



Besparingstips water en energie

bij leidingwaterinstallaties

Samenvatting

In 2011 is in opdracht van TVVL en Techniek Nederland (toen Uneto-VNI) een inventarisatie uitgevoerd naar drinkwater- en energiebesparing in woningen en utiliteitsgebouwen. Sinds 2011 zijn er veel ontwikkelingen geweest. Deze zijn soms technisch van aard, zoals de ontwikkeling van nieuwe producten, en soms beleidsmatig, zoals de ontwikkeling naar aardgasloze gebouwen. Het rapport uit 2011 is nu herzien op basis van de laatste inzichten. Deze rapportage is in eerste instantie gericht op de installateur en installatie-ontwerper, maar bezit ook veel relevante informatie voor een consument of (professionele) eigenaar of beheerder van een installatie

Het watergebruik van het gemiddelde huishouden vertoont na jaren van daling een lichte stijging. De douche, toiletspoeling en machinewas zijn samen verantwoordelijk voor 82% van het drinkwaterverbruik. De douche is verantwoordelijk voor gemiddeld 80% van het warmtapwatergebruik en ook gemiddeld 80% van het energiegebruik voor warmtapwaterbereiding.

Naast technische aspecten komen andere aspecten van water- en energiebesparing aan de orde zoals gebruikersgedrag, wetgeving en (vrijwillige) keurmerken.

Drinkwaterbesparing

Drinkwaterbesparing wordt gerealiseerd door gebruiksduur en volumestroom van tappunten en toestellen te beperken. Met name maatregelen bij douches en toiletten hebben een relevante impact. De op dit moment gangbare toiletten hebben al relatief kleine spoelvolumes en een spoelkeuzeknop. Verdere besparing is dan te realiseren door het gebruik van een apart (waterloos) urinoir of gebruik van hemelwater voor toiletspoeling. Bij douches is verdere besparing te realiseren door recirculatie van water bij luxe douches en door ontwikkelingen ten aanzien van het gebruiksgemak. Denk hierbij bijvoorbeeld aan een bediening waarbij het verschil tussen inzepen (met bijvoorbeeld een minimale volumestroom) en afspoelen (met een grotere volumestroom) eenvoudig in te stellen is.

Energiebesparing

Energiebesparing wordt gerealiseerd door warmtapwatergebruik te verminderen, door warmte terug te winnen en door een efficiënte warmtapwaterbereider te gebruiken. Een relevante ontwikkeling is verder de verwachte toename van warmtelevering. Met name als de temperatuur van de warmtelevering niet voldoende is voor warmtapwaterbereiding zijn andere oplossingen voor warmtapwaterbereiding nodig.

Vooraf bij utiliteit is, naast een efficiënte warmtapwaterbereider, een zorgvuldig ontwerp van het warmtapwaterdistributiesysteem belangrijk. Het leidingverloop en de keuze voor centrale of lokale warmtapwaterbereider hebben een grote invloed op het energiegebruik.



Inhoudsopgave

Samenvatting	2
1. Inleiding	6
2. (Warm)watergebruik in Nederland	8
2.1 Energiegebruik gerelateerd aan watergebruik	9
2.1.1 Warmtapwatergebruik	9
2.1.2 Waterproductie en zuivering	10
2.2 Energie- en waterbesparingsstrategieën	10
3. Nieuwe sanitatie	12
4. Gedrag	14
5. Appendages en toestellen	16
5.1 Volumestroomklassen kranen en douches	18
5.2 Volumestroombegrenzer	19
5.3 Schuimstraalmondstuk	21
5.4 Thermostatische mengkraan	22
5.5 Ergonomie	23
5.6 Douche	24
5.7 Keukenkraan	26
5.8 Wastafelkraan	27
5.9 Buitenkraan	27
5.10 Closet	28
5.11 Scheidingstoilet	29
5.12 Vacuümtoilet	30
5.13 Composttoilet	31
5.14 Urinoir	32
5.15 Waterloos urinoir	33
5.16 Vaatwasmachine	35
5.17 Wasmachine	36
Conclusies watergebruikende toestellen	36
6. Warmteterugwinning	38
6.1 Douche-wtw	39
6.2 Recirculatie van douchewater	40
6.3 All-electric douche-unit	41
7. Huishoudwater	42
7.1 Hemelwater	44
7.2 Grijswater	45
8. Drukverhoging	46
8.1 Typen drukverhoging	47
8.2 Energie-efficiënt ontwerp van drukgroepen	48
8.3 Leidingstelsel met geringe drukverlies	49

9. Warmtapwaterbereiding	50
9.1 Afnamepatronen en gebruiksrendement	52
9.2 Toestellen zonder voorraad	52
9.2.1 Toestelwachtijd	52
9.2.2 Zelfstandig gasgestookt doorstroomtoestel (geiser)	52
9.2.3 Elektrisch doorstroomapparaat	53
9.2.4 Hoge temperatuur L/W warmtepomp (utiliteit)	54
9.2.5 (HR-) gasketel	54
9.2.6 Warmtekracht installatie	54
9.2.7 Warmtepomp	54
9.2.8 Warmtewisselaar	54
9.2.9 Opslag met faseovergangsmaterialen	55
9.3 Toestellen met voorraad	56
9.3.1 Close-in boiler	56
9.3.2 Kokendwaterboiler	56
9.3.3 Close-in boiler, hot-fill	56
9.3.4 Gasboiler	57
9.3.5 Warmtepompboiler	57
9.3.6 (Combi-)warmtepomp	58
9.3.7 Boosterwarmtepomp	58
9.3.8 Oplaadsysteem	59
9.4 Warmtelevering	60
9.4.1 HT (hoge temperatuur) warmtelevering	60
9.4.2 LT (lage temperatuur) warmtelevering	60
9.5 Duurzaam (zon)	61
9.5.1 Huishoudelijke zonneboiler	61
9.5.2 Grote zonneboiler (utiliteit)	61
9.6 Aardgasvrije warmtapwaterbereiding	62
10. Distributie warmtapwater	64
10.1 Uittapleidingen	65
10.2 Circulatiesysteem	66
10.2.1 Beperk leidingdiameter en -lengte	66
10.2.2 Isolatie van circulatieleidingen	67
10.2.3 Circulatietemperatuur	67
10.2.4 Onderbreek circulatie	68
10.2.5 Buis-in-buis circulatie bij stijgleidingen	68
10.2.6 Circulatiepomp	69
11. Warmtapwaterconcepten	70
11.1 Hoofdtoestel met uittapleidingen	72
11.2 Hoofdtoestel met extra toestel	72
11.3 Verwarming aan het tappunt	72
11.4 Concepten met lage temperatuur	73
11.4.1 LT hoofdtoestel met secundair toestel	73
11.4.2 LT hoofdtoestel met extra toestel	73
11.4.3 LT Hoofdtoestel met tijdelijke booster	74
11.5 Circulatiesysteem	74



12. Warmtapwater, energiebronnen	76
12.1 Energielevering	77
12.2 Collectieve installatie woningen	77
12.3 Wel of niet combineren met verwarmingsinstallatie	77
13. Kwaliteitseisen en keurmerken	78
14. Uitvoering en beheer	82
14.1 Isolatie	83
14.2 Monitoring	83
14.3 Watermanagementsysteem	83
14.4 Thermisch beheer met het oog op legionellapreventie	84
14.5 Onderhoud	84
Bijlage 1: Uitgangspunten bij berekeningen	85
Bijlage 2: Literatuur	86
Bijlage 3: Overige producten	87



1

Inleiding



Besparing van energie bij de bereiding van warmtapwater of het voorkomen van de verspilling van water bij het gebruik zorgen voor vermindering van de uitstoot van CO₂. Dit draagt bij aan het verminderen van de risico's die deze emissie met zich meebrengen.

Dat er nog veel te bereiken is, blijkt uit het feit dat ongeveer de helft van de Nederlandse huishoudens nog geen waterbesparende douchekop heeft, terwijl de douche verantwoordelijk is voor ongeveer 80% van het energiegebruik voor warmtapwater en ongeveer 40% van het drinkwatergebruik.

Deze inventarisatie geeft de ontwerpers van sanitaire installaties (en anderen) een overzicht van de mogelijkheden om water en energie te besparen bij tapwaterinstallaties in woningen, woongebouwen en utiliteitsgebouwen. Daarbij wordt ingegaan op gevolgen voor het comfort en het onderhoud en de te realiseren energie- en waterbesparing. Deze inventarisatie is een actualisatie van een eerdere inventarisatie¹.

De inventarisatie richt zich op maatregelen die nu toepasbaar zijn. Daarnaast zijn in een bijlage enkele maatregelen opgenomen die niet zonder meer toepasbaar zijn, omdat bijvoorbeeld de betreffende technieken niet voldoen aan het Bouwbesluit.

In de inventarisatie wordt eerst ingegaan op het watergebruik in Nederland en het daarmee gepaard gaande energiegebruik. Vervolgens worden de verschillende mogelijke maatregelen beschreven. Deze maatregelen zijn als volgt geordend:

- watergebruikende toestellen;
- bereiding van warmtapwater;
- distributie van warmtapwater.

¹TVVL; 2008; ST20 Water- en energiebesparing in tapwaterinstallaties.

(Warm)watergebruik in Nederland



In 2018 werd in Nederland 1143 miljoen m³ drinkwater geleverd². Voor het huishoudelijk gebruik werd 837 miljoen m³ drinkwater gebruikt. In 2019 is dat nagenoeg gelijk: 1130 miljoen m³ drinkwater waarvan 818 m³ huishoudelijk gebruik. Het overige gebruik was voor de zakelijke markt. Naast drinkwater wordt er veel niet-drinkwater in Nederland gebruikt in de agrarische sector en in de industrie. Het huishoudelijk drinkwatergebruik thuis naar toepassing is gegeven in tabel 1.

Een gezin met vier personen verbruikt gemiddeld circa 156 m³ drinkwater per jaar. De totale kosten hiervan bedragen ongeveer € 200 per jaar. We kunnen concluderen dat douche, closetspoeling en machinewas gezamenlijk verantwoordelijk zijn voor circa 85% van het huishoudelijk watergebruik thuis. Uit (recente) cijfers van het CBS blijkt dat het huishoudelijk drinkwaterverbruik zelfs iets hoger ligt.

2.1 Energiegebruik gerelateerd aan watergebruik

2.1.1 Warmtapwatergebruik

Het gemiddelde warmtapwatergebruik van een vierpersoons huishouden in 2018 ten behoeve van warmtapwater was 8,9 GJ.

In de praktijk is er een zeer grote spreiding in het energiegebruik voor warmtapwaterbereiding, afhankelijk van type warmtapwaterbereider, type woning, sociale status, e.d.

Tabel 2 geeft een indruk van het gasverbruik, elektriciteitsverbruik en de energiekosten voor de verwarming van warmtapwater in relatie tot het type warmtapwaterbereider.

Terwijl het energiegebruik voor ruimteverwarming de afgelopen jaren een sterk dalende trend vertoonde, is het energiegebruik voor warmtapwater min of meer gelijk gebleven. Het aandeel van het energiegebruik voor warmtapwaterbereiding in het totale energiegebruik bij nieuwe woningen is dan ook 30 tot 50%. De relevantie van energiebesparende maatregelen op het gebied van de warmtapwaterinstallatie wordt daardoor ook steeds groter.

Toepassing	Liter per persoon per dag	Warmtapwater (60 °C, afgeleid uit (1))
Bad	1,9	1,2
Douche	49,2	27,6
Wastafel	5,2	1,5
Closetspoeling	34,6	
Kleding wassen hand	1,3	1,0
Kleding wassen machine	14,3	
Afwassen hand	3,6	2,9
Afwassen machine	2,5	
Voedselbereiding	1,2	
Koffie, thee en water drinken	1,3	
Overige	4,5	
Totaal	119,2	34,2

Tabel 1: Gemiddeld (warm)watergebruik van een huishouden in Nederland².

Toestel	Voorraad [liter]	Energiegebruik [m ³ aardgas] [kWh]	Energiekosten [EUR/jaar]
Combiketel Doorstroomtoestel	0-10 liter	315 m ³	€ 240
Combiketel Voorraadtoestel (cv-boiler)	10-100 liter	340 m ³	€ 260
Elektrische boiler	70-120 liter	2750 kWh	€ 605
Warmtepomp-boiler of combi-warmtepomp	80-200 liter	880 kWh	€ 194

Tabel 2: Warmtapwatertoestellen en energiegebruik.

² VEWIN, Kerngegevens drinkwater 2019, idem 2020

2.1.2 Waterproductie en zuivering

De productie van drinkwater kost³ gemiddeld 0,51 kWh per m³. De zuivering van afvalwater kost⁴ circa 27,6 kWh per inwoner equivalent per jaar⁵. Het energiegebruik ten behoeve van het transport van afvalwater is onbekend. Het totale energiegebruik voor drinkwaterproductie en afvalwaterzuivering ten gevolge van het drinkwatergebruik per persoon bedraagt ongeveer 50 kWh. Aangezien het energiegebruik ten behoeve van warmtapwaterbereiding per persoon circa 200 kWh per jaar bedraagt (bij toepassing van een warmtepomp), kunnen we concluderen dat in verhouding tot de energie die nodig is voor warmtapwaterproductie, het energiegebruik voor productie van drinkwater en zuivering van afvalwater relatief klein is.

De productie van schoon drinkwater vormt een zekere belasting voor het milieu. Oppervlaktewater is bijvoorbeeld vaak verontreinigd als gevolg van lozingen van chemisch afval, het gebruik van mest en bestrijdingsmiddelen in de landbouw en medicijnresten. Om dit water schoon te krijgen ten behoeve van de drinkwatervoorziening zijn desinfectiemiddelen en chemicaliën nodig. Een afvalproduct dat bij dit reinigingsproces ontstaat, is vervuild slib. Dit slib moet worden verwerkt of opgeslagen. De winning van grondwater draagt ook bij aan de daling van de grondwaterspiegel en daardoor aan verdroging van bijvoorbeeld natuurgebieden.

Van de milieueffecten die gerelateerd kunnen worden aan het gebruik van drinkwater (energiegebruik voor verwarming van tapwater, energiegebruik voor productie en zuivering, gebruik van chemicaliën en verdroging) is het energiegebruik voor het verwarmen van tapwater het meest relevant.

2.2 Energie- en waterbesparingsstrategieën

Voor energiebesparing en waterbesparing worden vergelijkbare strategieën gebruikt. Deze strategie, de Trias Energetica, wordt gekenmerkt door de volgende stappen:

1. a) Beperk de behoefte aan energie en water, voorkom verspilling.
b) Hergebruik energie en water (warmteterugwinning, grijswater).
2. Gebruik duurzame water- en energiebronnen.
3. Gebruik fossiele energiebronnen efficiënt.

In stap één kijken we naar het watergebruik aan het tappunt. Kunnen we het energie- en watergebruik daar verminderen door bijvoorbeeld een kleinere volumestroom, een lagere taptemperatuur of een kortere gebruiksduur? Ook lekkages verdienen in deze stap de aandacht. In tabel 3 zien we de waterverspilling van lekkende kranen op basis van het aantal druppels per minuut.

Het beperken van de behoefte heeft ook betrekking op het hergebruik van water en/of energie, zoals bijvoorbeeld met een douchewarmtewisselaar, recirculatie van douchewater of het hergebruik van grijs water.

10 druppels per minuut	1,1 m ³ per jaar	€ 1,40 per jaar
30 druppels per minuut	3,3 m ³ per jaar	€ 4,10 per jaar
60 druppels per minuut	6,6 m ³ per jaar	€ 8,30 per jaar
90 druppels per minuut	9,9 m ³ per jaar	€ 12,40 per jaar
120 druppels per minuut	13,2 m ³ per jaar	€ 16,50 per jaar

Tabel 3: Waterverspilling en kosten ten gevolge van waterverspilling bij lekkende kranen.

In stap twee kijken we naar de mogelijke toepassing van duurzame bronnen, bijvoorbeeld zonne-energie voor de opwekking van warmtapwater of hemelwater voor het gebruik van de toiletspoeling.

In stap drie wordt gekeken naar de efficiënte bereiding van warmtapwater, bijvoorbeeld door gebruik van een (combi)warmtepompboiler.

² VEWIN, Kerngegevens drinkwater 2019, idem 2020

³ Drinking water fact sheet 2019, Vewin

⁴ Infomil rioolwaterzuiveringsinrichtingen, 2006

⁵ Inwoner equivalent is een (ruime) maat voor de hoeveelheid afvalwater die één persoon produceert. Een gemiddelde huishouden wordt geschat op drie i.e.



Onder nieuwe sanitatie verstaan we een zo duurzaam mogelijke verwerking van afvalwater. Dat wil zeggen dat:

- energie en grondstoffen die terug te winnen zijn, zoveel mogelijk worden (her)gebruikt;
- milieuverontreinigende stoffen zoals medicijnresten, hormonen en micro-beads (plastic bolletjes uit verzorgingsproducten) zo veel mogelijk worden verwijderd;
- er een goede kosten-batenverhouding is;
- de voorzieningen ook maatschappelijk worden geaccepteerd.

Nieuwe sanitatie heeft niet betrekking op een specifieke techniek, maar op de aanpak van de verwerking van afvalwater. De volgende elementen kunnen een rol spelen in projecten met nieuwe sanitatie als uitgangspunt:

- Scheiding van afvalwaterstromen in bijvoorbeeld fecaliën, urine, grijswater (zie figuur 1).
- (Terug)winning van energie uit afvalwaterstromen.
- Verwerking van afvalwater dicht bij de bron.

De technieken die ondersteunend kunnen zijn aan nieuwe sanitatie-projecten in een gebouw zijn:

- vacuümtoilet
- scheidingstoilet
- lokale berging van hemelwater
- gescheiden afvoersystemen
- douchewaterwarmteterugwinning
- voedselrestenvermaler.

De achtergrond van het splitsen van de afvalwaterstromen is dat het zuiveren van afvalwater beter gaat als de afvalwaterstroom meer geconcentreerd is.

Met het afvalwater dat op het riool wordt geloosd, verdwijnt ook veel warmte in het riool. Voor een gemiddeld huishouden is de totale warmte die geloosd wordt via het afvalwater aanzienlijk: in de orde grootte van de totale warmtebehoefte van de woning. Deze thermische energie kan worden teruggewonnen met riothermie. Riothermie is een techniek waarbij energie uit afvalwater teruggewonnen wordt via warmtewisselaars. Het betreft laagwaardige warmte, die vaak wordt opgewaardeerd met warmtepompen.

In relatie tot terugwinning van energie is de scheiding van afvalwaterstromen interessant als de koude afvalwaterstromen gescheiden worden van de warme afvalwaterstromen. Aangezien het toilet de grootste bron is van koud afvalwater, is het scheiden van zwart afvalwater (toilet) en grijsafvalwater (overig huishoudelijk afvalwater) relevant voor terugwinning van warmte.

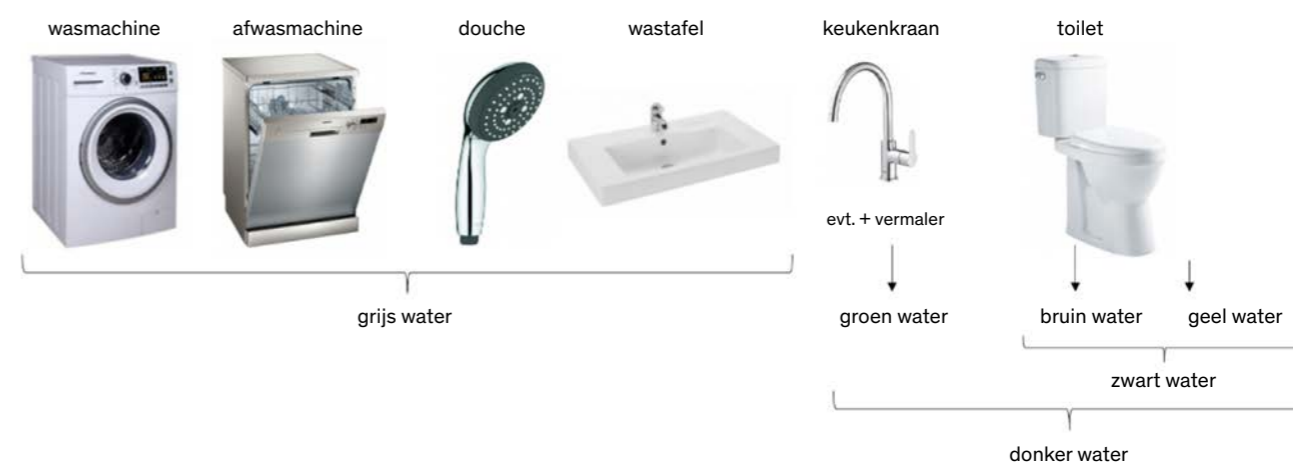
Landelijk sluit nieuwe sanitatie aan bij de doelstellingen om van een lineaire economie naar een circulaire economie te komen, zoals opgenomen in het Rijksprogramma Nederland circulair in 2050.



Literatuur:

www.saniwijzer.nl

www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/circulaire-economie/nederland-circulair-in-2050



Figuur 1: Benaming van huishoudelijke afvalwaterstromen.



De beschikbaarheid van drinkwater is afhankelijk van het weer en de hoeveelheid water die ons land binnenstroomt via de rivieren. De laatste jaren blijkt ook in Nederland de beschikbaarheid van drinkwater op sommige momenten problematisch. De watertoevoer, zowel via rivieren als via regen, vertoont steeds grotere fluctuaties. Op basis van recente inzichten is de verwachting dat droogte een urgent probleem wordt. Omdat ook de waterhuishouding verandert in de landen waar de rivieren hun oorsprong hebben, vermindert de toevoer van het rivierwater. Daar komt bovenop dat er een relatie is tussen de hoeveelheid en de kwaliteit van het water: de concentratie van (schadelijke) stoffen in het rivierwater neemt toe bij lage waterstanden.

In deze rapportage staan technieken beschreven die kunnen zorgen voor een lager drinkwatergebruik en minder energiegebruik voor het verwarmen van water door het toepassen van verschillende technieken. Uiteindelijk bepaalt de gebruiker zelf het totale watergebruik, door de gebruiksintensiteit van verschillende tappunten of toestellen. De volgende (consumenten)tips hebben betrekking op gedrag en bewustwording:

Gedragmaatregelen in de woning

- Douche minder lang, minder vaak en met een lagere temperatuur. Douche bewust, doe bijvoorbeeld de kraan uit bij inzeppen en de kraan aan bij afspoelen.
- Gebruik alleen warm water als dat nodig is. Bij éénhendelmengkranen wordt meestal in de neutrale (midden) stand mengwater geleverd. Zo worden er toch onbedoeld vaak kleine hoeveelheden warmtapwater gebruikt. Dit gaat vaak ten koste van het gebruiksrendement van de warmtapwaterbereider.
- Was minder vaak, was niet op een te hoge temperatuur en was met een volle machine. Hetzelfde geldt voor de vaatwasmachine. Zet de vaatwasmachine alleen aan als deze vol is. Gebruik de juiste programma's (met niet te hoge temperaturen) voor de specifieke situatie. Overweeg de aansluiting op een warmtapwaterleiding als er een zonneboiler is.

