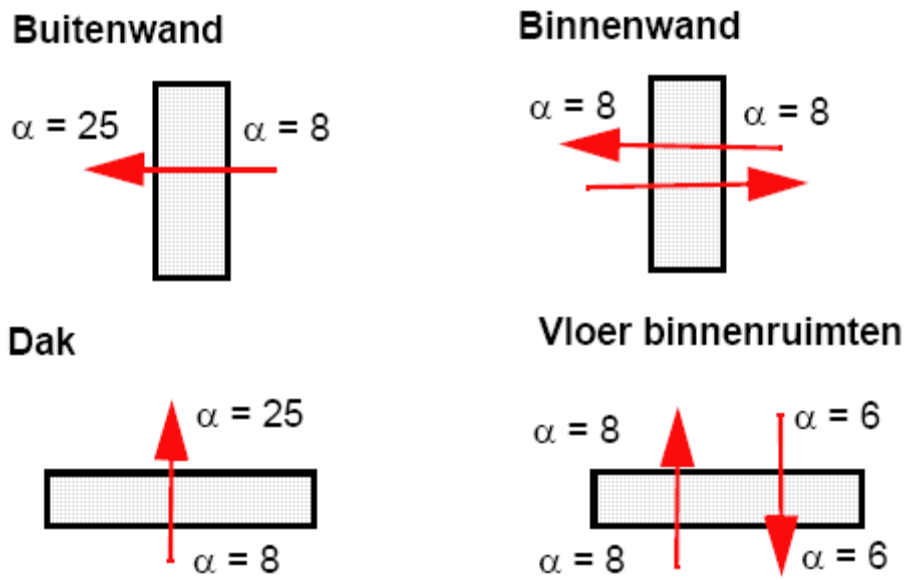
R_{sp} = De warmteweerstand van de spouw 0,17 (m^2.K)/W.

Met formule B.1 is het eenvoudig de warmteweerstand van ander constructies te berekenen. Wordt bijvoorbeeld geen pleisterlaag toegepast, dan vervalt de term d6/λ6. Als er een laag bijkomt, dan komt er in formule B.1 een term d/λ bij. Als een constructie zonder spouw wordt toegepast dan vervalt R_{sp}.

Met behulp van de warmteweerstand R_c en de warmteoverdrachtscoëfficiënten λ1 en λ7 wordt de U-waarde berekend met formule B.2.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + R_c + \frac{1}{\alpha_7}} \quad \frac{W}{m^2 \cdot K} \qquad B \cdot 2$$

De warmteoverdrachtscoëfficiënten α worden ontleend uit figuur B.2.



Figuur B.2. Warmteoverdrachtscoëfficiënten α voor verschillende situaties in W/(m²·K).

Berekening van de warmtestroom

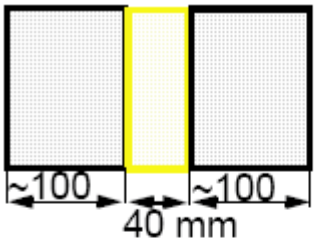
De berekening van een warmtestroom door een wand, dak of vloer geschiedt met formule B.3.

$\Phi = U \cdot A\ (\theta_7 - \theta_1)$ W B·3

A is het oppervlak in m² en θ_7-θ_1 het temperatuurverschil over de wand, dak of vloer, zie figuur B.1.

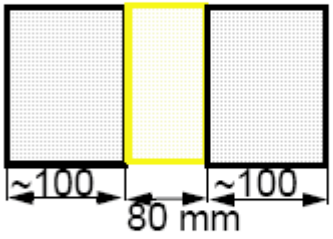
Toepassing R_c en U-waarden

Toepassing R_c en U-waarden Hogere R_c-waarden gaan gepaard met grotere isolatiedikten en daarmee grotere spouwbreedten. Dit is aan grenzen gebonden. De maximale spouwbreedte met de huidige bouwwijze en standaard afmetingen is ongeveer 150 mm. Een grotere spouwbreedte betekent een aanzienlijke toename van de bouwkosten. Om een indruk te krijgen van R_c waarden van buitenwanden en de bijhorende afmetingen zijn in figuur B.3 een aantal voorbeelden gegeven.



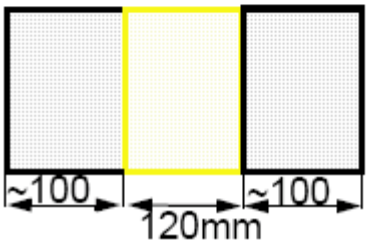
Bestaande bouw

R_c=1,3 (m^2.K)/W



Nieuwbouw wettelijke eis

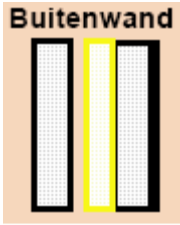
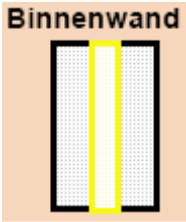
R_c=2,5 (m^2.K)/W



Nieuwbouw kwaliteitseis

R_c=3,5 (m^2.K)/W

Figuur B.3. R_c-waarden voor buitenwanden en de bijbehorende isolatiedikten.
Een ander mogelijkheid om de isolatiedikten te vergroten, zonder dat de spouwbreedte moet mee veranderen is door middel van constructies met buitengevelisolatie. Deze constructies worden hier niet behandeld.
In tabel B.1 zijn richtwaarden voor de R_c en U-waarden gegeven.
Tabel B.1. Richtwaarden voor R_c- en U-waarden voor verschillende constructies.

Isolatiedikte s						
	R_c m²·K/W	U W/m²·K	R_c m²·K/W	U W/m²·K	R_c m²·K/W	U W/m²·K
s = 0 mm	0,46	1,58	0,58	1,19	0,26	2,30
s = 40 mm	1,42	0,63	1,58	0,54	1,11	0,78
s = 80 mm	2,37	0,39	2,58	0,35	2,11	0,44
s = 120 mm	3,32	0,29	3,58	0,26	3,11	0,30
s = 160 mm	4,27	0,23	4,58	0,21	4,27	0,23
s = 200 mm	5,23	0,19	5,58	0,17	5,23	0,19
- In deze tabel is rekening gehouden met een correctie voor de uitvoering van + 5%.						
- Binnenwand enkele laag R_c= 0,34 en U = 1,66.						

Glas en ramen
Van enkelglas zijn we in het verleden overgestapt naar dubbelglas. Van dubbelglas zijn we overgestapt naar Hoog Rendement glas. Bij Hoog Rendement glas worden in de spouw tussen de glasvlakken en doormiddel van coatings op de glasvlakken voorzieningen getroffen om de warmtestroom naar buiten toe kleiner te maken. Dit resulteert in lagere U-waarden. Om aan de huidige eis van EPC<=0,8 te voldoen wordt bijna altijd Hoog Rendement glas HR^{++} toegepast. In figuur B.4 zijn voor een aantal glasconstructies de U-waarden gegeven.

Figuur B.4. U-waarden voor enkele glassoorten. Met de EPC-eis van <=0,8 wordt HR^{++} glas toegepast.

De bovengenoemde waarden zijn zonder het warmteverlies door het kozijn. De wettelijke eis voor ramen van U_{max}= 4,2 is inclusief kozijn. Door het kozijn wordt de U-waarde van het glas met kozijn groter en daarmee het warmteverlies naar buiten. In tabel B.2 zijn voor een aantal glassoorten en kozijnen de gecombineerde U-waarden gegeven.

Tabel B.2. U-waarden van ramen en kozijnen.