Waterbesparing en de tuin

- Geef planten 's ochtends voor de zon op komt water. Dan heeft het water tijd om in de grond te trekken en verdampt het minder snel.
- Geef planten minder vaak water.
- Gebruik druppelirrigatie. Dit zorgt voor een constante, afgestelde watertoevoer naar je planten en kan tot 70% water besparen in vergelijking tot met de hand sproeien.
- Gebruik een gieter in plaats van een tuinslang.
- Houd rekening met watergebruik bij het inrichten van de tuin. Maak bijvoorbeeld gebruik van bodembedekkers en compost, zodat de aarde beter water vasthoudt.

5

Appendages en toestellen



Water- en energiebesparing aan tappunten kunnen op verschillende manieren worden gerealiseerd:

- beperken van de volumestroom;
- beperken van de gebruiksduur;
- door de temperatuur zo laag mogelijk te houden.

Een goede water- en energiebesparende kraan geeft de gebruiker de controle over deze drie karakteristieken. Bij een waterbesparende eenhendelsmengkraan wordt de basisstand gekenmerkt door een lage volumestroom en koudwaterafname. Een kortere gebruiksduur kan gerealiseerd worden, naast gedragsaanpassing, door bijvoorbeeld gebruik te maken van sensoren of een drukknop met een beperkte stromingsduur. Ergonomie van de kraan speelt dan ook een belangrijke rol bij de uiteindelijke energie-efficiëntie.

Bij spoeltoestellen speelt ook het afvoersysteem een grote rol. Het spoelvolumen van een toiletcombinatie is vooral gebaseerd op het kunnen afvoeren en transporteren van de feces door het afvoersysteem. Bij verdergaande beperking van het spoelvolumen moeten voor de afvoerleidingen aangepaste ontwerp- en uitvoeringsregels in acht worden genomen.

5.1 Volumestroomklassen kranen en douches

De volumestromen van kranen, schuimstraalmondstukken, volumestroombegrenzers en douches worden onderverdeeld in klassen. Bij kranen worden normaliter de volumestroomklassen voor het schuimstraalmondstuk gehanteerd. Deze vindt u in tabel 4.

In tabel 5 zijn de volumestroomklassen voor douchekoppen gegeven. De volumestroom van een kraan of douche is afhankelijk van de gebruiksdruk. De relatie tussen volumestroomklassen en de gebruiksdruk bij douches vindt u in figuur 2.

Douches en schuimstraalmondstukken met een volumestroom van minimaal 4,0 l/min en maximaal 9,0 l/min mogen worden aangeduid met het Kiwa-keurmerk 'Laag Verbruik'. Ook kranen met een vergrendeling van de volumestroom voldoen aan dit keurmerk. Het keurmerk speelt nauwelijks meer een rol in de markt. Zie hoofdstuk 13 voor andere keurmerken.

Techniek Nederland is er voorstander van om het keurmerk ter herijken en actief te promoten of aan te sluiten bij Europese initiatieven, zoals het European Water Label. Ten aanzien van herijking kan gedacht worden aan de volgende aspecten:

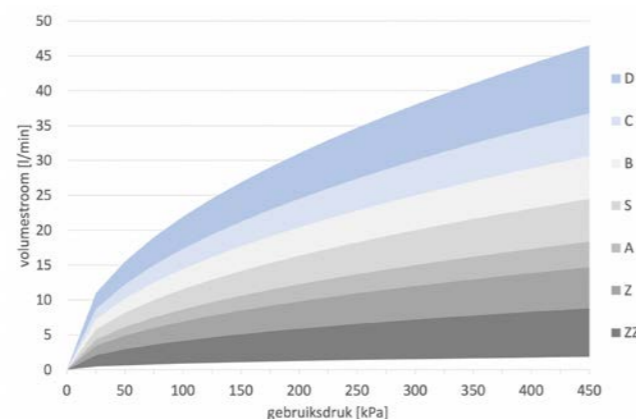
- Het regelbereik van een kraan. Als een kraan namelijk een relatief groot regelbereik heeft, is een lagere volumestroom makkelijker te kiezen.
- Een fysieke barrière bij éénhandelmengkranen voor het afnemen van warmtapwater.
- Overige ergonomische aspecten.

Aandachtspunten

- Klasse ZZ wordt gekenmerkt door een lagere volumestroom dan het keurmerk 'Laag Verbruik' en het wettelijke minimum (NEN 1006).
- Bij kranen en douches met een geringe volumestroom dient de volumestroom altijd getoetst te worden aan de tapdrempel van de warmtapwaterbereider.

Literatuur

- Kiwa Water Mark.
- BRL-K 607: Instelbare mengkranen, o.b.v. NEN-EN 817.
- BRL-K 658: Douchekoppen en handdouches, o.b.v. NEN-EN 1112: Douchekoppen.
- BRL-K 606 en 652: enkelvoudige mengkranen, o.b.v. NEN-EN 200
- BRL-K 669: Zelfsluitende mengkranen, o.b.v. NEN-EN 816.
- BRL-K 14018: Elektronische mengkranen, o.b.v. NEN-EN 15091.
- BRL-K 617 Schuimstraalmondstukken, o.b.v. NEN-EN 246.
- BRL-K 635 Volumestroombegrenzers.
- www.europeanwaterlabel.eu/



Figuur 2: Volumestroomklassen douches, bij verschillende gebruiksdrukken.

Klasse	Volumestroom bij 300 kPa [l/min]	Volumestroom bij 100 kPa [l/min]
ZZ	1,5 - 7,2	0,87 - 4,16
Z	7,2 - 9	4,2 - 5,2
A	9 - 15	5,2 - 8,7
S	15 - 20	8,7 - 11,5
B	20 - 25	11,5 - 14,4
C	25 - 30	14,4 - 17,3
D	30 - 38	17,3 - 21,9

Tabel 4: Volumestroomklassen schuimstraalmondstukken, bij gebruiksdruk van 300 kPa en 100 kPa voor de kraan (conform NEN-EN 246).

Klasse	Volumestroom bij 300 kPa [l/min]	Volumestroom bij 100 kPa [l/min]
ZZ	1,5 - 7,2	0,87 - 4,16
Z	7,2 - 12	4,2 - 6,9
A	12 - 15	6,9 - 8,7
S	15 - 20	8,7 - 11,5
B	20 - 25	11,5 - 14,4
C	25 - 30	14,4 - 17,3
D	30 - 38	17,3 - 21,9

Tabel 5: Volumestroomklassen douches bij gebruiksdruk van 300 kPa en 100 kPa voor de douchekop (conform NEN-EN 1112).

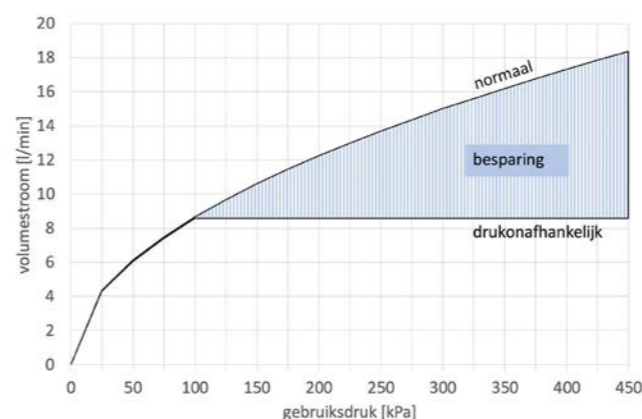
5.2 Volumestroombegrenzer

De volumestroombegrenzer zorgt voor een verminderde volumestroom aan het tappunt. Er wordt onderscheid gemaakt tussen drukafhankelijke en drukonafhankelijke volumestroombegrenzers. De drukafhankelijke volumestroombegrenzer werkt meestal met een rubberen O-ring, die vervormt bij druk toe- en afname. De doorstroombegrenzer wordt verkleind, respectievelijk vergroot. De volumestroom wordt hierdoor (enigszins) begrensd, maar is niet constant, zeker ook niet bij langdurig gebruik. Bij de drukonafhankelijke volumestroombegrenzer varieert de grootte van de doorstroombegrenzer heel snel en nauwkeurig met een verandering in gebruiksdruk. De volumestroom is bij de verschillende drukken begrensd en heel constant.

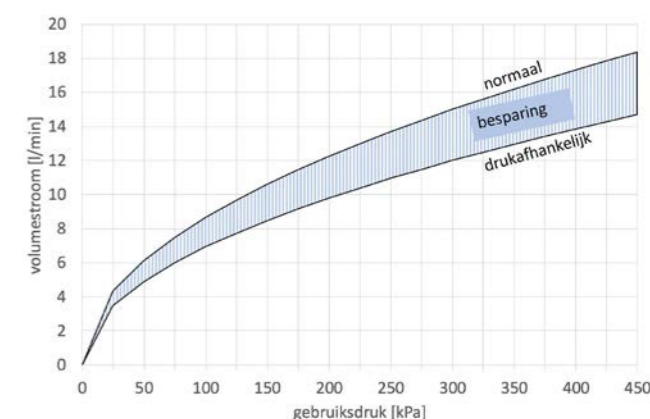
Naast het beperken en tussen nauwe grenzen constant houden van het waterverbruik kunnen drukonafhankelijke volumestroombegrenzers op of nabij sanitaire toestellen gebruikt worden om de drukschommelingen in koud en/of warm water constant te houden. Hierdoor is het risico op schommelingen van de mengwatertemperatuur veel kleiner. Ook voor het realiseren van gelijke volumestromen uit vergelijkbare tappunten op verschillende verdiepingen in een gebouw, kunnen drukonafhankelijke volumestroombegrenzers worden gebruikt. De waterbesparing door de volumestroombegrenzer wordt weergegeven in figuur 3 en 5.

Er zijn volumestroombegrenzers die aan het mondstuk uitgerust zijn met een knopje om handmatig de volumestroombegrenzing op te heffen, zodat ook grotere volumestromen mogelijk zijn. Dit is met name relevant bij tappunten waar ook behoefte is aan grotere volumestromen, zoals bijvoorbeeld in een keuken.

Een volumestroombegrenzer wordt vaak gecombineerd met een schuimstraalmondstuk. Zie hiervoor paragraaf 5.3.



Figuur 3: Waterbesparing door drukonafhankelijke volumestroombegrenzer.



Figuur 5: Waterbesparing door normale drukafhankelijke volumestroombegrenzer.



Figuur 4: Opengewerkte drukonafhankelijke volumestroombegrenzer (HL2024 Flow Controller, aanvullingsblad ISSO 55).

	Per persoon	Gezin met vier personen	
Besparing drinkwatergebruik	3	12	m ³ per jaar
Vermindering warmwatergebruik	2	8	m ³ per jaar
Besparing t.o.v. referentie aardgas	14 m ³	15 €	58 m ³ 60 € per jaar
Besparing t.o.v. referentie elektriciteit	36 kWh	11,5 €	143 kWh 47 € per jaar

Tabel 6: Indicatief effect van volumestroombegrenzer bij douches.

De besparing door het toepassen van een volumestroombegrenzer is erg afhankelijk van de situatie. De meeste besparing is te realiseren bij de douche. Het toepassen van een volumestroombegrenzer of waterbesparende douchekop leidt naar schatting gemiddeld tot een besparing van circa 20 procent.

De besparing wordt weergegeven tabel 6, zie paragraaf 6.2. De volumestroombegrenzers zorgen voor een volumestroom die niet groter is dan welke conform het ontwerp gewenst is. Bij luxe douches is er juist behoefte aan grotere volumestromen.

Aandachtspunten

- Het comfort kan door de volumestroombegrenzer minder zijn. Het kan ook zijn dat de doucheduur langer wordt, bijvoorbeeld omdat het spoelen van haren langer duurt.
- Kies de juiste volumestroombegrenzer bij de gewenste volumestroom.
- Let op de druk bij welke de volumestroombegrenzer de volumestroom gaat regelen. Drukafhankelijke volumestroombegrenzers creëren vaak al extra drukverlies als de gebruiksdruk lager is dan de minimaal gewenste gebruiksdruk. Dit is niet wenselijk (niet toepassen als volumestroombegrenzer overbodig is).
- Rubberen O-ringen zijn onderhevig aan veroudering waardoor de (drukafhankelijke) volumestroombegrenzer niet meer werkt conform de specificaties.
- Controleer of de volumestroombegrenzer geschikt is voor de (warmtapwater)temperaturen waarbij deze toegepast wordt. De volumestroombegrenzer maakt vaak gebruik van een elastomeer, welke gevoelig is voor temperatuur.
- Gasgestookte warmtapwaterdoorstroomtoestellen worden gekenmerkt door een tapdrempel: pas bij een zekere warmtapwaterafname zal de gasbrander in werking treden. In situaties met een bestaand warmtapwatertoestel dient de warmtapwatervolumestroom met volumestroombegrenzer niet kleiner te zijn dan de tapdrempel van het warmtapwatertoestel. Dit geldt ook voor nieuwbouwsituaties, maar daar kan bij de selectie van het warmtapwatertoestel rekening gehouden worden met de tapdrempel⁶.

Literatuur

- Kiwa Water Mark.
- BRL-K 635: Volumestroombegrenzers.



5.3 Schuimstraalmondstuk

Een schuimstraalmondstuk zorgt ervoor dat een geringe volumestroom toch ervaren wordt als een volle straal, die ook minder spettert. Dit wordt bewerkstelligd door het bijmengen van lucht. Deze techniek kan zowel bij kranen als bij douches gebruikt worden.

Het schuimstraalmondstuk wordt vaak gebruikt in combinatie met een volumestroombegrenzer. Indien een schuimstraalmondstuk gebruikt wordt met klasse A of Z is er sprake van een waterbesparende maatregel. Het schuimstraalmondstuk zorgt ervoor dat bij een geringe volumestroom een comfortabel gebruik mogelijk is. Er bestaan twee technieken:

1. Atomisiers zorgen ervoor dat de straal verdeeld wordt in zeer kleine druppeltjes. Dit type kan gebruikt worden voor geconcentreerde stralen. Door de kleine druppeltjes kan de kraan sterk gaan nevelen.
2. Aerators zorgen ervoor dat in de waterdruppel een belletje lucht opgesloten zit, waardoor de waterdruppels hol zijn. Deze techniek wordt het meest toegepast.

Aandachtspunten

- Bij het gebruik van schuimstraalmondstukken kunnen aerosolen worden gevormd. Het gebruik van schuimstraalmondstukken wordt afgeraden in situaties waar hoge risico's zijn voor besmetting door bacteriën via de lucht, bijvoorbeeld in ziekenhuizen. Wel kunnen hier systemen gebruikt worden die zorgen voor een spreiding van de straal, zie figuur 7.
- Doordat het schuimstraalmondstuk bestaat uit een mondstuk met zeer kleine gaatjes is er risico op verstoppingen door kalkafzetting en deeltjes in het water. Let op dat het schuimstraalmondstuk is uitgerust met een eenvoudig te onderhouden gaasrooster of zeef.
- Kies het juiste schuimstraalmondstuk bij de gewenste volumestroom. Zie voor volumeklasse-indeling van schuimstraalmondstukken paragraaf 5.1.

Aanbeveling

Aanbevolen wordt schuimstraalmondstukken in combinatie met een volumestroombegrenzer toe te passen voor keuken- en wastafelkranen.

Literatuur

- Kiwa Water Mark.
- BRL-K 617 Schuimstraalmondstukken o.b.v. NEN-EN 246.



Figuur 6: Waterstraal zonder schuimstraalmondstuk en straal met schuimstraalmondstuk (bron: Neoperl).

Figuur 7: Gespreide straal: laag gebruik, geen relevante hoeveelheid aerosolen (bron: Neoperl).

⁶ Zie ook infodwi.nl/waterwerkbladen.

5.4 Thermostatische mengkraan

De thermostatische mengkraan verhoogt het comfort, vermindert het risico op verbranding en zorgt voor een beperkte drinkwater- en warmtapwaterbesparing. De kraan zorgt ook voor een vrijwel constante temperatuur aan het tappunt. Indien de gewenste temperatuur nog niet is bereikt, zal de thermostaat ervoor zorgen dat alleen water wordt toegevoerd vanuit de warmtapwaterleiding. Hierdoor is sneller warm water bij het tappunt dan bij bijvoorbeeld een éénehdelmengkraan (als deze geopend wordt in de mengwaterstand). Er is dus minder verlies van (koud) drinkwater. Het effect van de thermostatische kraan op het drinkwatergebruik is klein. Deze is weergegeven in tabel 7.

Besparing van warmtapwater treedt op doordat er minder tijd nodig is voor het instellen van de juiste temperatuur, zie figuur 8.

De totale besparing ten gevolge van kortere wachttijden en korte inregelperiode is beperkt. De besparing is weergegeven in tabel 8.

Bij collectieve installaties (zwembaden, sportgelegenheden) is er een besparing mogelijk door de uittaptemperatuur relatief laag te houden. Door de lagere temperatuur en daardoor wellicht ook de kortere doucheduur is er een besparing op het warmtapwatergebruik.

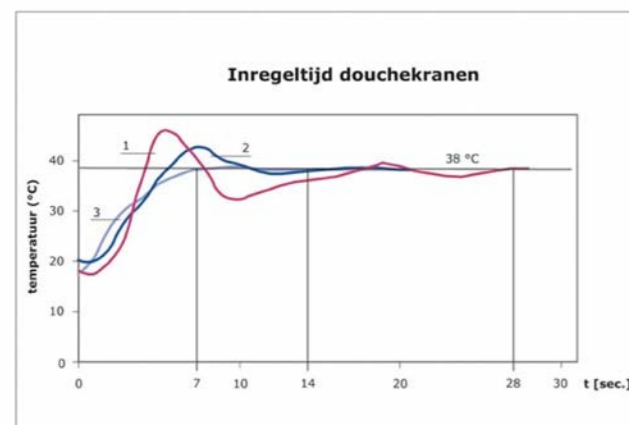
! Aandachtspunten

- De stroomsnelheid in de warmtapwaterleiding is bij toepassing van een thermostatische kraan in eerste instantie hoog. Er wordt namelijk in eerste instantie enkel warmtapwater afgenomen. Dit kan met tijdelijk hogere stroomsnelheden en dus geluidsproductie in de warmtapwaterleidingen gepaard gaan. Gezien de

Inwendige diameter [mm]	Wachttijd zonder thermostatische kraan (in mengstand) [s]	Wachttijd met thermostatische kraan. [s]	drinkwaterbesparing per tapping [liter]
8*	8,8	5,3	0,35
10	13,7	8,2	0,55
13	23,2	13,9	0,93

*Bij deze binnendiameter zal de stroomsnelheid bij grotere volumestromen dan 6 l/min groter worden dan 2 m/s.

Tabel 7: Effect van thermostatische kraan op wachttijden en drinkwaterverlies.



Figuur 8: Karakteristiek van het inregelen: 1: ééngreepskraan, 2: tweeknopsmengkraan en 3: thermostatische kraan (bron: Techniek Nederland).

	Per persoon	Gezin met vier personen		
Vermindering drinkwatergebruik (incl. warmwater)	0,5	2		m ³ per jaar
Vermindering warmwatergebruik	0,3	1,1		m ³ per jaar
Besparing t.o.v. referentie aardgas	2,2 m ³	2,3 €	9 m ³	9,2 € per jaar
Besparing t.o.v. referentie elektriciteit	5,4 kWh	1,8 €	21 kWh	7,2 € per jaar

Tabel 8: Gemiddeld effect van thermostatische mengkraan bij douches.

Temperatuur [°C]	Energiebesparing	Effect op energiekosten	
		Aardgas [€/a]	Elektriciteit [€/a]
40	-7%	33	24
39	-4%	7	11
38 (standaard)	0%	0	0
37	4%	-17	-12
36	7%	-33	-24
35	11%	-50	-35

Uitgaande van een intensief douchegebruik (bijvoorbeeld zwembad) met een watergebruik van 150 m³ per douche per jaar.

Tabel 9: Warmtapwaterbesparing door lagere temperatuur (exclusief effect van kortere doucheduur).

korte duur van de hogere stroomsnelheden wordt hier in het ontwerp over het algemeen geen rekening mee gehouden. Bij wisselingen in voordruk koud en/of warm zal de uitstroomtemperatuur gedurende een korte tijd afwijken van de ingestelde temperatuur.

- Door kalkafzetting in de thermostaat kan de werking naar verloop van tijd minder worden.
- Een thermostatische mengkraan kan niet worden gecombineerd met een keukengeiser en een niet-modulerende douche- of badgeiser. Een modulerende badgeiser moet van voldoende capaciteit zijn (min. 18 kW).
- Bij collectieve installaties en centraal toegepaste thermostaatkranen dient extra aandacht te zijn voor de richtlijnen met betrekking tot de preventie van de uitgroei van de legionellabacterie.

! Aanbeveling

In woningen worden vanuit veiligheids- en comfortoverwegingen thermostatische mengkranen aanbevolen. Bij collectieve voorzieningen wordt aanbevolen om de uittaptemperatuur op het tappunt thermostatisch te regelen met een minimum temperatuur van 35 °C en een maximum temperatuur van 38 °C.

5.5 Ergonomie

De ergonomie van een taptoestel (kraan, closet) bepaalt de wijze waarop het taptoestel wordt gebruikt. De ergonomie van een kraan kan de gebruiker bewust maken van het feit dat er een grotere volumestroom, een hogere temperatuur of een lange gebruiksduur gekozen wordt.

Een éénehdelmengkraan die ergonomisch rekening houdt met energiegebruik heeft bijvoorbeeld:

- alleen koudwaterafname in de neutrale ('verticale') stand;
- een kleine fysieke barrière voordat er warm water getapt wordt;
- standaard een kleine volumestroom;
- een kleine fysieke barrière voordat er een grote volumestroom wordt getapt.

5.6 Douche

De douche in huishoudens wordt gekenmerkt door:

- Groot warmtapwatergebruik. De douche is de grootste warmtapwater gebruiker in het huis.
- Afname gedurende langere tijd. Een douchebeurt duurt gemiddeld 8 minuten met een volumestroom van zo'n 8 l/min.
- Een taptemperatuur van circa 38 °C.