Type glas	**U_{glas} W/(m².K)**	**Kozijn**		
		Hout of kunstof	**Metaal met thermische onderbreking**	**Metaal zonder thermische onderbreking**
enkel glas	5,8	5,2	5,4	6,2
dubbel glas	3,2	3,2	3,6	4,4
HR glas	2,0	2,3	2,8	3,6
HR$^+$ glas	1,6	2,0	2,5	3,3
HR^{++} glas	1,2	1,8	2,2	3,0

Deuren

Door de toenemende isolatie van wanden en ramen gaan andere bouwdelen opvallen met betrekking tot hun warmteverlies. Dit is het geval voor binnenwanden en deuren. Bij nieuwbouw worden deuren isolerend uitgevoerd. Onderstaand zijn enkele waarden gegeven:

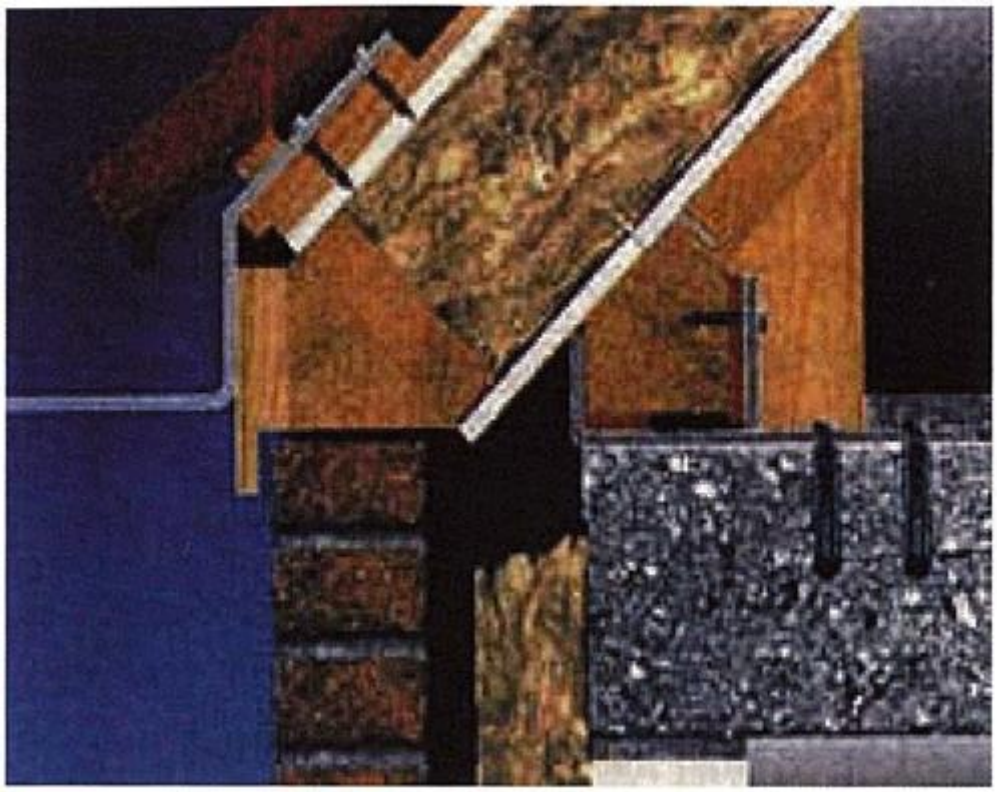
- Houten buitendeur: U_{deur}= 3,5 W/(m²·K);
- Houten buitendeur geïsoleerd: U_{deur}= 2 W/(m²·K).

Toelichting nauwkeurigheid R_c en U-waarden

De warmteweerstand R_c wordt meestal vanaf een bouwtekening bepaald. In de praktijk kunnen deze waarden lager uitvallen. Hierdoor zijn de warmteverliezen groter dan men denkt. Voor de installatie betekent dit dat er onvoldoende vermogen wordt berekend en geïnstalleerd. Hierdoor

ontstaan comfortklachten bij de bewoners, waarbij de schuldvraag in eerste instantie meestal bij het installatiebedrijf wordt weggelegd. Tevens gaan de theoretische berekende energiegebruiken zoals EPC of een Energie PrestatieAdvies EPA steeds meer afwijken van de praktijk.
In de onderstaande tekst wordt een indicatie gegeven van de invloed van uitvoeringsinvloeden op de R_c-waarde, die meestal niet in rekening worden gebracht.

- **Onvoldoende aansluiting tussen de isolatieplaten:**
  Vermindering van de R_c-waarde ongeveer 10 %. Deze situatie treedt meestal op bij moeilijk te bereiken plekken of bij de eindafwerking. Dit laatste is in figuur B.5 gegeven voor de aansluiting van de isolatie aan de dakvoet;
- **Koudebruggen:**
  Koude bruggen ontstaan bijvoorbeeld ten gevolge van vloer en plafond aansluitingen. Vermindering van de R_c-waarde met ongeveer 10 tot 20%. Hiermee moet bij de warmteverliesberekening volgens ISSO-publicatie 51 rekening worden gehouden door als de forfaitair methode wordt gebruikt de U-waarde van een uitwendige scheidingsconstructie met 0,1 W/(m²·K) te verhogen;
- **Verticale luchtstromen:**
  Door verticale luchtstromen tussen isolatiemateriaal en binnenblad wordt de R_c-waarde 10 tot 30 % lager, zie figuur B.6. Dus isolatie moet aansluiten aan het binnenblad;
- **Geen isolatie of te weinig isolatie:**
  Deze situatie kan optreden bij achteraf gevulde spouwen of ten gevolge van bijvoorbeeld leidingen, zie figuur B.7. Vermindering van de R_c-waarde met 10 tot 30 %.



Figuur B.5. Onvoldoende aansluiting van de isolatie tot aan de dakvoet.

Figuur B.6 Spouw tussen binnenblad en isolatie zorgt voor luchtstromingen die de R_c-waarde van de constructie verlagen.

Figuur B.7. Vermindering van de isolatiedikte en daarmee een lagere warmteweerstand voor de constructie.

Warmteverlies door transmissie

Tabel B.3 geeft een indruk van het transmissieverlies bij verschillende buitenoppervlakken en warmteweerstanden. Hierbij is gebruik gemaakt van formule B.3.

Tabel B.3. Toename **ontwerp** transmissie warmteverlies (buiten -10 °C) door de **niet transparante wanden** van een woonkamer (20 °C) ten gevolge van een een lagere R_c-waarde.

Ontwerp warmteverlies	R_c= 2,5	R_c-10%=	R_c-20%= 2	R_c-30%=	R_c-40%= 1,5

woonkamer naar buiten in W	(m²·K)/W	2,25 (m²·K)/W	(m²·K)/W	1,75 (m²·K)/W	(m²·K)/W
Oppervlak 30 m² (tussenwoning)	337	337 (34)	414 (77)	479 (142)	538 (201)
Oppervlak 60 m² (hoekwoning)	674	743 (69)	829 (155)	937 (263)	1077(403)
Oppervlak 90 m² (vrijstaand)	1011	1115 (104)	1244(233)	1406(395)	1616 (605)
( ) is het verschil in W met R_c=2,5					

Als het oppervlak groter wordt neemt ook het extra warmteverlies toe.
Als de ontwerp R_c-waarde groter wordt dan 2,5 is de toename van het warmteverlies bij een slechtere R_c-waarde minder groot.
Om het effect van een lagere warmteweerstand op het op te stellen vermogen te beoordelen moet uitgegaan worden van het totale warmteverlies Φ_{tot} van een vertrek.

Montage kwaliteit isolatie

Er zijn adviesbureau's en bouwbedrijven die speciale aandacht besteden aan het isoleren van de woning door middel van het voorkomen koudebruggen en het toepassen van montagevoorschriften voor het isolatiemateriaal.

Communicatie bouwer installateur

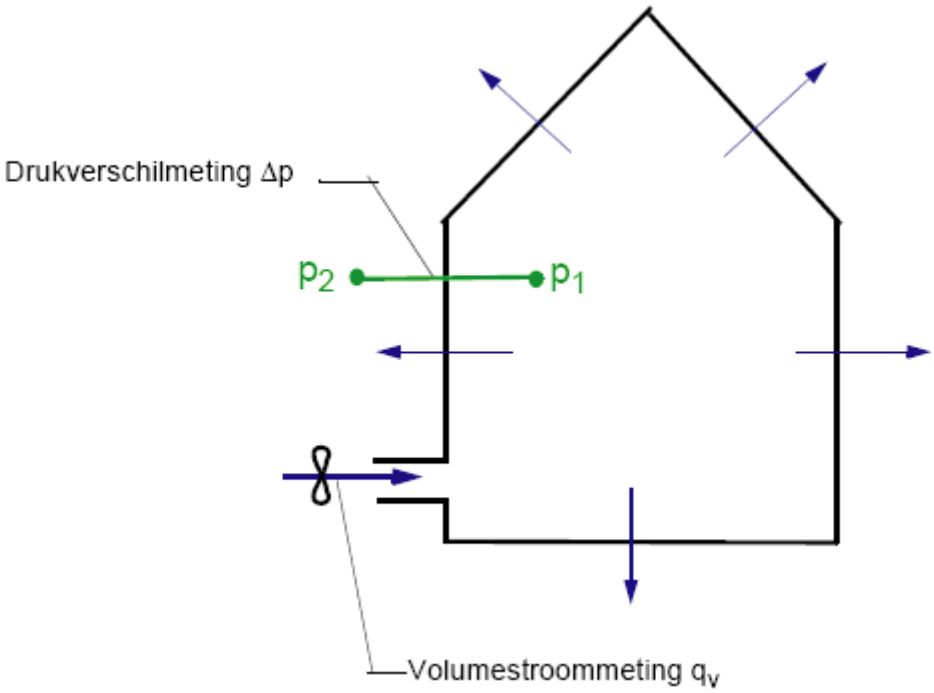
Het installatiebedrijf dient minimaal vast te leggen met de opdrachtgever van welke R_c- waarden en U-waarden wordt uitgegaan bij het installatieontwerp. Bij comfortklachten die betrekking kunnen hebben op de wanden ook een thermografisch onderzoek laten uitvoeren.

Bijlage C Testen luchtdoorlatendheid van een woning

Ongecontroleerde ventilatie komt tot stand via kieren, naden en spleten in de woning. Aan de ene kant is het zinvol de luchtdoorlatendheid zo klein mogelijk te maken in verband met tochtklachten en energiegebruik. Het tot nul reduceren van deze luchtstroom is ook niet gewenst uit het oogpunt van hygiëne en gezondheid, met name bij woningen met ventilatiesysteem A.

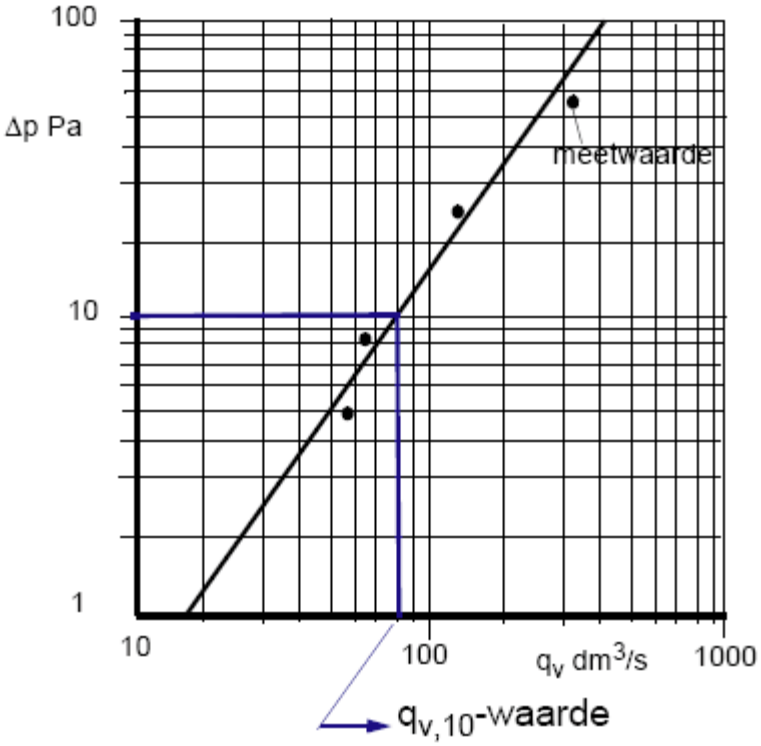
Meetmethode

Om een objectieve maatstaf te hebben is een meetmethode voor de luchtdoorlatendheid ontwikkeld die beschreven is in de NEN 2686 ''Luchtdoorlatendheid van gebouwen, Meetmethode''. In figuur C.1 is het principe van deze meetmethode weergegeven.



Figuur C.1. Principe meetmethode luchtdoorlatendheid woning volgens NEN 2868.

Het resultaat van de meetmethode is minimaal 4 verschillende waarden voor volumestroom en drukverschil. Deze waarden kunnen in een grafiek worden uitgezet, zie figuur C.2.



Figuur C.2. Resultaten luchtdoorlatendheid meting uitgezet in een grafiek. Door de dubbel logaritmische schaalverdeling volgt uit de meetresultaten een "rechte" lijn. Uit deze grafiek kan de $q_{v,10}$-waarde worden afgeleid.

$q_{v,10}$-waarde
De $q_{v,10}$-waarde is een objectieve maat voor de luchtdoorlatendheid van woningen. Voor nieuwbouw geldt, dat deze waarde niet groter mag zijn dan 200 dm³/s.

Het is nog niet zo dat standaard in een in een bouwproject de luchtdoorlatendheid wordt gemeten. Vandaar de onzekerheid over de gehanteerde getallen bij berekeningen.

Een $q_{v,10}$-waarde betreft de gehele gebouwschil. Een lekke dakaansluiting en daardoor hoge $q_{v,10}$-waarde hoeft dus geen maat te zijn voor de luchtdoorlatendheid van de woonkamer.