Naast de reguliere douches is er soms behoefte aan luxere douches met grotere volumestromen. Dit kan een grote impact hebben op de benodigde capaciteit van de warmtapwaterbereider. Het gebruik van luxe douche-producten kan echter ook zonder veel extra water- en energiegebruik, lees hierover meer in paragraaf 6.2 'recirculatie van douchewater'.

Om het water- en energiegebruik bij douches te beperken, kunnen de volgende richtlijnen worden aangehouden:

- Kies een waterbesparende douchekop (klasse Z of ZZ bij een neveldouche, zie bijlage 3).
- Maak gebruik van een drukonafhankelijke volumestroombegrenzer.
- Beperk de leidingwachtijd (maximaal 35 seconden totale wachttijd). Een richtlijn voor de leidingwachtijd is maximaal 20 sec, zie Waterwerkblad WB 4.4 A op infodwi.nl.
- Maak gebruik van een thermostatische mengkraan.
- Kies in collectieve voorzieningen zelfsluitende kranen met bediening door drukknoppen of sensoren conform BRL-K 669 of BRL-K 14018.
- Kies voor een relatief lage temperatuurinstelling bij thermostatische kranen aan de tappunten van bijvoorbeeld zwembaden en sporthallen.
- Kies voor warmteterugwinning uit douchewater (zie paragraaf 6.1).

Verder zijn er nog enkele ergonomische aspecten die (warm)watergebruik door de douche beïnvloeden:

- Volumestroomregelaar en/of sproeipatroonregelaar op de douchekop. De volumestroom van de douchekop is te regelen. Dit kan met een schuifje, knop of het draaien van de douchekop. De volumestroom mag niet aan de douchekop afgesloten kunnen worden.
- Temperatuurbegrenzer op de kraan. Dit is gebruikelijk bij de thermostatische kraan. Een taptemperatuur van 38 °C kan niet overschreden worden zonder eerst een knopje in te drukken. De belangrijkste reden voor deze begrenzing is veiligheid. Bij specifieke kwetsbare groepen wordt de taptemperatuur vergrendeld.
- Volumestroombegrenzing op de kraan. Een mechanische begrenzing van de volumestroom. Pas als een knopje of andere begrenzing wordt ingedrukt, worden grotere volumestromen mogelijk.

In tabel 10 zijn het drinkwatergebruik, aardgasverbruik en de totale kosten ten gevolge van het verbruik van het douchen in huishoudens weergegeven. Door het uitvoeren van waterbesparende maatregelen kan er gemiddeld 20% worden bespaard op drinkwater- en aardgasverbruik. Door het toepassen van warmteterugwinning op douchewater, kan nog eens 30% bespaard worden op het aardgasverbruik. In paragraaf 6.1, tabel 18, is het effect van het toepassen van waterbesparende maatregelen en douchewaterwarmteterugwinning gegeven.

Aandachtspunten

- De tapdrempel is de volumestroom waaronder het warmtapwatertoestel niet in werking treedt. Sommige gasgestookte doorstroomtoestellen kunnen, door hun tapdrempel, geen kleine volumestroom warmtapwater leveren. Dit is niet het geval bij boilers, stadsverwarming of circulatiesystemen.
- Bij warmtapwaterbereiders met een beperkt vermogen (minder dan 8 kW) en dus een beperkte warmtapwatervolumestroom (zoals de keukengeiser) zorgt de douchekop met een laag watergebruik weliswaar voor een verbeterd comfort (een beter sproeibeeld), maar heeft weinig toegevoegde waarde. De warmtapwaterbereider kan namelijk niet meer water leveren.
- Drukschommelingen in het leidingnet, bijvoorbeeld ten gevolge van gelijktijdige warm- of koudwaterafname, kunnen temperatuurschommelingen tot gevolg hebben. Met drukonafhankelijke volumestroombegrenzers en ook (beperkt) met een thermostatische mengkraan treedt dit effect minder op.

	Per persoon		Gezin met vier personen		
Drinkwatergebruik	16		65		m ³ per jaar
Warmwatergebruik	9		36		m ³ per jaar
Referentie aardgas	65 m ³	50 €	260 m ³	200 €	per jaar
Referentie elektriciteit	161 kWh	35 €	644 kWh	142 €	per jaar

Tabel 10: Drinkwatergebruik, energieverbruik en totale kosten van douchen bij huishoudens.

- De volumestroom mag in het mengwaterdeel van de douche niet geheel kunnen worden afgesloten. Hierdoor zou een kruisverbinding kunnen ontstaan waardoor warmtapwater in de koudwaterleiding kan komen (en andersom).
- Omdat bij waterbesparende douchekoppen de weerstand in de douchekop groter is, ontstaat in de doucheslang een hogere druk dan bij gewone douchekoppen. De doucheslang moet geschikt zijn voor die hogere druk: 300 - 500 kPa, afhankelijk van de druk in de installatie. Een doucheslang die voldoet aan BRL-K668 - en daarmee aan NEN-EN 1113 - is geschikt voor een voordruk tot 500 kPa.
- De hogere weerstand in de douchekop vergroot het risico op temperatuurschommelingen.



Aanbeveling

Gebruik een waterbesparende douchekop (klasse Z of ZZ) of een douchekop zonder ingebouwde begrenzer met hiervoor (tussen mengkraan en doucheslang) geplaatst een drukonafhankelijke volumestroombegrenzer. Zorg bij comfortdouches dat er de mogelijkheid is voor efficiënt gebruik ten behoeve van het dagelijks gebruik.

5.7 Keukenkraan

Het gemiddelde huishoudelijke watergebruik van de keukenkraan is ongeveer 10 liter drinkwater per persoon per dag, waarvan naar schatting 4 liter warm water (60 °C). Het warmtapwatergebruik aan de keukenkraan kenmerkt zich door veel korte tapmomenten (circa 15 per dag) van verschillende temperaturen.

Soms is er behoefte aan een bepaald volume warmtapwater, bijvoorbeeld bij het vullen van een emmer, en soms behoefte aan een bepaalde volumestroom, zoals bijvoorbeeld bij het handen wassen. Als er behoefte is aan een volume water, is er een voorkeur voor een groot debiet. In andere gevallen is er een voorkeur voor een lager debiet. Ook ten aanzien van de temperatuur is de variatie in de behoefte groot. Bij schoonmaken worden hoge temperaturen gevraagd. In veel andere gevallen is water van een beperkte temperatuur voldoende.

Een ander belangrijk gegeven van de keukenkraan is dat deze vaak relatief ver verwijderd is van de warmtapwaterbereider. In sommige gevallen kan een close-in boiler, nabij de keukenkraan energetisch gunstiger zijn. Hier wordt verder op ingegaan in paragraaf 11.2.

De vele korte tapmomenten kunnen voor grote verslechtering van het gebruiksrendement van de warmtapwaterinstallatie zorgen. Dit gebeurt bijvoorbeeld veelvuldig bij éénehdelmengkranen, waarbij in de middelste stand mengwater wordt getapt. Bij gasgestookte doorstroomtoestellen zal de ketel steeds in werking treden. Elke extra start/stop van de ketel heeft een nadelig effect op het gebruiksrendement en de levensduur, met name omdat de massa van de warmtewisselaar in de ketel in zijn geheel wordt opgewarmd. Bij toestellen met een warmwatervoorraad heeft dit geen gevolgen voor het rendement.

Richtlijnen voor energiebesparing aan de keukenkraan zijn:

- kies een kraan waarbij eenvoudig zowel een grote als kleine volumestroom kan worden afgenomen. Dit kan bijvoorbeeld een kraan zijn met een groot regelbereik of een kraan met een fysieke barrière tussen een lage volumestroom en een grote volumestroom;
- kies een kraan die voorkomt dat onbedoeld kleine hoeveelheden warmtapwater worden afgenomen;
- beperk de diameter en leidinglengte van de (warmtapwater)toevoerleiding naar de keukenkraan;
- maak een aparte (kleiner gedimensioneerde) toevoerleiding vanaf het warmtapwatertoestel naar de keukenkraan. Vanwege het risico op waterslag wordt aanbevolen om geen kleinere inwendige diameter te gebruiken dan 10 mm;
- zorg voor een efficiënt leidingverloop vanaf de warmtapwaterbereider tot aan het tappunt.

Het gemiddelde drinkwatergebruik aan het keukentappunt voor een gezin is ongeveer 11 m³ per jaar, waarvan ongeveer 5 m³ warmwater. In tabel 11 zijn het energiegebruik en -kosten gegeven met betrekking tot het warmwatergebruik aan het keukentappunt.

	Per persoon		Gezin met vier personen		
Drinkwatergebruik	2,75		11		m ³ per jaar
Warmwatergebruik	1,3		5		m ³ per jaar
Referentie aardgas	9 m ³	9 €	36 m ³	36 €	per jaar
Referentie elektriciteit	22 kWh	7 €	89 kWh	28 €	per jaar

Tabel 11: Drinkwatergebruik, energiegebruik en totale kosten met betrekking tot het keukentappunt.

5.8 Wastafelkraan

De wastafelkraan wordt gekenmerkt door een gering watergebruik. Er is geen grote volumestroom vereist en er is geen behoefte aan hoge temperaturen.

Energie- en waterbesparing bij de wastafel kan worden gerealiseerd door:

- het beperken van leidinglengte en -diameter, zie paragraaf 10.1;
- het gebruik van een mengkraan met volumestroomklasse Z of ZZ of een mengkraan in combinatie met een drukonafhankelijke volumestroombegrenzer;
- een kraan met ergonomische bediening;
- het gebruik van zelfsluitende kranen met drukknopbediening of sensor-gestuurd (in collectieve voorzieningen), conform BRL-K 669 respectievelijk BRL-K 14018.

5.9 Buitenkraan

Een buitenkraan heeft een laag watergebruik, met vooral piekgebruik in de zomer. Er is geen behoefte aan warmtapwater, maar wel aan een zeker volume water en dus een grote volumestroom. De buitenkraan wordt vooral gebruikt voor het bewateren van de tuin en voor schoonmaakwerk, bijvoorbeeld het wassen van de auto. Door de grootschalige toepassing van het gescheiden rioleringsstelsel in Nederland, waarbij regenwater direct op het oppervlaktewater wordt geloosd, is het schoonmaken van de auto of andere activiteiten waarbij vervuillende stoffen direct via de straat in het hemelwaterriool op een ander hemelwaterafwateringssysteem geloosd worden, niet verantwoord.

De mogelijkheden om water te besparen aan de buitenkraan zijn:

- gebruik van hemelwater. De klassieke regenton is een optie, maar er zijn ook speciaal voor dit doel op de markt gebrachte systemen. Zie hiervoor paragraaf 7.1;
- gebruik van huishoudwater. Gebruik van grijswater (afvalwater van douches of bad) is niet zonder meer mogelijk voor bewatering van de tuin. Hoge concentraties van fosfaten, nitraten en zeepresten kunnen schadelijk zijn voor planten;
- efficiënte irrigatie. Door een efficiënte irrigatie, bijvoorbeeld ondergrondse leidingen of met druppelirrigatie, kan met een zeer beperkte hoeveelheid water, voldoende bewatering bereikt worden.



Aandachtspunten

- Het tuintappunt wordt ook vaak gebruikt voor het plezier van kinderen. Het gebruik van huishoudwater voor het tuintappunt wordt afgeraden vanwege de potentiële (bacteriologische) verontreinigingen in het water.
- Een hemelwatersysteem met een opvangput maakt gebruik van een pompje. Het energiegebruik van het pompje doet het voordeel van de waterbesparing deels te niet.
- Collectieve toepassing van huishoudwater is slechts beperkt en onder stringente voorschriften toegestaan.

5.10 Closet

Na de douche is het closet de grootste watergebruiker in een huishouden. Een goed functionerende closet-combinatie wordt gekenmerkt door een korte vultijd, een geringe geluidsproductie en een effectieve spoeling.

Ten aanzien van de kleine boodschap is een spoeling van 3 liter (door het gebruik van een spoelkeuze- of spoelonderbrekingsknop) bij gangbare toiletten minimaal. Bij kleinere spoelvolumes zal het waterslot niet meer goed verversen. Extra spoelen doet dan de waterbesparing teniet. Een speciaal aandachtspunt is de bediening van een spoelonderbreker of de aparte spoelknoppen voor de kleine en grote boodschap. De bediening dient logisch en gebruiksvriendelijk te zijn. Voor het bepalen van het effect van waterbesparende toiletten en spoelonderbrekers wordt uitgegaan van een bezoekfrequentie van 6 keer per dag (TNS-NIPO, 2016, watergebruik thuis), waarbij we er vanuit gaan dat een volledige spoeling 2 keer nodig is en dat 4 keer een gedeeltelijke spoeling volstaat. In tabel 12 is het effect van lagere spoelvolumes en -onderbreking op het watergebruik gegeven.

	Per persoon		Gezin met twee kinderen		Besparing
	Water [m ³ /jaar]	Kosten [EUR/jaar]	Kosten [EUR/jaar]	Kosten [EUR/jaar]	
Closet met spoelvolume 6 l met spoelonderbreker	10,2	13	41	51	0 %
Closet met spoelvolume 6 l met aparte spoelknop	8,8	11	35	44	15 %

Aangenomen is dat de spoelonderbreker minder efficiënt is (4 l/spoelbeurt) dan de aparte spoelknop (3 l/spoelbeurt)

Tabel 12: Watergebruik, kosten en besparing van closet met lage capaciteit spoeling ten opzichte van grote capaciteit spoeling.



5.11 Scheidingstoilet

In het scheidingstoilet worden de afvalstromen fecaliën en urine gescheiden. Deze scheiding is alleen zinvol als beide afvalstromen ('bruin water' respectievelijk 'geel water', tezamen 'zwart water' genoemd) ook als aparte afvalstromen worden gezuiverd. De achtergrond van de scheiding van geel en bruin water is dat de urine zorgt voor een hoge vuillast bij afvalwaterzuiveringsinstallaties. Urine is direct of na bewerking toepasbaar als meststof, als toeslagstof bij compostering of als nutriëntenbron bij industriële afvalwaterzuiveringsinstallaties. Resterend afvalwater wordt afgevoerd via de riolering. Centrale rioolwaterzuiveringsinstallaties kunnen door vermindering van de stikstofbelasting via het afkoppelen van de urinestroom aanzienlijk kleiner worden gedimensioneerd.

De belangrijkste besparingen worden gerealiseerd bij de zuivering van afvalwater. Een scheidingstoilet maakt ook extra waterbesparing mogelijk.

Afhankelijk van het type en uitvoering gebruikt een scheidingstoilet 6-8 liter water voor het wegspoelen van fecaliën. Een spoelbeurt voor urine vraagt ongeveer 1 liter. Sommige toiletten sluiten de urineafvoer bij het spoelen af. De urine wordt daardoor vrijwel onverdund ingezameld en getransporteerd. Bij de meeste toiletten is dit niet zo en wordt de urine 3 tot 9 maal verdund met spoelwater. Omdat er ook vaak toiletpapier gebruikt wordt bij het urineren, moet er ook de mogelijkheid zijn om het closet te spoelen met een korte spoeling van 3 liter. Bij het afvoeren van de feces is de spoeling minimaal 6 liter. Zie ook hoofdstuk 3 'Nieuwe sanitatie'.

ⓘ Aandachtspunten

- Urine vormt in combinatie met water urinesteen. Met name als er relatief weinig water gebruikt wordt bij het spoelen, kan de vorming van urinesteen problematisch zijn.
- Er dient een aparte afvoer voor de urine aanwezig te zijn, waarbij speciaal gelet moet worden op een goede afwatering door middel van voldoende afschot.
- Een scheidingscloset is alleen zinvol als de verschillende afvalstromen ook apart (bij voorkeur lokaal) worden behandeld.
- Het transport en de afzet van de urine dient georganiseerd te zijn.
- Bij het scheidingscloset dienen mannen zittend te urineren.
- Ook bij het urineren wordt vaak toiletpapier gebruikt. Dit houdt in dat ook bij het urineren het deel voor de vaste stoffen gespoeld moet (kunnen) worden met een korte spoeling van minimaal 3 liter.
- Door de specifieke gebruikseisen werkt het scheidingstoilet niet goed bij utilitaire en publieke functies. Men gaat bijvoorbeeld meer voor op de bril zitten waardoor fecaliën op de urineopvang terecht komen.
- Het gescheiden afvoeren van urine kan ook deels bewerkstelligd worden door het toepassen van urinoirs.

In Nederland zijn in verschillende projecten urinescheidingsstoiletten geplaatst. Sommige scheidingstoiletten geven echter operationele problemen en hoge onderhoudskosten, waardoor sommige bedrijven de productie van deze toiletten hebben gestaakt. Op dit moment zijn er eigenlijk geen goede scheidingstoiletten meer op de (internationale) markt.

ⓘ Aanbeveling

Het scheidingscloset is mogelijk een relevante ontwikkeling bij verdergaande beperking van de milieueffecten van de gehele waterketen. Het scheidingstoilet vergt echter een aanzienlijke aanvullende infrastructuur.



Figuur 9: Scheidingscloset (bron: Gustavsberg urinescheidingsstoilet).

5.12 Vacuümtoilet

Het vacuümtoilet gebruikt een volledig andere techniek dan de gangbare spoelsystemen voor het legen van het toilet. Het vacuümtoilet wordt al veelvuldig toegepast in de recreatieve sector, bijvoorbeeld in boten en campers. Het werkingsprincipe is dat als er doorgespoeld wordt er een pomp gestart wordt die het closet, met een geringe hoeveelheid spoelwater (maximaal 1 liter), leegzuigt. De feces en urine worden opgeslagen in een tank. Het vacuüm laat zich niet zonder meer combineren met het in Nederland toegepaste rioleringsstelsel. Het vacuümtoilet wordt toegepast in combinatie met lokale afvalwaterzuivering. Hierdoor is een combinatie van de technieken van het vacuümtoilet en het scheidingscloset voor de hand liggend.

Er zijn meerdere proefprojecten gerealiseerd met vacuümtoiletten. Met behulp van het vacuümsysteem wordt het zwarte water ingezameld en gescheiden van het resterend huishoudelijk afvalwater (grijs water) en afgevoerd naar een decentrale zuiveringsinstallatie. Door het toepassen van vacuümtoiletten wordt 84 procent minder water gebruikt dan bij een conventioneel toilet.

Door het geringe benodigde spoelvolume (0,5-1 liter) is de besparing op drinkwater groot. Rekening moet gehouden worden met het extra elektriciteitsverbruik door de vacuümpomp.

! Aandachtspunten

- De afstand van het toilet tot de opslagtank is beperkt.
- Er dient voldoende opstellingsruimte te zijn voor de pomp.
- Er dient rekening gehouden te worden met geluidsproductie door de pomp.
- De onderhoudskosten zijn hoger.
- De afvoerleiding wordt gedimensioneerd op 50 mm.
- Vanwege het vacuüm dient de afvoerleiding van een extra stevige kwaliteit te zijn (SDR 11).
- Er is geen afschot nodig voor het functioneren van het vacuümtoilet.
- Er dienen geen rechte hoeken toegepast te worden in de afvoerleiding.
- Beperkt aantal (45°C) bochten in de afvoerleiding zijn toegestaan.
- Omdat wordt afgeweken van de in het Bouwbesluit aangewezen norm NEN 3215, moet bij vergunningverlening de gelijkwaardigheid van de oplossing met vacuümtoiletten kunnen worden aangetoond.
- Door de hogere geluidsproductie bij het spoelen kan (nog) niet voldaan worden aan de geluidsnormen.

! Aanbeveling

De toepassing van het vacuümtoilet in de gebouwde omgeving leent zich alleen voor specifieke toepassingen (lokale zuivering) die op dit moment experimenteel zijn.

	Per persoon		Gezin met twee kinderen	
	Water [m ³ /jaar]	Kosten [EUR/jaar]	Kosten [EUR/jaar]	Kosten [EUR/jaar]
Regulier 6 liter closet	8,8	11	35	44,75
Vacuümtoilet	1,8	2,30	7	8,8
Besparing	7	8,80	28	35

Tabel 13: Effect van het vacuümtoilet op het watergebruik en de waterkosten.

5.13 Composttoilet

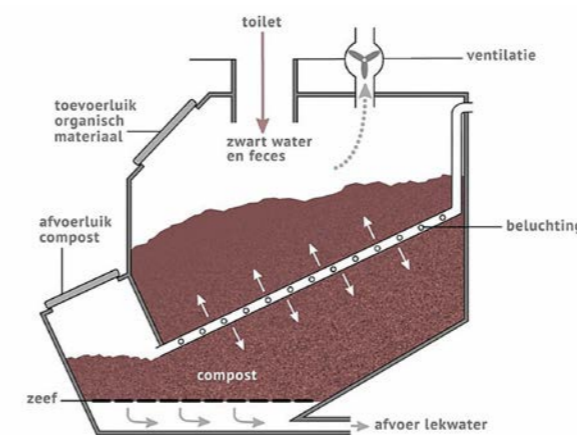
Er zijn twee typen composttoilet. Bij het ene dient het toilet alleen als verzamelpunt en het composteren gebeurt later in de composthoop. Bij het andere type vindt het composteren in het toilet plaats.

Bij beide typen is het mogelijk om urine en fecaliën gescheiden op te vangen. De urine kan worden afgevoerd met buizen met dezelfde kleine diameter als die voor een wasbak of douche. De ontlasting wordt afgedekt met bijvoorbeeld hennep, stro of papier voor absorptie van vocht en het tegengaan van stank en insecten.

De waterbesparing op jaarbasis is circa 36 liter per persoon per dag. Dit is bijna 30 procent van het totale watergebruik per persoon.

! Aanbeveling

Het composttoilet is nog niet geschikt voor projectmatige toepassingen. Voor specifieke situaties lijkt dit systeem zeer goed te voldoen.



Figuur 10: Werkingsprincipe composttoilet met compostering in het toilet.

	Per persoon		Gezin met twee kinderen	
	Water [m ³ /jaar]	Kosten [EUR/jaar]	Kosten [EUR/jaar]	Kosten [EUR/jaar]
Regulier 6 liter closet	8,8	11	35	45
Vacuümtoilet	0	0	0	0
Besparing	8,8	11	35	45

Het elektriciteitsverbruik ten behoeve van de pomp is niet betrokken bij deze berekening. Naar verwachting is het elektriciteitsverbruik door de pomp gering.

Tabel 14: Effect van het waterloos closet op het watergebruik en de waterkosten.