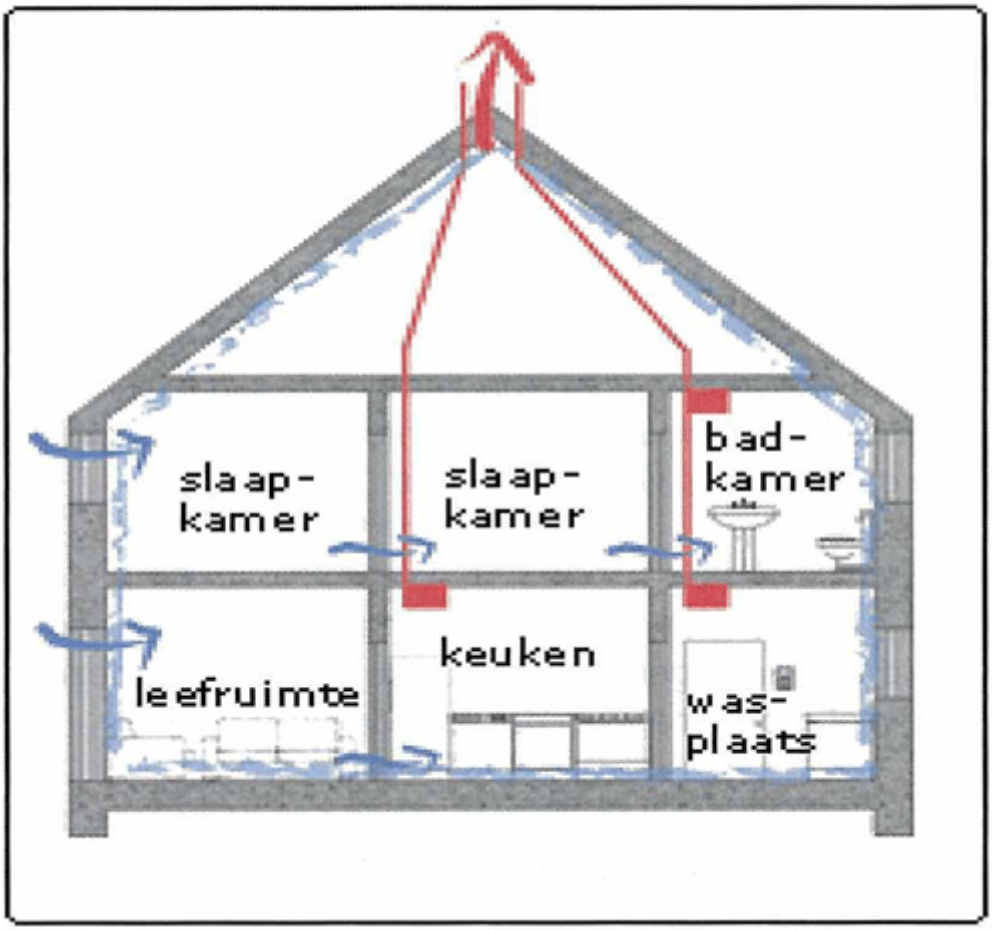
Op basis van $q_{v,10}$-waarde worden bouwdetails ontwikkeld die invulling geven aan de gestelde luchtdoorlatendheid.

Bijlage D Ventilatiesystemen

In Nederland worden ventilatiesystemen van woningen ingedeeld op basis van de NPR 1088 ”Ventilatie van woningen en woongebouwen”. Er worden vier ventilatiesystemen A, B, C en D onderscheiden:

Systeem A: Natuurlijke toe- en afvoer

Dit systeem wordt niet veel meer toegepast bij nieuwbouwwoningen. Het systeem is toepasbaar tot ongeveer vier bouwlagen. In figuur D.1 is de principewerking gegeven.



Figuur D.1. Ventilatiesysteem A natuurlijke toe- en afvoer.

Systeembeschrijving ventilatiesysteem A

In de gevels van de verblijfsgebieden (kamer en keuken) of verblijfsruimten (kamer, keuken, slaapkamer) zijn regelbare toevoerventilatievoorzieningen aanwezig, terwijl de afvoer naar andere ruimten plaatsvindt via bijvoorbeeld spleten onder de deuren en de afvoer naar buiten door verticale kanalen in ten minste de keuken, het toilet en de badruimte.

Regelmogelijkheden

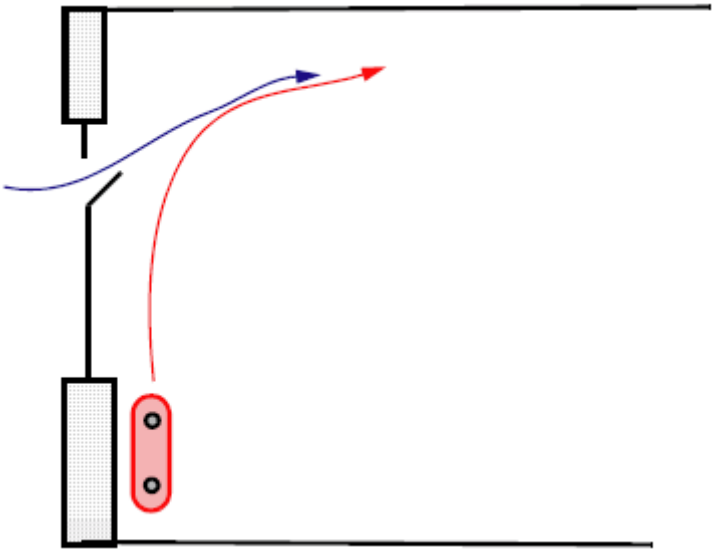
De toevoerrooster zijn of niet regelbaar (bestaande bouw) of met de hand open, dicht of in een tussenstand te zetten. Moderne toevoerroosters kunnen via regeling de luchttoevoer constant houden. De (meestal bouwkundige) afvoer kanalen in keuken, toilet en badkamer worden niet regelbaar uitgevoerd.

Keukenventilatie
Ventilatiesysteem A is te combineren met lokale mechanische afzuiging met een afzuigkap boven een kooktoestel. Deze vorm van locale afzuiging kenmerkt zich door actief te zijn voor korte perioden over een etmaal en wordt daarom niet meegenomen bij het opstellen van de luchtbalans bij het ontwerp van het ventilatiesysteem.
Voordelen en nadelen

- Geruisloos behalve bij harde wind;
- Geen elektrische hulpenergie nodig;
- Ventilatie is sterk afhankelijk van de windsnelheid en het bewonersgedrag. Hierdoor is de gewenste hoeveelheid ventilatie niet altijd gegarandeerd;
- Bij gestapelde bouw met een collectief afvoerkanaal is er kans op overspraak en ongewenste damp- en geurspreiding naar buurtbewoners. Dit is afhankelijk van het kanalenstelsel;
- Vanwege verkeerslawaai zijn bij de toevoer soms suskassen nodig.

Combinatie ventilatiesysteem A met een verwarmingsinstallatie

- De verwarmingsinstallatie moet voldoende vermogen kunnen leveren om de grootste van:
    - Het opwarmen van de ventilatielucht of;
    - De infiltratielucht (luchtdoorlatendheid). voor zijn rekening te nemen. In het ontwerp wordt hiermee rekening gehouden door middel van de warmteverliesberekening volgens ISSO-publicatie 51 ''Warmteverliesberekening van woningen en woongebouwen''.
- Onder de toevoerroosters in de gevel is het noodzakelijk radiatoren of convectoren te plaatsen. Doet men dit niet, dan zal de bewoner uit comfort (tocht) klachten de roosters sluiten met als gevolg te weinig ventilatie, zie figuur D.2;
- Op drukverschil geregelde zelfregelende toevoerrooster met constante volumestroom verminderen te hoge ventilatie hoeveelheden en dragen bij aan een vermindering van het aantal tochtklachten en het energiegebruik. Via gelijkwaardigheidsverklaringen kan met dit soort roosters een lagere (ongeveer 0,01 punt) EPC-waarde worden berekend. Ook onder geregelde roosters een radiator of convector plaatsen.

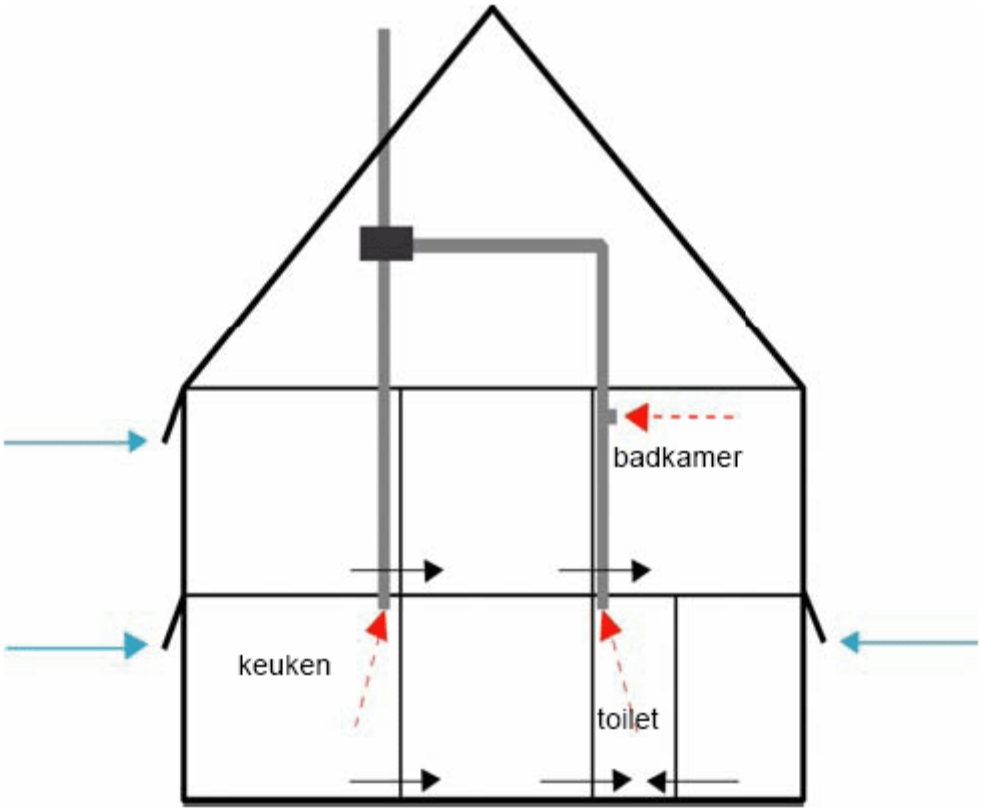


Figuur D.2. Door een radiator/convector onder het toevoerrooster te plaatsen worden tochtklachten en te weing ventilatie voorkomen of verminderd. Als de radiator uit staat of een te lage temperatuur heeft gaat bovengetekende figuur niet op en is er kans op tochtklachten.

Systeem B: Mechanische toevoer en natuurlijke afvoer
Dit systeem is van toepassing bij luchtverwarming en wordt daarom in het kleintje cv niet verder uitgewerkt.

Systeem C: Natuurlijke toevoer en Mechanische afvoer

Dit ventilatiesysteem wordt veel toegepast in nieuwbouwwoningen en is toepasbaar voor zowel laag- als hoogbouw. In figuur D.3. is de principe werking gegeven.



Figuur D.3. Ventilatiesysteem C natuurlijke toevoer en mechanische afvoer.

Systeem beschrijving ventilatiesysteem C

In de gevels van de verblijfsgebieden (keuken en woonkamer) en de verblijfsruimten (keuken, kamer, slaapkamer) zijn regelbare toevoerventilatievoorzieningen aanwezig, terwijl de afvoer naar andere ruimten plaatsvindt via bijvoorbeeld spleten onder de deuren en de afvoer naar buiten door een kanalen systeem met mechanische afzuiging in ten minste de keuken, toilet en de badruimte.

Regelmogelijkheden ventilatiesysteem C

De ventilator in het afvoersysteem is meestal in drie standen te zetten:

1. Hoogstand waarbij de minimaal de ontwerp ventilatiecapaciteiten moeten worden gehaald;
2. Middenstand en;
3. Laagstand.

De bediening van de ventilator zit meestal in de keuken bij de afzuigvoorziening boven het kooktoestel. Soms is ook een hoogstand aanwezig voor koken.

De toevoerroosters kunnen in een open, bijna dicht of tussenstand worden gezet. Bij moderne roosters wordt via regeling de luchttoevoer constant gehouden (zelfregelende roosters) of is de luchttoevoer en de luchtafvoer afhankelijk van de gemeten CO_2 concentratie.

Keukenventilatie

Een motorloze afzuigkap mag op het mechanisch afvoersysteem worden aangeloten. Voor nieuwbouwwoningen die onder GIW-garantie vallen geldt volgens de van toepassing zijnde eisen in de GIW/ISSO 2007 publicatie dat er dan minimaal 125 m^3/h moet kunnen worden afgezogen en speciale filters moeten worden toegepast. Dit is moeilijk te realiseren. Afzuigkappen met motor mogen volgens de GIW-eisen alleen met een apart afvoerkanaal worden toegepast en worden niet in de balansberekening voor ventilatie meegenomen.

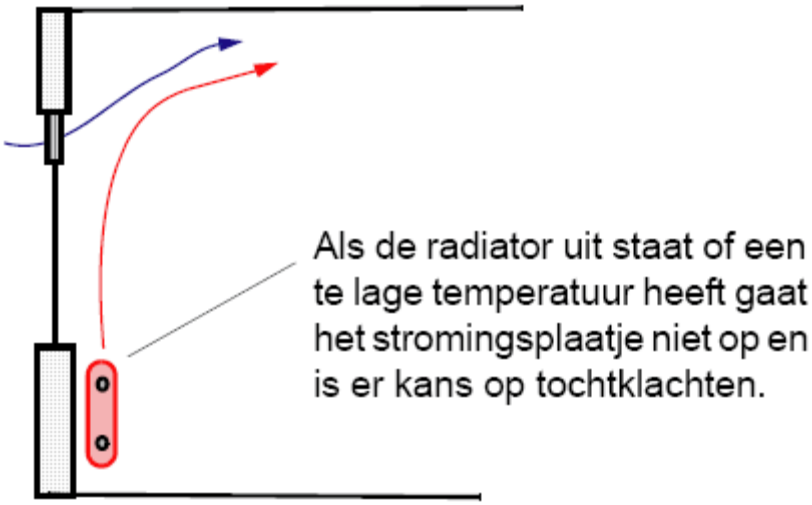
Voordelen en nadelen

- Redelijk beheersbare ventilatie. Vooral de vocht- en geurafvoer uit keuken en sanitaire ruimten zijn redelijk gegarandeerd;

- Eenvoudig, bekend en veel toegepast systeem;
- Kleine kans op geluid hinder als hiermee bij het ontwerp voldoende rekening is gehouden (GIW-eis <=30 dB(A) in de verblijfsgebieden;
- Electrische hulpenergie nodig voor de afvoerventilator;
- Vanwege verkeerslawaai zijn bij de toevoer soms suskassen nodig.

Combinatie ventilatiesysteem C met een verwarmingsinstallatie

- De verwarmingsinstallatie moet voldoende vermogen kunnen leveren om de grootste van:
    - Het opwarmen van de ventilatielucht of;
    - De infiltratielucht (luchtdoorlatendheid). voor zijn rekening te nemen. In het ontwerp wordt hiermee rekening gehouden door middel van de warmteverliesberekening volgens ISSO-publicatie 51 ''Warmteverliesberekening van woningen en woongebouwen''.
- Onder de toevoerroosters in de gevel is het wenselijk radiatoren of convectoren te plaatsen. Doet men dit niet dan zal de bewoner uit comfort (tocht) klachten de roosters sluiten met als gevolg te weinig ventilatie, zie figuur C.4;
- Op drukverschil geregelde zelfregelende toevoerroosters met constante volumestroom verminderen te hoge ventilatiehoeveelheden en dragen bij aan een vermindering van het aantal comfortklachten en het energiegebruik. Via gelijkwaardigheidsverklaringen kan met dit soort roosters een lagere (ongeveer 0,02 punt) EPC-waarde worden berekend. Er zijn ook toevoerroosters die regelen op CO_2-concentratie. Hiermee wordt een verlaging van de EPC-berekend van ongeveer 0,03 punt. Ook dit moet via een erkende gelijkwaardigheidsverklaring worden aangetoond.