5.14 Urinoir

Gangbare urinoirs werken met een drukspoelsysteem. De huidige spoelhoeveelheid bedraagt 1 à 2 liter. Oudere systemen gebruiken maximaal 4 liter. Bij voorkeur wordt een urinoirspoeler gekozen met een (afhankelijk van de gebruiksdruk) instelbaar spoelvolumen. Er zijn elektronische systemen die beschikken over 3 verschillende spoelstanden die verschillende hoeveelheden water (0,8, 1,5 of 3 liter) gebruiken. En er zijn urinoirs met een elektronische besturing voor slechts een 0,5-literspoeling. Het urinoir is dus efficiënter met water dan het closet, dat minimaal 3 liter nodig heeft bij het doorspoelen van de urine.

Urinoirs worden met name toegepast in openbare verblijfsgebouwen en luxe woningen. Bij urinoirs is verder nog waterbesparing te realiseren door een intelligent spoelsysteem. Werden vroeger de automatische spoelsystemen aangestuurd door infrarood- of radarsensoren, tegenwoordig zijn er systemen op de markt die reageren op de hogere temperatuur van urine in het urinoir.

Naast het type sensor is bij toepassingen waar de gebruiksdruk erg varieert (zoals theaters, bioscopen of stadions) het spoelregime relevant voor het watergebruik. Een slim spoelregime zorgt ervoor dat de doorspoeling van het urinoir efficiënt verloopt, waarbij bijvoorbeeld rekening wordt gehouden met grote drukte. Dan kan een continue, lage spoelhoeveelheid worden gebruikt. Naast (sensor)systemen die op net- of batterijvoeding moeten worden aangesloten, zijn er systemen met stroomvoorziening via een geïntegreerde, zelfvoorzienende generator. Deze wekt elektriciteit op met het stromende water van de spoeling. Ten behoeve van de hygiëne kunnen urinoirs ook uitgerust worden met een 24-uurs-spoeling. Dit moet ook voorkomen dat het urinoir droog komt te staan.

Spoelfrequentie	Gemiddeld spoelingen per dag	365 dagen/jaar		260 dagen/jaar	
		Water [m ³ /jaar]	Kosten [EUR/jaar]	Water [m ³ /jaar]	Kosten [EUR/jaar]
Hoog	150	82	103,-	58	73,-
Gemiddeld	75	41	51,-	29	36,-
Laag	30	16	20,-	11	14,-

Gemiddelde spoelvolumen van 1,5 liter per spoeling.

Tabel 15: Watergebruik en -kosten bij verschillende gebruiksiteinten van urinoirs.

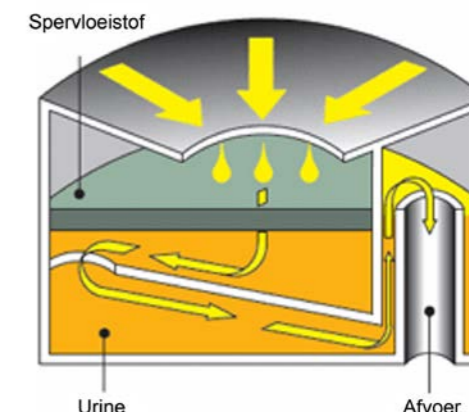
5.15 Waterloos urinoir

Bij het waterloze urinoir is er geen doorspoeling meer met water. De waterbesparing is evident. Een ander belangrijk voordeel is dat er geen geluidsproductie bij het doorspoelen is. Toch vraagt het waterloze urinoir in het onderhoud en beheer enige aandacht. Er zijn drie gangbare werkingsprincipes:

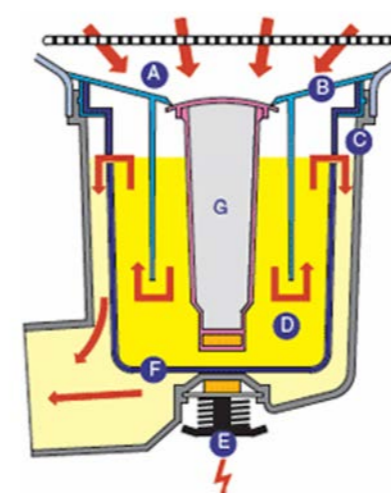
1. Gebaseerd op een afsluitvloeistof. Hierbij is aan de inlaatzijde een olie-achtige vloeistoflaag aanwezig die op het water drijft. Deze afsluitende vloeistof - met een lagere dichtheid en een hogere viscositeit dan water en urine - laat de urine door zonder erop te reageren of het te willen mengen. Is de urine eenmaal de afsluitende laag gepasseerd, dan kan de urinegeur niet meer door de afsluitende laag dringen. De afsluitlaag zelf moet regelmatig worden vervangen en/of bijgevuld, zie figuur 11.
2. Elektrisch bediende vlotterafsluiter. Bij een urinoir met een elektrische bediende vlotterafsluiter is de vlotter (G) gesloten door de opwaartse drijfkracht. Een sensor registreert of er een bezoeker is en stelt een elektromagneet (E) in werking die de vlotter naar onderen trekt, zie figuur 12.
3. Kunststof afsluitmembraan. Bij het urinoir met een kunststof afsluitmembraan fungeert een dunne latex slang als afsluitmechanisme (stankslot) nadat de urine is gepasseerd. De slang heeft een ronde doorsnede aan de bovenzijde en een platte doorsnede aan de onderzijde (vergelijkbaar met een broekspijp), zie figuur 13.

⚠ Aandachtspunten

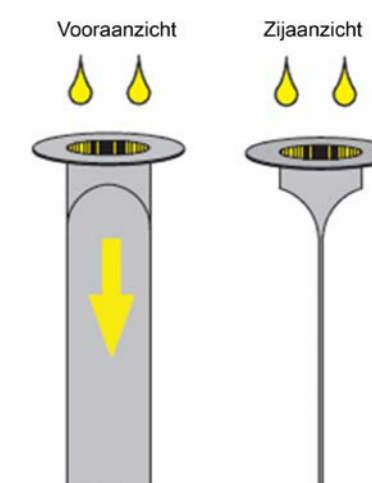
- Bij het systeem met een afsluitvloeistof moet regelmatig de bovendrijvende vloeistof worden aangevuld, omdat er bij elk gebruik een zekere hoeveelheid vloeistof verloren gaat. Na een paar duizend gebruiken moet de volledige stankafsluiters worden vervangen.
- Bij de mechanische afsluitsystemen moeten, afhankelijk van het gebruik, op tijd vervangingen plaatsvinden.
- Studies hebben aangetoond dat in de afvoerleidingen van waterloze urinoirs vrij snel een afzetting vormt die onder meer bestaat uit een zeer hechtende en moeilijk verwijderbare urinesteen. Bij toepassing van waterloze urinoirs moet men dus niet alleen rekening houden met de kosten voor het onderhoud en het herstellen van de afvoerleidingen, maar ook met het feit dat deze bereikbaar moeten blijven.
- Een goede ontluftung van de riolering is belangrijk zodat het stankslot in takt blijft.



Figuur 11: De werking van het waterloos urinoir met afsluitvloeistof.



Figuur 12: Mechanisch afsluitsysteem met elektrische bediende vlotterafsluiter.



Figuur 13: Mechanisch afsluitsysteem met een kunststof afsluitmembraan.

- De schoonmaakdienst moet goed op de hoogte zijn van de specifieke eisen ten aanzien van de reiniging van de waterloze urinoirs.
- Bij de installatie verdient het aanbeveling bovenstrooms een ander watergebruikend toestel aan te sluiten om zo de leiding alsnog met water te spoelen.
- Om een hogere stroomsnelheid te krijgen, moet het afschot van de afvoerleiding van 1:50 zijn ter voorkoming van urinesteenvorming in de leiding.



Aanbeveling

Let bij het gebruik van waterloze urinoirs met name op de beheeraspecten. Het waterloze urinoir heeft een groot potentieel ten aanzien van waterbesparing.

Spoelfrequentie	Gemiddeld spoelingen per dag	365 dagen/jaar		260 dagen/jaar	
		Water [m ³ /jaar]	Kosten [EUR/jaar]	Water [m ³ /jaar]	Kosten [EUR/jaar]
Hoog	150	82	103,-	58	73,-
Gemiddeld	75	41	51,-	29	36,-
Laag	30	16	20,-	11	14,-

Tabel 16: Waterbesparing en waterkostenbesparing bij waterloos urinoir.



5.16 Vaatwasmachine

Door toenemende behoefte aan comfort neemt de toepassing van de vaatwasmachine nog steeds toe, vooral bij de kleinere huishoudens. Vaatwasmachines worden nog steeds zuiniger, maar het watergebruik per persoon per dag waarvoor de vaatwasmachine verantwoordelijk is, blijft vrijwel gelijk.

Voor vaatwassers is een energielabel G tot en met A beschikbaar, waarbij A de zuinigste is. Op het label staat naast de klasse o.a. het energieverbruik (kWh) en het waterverbruik (liters) per wasbeurt.

Het is mogelijk om een vaatwasmachine met een voorschakelapparaat (hot-fill) aan te sluiten op zowel de koudwaterleiding als de warmwaterleiding. Zo'n gedeeltelijke hot-fill aansluiting vermindert de milieubelasting een klein beetje. De installatiekosten zijn niet helemaal door lager stroomverbruik terug te verdienen.

Vanuit milieuoogpunt is het geen goed idee om de vaatwasser simpelweg aan te sluiten op de warmwaterkraan (volledige hot-fill). Dat kost gemiddeld meer energie, doordat dan ook warm water wordt gebruikt voor spoelbeurten waarvoor de vaatwasser normaliter koud water gebruikt.

Hot-fill is met name interessant als de vaatwasser er geschikt, maar ook geoptimaliseerd voor is en het warme tapwater met een hoog nominaal rendement wordt opgewekt. Denk hierbij bijvoorbeeld aan een warmtepomp-boiler), aangevuld met een zonneboiler. De kostenbesparing is in dat geval ongeveer € 25,- per jaar.



Aandachtspunten

- De vaatwasmachine dient geschikt te zijn voor hot-fill.
- De aanvoerslang dient bestand te zijn tegen hoge temperaturen.
- Bij doorstroomtoestellen met onvoldoende capaciteit wordt de warmtapwaterafname op andere tappunten negatief beïnvloed (de koude douche).
- Het warmtapwatertoestel dient zich bij voorkeur dicht bij de vaatwasser te bevinden.
- De energiebesparing is sterk afhankelijk van de gebruikte warmtapwaterbereider. Installaties met stadsverwarming of met een zonneboiler profiteren het meest van de (primaire) energiebesparing. Bij gebruik van een reguliere combiketel is de energiebesparing ongeveer 5%.



Aanbeveling

Gebruik hot-fill alleen bij de daarvoor geschikte vaatwassers en met name bij hoog-rendement warmtapwaterbereiders of bij toepassing van een zonneboiler.

5.17 Wasmachine

Na de douche en het toilet is de wasmachine de grootste watergebruiker in een huishouden. Per wasbeurt wordt er 40 à 50 liter water gebruikt. Voor wasmachines is een energielabel G tot en met A beschikbaar, waarbij A de zuigste is. Op het label staat naast de klasse, o.a. het energieverbruik (kWh voor 100 wasbeurten op het eco 40 - 60 wasprogramma) en het waterverbruik (liters per wasbeurt). De energiekosten van de wasmachine hangen vooral af van de ingestelde wastemperatuur.

Bij de wasmachine is het toepassen van hot-fill minder eenvoudig dan bij vaatwasmachines. Als er koud water nodig is, wordt er bij een hot-fill apparaat toch warmtapwater afgenomen.

ⓘ Aandachtspunten

- Kies een wasmachine met een zuinig energielabel.
- Mechanisch drogen is energie-efficiënter dan thermisch drogen. Kies een apparaat met een hoog centrifuge-toerental.
- Gebruik wasmiddelen die ook bij lagere temperaturen tot goede wasresultaten leiden.
- Was met een volle trommel.

Was-temperatuur [°C]	Elektriciteit [kWh/wasbeurt]	Elektriciteit [kWh/jaar]	Kosten* [€/jaar]
30	0,35	66	14,48
40	0,75	141	31,02
60	1,20	226	49,63
90	2,17	408	89,75

Tabel 17: Energieverbruik wasmachine afhankelijk van wastemperatuur (Nibud, 2020).

Conclusies watergebruikende toestellen

In de voorgaande paragrafen zijn de verschillende watergebruikende toestellen beschreven. Daarnaast zijn de alternatieven en de wijze waarop het toestel op de meest efficiënte wijze gebruikt kan worden beschreven.

We kunnen concluderen dat de belangrijkste slag met betrekking tot waterbesparing inmiddels is gemaakt. Waterbesparende douches en closets zijn gemeengoed. Verdergaande grote besparingen zijn niet mogelijk zonder grote aanpassingen aan de traditionele (technische of logistieke) infrastructuur.

Om het huidige niveau van drinkwater- en energiegebruik minimaal te handhaven, wordt aanbevolen de ontwikkeling en het gebruik te stimuleren van:

- kranen die het onmogelijk maken dat onbedoeld warmtapwater wordt afgenomen;
- luxe comfortdouches die voor de dagelijkse, functionele douche de mogelijkheid bieden om met een gering watergebruik te douchen;
- luxe comfortdouches die gebruikmaken van recirculatie;
- het toepassen van waterloze urinoirs.

Kijkend naar de toekomst wordt er, na eventueel aanvullend onderzoek en productontwikkeling, met name veel verwacht van de volgende technieken:

- Waterloze urinoirs.
- Het scheidingstoilet. Deze zorgt voor een minimaal drinkwatergebruik bij de kleine boodschap en grote besparingen bij de rioolwaterzuivering.
- Efficiënte wasmachines. Wasmachines met hot-fill op basis van automatisch geregelde thermostaat. Eventueel gecombineerd met warmteterugwinning uit afvalwater en verbeterde wasmiddelen.



6.1 Douche-wtw

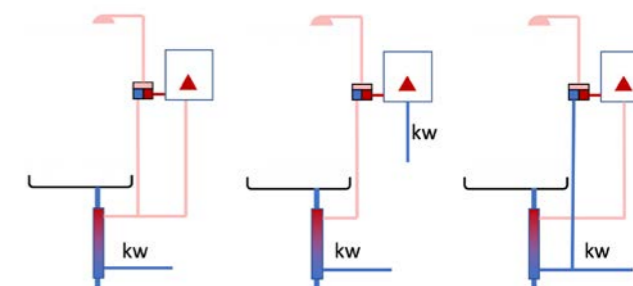
Een douche-warmteterugwinning (DWTW) gebruikt het wegstromende warme douchewater om het koude water op te warmen. Er zijn verschillende typen DWTW's:

1. Douchepijp, de warmtewisselaar wordt verticaal gemonteerd.
2. Douchebak-wtw, de warmtewisselaar is horizontaal in de douchebak geplaatst.
3. Douchegoot, de warmtewisselaar is ingebouwd in de afvoergoot in de douchevloer.

De douchepijp heeft van deze mogelijkheden het hoogste rendement (tot circa 65%).

Er zijn verschillende mogelijkheden voor het inpassen van de DWTW in het ontwerp. Deze zijn gegeven in figuur 14.

De meest linkse inpassing heeft het hoogste rendement, omdat de volledige mengwatervolumestroom door de DWTW stroomt. In de praktijk is deze inpassing in bestaande woningen soms lastig te realiseren en wordt vaak de meest eenvoudige inpassingsmogelijkheid gekozen. Deze is in het midden weergegeven. In tabel 18 is de besparing van een DWTW weergegeven.



Figuur 14: Inpassingsmogelijkheden van douche-wtw.

Utiliteit

In de utiliteit is de DWTW toepasbaar in gebouwen waar veel warmtapwater wordt gebruikt. Denk hierbij aan douches in zwembaden, sportfaciliteiten, recreatiefaciliteiten en verblijfsgebouwen. Voor toepassingen van de DWTW in de utiliteit kunnen systemen op maat worden gemaakt door bijvoorbeeld meerdere huishoudelijke DWTW-systemen te combineren. Bij toepassingen hiervan dient er extra aandacht besteed te worden aan het voorkomen van uitgroei van legionella. Het met de DWTW opgewarmde water moet dan altijd eerst naar de warmtapwaterbereider worden geleid.

	Per persoon	Gezin met vier personen		
Besparing drinkwater	3	12		m ³ per jaar
Vermindering warmwatergebruik	4	14		m ³ per jaar
Besparing referentie aardgas	23 m ³	17 €	80 m ³	61 € per jaar
Besparing referentie elektriciteit	37 kWh	8 €	130 kWh	29 € per jaar

Tabel 18: Besparing ten gevolge van waterbesparende maatregelen en DWTW.

De capaciteit van een DWTW in de utiliteit is gebaseerd op een berekening van de gelijktijdigheid van de aangesloten douches. Vanwege de ongelijkmatigheid van het aanbod van warm afvalwater kan er een buffervat worden toegepast.



Aandachtspunt

Het drinkwaterzijdige drukverlies in de DWTW is van invloed op de gebruiksdruk bij het tappunt en dient betrokken te worden bij de bepaling van de beschikbare gebruiksdruk voor de maatgevende tappunten.



Aanbeveling

Overweeg het toepassen van een DWTW. Combineer dit bijvoorbeeld met een verbouwing van de badkamer.



Literatuur

- ISSO-publicatie 55, Leidingwaterinstallaties voor woon- en utiliteitsgebouwen, 2013.
- ISSO-publicatie 30, Leidingwaterinstallaties in woningen, 2021.
- Effecten van douchewarmtewisselaars op de waterketen, Waternet, 2016.

6.2 Recirculatie van douchewater

Eén van de mogelijkheden om doucheluxe en wellness enerzijds en waterbesparing anderzijds binnen een doucheconcept te combineren, is het recirculeren van douchewater met een intelligent pompsysteem. Zo kan men met 7 liter water beschikken over een volumestroom van 50 l/min. Daarbij kan bijvoorbeeld gekozen worden voor een power- of regendouche, maar ook voor zij- en rugjets.

De recirculatiestand dient pas na het wassen ingeschakeld te worden. Voor de functionele douche levert dit systeem dan ook geen besparing op. Pas als overgeschakeld wordt naar de 'comfortmodus' treedt het recycle-systeem in werking. Een belangrijk voordeel is dat bij slechts een beperkt vermogen van de warmtapwaterbereider een forse warmtapwatervolumestroom wordt verkregen.

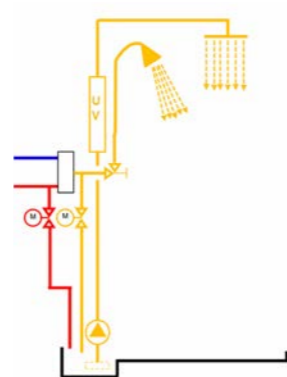
Voor het circuleren is een pomp nodig met een aanzienlijk vermogen. De besparing op warmtapwater, vergeleken met een vergelijkbaar systeem zonder circulatie, weegt daar echter ruimschoots tegen op. In figuur 15 is de principewerking van de recirculatiedouche gegeven.

In tabel 19 is een vergelijking gegeven van een reguliere comfortdouche (met een volumestroom van 15 liter per minuut) en een douche met recirculatie van douchewater.

Installateurs hebben de taak hun klanten voor te lichten over de mogelijkheden en consequenties van dergelijke producten. Tevens is hun taak om een installatie te realiseren die in staat is grotere hoeveelheden warmtapwater te leveren voor een comfortdouche en kleinere volumestromen warmtapwater voor de reguliere douche.

ⓘ Aandachtspunten

- Gebruikers van de recirculatiedouche moeten op de hoogte zijn van de werking en zich ervan bewust zijn dat water hergebruikt wordt in de recirculatiestand.
- De recirculatiedouches moeten regelmatig gereinigd worden met speciale reinigingsmiddelen.
- Ook moet de recirculatiedouche voorzien zijn van een atmosferische onderbreking.



Figuur 15: Werking van recirculatiedouche.

	Reguliere comfortdouche		Comfortdouche met recirculatie	
Drinkwatergebruik	255 liter		120 liter	
Warmwatergebruik	145 liter		70 liter	
Referentie aardgas	1 m ³	1,1 €	0,5 m ³	0,54 €
Referentie elektriciteit	2,6 kWh	0,85 €	1,4 kWh	0,46 €
Comfortdouche met een volumestroom van 15 l/min. Uitgegaan wordt van 7 minuten gebruik zonder recirculatie ten behoeve van het wassen, daaropvolgend 10 minuten met recirculatie (dus een totale douchetijd van 17 minuten). Aangenomen wordt dat een circulatiepomp nodig is met een vermogen van 1 kilowatt. Aangenomen is dat bij recirculatiebedrijf 10% van water- en warmtebehoefte geleverd wordt door vers (verwarmd) drinkwater. Bij een gebruik zonder recirculatie korter dan 7 minuten wordt het verschil groter.				

Tabel 19: Douchewater recirculatie vergeleken met reguliere comfortdouche.

6.3 All-electric douche-unit

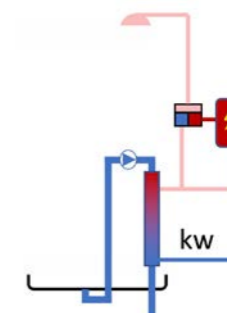
Een interessante ontwikkeling is de douche-unit met geïntegreerde elektrische boiler en warmteterugwinning. Deze douche wordt gekenmerkt door een opslagvat van 10 liter, een warmteterugwinning met een zeer hoog rendement en een elektrische aansluitwaarde van 6 kW.

Via een bypass is het ook mogelijk de wastafel(s) in de badkamer van warmwater te voorzien. In combinatie met een close-in boiler of heetwaterkraan in de keuken is er dan geen aanvullende warmtapwatervoorziening nodig.



Aandachtspunt

De all-electric douche-unit moet worden aangesloten op twee groepen met een perilex stekker.



Figuur 16: Schematisch weergave van all-electric douche-unit (MEED, Beterbad).

7

Huishoudwater



Slechts een klein deel van het drinkwater dat in huishoudens wordt gebruikt, is daadwerkelijk bedoeld voor consumptie. Een aantal functies binnen het huishouden, zoals bijvoorbeeld de toiletspoeling, wasmachine en het besproeien van de tuin zou gebruik kunnen maken van een andere kwaliteit water. We spreken dan over huishoudwater; water dat bestemd is voor specifieke huishoudelijke toepassingen, waarbij de kwaliteit van het water niet persé hoeft te voldoen aan de kwaliteitseisen van drinkwater die in het Drinkwaterbesluit zijn vastgesteld. In woningen blijft de toepasbaarheid van collectieve huishoudwaterinstallaties beperkt tot toiletspoeling.