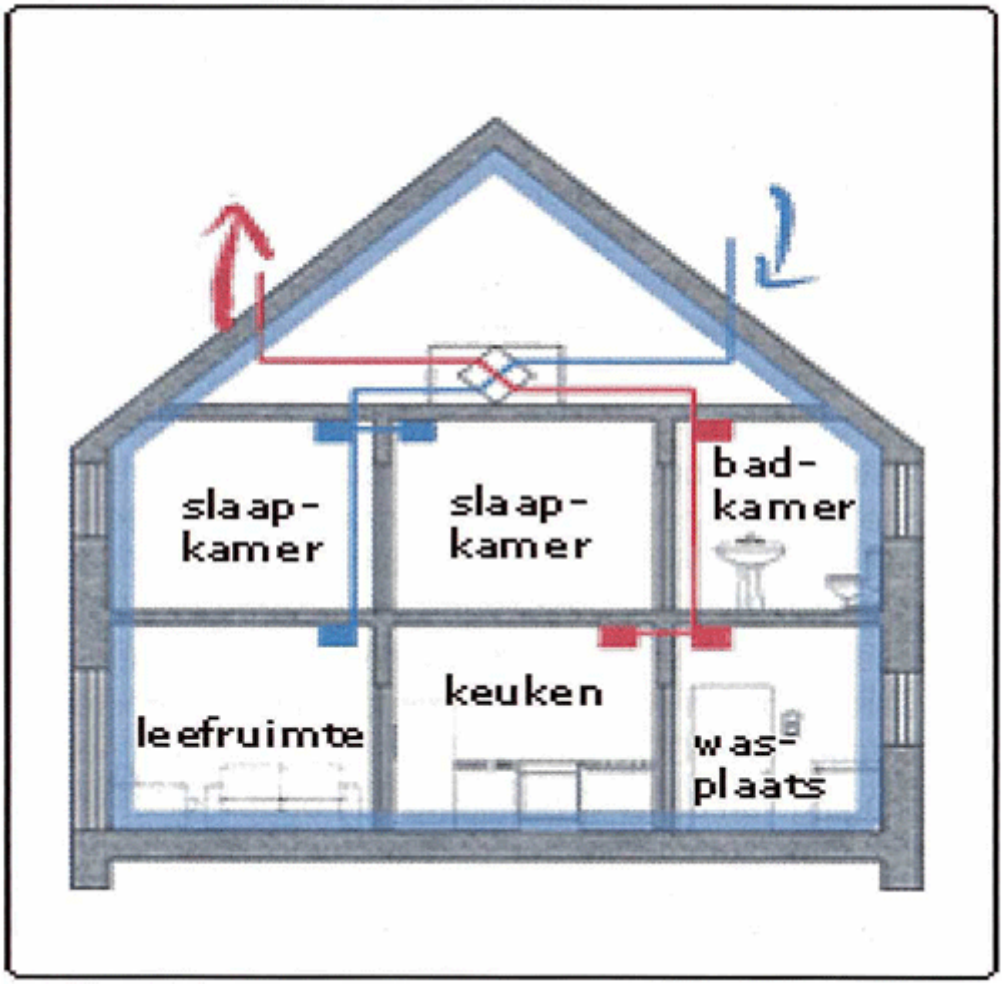


D.4. Door een radiator/convector onder het toevoerrooster te plaatsen worden tochtklachten en te weinig ventilatie voorkomen of verminderd.

Systeem D: Mechanische toe- en afvoer

Dit ventilatiesysteem wordt ook gebalanceerde ventilatie genoemd. Ventilatiesysteem D wordt toegepast bij nieuwbouwwoningen voor zowel laag als hoogbouw.

In figuur D.5 is de principewerking van ventilatiesysteem D gegeven.



Figuur D.5. Centraal ventilatiesysteem D met mechanische toevoer en mechanische afvoer. Ook wel gebalanceerde ventilatie genoemd.

Systeembeschrijving centraal ventilatiesysteem D

De luchttoevoer naar de verblijfsruimten (woonkamer, keulen, slaapkamer) en verblijfsgebieden (keuken en woonkamer) vindt plaats door middel van een kanalensysteem met een ventilator. De luchtafvoer naar andere vertrekken vindt plaats door middel van openingen in de binnenwanden, meestal een spleet onder de deur. De afvoer naar buiten vindt plaats door middel van een kanalensysteem met ventilator in minimaal verblijfsruimte- of verblijfsgebied met kooktoestel, toilet en badkamer.

Regelmogelijkheden ventilatiesysteem D

Uitgangspunt bij de regeling is dat de mechanische luchttoevoer gelijk is aan de mechanische luchtafvoer.

De ventilatoren zijn meestal in drie standen te zetten:

1. Hoogstand waarbij de minimale ventilatiecapaciteiten moeten worden gehaald;
2. Middenstand en;
3. Laagstand.

De bediening van de ventilatoren zit meestal in de keuken bij de afzuigvoorziening boven het kooktoestel. Soms is ook een hoogstand aanwezig voor koken. Via CO_2 sensoren en/ of aanwezigheidsdetectie kan de ventilatiehoeveelheid verlaagd of verhoogd.

Keukenventilatie

Een motorloze afzuigkap mag op het mechanisch afvoersysteem worden aangesloten. Voor nieuwbouwwoningen die onder GIW-garantie vallen geldt volgens de van toepassing zijnde eisen in de GIW/ISSO 2007 publicatie dat er dan minimaal 125 m^3/h moet kunnen worden afgezogen en dat er speciale filters moeten worden toegepast. Dit is moeilijk te realiseren. Afzuigkappen met

motor mogen volgens de GIWeisen alleen met een apart afvoerkanaal worden toegepast en worden niet in de balansberekening voor ventilatie meegenomen.
Voordelen en nadelen

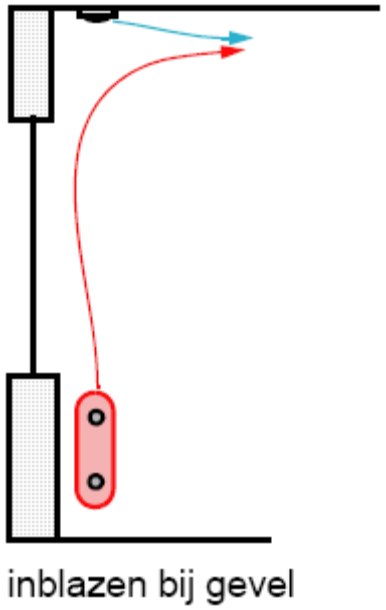
- Goed beheersbare ventilatie, mits zorgvuldig ontworpen en uitgevoerd speciaal m.b.t. minimale ventilatiehoeveelheden en geluid, zie de eisen in de GIW/ISSO-publicatie 2005 en in het verlengde daarvan ISSO-publicatie 62 ''Kwaliteitseisen gebalanceerde ventilatie in woningen'';
- Energiebesparing mogelijk met warmteterugwinning;
- Dichte gevel mogelijk i.v.m verkeerslawaai;
- Mogelijk kans op geluidshinder als hiermee bij het ontwerp onvoldoende rekening is gehouden (GIW-eis <=30 dB(A) in de verblijfsgebieden;
- Elektrische hulpenergie nodig voor de ventilatoren;
- De luchtdoorlatendheid moet binnen bandbreedte liggen, zie hoofdstuk 1.2.3;
- Ruimtebeslag luchtkanalen.

Combinatie ventilatiesysteem D met een verwarmingsinstallatie

- De verwarmingsinstallatie moet voldoende vermogen kunnen leveren voor opwarmen van de ventilatielucht en de infiltratielucht. Dit volgt uit de vermogensberekening volgens ISSO-publicatie 51;
- Dankzij de warmteterugwinning hoeft per vertrek minder verwarmingsvermogen te worden opgesteld en is ook het door de opwekker (ketel) te leveren vermogen lager. Onderstaand overzicht geeft een indruk van de grootte van deze vermogensvermindering.
    - Vermogensvermindering verblijfsruimte 10 m²: 256 W;
    - Vermogensvermindering verblijfsruimte 50 m²: 1282 W;
    - Totale vermogensvermindering ongeveer: 1800 W.

      Hierbij is ervan uitgegaan dat de WTW-unit ook bij -10 °C blijft functioneren en er geen bevriezing optreedt.

- Lucht uit uitblaasroosters niet tegen de warme convectiestroom van bijvoorbeeld een radiator inblazen, maar altijd met de warme convectiestroom van de radiator meeblazen, zie figuur D.6;
- Als men vanuit de kern van de woning inblaast moet de gevel van voldoende thermische kwaliteit zijn.
    - Luchtdichte gevel;
    - Een R_c van minimaal 3 m²·K/W; - HR^{++}glas.
- Dankzij de warmteterugwinning wordt op verwarmingsenenergie bespaard. Hierbij moet men denken aan een besparing van ongeveer 1000 kW.h, wat ongeveer overeen komt met 100 m³ gas;
- Dankzij WTW minder kans op tochtklachten ten gevolge van ventilatie;
- Een verdere energiebesparing is mogelijk door de ventilatiehoeveelheid aan te passen aan het gebruik. Dit gebeurt op basis van CO_2 detectie en of aanwezigheidsdetectie. Via gelijkwaardigheidsverklaringen kan voor dit soort regelingen een lagere (ongeveer 0,02 punt) EPC-waarde worden berekend. Een schatting van de energiebesparing door CO_2 regeling is 100 kW/h, dus ongeveer 10 m³ gas.



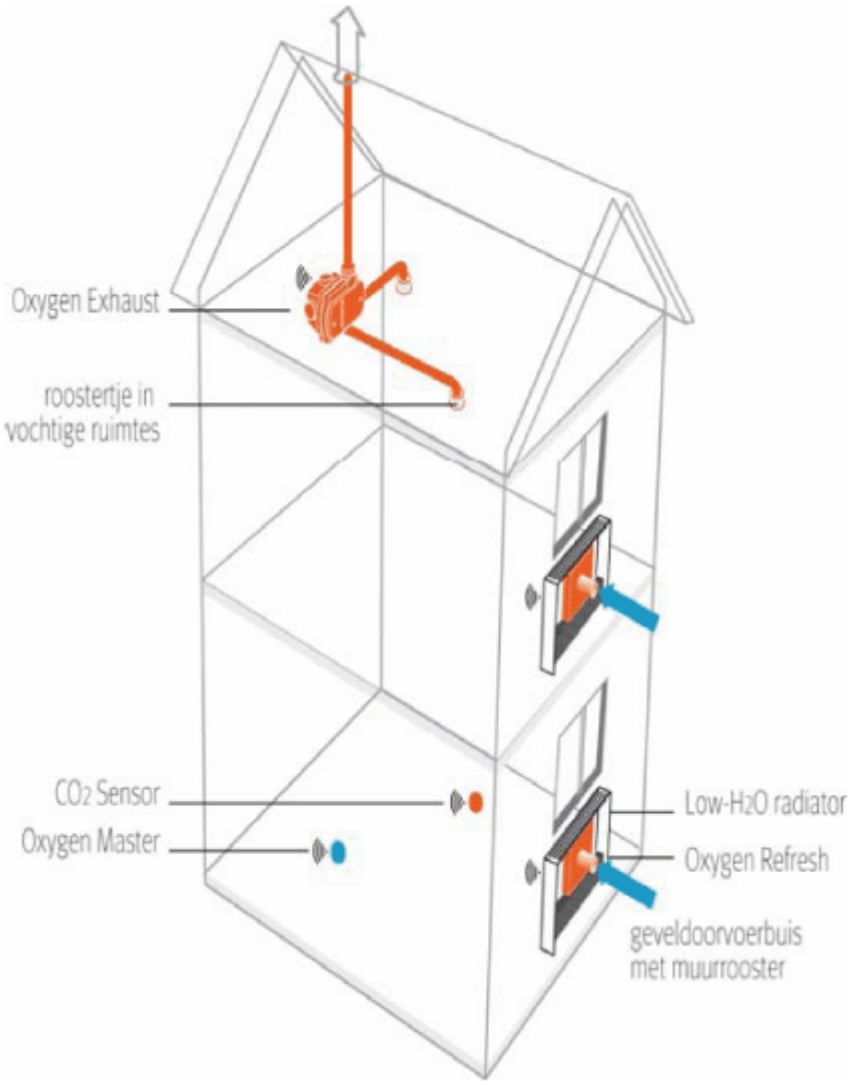
Figuur D.6. Positie uitblaasroosters t.o.v. radiatoren of convectoren.

Decentrale ventilatiesystemen D

Er worden twee typen onderscheiden:

- Decentrale mechanische toevoer en centrale mechanische afvoer;
- Decentrale mechanische toevoer en decentrale mechanische afvoer.

In hoofdstuk 2.3.2 is de systeem opbouw van deze ventilatiesystemen en verwarmingssytemen behandeld. In figuur D.7 is de principe werking van decentrale mechanische toevoer en centrale mechanische afvoer gegeven.



Figuur D.7. Decentraal ventilatiesyssteem D met mechanische toevoer uit de gevel en centrale mechanische afvoer (foto Jaga).

Bijlage E Lagere cv-temperaturen bij bestaande bouw

Er wordt uitgegaan van een bestaande woning die is nageïsoleerd. De radiatoren/convectoren worden gehandhaafd en hebben dus een te groot vermogen gekregen. De vraag is hoe laag mogen de ontwerp cv-temperaturen worden om aan de nieuwe lagere vermogensbehoefte te voldoen.
De berekening van de lagere cv-temperaturen wordt berekend met formule E.1

$$\frac{\theta_{in}+\theta_{uit}}{2} > 50 \times \left(\frac{\Phi_{tot}}{\Phi_{n,1}+\Phi_{n,2}}\right)^{1/(1,3)} + 20 \qquad \text{E1}$$

In deze formule stellen voor:

θ_{in}	= Ontwerptemperatuur radiator in	C
θ_{uit}	= Ontwerptemperatuur radiator uit	C
Φ_{tot}	= Warmtebehoefte nadat is geïsoleerd	W
Φ_{n}	= Genormeerd vermogen radiator 75/65 °C	W

In formule E.1. is uitgegaan van twee radiatoren. Als het een vertrek betreft met één radiator dan vervalt $\Phi_{n,2}$. Als er drie radiatoren in het vertrek staan dan komt er in de noemer nog een $\Phi_{n,3}$ bij. Het genormeerde vermogen wordt bepaald aan de hand van het type radiator, de afmetingen en de catalogus van een fabrikant/leverancier op basis van de NEN-EN 442-2.

In tabel E.1.zijn met formule E.1. een aantal situaties berekend.

Tabel E.1. Lagere cv-temperaturen als er is nageïsoleerd.