Als bron voor huishoudwater onderscheiden we van daken afstromend hemelwater en grondwater. Voor woninginstallaties zijn dit ook mogelijk (na zuivering) oppervlaktewater en lokaal (enigszins) gezuiverd afvalwater (grijswater).

Collectieve distributie van huishoudwater door drinkwaterbedrijven is niet toegestaan. Binnen de woning is de bewoner zelf verantwoordelijk voor de leidingwaterinstallatie en heeft deze te maken met de aansluitwaarden van het drinkwaterbedrijf.



7.1 Hemelwater

Hemelwater is regen- en smeltwater dat van daken van gebouwen tot afstroming is gekomen. Het voordeel van het gebruik van regenwater is tweeledig:

1. het gebruikte regenwater komt niet direct in het rioolstelsel terecht;
2. het drinkwatergebruik neemt af.

Hemelwater kan gebruikt worden voor toiletspoeling, tuinbesproeiing en de wasmachine. In het geval van hemelwatergebruik voor een buitenkraan kan volstaan worden met een eenvoudige regenton.

De belangrijkste onderdelen van het hemelwatersysteem zijn:

- (dak)oppervlak voor de opvang van hemelwater. Voor woningen kan uitgegaan worden van 25 m² per persoon, voor kantoren van 4 m² per persoon;
- een opslagvat. De benodigde inhoud is afhankelijk van het dakoppervlak, dakmateriaal en de behoefte aan hemelwater. Een ondergronds opslagvat heeft de voorkeur boven een opslagvat op het dak vanwege de opwarming. Er zijn zakken beschikbaar voor het opvangen en bewaren van hemelwater in de kruipruimte;
- zuivering. Zuivering kan in verschillende gradaties plaatsvinden. In de meest uitgebreide systemen vinden we een filter, een actief koolstoffilter, een membraanfilter en UV-zuivering;
- distributiesysteem. Leidingen en pomp. Het gebruikte leidingstelsel moet duidelijk herkenbaar zijn als huishoudwaterdistributie om vergissingen te voorkomen.

De potentiële besparing door gebruik van hemelwater voor de toiletspoeling is 8 m³ ofwel € 10,- per persoon per jaar.

⚠ Aandachtspunten

- Zorg dat hemelwater niet gebruikt kan worden door (spelende) kinderen. Gebruik bijvoorbeeld een ondergrondse irrigatie voor efficiënt en veilig gebruik.
- Hemelwater kan verontreinigd zijn door vervuilde oppervlakten of uitlogende materialen (teerhoudend bitumen, zink, koper).
- Een belangrijke maatregel, die geen drinkwaterbesparing oplevert maar wel het rioleringsstelsel ontlast, is het afkoppelen van de hemelwaterafvoer. Hemelwater wordt dan niet meer op het riool geloosd, maar via infiltratie wordt het water teruggevoerd in de bodem.
- Door afspoeling van vogelfeces van daken kunnen hoge aantallen Campylobacter in de opslagreservoirs terechtkomen. Blootstelling kan plaatsvinden door druppels via aërosolen in te slikken of door besmette oppervlakken aan te raken. Bij toiletspoeling ontstaan tevens aërosolen.

⚠ Aanbevelingen

- Het milieueffect van een hemelwatersysteem met een eigen pomp is discutabel. Het energieverbruik door de pomp en de extra benodigde voorzieningen (opslagtank, extra leidingwerk, zuiveringsvoorzieningen e.d.) wegen mogelijk niet op tegen de efficiënte productie van drinkwater in Nederland.
- Gebruik bij toepassingen binnenshuis systemen die microbiologisch veilig zijn.

💡 Literatuur

- ISSO-publicatie 70-1, Hemelwater binnen de perceelgrens, 2007.
- RIONED, <https://www.riool.net/-/raintools>.

7.2 Grijswater

Grijswater is afvalwater afkomstig vanuit de douche, bad en/of wastafel. Het kan in woninginstallaties gebruikt worden voor toiletspoeling en de wasmachine. Gebruik voor een buitenkraan wordt afgeraden. Grijswater is niet zonder meer mogelijk voor bewatering van de tuin. Hoge concentraties van fosfaten, nitraten en zeepresten kunnen schadelijk zijn voor (kwetsbare) planten. Voor gebruik dient het grijswater dan eerst gezuiverd te worden.

Als grijswater alleen voor de toiletspoeling, wasmachine of tuin wordt gebruikt, zijn er kant-en-klare systemen beschikbaar, waarin zuivering voor het specifieke toepassingsgebied, opslag, regeling en suppletie verenigd zijn (zie figuur 17).

Als bron voor suppletie van de grijswateropslag wordt drink- of hemelwater gebruikt. Gezien de extra voorzieningen en het energieverbruik die nodig zijn om een grijswatersysteem te realiseren voor pompen of zuiveringsvoorzieningen is de milieuwinst door toepassing van grijswatersystemen discutabel.

⚠ Aandachtspunt

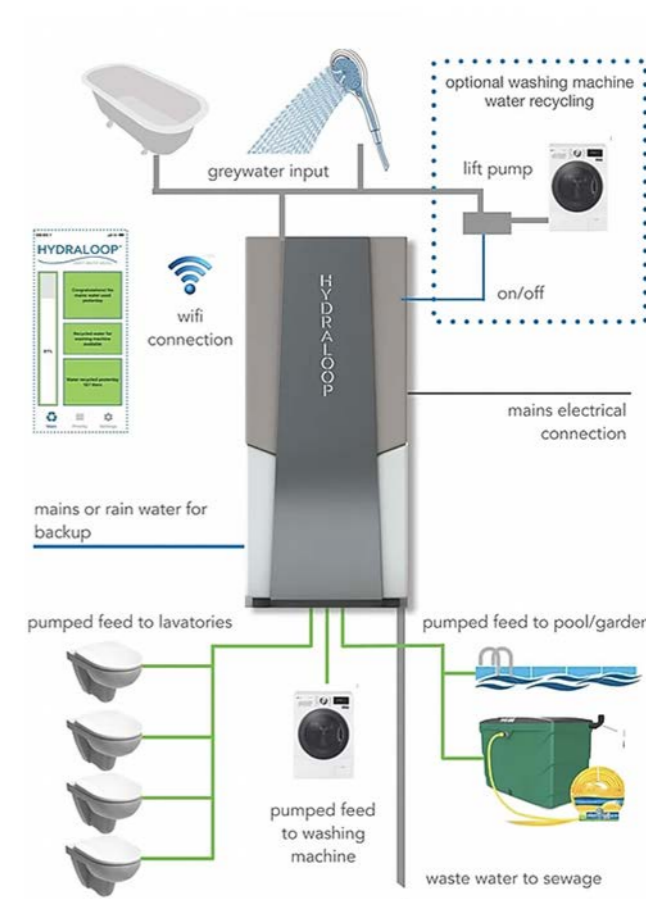
Gebruik systemen die microbiologisch veilig zijn.

⚠ Aanbeveling

Gezien de verontreiniging in het grijswatersysteem heeft een hemelwatersysteem de voorkeur.

💡 Literatuur

- ISSO-rapport 70-3, Grijswater binnen de perceelgrens, 2002.
- ISSO-publicatie 70-2, Individuele behandeling van afvalwater, 2000.



Figuur 17: Hydraloop: Gebruik van grijswater voor toiletten en eventueel wasmachine.

Een drukverhogingsinstallatie wordt toegepast indien voor het maatgevende tappunt niet voldoende gebruiksdruk aanwezig is. Alternatieven, zoals het verminderen van het drukverlies in de installatie, worden in de ontwerpfase vaak niet goed onderzocht. Zo worden er zelfs in 'normale' woningen drukverhogingspompen gerealiseerd. Een deskundig ontwerp van de installatie kan plaatsing van een drukverhogingsinstallatie in die gevallen vaak voorkomen.

In deze paragraaf komen de verschillende aspecten van het energiegebruik van drukverhogingsinstallaties en circulatiepompen aan de orde.

8.1 Typen drukverhoging

Er zijn drie typen drukverhogingsinstallaties:

1. Pomp met schakelvat (8-50 liter) met gedwongen nalooptijd.
2. Toerengeregelde pomp (met schakelvat).
3. Pomp met membraanvat (>100 liter) zonder gedwongen nalooptijd.

Een drukverhogingssysteem met een toerengeregelde pomp en een klein doorstroom membraanvat is de meest gangbare installatie. Het energieverbruik van een drukverhogingsinstallatie bedraagt circa 0,25-1 kWh per m³ water.



Figuur 18: Links: Wilo drukverhogingsinstallatie met toerengeregelde pompen. Rechts: Duijvelaar drukverhogingsinstallatie met membraanvat.



Aandachtspunten

- Om te voorkomen dat de drukverhogingsinstallatie ongewenst water uit het waterleidingnet zuigt, moet er een onderdrukbeveiliging aanwezig zijn.
- Systemen met een schakel- en/of membraanvat moeten uitgerust zijn met een doorstroomsysteem, waarbij verversing van het water gegarandeerd is, of met doorstroomdetectie, waarbij gesignaleerd wordt als de verblijftijd en temperatuur van het water niet voldoen aan de richtlijnen.
- In gebieden (bijvoorbeeld Zuid-Limburg) waar er een zeer variabele leveringsdruk is, wordt bij toepassing van pompen met vast toerental aanbevolen om een drukreducertoestel te plaatsen voor de drukverhogingsinstallatie, zodat te hoge drukken in het leidingsysteem worden voorkomen.
- Informeer bij het drinkwaterbedrijf naar de gegarandeerde leveringsdruk.



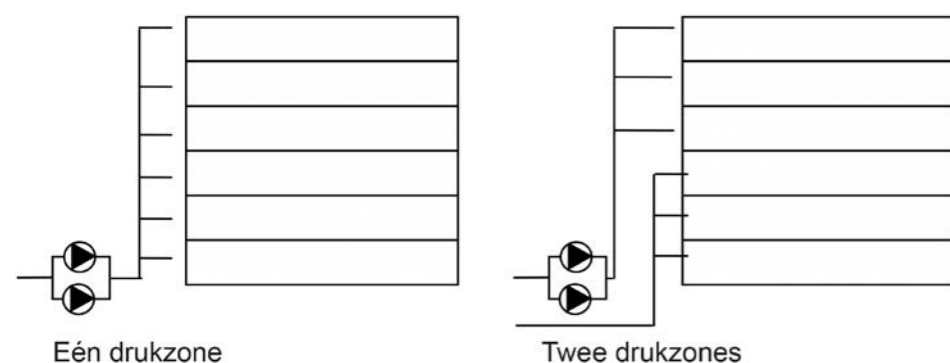
Aanbeveling

Kies een drukverhogingssysteem met een toerenregeling met een gelijkstroommotor met een motor-efficiëntie IE5 gelijkstroom.

8.2 Energie-efficiënt ontwerp van drukgroepen

Een energie-efficiënt ontwerp van het drukverhogingssysteem in een leidingwaterinstallatie zorgt ervoor dat de druk aan de tappunten rond de gewenste gebruiksdruk zit, terwijl er zo min mogelijk druk wordt gereduceerd. Dit kan bewerkstelligd worden door het systeem onder te verdelen in drukzones. Richtlijnen hiervoor zijn:

- Maak een aparte groep zonder drukverhogingsinstallatie waar de druk van het drinkwaterbedrijf voldoende is om de gewenste gebruiksdruk aan het tappunt te realiseren (figuur 19). Theoretisch is de energiebesparing in deze situatie, gebouw van zes gelijke verdiepingen waarbij de eerste drie verdiepingen kunnen worden bediend met de leveringsdruk, 50%.
- Maak drukgroepen niet te groot en zorg dat de maximale statische druk niet groter is dan 500 kPa. Overweeg een aparte drukgroep (in plaats van een drukreductietoestel) bij grotere drukken.
- Plaats drukonafhankelijke volumestroombegrenzers in de onderste lagen van een drukgroep, zodat de volumestromen daar niet te groot worden.



Figuur 19: Een aparte drukzone voor het deel dat met de leveringsdruk bediend kan worden.

! Aandachtspunten

- Door realisatie van onderverdeling in drukzones is er minder gelijktijdigheid. De som van de maximale volumestroom per groep is groter dan de maximale volumestroom indien er één groep zou zijn. Theoretisch gaat dit niet ten koste van het energiegebruik. Er hoeft namelijk in zijn totaliteit niet meer water te worden verplaatst. In de praktijk zal de pomp mogelijk met een lager rendement presteren.
- Plaats drukverhogingsystemen niet zonder meer in een serie. De regeling van 'in serie' geplaatste pompen zal altijd gekoppeld moeten worden.
- Plaats een drukverhogingsinstallatie niet zodanig dat er zich tappunten bevinden voor de drukverhogingsinstallatie.
- De drukverhogingsinstallatie mag zich niet na de warmtapwaterbereider bevinden. Als de consequentie van het splitsen in drukgroepen is dat voor collectieve installaties er meerdere warmtapwaterbereiders nodig zijn, dan is het overwegend niet haalbaar de drukgroepen te splitsen. Er moeten dan drukreductietoestellen per woning worden gebruikt/toegepast.
- De indeling in drukgroepen mag er niet toe leiden dat het drukverschil tussen koud- en warmtapwater op het tappunt te groot wordt.

! Aanbeveling

Creëer een aparte drukzone voor de tappunten waarvoor de gegarandeerde druk van het drinkwaterbedrijf volstaat.

8.3 Leidingstelsysteem met gering drukverlies

Het ontwerp van een leidingstelsysteem met een gering drukverlies kan de toepassing van een drukverhogingsinstallatie voorkomen. Als een drukverhogingsinstallatie nodig is, dan is het overbruggen van een zekere hoogte over het algemeen het belangrijkste aandeel in het totale te overbruggen drukverlies. Een drukverliesarm leidingstelsysteem wordt gekenmerkt door leidingen met relatief grote diameters, een minimaal aantal bochten en appendages met een geringe drukverliezen. Het verminderen van het drukverlies mag er niet toe leiden dat water stagneert in de installatie. De hygiënische betrouwbaarheid van de leidingwaterinstallatie dient gewaarborgd te zijn.



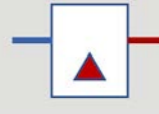
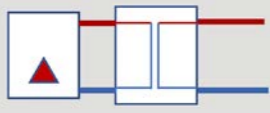
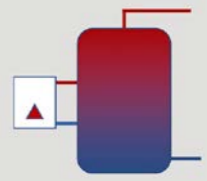
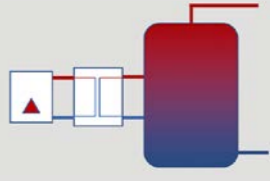

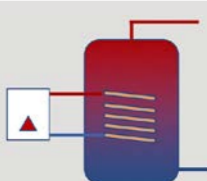
9

Warmtapwaterbereiding



Voor warmtapwaterbereiders kunnen we onderscheid maken tussen:

- *toestellen met en zonder warmtapwatervoorraad.*
Vanwege het grillige karakter van de warmtapwaterbehoefte en het grote vermogen dat nodig is voor het verwarmen van water heeft het warmtapwatertoestel meestal ook een voorraad;
- *direct en indirect gestookte toestellen.*
Bij direct gestookte toestellen zit er geen warmtewisselaar tussen de energiebron en het op te warmen drinkwater. Bij indirect gestookte toestellen wel;
- *(voorraad)toestellen met een in- of externe warmtewisselaar.*
Een nadeel van de indirect gestookte boiler met interne warmtewisselaar is dat de warmteoverdracht afneemt naarmate de temperatuur van het water in het voorraadvat toeneemt. Dit resulteert in langere opwarmtijden en, met name relevant voor het gebruiksrendement, hogere retourtemperaturen in het verwarmingswatercircuit. Vanwege de hoge brandertemperaturen bij gasgestookte boilers hebben deze systemen daar minder last van.

Geen voorraad	Direct		Doorstroomtoestel	
	Indirect		Warmtewisselaar	
Voorraad	Extern	Direct		Oplaadsysteem Combiketel Warmtepompen
		Indirect		Oplaadsysteem
	Intern	Direct		Elektrische boiler Gasboiler
		Indirect		Oplaadsysteem

Tabel 20: Onderscheid verschillende typen warmtapwaterbereiders.

De keuze voor het type warmtapwaterbereider hangt af van de totale systeemopzet en de beschikbare energiebron(nen).

9.1 Afnamepatronen en gebruiksrendement

Behalve het nominale rendement van een warmtapwaterbereider is ook het gebruiksrendement van belang. Bij het gebruiksrendement wordt het afnamepatroon betrokken. Een vlak afnamepatroon kan gekenmerkt worden door een geheel ander gebruiksrendement dan een afnamepatroon met pieken. Voor het ontwerp van warmtapwaterbereiders (al dan niet collectief) wordt een methode op basis van kengetallen (KWR) gebruikt.

Als het afnamepatroon van het warmtapwater bekend is en er wordt gebruikgemaakt van een warmtapwaterbereider met een voorraadvat, is een juiste keuze van voorraadvat en vermogen van de warmte-opwekker essentieel. Bij voorkeur wordt deze combinatie zo gekozen dat de warmte-opwekker een zo hoog mogelijke bedrijfstijd heeft.



Aanbeveling

Maak voor het ontwerp van een warmtapwatersysteem een nauwkeurige inschatting van het afnamepatroon en stem de warmtapwaterbereider hierop af.



Literatuur

- ISSO 55, Rekenregels dimensionering leidingwaterinstallaties.
- ISSO rekentools, Rekenregels appartementen, rekenregels utiliteit.

9.2 Toestellen zonder voorraad

Toestellen zonder voorraad zijn toestellen die als direct gestookte warmtapwaterbereider toegepast kunnen worden. Daarnaast zijn in deze paragraaf ook de systemen opgenomen die als warmtebron bij een indirect gestookte warmtapwaterbereider gebruikt kunnen worden.

9.2.1 Toestelwachtijd

De toestelwachtijd is een eigenschap van een toestel zonder voorraad. Doorstroomtoestellen zonder voorraad hebben een toestelwachtijd tussen de 2 en 15 seconden. Een doorstroomtoestel is vaak uitgerust met een kleine warmtapwater voorraad of een comfortstand waarbij de warmtewisselaar op temperatuur gehouden wordt om de wachtijd te beperken. Hierdoor heeft een dergelijk toestel een hoger stand-by verbruik. Indien directe beschikbaarheid van warmtapwater geen prioriteit is, kan deze functie in de comfort-stand worden uitgeschakeld.

Door het beperken van de toestelwachtijd wordt verspilling van drinkwater voorkomen. Het Gaskeur label stelt voor toestellen met een CW of NZ keur (zie hoofdstuk 13) dat de maximum toestelwachtijd 15 seconden mag bedragen.



Aanbeveling

Kies een toestel met een korte toestelwachtijd.

9.2.2 Zelfstandig gasgestookt doorstroomtoestel (geiser)

Zelfstandige gasgestookte doorstroomtoestellen komen in nieuwbouwwoningen niet meer voor. Bij bestaande situaties kan sprake zijn van vervanging. Zorg bij vervanging voor toepassing van een gesloten, modulerend toestel met een maximaal vermogen van minimaal 24 kW.



Aandachtspunten

- De tapdrempel van de keuken- en badgeisers bedraagt tussen de 2 en 4 l/min.
- Gasgestookt doorstroomtoestel met een open verbrandingskamer is niet toegestaan.

9.2.3 Elektrisch doorstroomapparaat

Een elektrisch doorstroomapparaat verwarmt met een elektrisch verwarmingselement het water. Hierbij wordt er geen voorraad aangehouden. Het rendement is daarbij vrijwel 100%. Enerzijds is het primaire energiegebruik hoog door het gebruik van elektriciteit, anderzijds zijn er geen distributieverliezen als het apparaat dicht bij het tappunt wordt aangebracht.

Een groot nadeel van een elektrisch doorstroomtoestel is dat er erg veel vermogen nodig is om het water te verwarmen. In figuur 21 is de relatie weergegeven tussen het temperatuurverschil, volumestroom en vermogen.

Als voorbeeld: Een gewone douche, klasse S (bovenste horizontale rode lijn) heeft voor het leveren van de comforttemperatuur (linkse verticale lijn) een vermogen nodig van iets meer dan 20 kW (kruispunt van horizontale en verticale lijn).

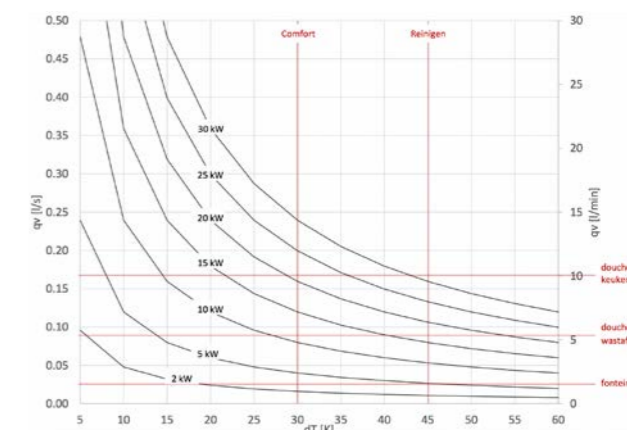
In het figuur is ook te zien dat bij een klein temperatuurverschil het benodigde vermogen relatief laag is. Een elektrisch doorstroomapparaat als aanvulling op een andere warmtebron kan daardoor interessant zijn, zie ook paragraaf 11.4.

Het benodigde vermogen kan beperkt worden door:

- het toepassen van warmteterugwinning op douche-water (in het geval van een douche). Het vermogen kan hierdoor maximaal halveren. Hierbij moet wel rekening worden gehouden dat het lang kan duren voordat het water op temperatuur is;
- het voorverwarmen van het water door bijvoorbeeld een warmtepomp.



Figuur 20: Elektrische geiser (Bron: Masterwatt).



Figuur 21: Relatie tussen temperatuurverschil, volumestroom en vermogen.



Aandachtspunten

- Een lagere warmtapwatertemperatuur dan 55 °C (bij woninginstallaties zonder circulatie) of 60 °C (bij collectieve leidingwaterinstallaties met circulatie) is toegestaan bij doorstroomtoestellen zonder inhoud die dicht bij het tappunt worden toegepast en waarbij het toestel hoogstens één ruimte bedient of meer ruimtes indien deze bestemd zijn voor dezelfde gebruiker en het water wordt gebruikt voor persoonlijke hygiëne.
- Bij woningen is het maximaal toe te passen elektrisch vermogen beperkt, afhankelijk van het type elektrische aansluiting.
- Elektrisch verwarmen aan het tappunt is vooral een goed alternatief als vervanging van een tapwater-circulatiesysteem, zie paragraaf 11.3.
- Bij grote gebouwen kan het water tot de binnentemperatuur opgewarmd zijn. Het te overbruggen temperatuurverschil wordt dan circa 10 °C lager.

Zie ook:

- All-electric douche, paragraaf 6.3.
- Verwarmen aan het tappunt, paragraaf 11.3.

9.2.4 Hoge temperatuur L/W warmtepomp (utiliteit)

Hoge temperatuur (HT) warmtepompen zijn lucht-water warmtepompen met een watertemperatuur tot 90°C. Warmte wordt onttrokken uit de buitenlucht via een buitenunit. De warmtepomp heeft als medium doorgaans CO₂ en werkt met een tweetrapscompressor. De warmtepomp wordt gebruikt in combinatie met één of meer in serie geschakelde voorraadvaten. De COP (Coëfficiënt Of Performance) van de warmtepomp, inclusief gebruik van hulpenergie is ongeveer 3,3.



Figuur 22: Mitsubishi Q-ton HT lucht-water warmtepomp, verwarmingscapaciteit van 30 kW (Mitsubishi).

9.2.5 (HR-) gasketel

Bij een gasketel verhit de brander het door een warmtewisselaar stromende water. Een HR-ketel realiseert een hoger rendement door de condensatiewarmte van de bij de verbranding ontstane waterdamp te benutten. In de utiliteit wordt de gasketel als warmtebron gebruikt bij een indirect gestookte warmtapwaterbereider.

De (HR-)combiketel is een gasketel waarin de functies van ruimteverwarming en warmtapwaterbereiding zijn gecombineerd. Warmtapwater kan bereid worden zonder of met een kleine warmtapwatervoorraad (tappot). De HR-combiketel heeft meestal een comfortstand waarbij de warmtewisselaar op temperatuur gehouden wordt en een economystand. In de economystand is er sprake van een (langere) toestelwachtijd. Sommige toestellen zijn zelflerend, waardoor ze schakelen tussen de economy- en comfortstand op basis van het gebruik van de voorgaande dag(en).

9.2.6 Warmtekracht installatie

Met behulp van een warmtekracht installatie (WKK) wordt zowel elektriciteit als warmte geproduceerd. Gemiddeld is het rendement van de elektriciteitsproductie ongeveer 35% en van de warmteproductie ongeveer 60%. De warmte van de WKK kan gebruikt worden voor ruimteverwarming en warmtapwater. Door de gelijktijdige productie van elektriciteit en warmte is er een aanzienlijke besparing te realiseren.

Een WKK kan als warmtebron voor een indirect gestookte warmtapwaterbereider gebruikt worden.

9.2.7 Warmtepomp

Een warmtepomp heeft een (laagwaardige) warmtebron nodig. Hiermee kan warmte worden gemaakt op een hoger temperatuurniveau, bij een hoog rendement. Vanwege het relatief geringe beschikbare vermogen wordt een warmtepomp voor het bereiden van warmtapwater vrijwel altijd gebruikt in combinatie met een voorraadvat. De dagelijkse warmtapwaterbehoefte wordt dan als uitgangspunt gebruikt voor het bepalen van de benodigde omvang van het voorraadvat.

9.2.8 Warmtewisselaar

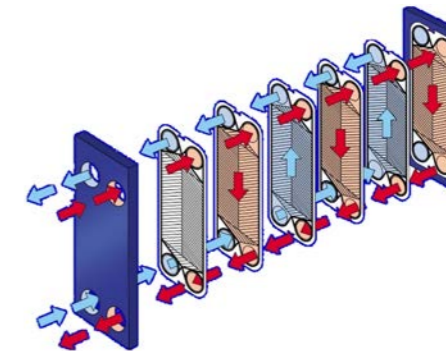
Als er centrale verwarmingswater beschikbaar is als bron voor warmtapwater wordt een warmtewisselaar, eventueel in combinatie met een voorraadvat, gebruikt voor de productie van warmtapwater. Over het algemeen worden de warmtewisselaars gekenmerkt door geringe warmteverliezen. Het gebruiksrendement is afhankelijk van het rendement van de primaire warmtebron.

Het verdient aanbeveling om een grillig tappatroon af te vlakken met behulp van een buffervat. Hierdoor wordt de primaire energiebron langer, constant belast en het gebruiksrendement verbetert.



Aandachtspunten

- Bij grotere installaties (> 45 kW) moet er een dubbele scheiding (met leksignalering) zijn tussen de verwarmingsbron (centrale verwarmingswater, stadsverwarming) en het warmtapwater. Dit gaat over het algemeen enigszins ten koste van de warmteoverdracht en dus het nominale rendement.
- Verklein het benodigde vermogen van de warmtewisselaar (en daardoor ook het drukverlies) en verminder het aantal starts en stops door het toevoegen van een voorraadvat.
- Isoleer de warmtewisselaar.
- Houd rekening met het drukverlies over de warmtewisselaar.
- Voor een gangbare warmtewisselaar moet het verschil tussen de temperatuur van het warme tapwater en de centrale verwarming (of stadsverwarming) minimaal 10 °C zijn. Aangezien de aanvoertemperatuur van het centrale verwarmingswater tegenwoordig vaak niet hoger is dan 70 °C, kan dit bij de integratie van een tapwatersysteem in een centrale verwarmingsinstallatie tot problemen leiden.
- Indien de primaire warmtebron voor een warmtewisselaar een verwarmingsinstallatie is, dan kan het, bij zeer wisselende tapwaterzijdige belasting, zinnig zijn om een cascade van hoog rendement verwarmingsketels te gebruiken.



Figuur 23: Tegenstroom platenwisselaar (bron: AlfaLaval).



Aanbeveling

Een (platen)warmtewisselaar draagt op efficiënte wijze de warmte over. Kies een efficiënte primaire warmtebron voor een goed gebruiksrendement.

9.2.9 Opslag met faseovergangsmaterialen

In een voorraadvat voor warmtapwater wordt het warme tapwater op een voldoende hoge temperatuur opgeslagen. Water heeft een vrij hoge warmtedichtheid waardoor er veel warmte-energie in het opslagvat opgeslagen kan worden.

Als er gebruikgemaakt wordt van faseovergangsmaterialen om warmte op te slaan, is de opslagcapaciteit van eenzelfde volume als een normaal voorraadvat meer dan dubbel zo groot. Er wordt dan geen warmtapwater opgeslagen, maar er wordt een zoutoplossing gebruikt die bij een temperatuur van ongeveer 60 °C een faseovergang van vast naar vloeibaar heeft. Bij een gelijkblijvende temperatuur wordt in deze faseovergang evenveel energie opgeslagen als bij een temperatuurverhoging van water van 60 °C.

In het toestel, zie figuur 24, wordt het faseovergangsmateriaal met een elektrische spiraal verwarmd. In het voorraadvat zitten twee warmtewisselaars: een grote voor warmtapwater en kleinere die voor ruimteverwarming gebruikt kan worden of als extra vermogen voor warmtapwater.



Aandachtspunt

De warmtebron is elektriciteit, waardoor het primaire rendement laag is.



Figuur 24: Buffervat met faseovergangsmateriaal (Bron: Flamco Flextherm Eco).

9.3 Toestellen met voorraad

9.3.1 Close-in boiler

Een close-in boiler is een elektrische boiler met een kleine inhoud (5-15 liter, meestal 10) die bij het (keuken) tappunt wordt geplaatst. De close-in boiler wordt gebruikt als de wachttijd te lang is (leidingwachttijd langer dan 20 seconden).

In paragraaf 11.2 komt aan de orde dat het verstandig kan zijn om een kleine elektrische boiler bij het tappunt te plaatsen. De energie- en waterverliezen als gevolg van uittappen worden zo voorkomen. Daar staat tegenover dat het primaire energiegebruik van de elektrische boiler hoog is en dat er stand-by verlies is. Vooral voor tappunten waar regelmatig kleine hoeveelheden warmtapwater worden getapt en die ver van de warmtapwaterbereider gelegen zijn kan het raadzaam zijn om een elektrische close-in boiler toe te passen. Door de vele kleine tapmomenten zijn er veel leidingverliezen en kan het gebruiksrendement bij een doorstroomtoestel dalen.

Aandachtspunten

- Het stand-by verlies van de close-in boiler is 150 tot 250 kWh per jaar.
- Kies een close-in boiler met energielabel A.
- Isoleer over een lengte van 30 centimeter ook de aansluitleidingen op de close-in boiler.
- Door de betere beschikbaarheid van warmtapwater bij het tappunt kan de warmtapwaterafname toenemen.
- Als het warme water uit de close-in boiler op is, duurt het enige tijd voordat deze weer volledig is opgewarmd.

9.3.2 Kokendwaterboiler

De kokendwaterboiler (ook wel naar het merk Quooker genoemd) bestaat uit een klein (2,5 tot 7 liter) waterreservoir waarin het water op hoge temperatuur (110 °C) wordt bewaard en de kraan zelf. De overwegingen met betrekking tot de close-in boiler (zie paragraaf 9.3.1) zijn ook van toepassing op de kokendwaterboiler. Door de kleinere inhoud zijn de stand-by verliezen van de boiler lager dan van een reguliere close-in boiler (circa 100 kWh per jaar).

Aandachtspunten

- Als het voorraadvat leeg is, kost het opwarmen ongeveer 15 minuten.
- Als er een grotere hoeveelheid warmwater nodig is, bijvoorbeeld voor de schoonmaak, dan is de beschikbare hoeveelheid warmwater niet voldoende.

9.3.3 Close-in boiler, hot-fill

Een hot-fill boiler kan een optie zijn als er een zeer efficiënte (of duurzame) warmtebron beschikbaar is.

De hot-fill boiler wordt aangesloten op de warmtapwaterleiding. Het voorraadvat wordt gevuld met warmtapwater van de warmtebron. Het water wordt naverwarmd met een elektrisch element. Dit kan een energiebesparing opleveren als het (primaire) rendement van de warmtapwaterbereider veel beter is dan het (primaire) opwekkingsrendement van de close-in boiler.

Als er regelmatig kleine hoeveelheden water wordt getapt, komt het warmtapwatertoestel in werking met de daarmee gepaard gaande energieverliezen. De boiler zelf wordt dan gevoed met het afgekoelde water uit de toevoerleiding. Het water wordt dan alsnog elektrisch opgewarmd in de boiler.

Een voordeel van de hot-fill boiler is dat de voorraad warmtapwater in principe niet op raakt. Bij het tappen wordt de voorraad namelijk aangevuld met warmtapwater.

Aanbeveling

De toepassing van een hot-fill close-in boiler is niet zonder meer efficiënter dan een cold-fill boiler en moet daarom zorgvuldig worden afgewogen.

9.3.4 Gasboiler

Bij een gasboiler zit de brander in het voorraadvat. Door de hoge temperatuur van de warmtewisselaar blijft het overdrachtsvermogen hoog. Dit in tegenstelling tot indirect gestookte systemen met een interne warmtewisselaar, waarbij het vermogen afneemt naar mate de vatemperatuur hoger wordt. De gasboiler moet voorzien zijn van een rookgasafvoer. Door de condensatiewarmte uit de rookgasafvoer te gebruiken, is een hoog nominaal rendement te bereiken (zie figuur 25). De gasboiler is zowel in woningen als in de utiliteit te gebruiken als warmtapwaterbereider.



Figuur 25: Direct gestookte gasboiler met hoog nominaal rendement van circa 100% (bron: AOSmith).

9.3.5 Warmtepompboiler

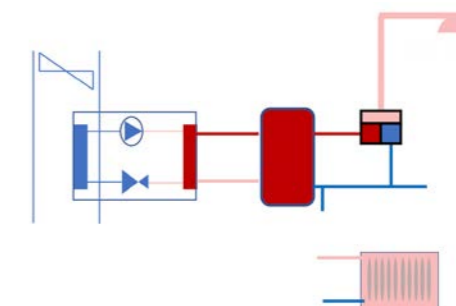
Via een warmtewisselaar onttrekt een warmtepompboiler warmte uit de afgevoerde ventilatielucht om hiermee het tapwater te verwarmen.

Aandachtspunten

- Om voldoende energie te kunnen onttrekken aan de ventilatielucht moet het ventilatiedebiet groot genoeg zijn. Bij systemen met een geregelde natuurlijke toevoer van ventilatielucht kan dit een probleem zijn.
- Gebruik de warmtepompboiler met afvoerlucht als warmtebron en niet voor verwarmen.
- De warmtepompboiler is niet te combineren met warmteterugwinning aan ventilatielucht.
- Het vermogen van de warmtepomp is beperkt, daarom moet het buffervolume van de warmtepompboiler zijn afgestemd op de dagelijkse warmtapwaterbehoefte. Het buffervolume is daardoor relatief groot.

Aanbeveling

De warmtepompboiler biedt in de nieuwbouw niet veel toegevoegde waarde meer. In de bestaande bouw (met ventilatiesysteem C) is er nog een aanzienlijk toepassingspotentieel door toepassing van de warmtepompboiler.



Figuur 26: Principe van een warmtepompboiler met een apart verwarmingssysteem voor ruimteverwarming.

9.3.6 (Combi-)warmtepomp

Bij de combi-warmtepomp, die zowel ruimteverwarming als tapwater biedt, kan gebruik worden gemaakt van een aantal warmtebronnen, waarvan de bodem, grondwater en buitenlucht het meest gebruikelijk zijn. Minder voor de hand liggende warmtebronnen (maar wel steeds gangbaarder) zijn oppervlaktewater en rioolwater. In figuur 27 is het prinscipeschema van de toepassing van de combi-warmtepomp voor warmtapwater gegeven.

De warmtepomp heeft een COP (Coëfficiënt Of Performance) van 2,5 tot 3,5 voor tapwater. Ten opzichte van een combi-ketel met een gebruiksrendement van 85% is dit een besparing op primaire energie van circa 50% (uitgaande van een gemiddeld centralerendement van 55% (op onderwaarde of 51% op bovenwaarde)). Een belangrijk voordeel van de warmtepomp is dat er geen gasinfrastructuur in de woning nodig is. In figuur 28 is de besparing door toepassing van een warmtepomp-boiler gegeven, afhankelijk van het rendement van de gasinstallatie en de COP van de warmtepomp.

Ter illustratie: Vergelijk een gasinstallatie met een rendement van 90% met een warmtepomp met een COP van 3. Dit levert een energiebesparing van circa 45% op.

9.3.7 Boosterwarmtepomp

Een warmtepomp heeft een hoog rendement bij lage afgiftetemperaturen. Voor het verwarmen van goed geïsoleerde gebouwen zijn de lage temperaturen vaak voldoende. Voor het verwarmen van tapwater zijn hogere temperaturen nodig.

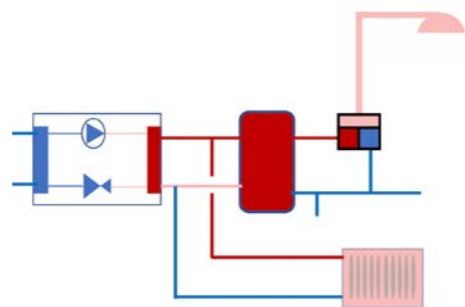
Een boosterwarmtepomp wordt in woningen gebruikt om bij lage temperatuur warmte distributie warmtapwater te maken.

Er zijn diverse configuraties mogelijk. In figuur 30 is een concept gegeven waarbij de bron van de boosterwarmtepomp de retour van het afgiftesysteem is.

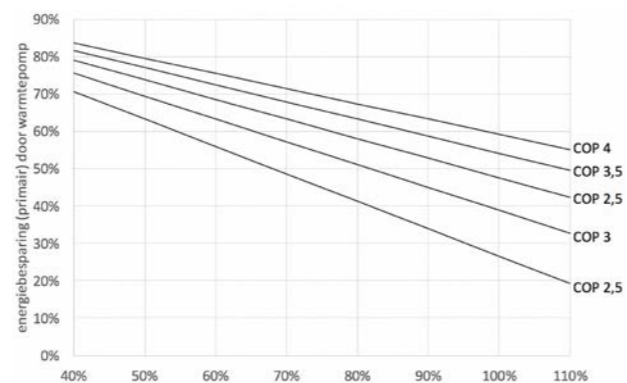
De boosterwarmtepomp kan voor (beperkte) koeling zorgen.

Aandachtspunten

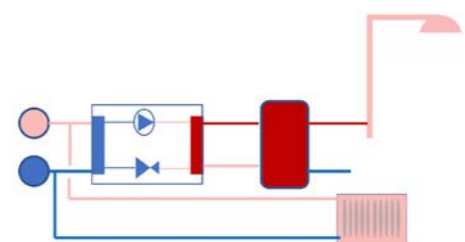
- Te gebruiken bij lage temperatuur warmte-distributie.
- De warmtebron heeft een voldoende hoge temperatuur (minimaal 10 °C) beschikbaar voor de boosterwarmtepomp.
- De capaciteit van de bron moet groot genoeg zijn.
- De boosterwarmtepomp wordt in combinatie met een boiler gebruikt.



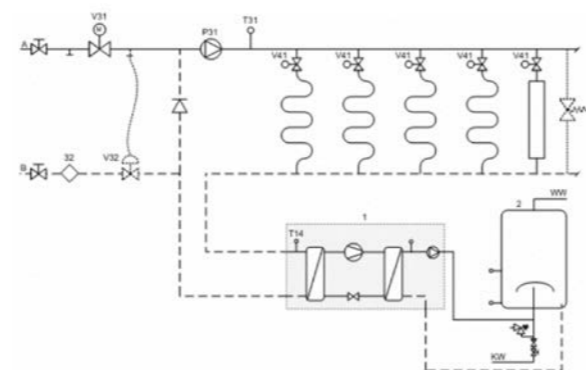
Figuur 27: Principewerking combi-warmtepomp.



Figuur 28: Energiebesparing door het toepassen van een warmtepomp (centrale rendement onderwaarde 55%).



Figuur 29: Boosterwarmtepomp in combinatie met LT-warmtelevering.



Figuur 30: Voorbeeld van inpassing boosterwarmtepomp. Boosterwarmtepomp direct aangesloten op retour van het afgiftesysteem (Bron: Ecoon).



9.3.8 Oplaadsysteem

Een oplaadsysteem is een voorraadsysteem met een (meestal indirect gestookte) externe warmtewisselaar. De warmtebron kan één van de systemen zijn die beschreven staan in paragraaf 9.2.

Heet water uit de warmtewisselaar wordt boven in het voorraadvat geladen. De warmtewisselaar wordt gevoed met koud water onder uit het voorraadvat, zie figuur 31.

Bij het oplaadsysteem is het van wezenlijk belang dat:

- de gelaagdheid van het voorraadvat in stand blijft zodat de warmtewisselaar gevoed wordt met zo koud mogelijk water;
- het boilervat uitgerust is met zowel een start-sensor, meestal op ongeveer de helft van het vat geplaatst en een stop-sensor, meestal onder in het vat geplaatst;
- de temperatuursensor die het oplaadsysteem in werking stelt niet te laag zit (niet lager dan op 50% van de inhoud van de boiler). Hoe lager deze sensor zit, hoe meer starts/stops er gemaakt moeten worden.

De belangrijkste voordelen van het oplaadsysteem zijn:

- de hersteltijd is beperkt, omdat de warmtewisselaar continu het volle vermogen kan leveren;
- de warmtewisselaar en het voorraadvat kunnen gelijktijdig bijdragen aan de warmtapwaterlevering;
- er is een relatief kleine warmtewisselaar nodig omdat deze wordt gevoed met koud water;
- de c.v.-zijdige retourtemperatuur is gedurende het gehele oplaadproces lager, hetgeen het gebruiksrendement van de warmte-opwekker ten goede komt.

Door het combineren van het oplaadsysteem met een hoog rendement warmte-opwekker is een efficiënt systeem te verkrijgen.

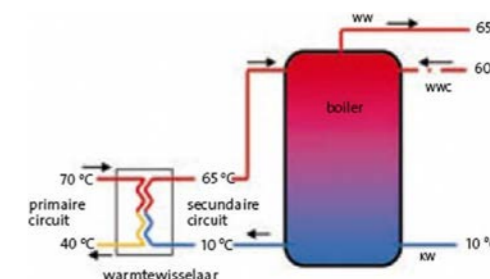
Ten aanzien van het ontwerp van het oplaadsysteem kan de combinatie tussen vermogen van de warmtewisselaar en de inhoud van het voorraadvat zo gekozen worden dat de warmtewisselaar vrijwel continu in bedrijf is. Dit vereist een goede bekendheid met de afnamepatronen en een zeer zorgvuldig ontwerp van het systeem.

Als de warmtewisselaar gevoed wordt door een verwarmingsinstallatie kan het, gezien de wisselende belasting van de warmtewisselaar, zinvol zijn een cascade van hoog rendement verwarmingsketels te gebruiken.

Overall in het voorraadvat moet de temperatuur minimaal 60 °C zijn. Indien dit niet het geval is, moet het voorraadvat periodiek thermisch gedesinfecteerd worden. Ook moet minimaal een temperatuur van 60 °C aan het tappunt gerealiseerd kunnen worden.

Aanbevelingen

- Bij gebruik van een efficiënte primaire warmtebron moet het oplaadsysteem een efficiënte warmtapwaterbereider zijn.
- Als warmtebron zijn ook hoog temperatuur warmtepompen te gebruiken.



Figuur 31: Principewerking van oplaadboiler.



Figuur 32: Twee (kant-en-klare) oplaadsystemen met hoog nominaal rendement (circa 100%) (Bron: Itho en Remeha).

9.4 Warmtelevering

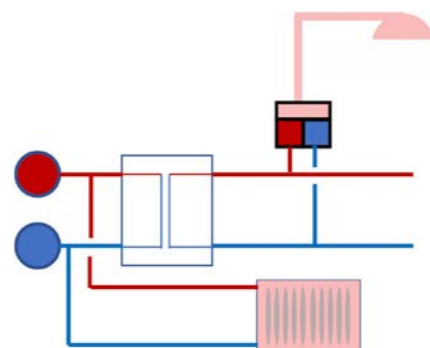
9.4.1 HT (hoge temperatuur) warmtelevering

Indien stads- of centraal verwarmingswater beschikbaar is als bron voor warmtapwater wordt een warmtewisselaar, eventueel in combinatie met een voorraadvat, gebruikt ten behoeve van de productie van warmtapwater. Voor HT warmtelevering worden afleversets gebruikt waarin functies voor warmtapwater en ruimteverwarming gecombineerd zijn. Het warmteverlies van de warmtewisselaar is in de orde van grootte van 10 à 15% van het energiegebruik voor warmtapwater in een gemiddelde woning. In figuur 33 is schematisch de werking van de warmtelevering gegeven. In figuur 34 een afbeelding van de afleverset.