Φ_{tot}/Φ_n	**θ_{in}-θ_{uit}**									
	10K		**20K**		**30K**		**40K**		50K	
	θ_{in} C	**θ_{uit} C**	**θ_{in} C**	**θ_{uit} C**	**θ_{in} C**	**θ_{uit} C**	**θ_{in} C**	**θ_{uit} C**	θ_{in} C	θ_{uit} C
1	75	65	80	60	85	55	90	50		
0,8	67,1	57,1	72,1	52,1	77,1	47,1	82,1	42,1		
0,6	58,8	48,8	63,8	43,8	68,8	38,8	73,8	33,8		
0,4	49,7	39,7	54,7	34,7	59,7	29,7	64,7	24,7		

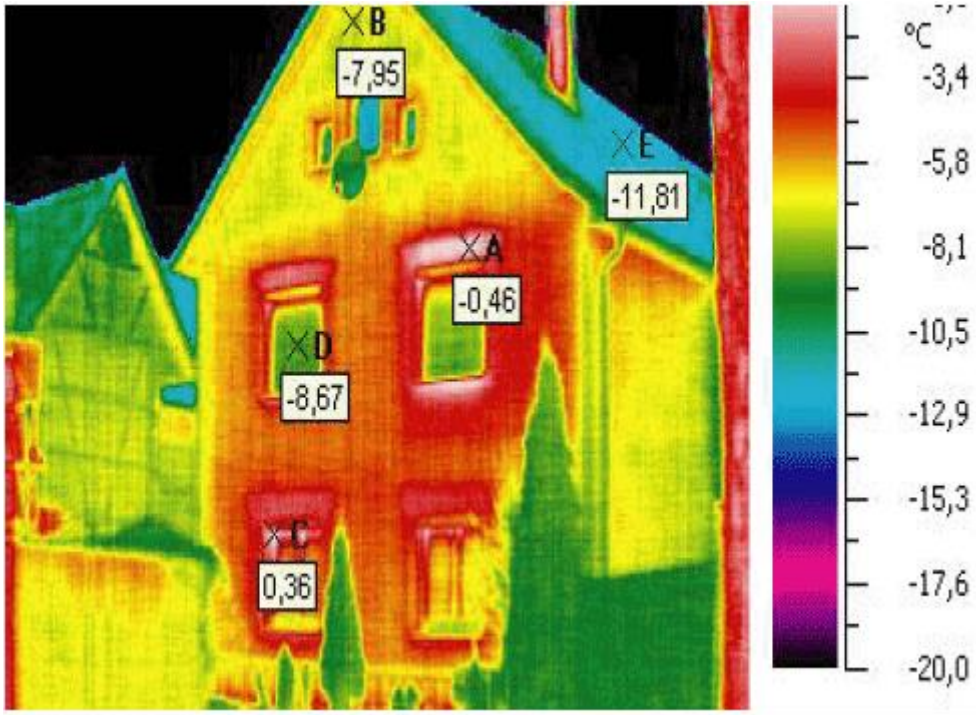
Bij temperatuurverschillen groter dan 20 K wordt het resultaat minder nauwkeurig en moet gebruik worden gemaakt van de gedetailleerde methode uit ISSO-publicatie 50. De regel met $\Phi_{tot}/\Phi_n=1$ laat de cv-temperaturen zien als er geen overcapaciteit is voor de radiatoren en er dus geen lagere temperaturen kunnen worden toegepast.

Voorbeeld
Een woning is nageïsoleerd. Met de warmteverliesberekening volgens ISSO-publicatie 51 wordt voor de woonkamer het totale warmteverlies berekend op 1800 W. Het opgestelde genormeerde radiatorvermogen wordt met behulp van de catalogus van de fabrikant/leverancier bepaald op 2500 W.
Het temperatuurverschil wordt op 20 K gekozen. Uit tabel E.1 lezen we af met $\Phi_{tot}/\Phi_n=1800/2500=0,6$ voor de ontwerp cv-temperaturen:

θ_{in}= 63,8 °C
θ_{uit}= 43,8 °C

Bijlage F Infraroodmetingen aan een woning

Het opsporen van warmtelekken in de gebouwschil kan tegenwoordig relatief eenvoudig met infraroodmetingen. Een niet of slecht geïsoleerde plek in de buitenwand veroorzaakt plaatselijk een hogere wandtemperatuur. Met infraroodmeters kan deze plek worden gevisualiseerd, waarbij een indicatie wordt verkregen van de temperatuur. In figuur F.1. is een voorbeeld gegeven van een infrarood meting van een woning. De rode plekken geven de plaatsen aan waar meer warmte weglekt.



Figuur F.1. Infrarood foto van een woning. De rode plekken geven de plaatsen aan waar meer warmte weglekt.

Het zwakke punt van infraroodmeting is dat de emissiefactor van het aangestraalde oppervlak bekend moet zijn. Voor steenachtige constructies is deze waarde ongeveer 0,8 en voor blinkende metalen oppervlakken ongeveer 0,2. Hout heeft een emissiefactor van ongeveer 0,7 en glas heeft een emissiefactor van ongeveer 0,4.
Dit neemt niet weg dat met infraroodmetingen warmtelekken kunnen worden opgespoord waar ze niet zouden mogen zitten. Hiermee is het mogelijk comfortklachten of klachten over een te hoog energiegebruik op te sporen.

Literatuurlijst

[1] BouwBesluit 2003, www.vrom.nl

[2] NEN EN 14336, Verwarmingssystemen in gebouwen, installatie en inbedrijfstellen van het hele systeem, januari, 2002, NNI.

[3] GIW/ISSO-publicatie 2007, ISSO Rotterdam.

[4] BRL 6000-11, Warmwaterverwarmingsinstallaties, KBI Rotterdam, 2004.

[5] ISSO-publicatie 50, Ontwerp technische kwaliteitseisen voor warmwaterverwamingsinstallaties in woningen, ISSO Rotterdam, 2000.

[6] ISSO-publicatie 51, Warmteverliesberekening voor woningen en woongebouwen, ISSO Rotterdam, 2000.

[7] ISSO-publicatie 56, Inregelen van ontwerpvolumestromen in individuele verwarmingsinstallaties in woningen, ISSO Rotterdam, 2002.

[8] ISSO-publicatie 18, Leidingnetberekening, ISSO Rotterdam, 1988.

[9] ISSO-publicatie 46, Ontwerp van individuele hydraulische schakelingen voor verwarmen van eengezinswoningen, ISSO Rotterdam, 2000.

[10] ISSO-publicatie 49, Vloerverwarming, ISSO Roterdam, 2002.

[11] ISSO-publicatie 66, Vermogen van radiatoren en convectoren in praktijksituaties, ISSO Rotterdam, 2001.

[12] ISSO-publicatie 76, Montage en materiaal specificaties voor warmwaterverwarmingsinstallaties, ISSO Rotterdam, 2005.

[13] NEN 5128, Energieprestatie van woonfuncties en woongebouwen - Bepalingsmethode, 2004.

[14] ISSO-publicatie 82, Handleiding EnergiePrestatie Advies (EPA) woningen (in voorbereiding).
[15] VDI/VDE 2173, Stromungstechnische Kenngrossen vom Stelventilen und deren Bestimmung, 1962.
[16] NEN 2580, Oppervlakten en inhouden van gebouwen, 2001.
[17] NEN 1068, Thermische isolatie van gebouwen, 2001.
[18] NEN 2686, Luchtdoorlatendheid van gebouwenmeetmethode, 1988.
[19] NEN 1087, Ventilatie van gebouwen. Bepalingsmethode voor nieuwbouw, 2001.
[20] NEN 8087, Ventilatie van gebouwen. Bepalingsmethoden voor bestaande gebouwen, 2001.
[21] NEN 2768, Meterruimten en bijbehorende voorzieningen in een woonfunctie, 2005.
[22] NEN 2757, Toevoer van verbrandingslucht en afvoer van rook van verbrandingstoestellen. Bepalingsmethoden, 2001.
[23] NEN 3028, Eisen voor verbrandingsinstallaties, 2004.
[24] NEN-EN 442-2, Radiatoren en convectoren, Beproevingsmethode opgave van de prestaties, 1996.
[25] NEN-EN 1264-2, Vloerverwarming, 1997.
[26] ISSO kleintje GAVO, 2004.
[27] ISSO kleintje Binnenklimaat, 2006.
[28] ISSO kleintje Warmteverlies voor woningen, 2005.
[29] ISSO kleintje Vloerverwarming, 2005.
[30] ISSO kleintje Inregelen, 2004.
[31] ISSO kleintje U en R_c-waarden, 2007.