Het drukverlies van de afleverset is van belang. Een groot drukverlies betekent mogelijk dat er niet voldoende gebruiksdruk beschikbaar is voor het maatgevende tappunt waardoor mogelijk een extra drukverhogingspomp nodig is. Bij afleversets is meestal een volumestroombegrenzer ingebouwd. Deze zorgt voor extra drukverlies.

ⓘ Aandachtspunten

- Om warmtapwater te kunnen maken, is de watertemperatuur van de warmtelevering minimaal 70 °C.
- Isoleer ook de leidingen van en naar de afleverset.
- In NEN 2768 worden eisen gesteld aan de meterkast bijvoorbeeld voor warmteontwikkeling, ruimtetemperatuur en ventilatie.



Figuur 33: Schematisch de werking van de afleverset.



Figuur 34: Afleverset voor stadsverwarming (Bron: HSF).

9.4.2 LT (lage temperatuur) warmtelevering

Als de temperatuur van de warmtelevering onvoldoende is voor het bereiden van warmtapwater moet een aanvullend toestel worden gebruikt. Als de temperatuur van de warmtelevering voldoende is om warmtapwater met een temperatuur van 40 °C te bereiden, kan eventueel een lokaal doorstroomtoestel aan het keukentappunt volstaan. Zie paragraaf 11.4 voor enkele concepten.

Als er geen warmtapwater met een temperatuur van 40 °C gemaakt kan worden, dan is na de warmtelevering een aanvullend hoofdtoestel - bijvoorbeeld een boosterwarmtepomp - nodig.

ⓘ Aandachtspunt

In NEN 1006 wordt een functionele eis gesteld aan de tappijntemperatuur van 55 °C. Een temperatuur aan het tappunt van 40 °C voldoet niet aan deze eis.

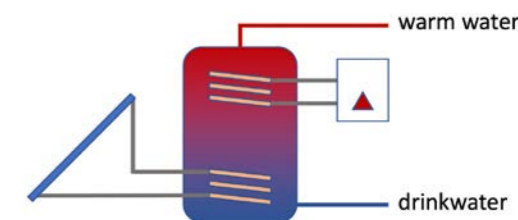
9.5 Duurzaam (zon)

9.5.1 Huishoudelijke zonneboiler

Een zonneboiler is een toevoeging aan een op zichzelf volledig functionerende warmtapwatervoorziening. De standaard zonneboiler voor huishoudens wordt gekenmerkt door een 100 liter boiler, 3 m² collectoroppervlak met een combiketel als naverwarmer. Bij een gemiddeld huishouden is de energiebesparing ongeveer 175 m³ aardgas of € 135,- per jaar.

ⓘ Aandachtspunten

- De collector moet een goede oriëntatie en hellingshoek hebben (zuid/oost - zuid/west).
- De afstand tussen het opslagvat en de collector mag niet te groot zijn.
- Gebruik een naverwarmer met het Gaskeur NZ-label (naverwarming zonneboiler).
- Omdat de maximumtemperatuur van het warmtapwater in het boiler vat seizoensafhankelijk is (kan in de winter onder 60 °C liggen), is een risicoanalyse op legionella nodig. Bij het voorstellen van maatregelen voor preventieve thermische desinfectie moet rekening worden gehouden dat een doorstroomnaverwarmer (combi-ketel) niet beschouwd mag worden als een desinfectieapparaat.



Figuur 35: Principewerking van de huishoudelijke zonneboiler.

9.5.2 Grote zonneboiler (utiliteit)

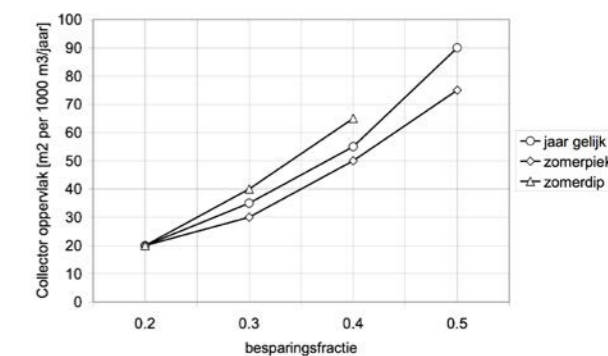
Grotere zonneboilersystemen zijn zonneboilersystemen met een collectoroppervlak tot circa 500 m². Deze zijn toepasbaar voor gebouwen met een warmtapwatergebruik tot 15.000 m³ per jaar. Met name gebouwen met een grote warmtapwaterbehoefte in de zomerperiode zijn interessant voor grote zonneboilers. Het gaat dan bijvoorbeeld om collectieve installaties voor verzorgingstehuizen, campings, zwem-, sport-, horecagelegenheden en industriële installaties.

De energiebesparing bij grote zonneboilersystemen is afhankelijk van het systeemontwerp. In veel gevallen wordt uitgegaan van een besparingsfractie. Hoe groter de besparingsfractie, hoe groter het collectoroppervlak, zie figuur 36. Een besparingsfractie van meer dan 0,5 is niet gebruikelijk. Een richtlijn voor de besparing per m² collectoroppervlak is 50 m³ aardgas.

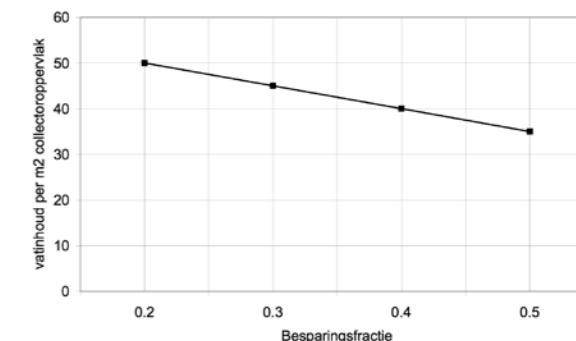
De inhoud van het voorraadvat is in sterke mate afhankelijk van het dagpatroon van de warmtapwaterafname. Bij een gelijkmatige afname over de dag is de inhoud van het voorraadvat het kleinst. Bij veelvuldig optredende afnamepieken is de optimale vatinhoud groter. De vatinhoud zal nooit groter zijn dan de dagelijkse warmtapwateraanvraag. Bij een niet gelijkmatig afnamepatroon wordt aanbevolen een computerprogramma te gebruiken, zoals Vabi 115, voor het bepalen van de optimale vatinhoud. Bij gelijkmatige afnamepatronen kan figuur 37 worden gebruikt.

ⓘ Aanbeveling

In specifieke sectoren, met name zwembaden, sportgelegenheden en recreatie hebben de grote zonneboilersystemen een groot energiebesparingspotentieel. De toepassing verdient zich echter nog niet binnen een redelijke termijn terug. Aanbevolen wordt dan ook de zonneboiler voor huishoudelijk gebruik door subsidies te stimuleren.



Figuur 36: Globale bepaling van collectoroppervlak in relatie tot de besparingsfractie.



Figuur 37: Vatinhoud op basis van besparingsfractie bij gelijkmatige afname van warmtapwater.

**Aandachtspunt**

Omdat de maximum temperatuur van het warmtapwater in het boilervat seizoensafhankelijk is (deze zal in de winter lager zijn dan 60 °C), is een risicoanalyse op legionella nodig en voor collectieve installaties, die vallen onder de wettelijke prioritaire installaties in de Drinkwaterwetgeving, verplicht.

9.6 Aardgasvrije warmtapwaterbereiding

In de komende jaren wordt het gebruik van aardgas afgebouwd. In gebouwen zorgt dit met name voor de warmtapwaterbereiding voor een uitdaging. Elektrisch verwarmen van tapwater met weerstandsverwarming, bijvoorbeeld met een elektrische boiler of een elektrisch doorstroomapparaat, heeft dan niet de voorkeur in verband met het lage (primaire) rendement en de hoge (energie)kosten.

Bij de beschrijving van de warmtapwaterbereiders in dit hoofdstuk zijn een aantal opwekkers beschreven die met name geschikt zijn voor aardgasvrije woningen:

- Hoge temperatuur warmtelevering, zie paragraaf 9.4.1.
- Lage temperatuur warmtelevering met een boosterwarmtepomp, zie paragraaf 9.3.7.
- Combi-warmtepomp, zie paragraaf 9.3.6.
- Elektrische geiser, zie paragraaf 9.2.3.
- Warmtepompboiler, zie paragraaf 9.3.5.

Collectieve systemen voor woningen bieden, door de grotere schaal, specifieke mogelijkheden voor een aardgasvrije warmtapwaterbereiding.



10

Distributie warmtapwater



Distributie van warmtapwater kan via uittapleidingen vanaf de warmtapwaterbereider naar het tappunt of via een circulatiesysteem.

10.1 Uittapleidingen

Energieverliezen bij installaties met uittapleidingen hebben vooral betrekking op het energieverlies door wachttijden. In deze paragraaf worden diverse energiebesparingsmogelijkheden beschreven die betrekking hebben op het beperken van het energieverlies door wachttijden.

De wachttijd is de tijd die verloopt tussen het opendraaien van het warmtapwater tappunt en het bereiken van een temperatuurverhoging van 70% van de maximum temperatuurverhoging. De wachttijd is opgebouwd uit de toestel- en de leidingwachttijd. De leidingwachttijd is opgebouwd uit:

- de tijd die nodig is voor de verdringing van het koude water in de leiding;
- de afkoeling van het water door opwarming van het leidingmateriaal (inclusief eventuele isolatie).

De leidingwachttijd, en het daarmee gepaard gaande water- en energieverlies, is afhankelijk van waterinhoud en de $DH_{w,70}$ -factor van de leiding.

De waterinhoud van de leiding heeft de grootste invloed op het energieverlies door de leidingwachttijd. De waterinhoud van de leiding kan beperkt worden door een korte leidinglengte en kleine leidingdiameter te gebruiken.

In tabel 21 is een indicatie van de wachttijd en water- energieverliezen gegeven, afhankelijk van de gekozen leiding bij een uittaplengte van 7 meter en 15 tapmomenten per dag.

Inw. diam. [mm]	Wachttijd [s]	Waternverlies [m ³ /jaar]	Aardgas		Elektriciteit	
			m ³	€	kWh	€
8	7,0	3,20	23	€ 22	57	€ 17
10	11,0	5,0	36	€ 34	89	€ 26
13	18,6	8,5	61	€ 58	151	€ 44
19,8	43,1	19,5	142	€ 134	350	€ 102

Tabel 21: Energie-, waternverlies en energiekosten per jaar ten gevolge van leidingwachttijd bij verschillende leidingdiameters bij een volumestroom van 0,083 l/s, een uittaplengte van 7 meter en 15 tapmomenten per dag.

De leidingdiameter heeft een wezenlijke invloed op zowel de wachttijd als het water en energieverlies.

ⓘ Aandachtspunten

- Hogere stroomsnelheden bij kleinere leidingdiameters vergroten de kans op waterslag en de daarmee gepaard gaande geluidsoverlast.
- Bij kleinere leidingdiameters is het drukverlies door wrijving groter. Er moet altijd gecontroleerd worden of er voldoende gebruiksdruk beschikbaar is voor het maatgevende tappunt.
- De leidingdiameter kan wellicht kleiner, als voor een specifiek tappunt vanaf het toestel een aparte uittapleiding wordt gebruikt.
- De keuze van de opstelplaats van de warmtapwaterbereider bepaalt sterk de lengte van de uittapleiding.
- De keuze voor een kleine leidingdiameter beperkt de flexibiliteit van de tapwaterinstallatie. Het aansluiten van nieuwe of extra apparaten die de volumestroom vergroten is immers beperkt mogelijk.
- Bij toepassing van kunststof leidingsystemen met een grote weerstand in fittingen kan een grotere leidingdiameter nodig zijn om de totale weerstand in het leidingsysteem te beperken.
- De maximale lengte van de uittapleiding wordt beperkt door de maximale leidingwachttijd. Deze is minimaal 20 en maximaal 35 seconden, afhankelijk van de toestelwachttijd (leidingwachttijd plus toestelwachttijd is maximaal 35 seconden). Bij circulatiesystemen is de leidingwachttijd maximaal 20 seconden.
- Over het algemeen is het ongewenst en niet zinvol om uittapleidingen te isoleren. Enkel indien er een (vrijwel) continue afname is van warmtapwater kan leidingisolatie zinvol zijn.

**Aanbeveling**

Bij het ontwerp van een energie-efficiënte tapwaterinstallatie wordt gekozen voor een kort, efficiënt leidingverloop en een leiding met een geringe diameter.

10.2 Circulatiesysteem

Energieverliezen bij de distributie hebben bij circulatiesystemen vooral betrekking op het energieverlies door transmissie via de leidingwand (inclusief isolatie in het geval van leidingen die deel uitmaken van een circulatiesysteem). De besparingsmogelijkheden richten zich op goede isolatie van leidingen die deel uitmaken van het circulatiesysteem, verlagen de temperatuur van het water, beperken de inhoud en lengte van uittapleidingen.

Een circulatiesysteem wordt gebruikt indien niet binnen de gewenste wachttijd warmtapwater beschikbaar is aan het tappunt. Bij het circulatiesysteem wordt het energieverlies met name bepaald door de transmissie van warmte door de leiding en het isolatiemateriaal. Voor het beperken van de energieverliezen kunnen de volgende richtlijnen aangehouden worden:

- Beperk de lengte en diameters van de leidingen die deel uitmaken van het circulatiesysteem.
- Pas goede leidingisolatie met voldoende dikte toe.

10.2.1 Beperk leidingdiameter en -lengte

De diameter van de leiding heeft een grote invloed op het energieverlies door transmissie. In paragraaf 10.2.2 is het energieverlies per meter leiding gegeven.

Als ontwerpcriterium voor de warmtapwaterleidingen die deel uitmaken van het circulatiesysteem dient de reële maximummomentvolumestroom gehanteerd te worden met een maximale ontwerpstroomsnelheid van 2 meter per seconde in leidingschachten en 1,5 meter per seconde in verblijfsgebieden.

Circulatieleidingen worden ontworpen op basis van een afkoelcriterium en een maximale stroomsnelheid van 0,7 meter per seconde (bij geen afname).

Het beperken van de leidinglengtes in een circulatiesysteem heeft een grote invloed op het energieverlies door transmissie. In de praktijk blijken veel grote warmtapwatercirculatiesystemen slecht te functioneren, omdat er te veel warmteverlies plaatsvindt in het leidingsysteem. Dit resulteert in een te lage retourtemperatuur. Om die te verhogen wordt in de praktijk de volumestroom vergroot of de toevoertemperatuur verhoogd. Beide ingrepen hebben grote nadelen. Aanbevolen wordt de omvang van circulatiesystemen zo beperkt mogelijk te houden.

**Aandachtspunten**

- Pas isolatie toe met een maximale warmtegeleidingscoëfficiënt van 0,035 W/m·K en een minimale dikte van 30 mm.
- Isoleer de bevestiging van de beugels aan de leiding.
- Onderbreek de isolatie niet bij doorvoeren door muren of vloeren.
- Isoleer appendages en pompen.
- Zorg voor een zorgvuldige uitvoering van de isolatiewerkzaamheden.
- Hanteer voor het ontwerp van een circulatiesysteem altijd het afkoelcriterium van maximaal 5 °C met een retourtemperatuur van 60 °C. Gebruik geen temperaturen hoger dan 70 °C.
- Hanteer de juiste ontwerpstroomsnelheden: maximaal 2 m/s in de leidingschacht, maximaal 1,5 m/s in of nabij verblijfsgebieden en maximaal 0,7 m/s voor de circulatieleidingen.
- Zorg voor goede instelling van strangregelventielen om voldoende hoge temperaturen (in het kader van Legionellapreventie) in het circulatiesysteem te borgen.
- Zorg voor bewaking van de watertemperaturen in het leidingsysteem, bijvoorbeeld door temperaturopnemers in de deelringen op te nemen.

**Aanbeveling**

Maak bij een warmtapwatercirculatiesysteem een weloverwogen lay-out, waarbij energie-efficiency mede bepalend is.

10.2.2 Isolatie van circulatieleidingen

De isolatiedikte en -kwaliteit bepalen in sterke mate het warmteverlies van het circulatiesysteem. In figuur 38 is het effect van de leidingisolatie op het totale energieverlies per jaar gegeven. Ter indicatie; de totale lengte van de leidingen in het circulatiesysteem kan makkelijk 100 à 200 meter zijn.

Ook de andere onderdelen die deel uitmaken van het warmtapwatercirculatiesysteem, zoals circulatiepomp, afsluiters en andere appendages dienen geïsoleerd te worden om energieverlies te voorkomen.

**Aandachtspunt**

Het geregeld (jaarlijks) controleren van de isolatie van warmtapwaterleidingen die deel uitmaken van een circulatiesysteem, is van belang omdat gebreken daaraan kunnen leiden tot ontoelaatbare afkoeling van de temperatuur van warmtapwater of circulatiewater. Slecht geïsoleerde warmtapwaterleidingen (ook centrale verwarmingsleidingen!) in de buurt van koudwaterleidingen kunnen de oorzaak zijn dat koudwaterleidingen worden opgewarmd, met risico op vermeerdering van legionellabacteriën.

**Aanbeveling**

Gebruik voor leidingen die deel uitmaken van het circulatiesysteem leidingisolatie met een warmtegeleidingscoëfficiënt van maximaal 0,035 W/m·K en een isolatiedikte van minimaal 30 mm.

10.2.3 Circulatietemperatuur

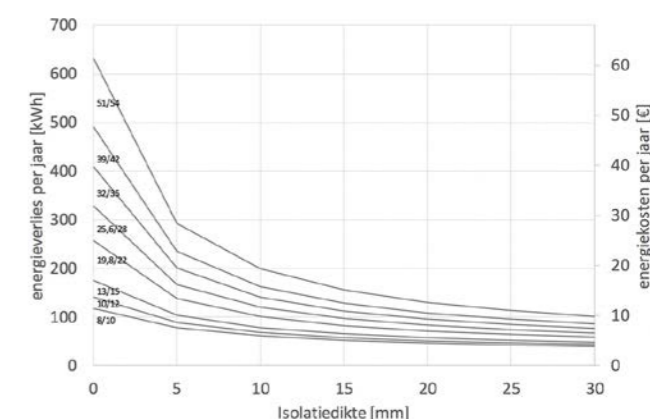
In verband met legionellapreventie wordt een circulatietemperatuur lager dan 60 °C afgeraden. Alleen bij aantoonbare gelijkwaardige preventiemaatregelen tegen de groei van legionella is een circulatiesysteem met lagere temperaturen, bij aanvullende beheersmaatregelen, toegestaan.

**Aanbeveling**

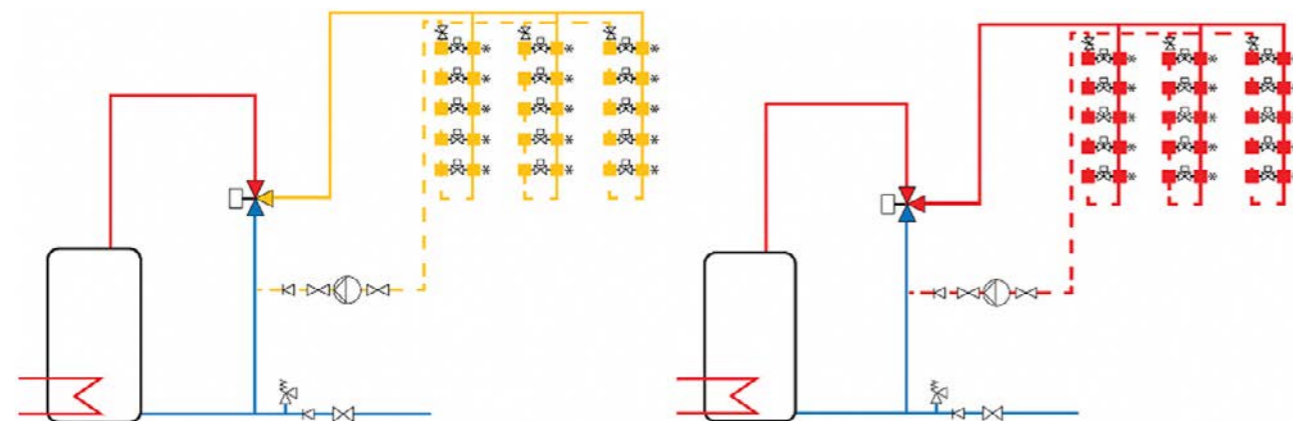
Hanteer bij voorkeur een voldoende hoge temperatuur, zodat de groei van de legionella geen kans heeft. Als aan het tappunt een vaste lagere temperatuur gewenst is, gebruik dan bij voorkeur robuuste mengtoestellen op een gezamenlijke uittapleiding (met een inhoud < 1 liter) of aan het tappunt.

**Aandachtspunten**

- Beperk de verlaagde temperatuur tot een enkelvoudig circulatiesysteem of deelring in een systeem met deelringen.
- De besparing door minder transmissieverlies kan deels teniet worden gedaan door extra energie- en watergebruik door beheersmaatregelen.
- De mengwaterleidingen moeten kunnen worden doorgespoeld met water van 60 °C of meer. Het thermostatisch mengtoestel moet hiervoor geschikt zijn, voldoen aan de eisen gesteld in de Kiwa-Beoordelingsrichtlijn BRL-K 610 en voorzien van een erkende kwaliteitsverklaring.
- Voor legionellapreventie moet bij circulatie met een verlaagde temperatuur beheersmaatregelen worden uitgevoerd. Aan het uitvoeren hiervan kleeft een aantal nadelen, zoals de uitvoeringskosten van de maatregelen, de continue kwaliteitsborging ervan en het risico op verbrandingsgevaar.
- Bij het Markshower@stelsysteem wordt een circulatiesysteem tot in het tappunt met een voldoende hoge temperatuur thermisch gedesinfecteerd zonder dat hierbij heet water uit de tappunten komt. Hierdoor is veel minder water en energie nodig, zie figuur 39.



Figuur 38: Energieverlies en indicatie van energiekosten van 1 m¹ circulatieleiding per jaar in relatie tot (koperen) leiding.



Figuur 39: Markshower@stysteem. Links normaal bedrijf, rechts desinfectiebedrijf.

10.2.4 Onderbreek circulatie

Als er gedurende langere tijd (meer dan 1 dag) geen warmtapwaterbehoefte is, bijvoorbeeld in de weekeinden of vakanties bij scholen of sportfaciliteiten, kan het circulatiesysteem (en eventueel ook de boiler) worden uitgezet.

Met een risicoanalyse legionellapreventie zal echter moeten blijken welke beheersmaatregelen nodig zijn om een risico-neutrale situatie te creëren. In een situatie waarbij de boiler temperatuur 's nachts wordt verlaagd, moet de circulatiepomp ook uitgeschakeld worden. Een situatie waarbij de pomp in bedrijf blijft, is niet te adviseren omdat eventuele legionellabesmettingen zo de kans krijgen zich door de hele installatie te verspreiden.

Energiebesparing wordt gerealiseerd door verminderde transmissieverliezen door leidingen, warmtewisselaar en boiler en door minder verbruik van elektrische energie door de circulatiepomp.

! Aandachtspunten

- Het voor korte tijd (minder dan twee dagen) onderbreken van de circulatie wordt afgeraden.
- Tapwatergebruik tijdens de uren dat de boilerinstallatie uit staat of het circulatiesysteem niet in bedrijf is, moet zijn uitgesloten.
- De gehele installatie moet voldoende lang op temperatuur zijn (retourwatertemperatuur > 60 °C) voordat het warmtapwatergebruik plaatsvindt.

! Aanbevelingen

- Schakel het circulatiesysteem en de boiler uit indien de voorziening langer dan twee dagen niet in gebruik is.
- Zorg voor voldoende lange doorspoeling met heet water (inclusief tappunten) bij het weer in gebruik nemen van de installatie.

10.2.5 Buis-in-buis circulatie bij stijgleidingen

Bij het buis-in-buis circulatiesysteem (ook wel inliner genoemd) bevindt de circulatieleiding zich in de warmtapwaterleiding. Hierdoor wordt de diameter van de warmtapwaterleiding één of twee maten groter gekozen. De energieverliezen zijn bij dit systeem 15 à 20% lager dan bij een traditioneel systeem. De vermindering van energieverliezen zijn met name afhankelijk van de lay-out van het circulatiesysteem.

! Aandachtspunten

- Bij compacte, hoge gebouwen is de besparing groter dan bij lage, uitgestrekte gebouwen.
- De mogelijkheden voor het maken van bochten is beperkt. Bij voorkeur worden rechte stijgleidingen toegepast. Bochten moeten altijd uitgevoerd worden in twee delen van 45 °C.
- Er kunnen geen deelringen worden afgetakt van de stijgleiding.
- Het ontwerp van het buis-in-buis systeem verloopt anders dan bij een gangbaar systeem. De laagste temperatuur is de ontwerp temperatuur van 60 °C en zit op het einde van de stijgleiding. Hierdoor is de retourtemperatuur in de buurt van de boiler ook relatief hoog.



Aanbeveling

Gebruik een buis-in-buis circulatiesysteem in plaats van een regulier circulatiesysteem indien de situatie zich daar goed voor leent.

10.2.6 Circulatiepomp

Het doel van de circulatiepomp is het handhaven van een voldoende hoge temperatuur in het warmtapwatercirculatiesysteem zodat er snel warmtapwater beschikbaar is aan het tappunt. De pomp wordt gedimensioneerd op de gewenste circulatievolumestroom en op het drukverlies door leidingen en appendages in het maatgevende tracé van het circulatiesysteem. De volumestroom wordt bepaald door de afkoeling in het leidingsysteem. De volumestroom is het debiet dat nodig is om een temperatuur van minimaal 60 °C in de retourleiding te handhaven.

Een toerenregeling is bij een warmtapwatercirculatiesysteem niet zinvol. Het toepassen van een toerengeregelde pomp kan voordelen bieden bij het inregelen van het systeem. Ook zijn de toerengeregelde pompen (ook op een vast ingesteld toerental) vaak energie-efficiënter dan pompen met een vast toerental.



Aanbevelingen

- Kies een pomp met een hoog rendement (IE4).
- Kies voor een pomp met een gelijkstroommotor.
- Zorg voor zeer goede isolatie van alle leidingen en appendages die deel uitmaken van het circulatiesysteem.
- Kies eventueel voor een efficiënte toerengeregelde pomp. Zet de toerenregeling op een vast toerental op basis van de ingeregelde installatie en de gewenste retourtemperatuur.
- Gebruik een tijdschakeling bij warmtapwatercirculatiesystemen (inclusief de boiler) die relatief weinig in gebruik zijn (zie paragraaf 10.2.4).

In voorgaande hoofdstukken zijn de diverse typen warmtapwaterbereiders en de verschillende manieren van warmtapwaterdistributie beschreven. In dit hoofdstuk gaan we in op de samenhang tussen deze twee. In tabel 22 zijn de verschillende concepten schematisch weergegeven.

1		Hoofdtoestel met uittapleidingen
2		Hoofdtoestel met extra toestel(len)
3		Verwarming aan het tappunt
4		LT hoofdtoestel met secundair toestel
5		LT hoofdtoestel met extra toestel
6		LT hoofdtoestel met tijdelijke booster
7		Circulatiesysteem

drinkwater
 $\geq 40\text{ °C}$
 $\geq 55\text{ °C}$

Tabel 22: Verschillende configuraties warmtapwaterbereider en warmwaterdistributie.



Aandachtspunt

In NEN 1006 wordt een functionele eis gesteld aan de minimale warmtapwatertemperatuur van 55 °C in woninginstallaties zonder circulatie en van 60 °C in collectieve installaties en woninginstallaties met een circulatiesysteem. In de oplossingen 4 en 5 in tabel 22 wordt de functionele eis (van een warmtapwatertemperatuur van 55 °C) alleen gerealiseerd aan het keukentappunt.

11.1 Hoofdtoestel met uittapleidingen

Het hoofdtoestel met uittapleidingen is in woningen het meest gangbaar. Het hoofdtoestel is één van de in hoofdstuk 9 beschreven warmtapwaterbereiders. Aspecten met betrekking tot de uittapleidingen worden beschreven in paragraaf 10.1.

11.2 Hoofdtoestel met extra toestel

Een extra toestel wordt gebruikt om de wachttijd voor warmwater te verkorten. Het extra toestel is meestal een elektrisch toestel (close-in boiler, kokendwaterkraan). Onder normale omstandigheden is een langere warmtapwaterleiding energetisch gunstiger dan het gebruik van een close-in boiler of kokendwaterkraan.

Of het toepassen van een extra toestel efficiënter is hangt af van:

- het aantal tapmomenten per dag. Hoe meer tapmomenten, hoe meer energieverliezen er zijn bij het uittappen;
- de leidingdiameter en de -lengte. Hoe groter de diameter of lengte van de leiding, hoe meer energieverliezen er zijn bij uittapleidingen;
- de warmtapwaterbehoefte aan het tappunt. Hoe groter de warmtapwaterbehoefte, hoe hoger het (inefficiënte) elektriciteitsverbruik van het extra toestel.

! Aandachtspunt

Bij directe beschikbaarheid van warmtapwater, zoals bij een extra toestel, is er een kans dat het gebruik van warmtapwater groter wordt.

! Aanbeveling

Maak een goed onderbouwde afweging tussen lokale warmtapwaterbereiding met een extra toestel en een centrale warmtapwaterbereider.

11.3 Verwarming aan het tappunt

Verwarming aan het tappunt (als 'hoofdtoestel') met een elektrisch toestel is in woningen mogelijk interessant als het benodigde vermogen beperkt kan worden, bijvoorbeeld bij toepassing van douchewarmteterugwinning met een zeer hoog rendement (zie paragraaf 6.3).

Verwarming aan het tappunt kan een mogelijk alternatief zijn voor een circulatiesysteem als de tapwaterbehoefte niet groot is, de gewenste tapwatertemperatuur niet te hoog is en er voldoende elektrisch vermogen beschikbaar is.

! Aandachtspunten voor toepassing in de utiliteit

- Vooral toepasbaar als het elektrisch vermogen sowieso beschikbaar is.
- Naarmate de gebruiksintensiteit van het tappunt groter wordt, wordt de energetische winst ten opzichte van een circulatiesysteem kleiner.
- De minimaal te realiseren temperatuur aan het tappunt van 60 °C hoeft niet gerealiseerd te worden bij verwarming aan het tappunt (zie NEN 1006 art. 4.4.2.7).
- Bij grote gebouwen is het koude water doorgaans al opgewarmd tot de binnentemperatuur. Hierdoor wordt de vermogensbehoefte beperkt.
- Houdt rekening bij het gebruik van de elektrische doorstroomverwarmers bij het indelen van de elektrische groepen.
- Het doorspoelen van leidingen in verband met legionellapreventie is niet zonder meer mogelijk. Combineer dit indien nodig met fysisch beheer (zoals ultrafiltratie).
- Er is een kostenbesparing door het achterwege blijven van spoelen van de installatie in de periode van inbedrijfname tot ingebruikname.

- Temperatuur kan geregeld worden direct met de geiser of met bijmenging van drinkwater. Stel in het laatste geval de thermostaattemperatuur (zo'n 5 °C) hoger in dan de gewenste temperatuur zodat ook de koudwaterleidingen doorspoeld worden.

Elektrische verwarming aan het tappunt wordt niet veel toegepast, maar biedt grote besparingsmogelijkheden als hiermee een circulatiesysteem uitgespaard kan worden.

De toepassing van elektrische doorstroomverwarming aan het tappunt is een interessant alternatief voor een circulatiesysteem. De hoge kosten voor het benodigde beschikbare elektrische vermogen gaat ten koste van de financiële haalbaarheid. Nader onderzoek naar haalbare concepten bij toepassingen zoals in hotels en verzorgingstehuizen is wenselijk.

11.4 Concepten met lage temperatuur

Als er al warmte van lage temperatuur beschikbaar is, bijvoorbeeld via een warmtepomp of via lage temperatuur warmtedistributie, zijn er verschillende mogelijkheden om te voorzien in de warmtapwaterbehoefte.

Deze concepten worden hier nader toegelicht. Voor al deze concepten geldt dat:

- de tapwatertemperatuur die door het hoofdtoestel geleverd wordt, een temperatuurniveau van minimaal 40 °C heeft;
- de voorraad- en doorstroomtoestellen die continu op temperatuur worden gehouden minimaal wekelijks thermisch worden gedesinfecteerd door verhoging van de temperatuur in het gehele vat of de gehele warmtewisselaar gedurende een voorgeschreven standtijd;
- doorstroomtoestellen met afkoeling en met een waterinhoud van de warmtewisselaar (drinkwaterzijdig) kleiner dan 1 liter zijn toegestaan zonder verdere beheersmaatregelen;
- alle leidingtrajecten vanaf een warmtapwatertoestel met lage temperatuur tot aan het tappunt (inclusief de eventueel daar aanwezige elektrische geiser) een waterinhoud van niet meer dan 1 liter hebben;

In NEN 1006 wordt een functionele eis gesteld aan de taptemperatuur van 55 °C. Deze eis wordt bij deze concepten niet bij alle tappunten gerealiseerd.

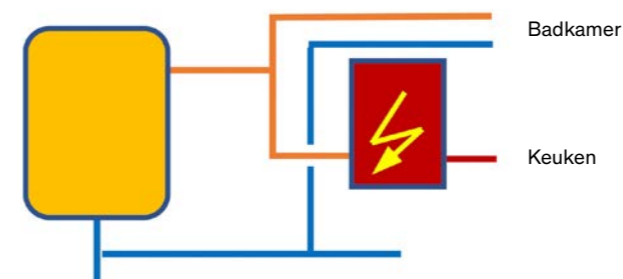


Literatuur

www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2019/12/18/rapport-mogelijkheden-voor-het-verlagen-van-de-vereiste-temperatuur-van-warm-tapwater-onderzoek-tbv-motie-van-der-lee-34-902

11.4.1 LT hoofdtoestel met secundair toestel

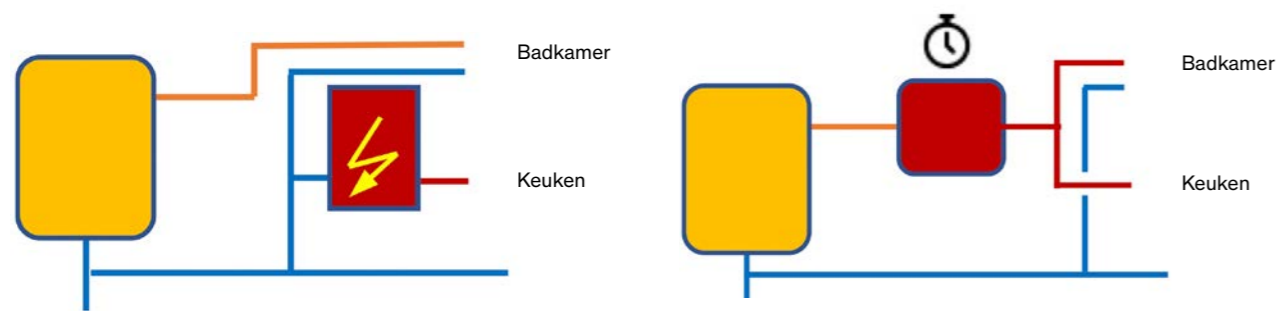
Bij dit concept is de lage temperatuur direct te gebruiken voor de douche en wastafels. De elektrische geiser verhoogt de temperatuur voor het keukentappunt, zie figuur 40.



Figuur 40: Warmtapwaterbereiding bij een lage temperatuur hoofdtoestel en naverwarming bij keukentappunt.

11.4.2 LT hoofdtoestel met extra toestel

Bij dit concept is de lage temperatuur direct te gebruiken voor de douche en wastafels. De elektrische geiser bereidt uit koud drinkwater de hoge temperatuur warmtapwater voor het keukentappunt, zie figuur 41.



Figuur 41: Als in Figuur 40, maar dan zonder (LT) warmtapwater naar het keukentappunt.

Figuur 42: LT warmtelevring met tijdelijk in te schakelen booster.

11.4.3 LT Hoofdtoestel met tijdelijke booster

De lage temperatuur warmtapwater wordt met een centrale, handmatig, tijdelijk in te schakelen booster (elektrische geiser) verhoogd, zie figuur 42.

11.5 Circulatiesysteem

Een circulatiesysteem wordt gebruikt om ervoor te zorgen dat binnen een acceptabele wachttijd warmtapwater vanaf een warmtapwaterbereider naar een (ver gelegen) tappunt gebracht kan worden.

Een circulatiesysteem wordt gekenmerkt door forse energieverliezen. Er kan vastgesteld worden dat in het geval van tappunten met een gering warmtapwatergebruik, lokale elektrische warmtapwaterbereiders efficiënter zijn dan het toepassen van een circulatiesysteem.

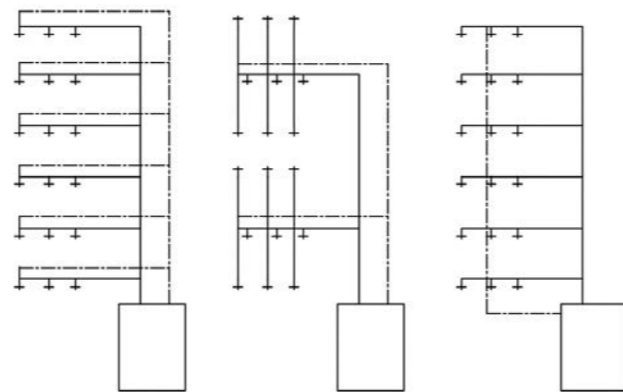
In een circulatiesysteem kan warmtapwater tot vrijwel aan het tappunt worden gebracht of met een uittapleiding vanaf het circulatiesysteem afgetakt worden met een uittapleiding tot het tappunt. Door het gebruik van uittapleidingen (met een beperkte lengte) is het wellicht mogelijk om de lengte van het circulatiesysteem flink te reduceren. In principe geldt: hoe minder leidingwerk in het circulatiecircuit, hoe minder het energieverlies. In figuur 43 zijn hiervan voorbeelden gegeven.

⚠ Aandachtspunten legionellapreventie en organoleptische (geur, kleur en smaak) aspecten

- Alle uittapleidingen dienen minimaal wekelijks doorspoeld (ververst) te zijn.
- Uittapleidingen die aangesloten zijn op een mengtoestel hebben een maximale inhoud van 1 liter.

⚠ Aanbevelingen

- Maak voor alle tappunten de overweging of een circulatiesysteem de meest efficiënte oplossing is. Voor tappunten die relatief weinig gebruikt worden, is vaak een lokale close-in boiler of elektrisch doorstroomtoestel efficiënter.
- Beperk bij het ontwerpen van het circulatiesysteem de energieverliezen door een slimme combinatie te kiezen van circulatieleidingen (en warmtapwaterleidingen die deel uitmaken van het circulatiesysteem) en uittapleidingen.



Figuur 43: Schematische weergave van drie mogelijkheden voor de leidinglay-out in eenzelfde gebouw.



12.1 Energielevering

In een gebouw wordt warm tapwater bereid met de beschikbare energiebronnen. De volgende bronnen kunnen hierbij onderscheiden worden:

- Brandstoffen, zoals aardgas of biomassa. Deze worden in een verbrandingsketel omgezet in warmte.
- Elektriciteit, via het elektriciteitsnet of lokaal via zonnepanelen. Dit soort elektriciteit kan gebruikt worden voor directe verwarming of voor het voeden van de warmtepomp.
- Omgevingswarmte. Omgevingswarmte wordt gebruikt in combinatie met een warmtepomp of als voorverwarming. De warmte wordt onttrokken aan de grond of het grondwater, de lucht of aan oppervlaktewater.
- Riothermie. Riothermie wordt gebruikt in combinatie met een warmtepomp of als voorverwarming. De warmte wordt onttrokken uit afvalwater. Dit kan binnen de gebouwgrens gebeuren of op een hoger schaalniveau. De douchewaterwarmtewisselaar is ook een vorm van riothermie.
- Overige warmte hoge temperatuur (HT). Warmte wordt aangeleverd met een temperatuur van minimaal 70 °C en is dus direct te gebruiken voor de warmtapwaterbereiding. De bron van de warmte is vaak restwarmte, maar kan bijvoorbeeld ook geothermie zijn.
- Overige warmte lage temperatuur (LT). Warmte wordt aangeleverd met een temperatuur waarbij de warmte niet direct gebruikt kan worden voor warmtapwaterbereiding. Bron van de warmte is divers. Dit kan restwarmte zijn, maar ook een warmtevoorziening met een warmte/koude opslag.

De beschikbare warmtebron bepaalt sterk de keuze voor de warmtapwaterbereider.

12.2 Collectieve installatie woningen

Bij een collectieve installatie voor woningen wordt warmtapwater via een collectief circulatiesysteem geleverd aan de woning. De schaalgrootte van een collectief systeem biedt enerzijds mogelijkheden voor een efficiënte en/of duurzame opwekking, anderzijds wordt het circulatiesysteem gekenmerkt door forse energieverliezen.

12.3 Wel of niet combineren met verwarmingsinstallatie

De combinatie van de warmtapwaterbereiding met de verwarmingsinstallatie is niet vanzelfsprekend:

- Bij ruimteverwarming worden (bij nieuwe gebouwen) lagere aanvoer- en retourtemperaturen gebruikt. De lage temperaturen zijn niet geschikt voor de bereiding van warmtapwater.
- Nieuwere gebouwen kenmerken zich door een kort stookseizoen. De verwarmingsketels en distributieleidingen naar de boiler moeten echter continu inbedrijf zijn op een hoge temperatuur. Hierdoor zijn de stilstandsverliezen aanzienlijk.
- Het benodigd thermisch vermogen voor verwarmen is vaak veel kleiner dan het benodigd vermogen voor warmtapwater.
- Als er geen afname van warmtapwater is, komt de relatief grote centrale verwarmingsinstallatie regelmatig inbedrijf om een beetje warmte aan de boiler te leveren. Dit is niet efficiënt.

Voor bestaande gebouwen is het loskoppelen van de warmtapwaterbereiding van de verwarmingsinstallatie vaak een zinvolle energiebesparingsmaatregel.

Bij nieuwe gebouwen is een zorgvuldige afweging van de samenwerking tussen verwarming en warmtapwater van belang. Mogelijk relevante combinaties met de verwarmingsinstallatie zijn:

- Warmtepomp met boosterwarmtepomp voor warmtapwater.
- Warmtepomp als voorverwarming met elektrische verwarming nabij het tappunt (close-in boiler of elektrisch doorstroomtoestel). Hierbij gelden extra aandachtspunten, zie hiervoor paragraaf 9.4.2.

Kwaliteitseisen en keurmerken



Er kan bij kwaliteitseisen en keurmerken onderscheid gemaakt worden tussen (wettelijk) verplichte kwaliteitseisen en vrijwillige keurmerken. Daarnaast kan er ook nog onderscheid gemaakt worden tussen productgerichte eisen en keurmerken en integrale gebouwkeurmerken.

Voor het hele gebouw zijn er de wettelijke verplichtingen die ook betrekking hebben op de leidingwaterinstallatie:

- Bouwbesluit en de daarin aangewezen normen, met name:
 - NEN 1006: Algemene voorschriften voor leidingwaterinstallaties.
 - NTA 8800: Integrale energieprestatie van gebouwen.
 - MPG: Integrale Milieuprestatie van gebouwen.
- Drinkwaterbesluit: Onder andere legionellapreventie.

(Wettelijke) verplichtingen volgen ook uit de aansluitvoorwaarden van het drinkwaterbedrijf.

Er zijn vrijwillige keurmerken die betrekking hebben op het hele gebouw waarin energie- en watergebruik een rol spelen:

- Breeam (www.breeam.nl)
- Leed (www.usgbs.org)
- Well building (www.wellcertified.com)

Voor woningen zijn er diverse garantieregelingen (Woningborg, SWK en Bouwgarant, zie <https://stichting-garantiewoning.nl/goedgekeurd/>) waarin een bepaalde kwaliteit wordt geborgd. In niet alle regelingen worden nadere eisen gesteld aan de kwaliteit van de leidingwaterinstallatie. In de garantieregeling Woningborg worden nadere eisen gesteld aan de beschikbaarheid van warmwater. Bij een doorstroomtoestel is het product van temperatuur in °C en de tapcapaciteit voor de badkraan in liters per minuut minimaal 350 en voor douche, wastafel en aanrecht minimaal 175. Ter illustratie, bij een warmtapwatertemperatuur van 55 °C is de minimale warmwater-volumestroom voor de douche, wastafel en aanrecht dus 3,2 liter per minuut.

Bij een voorraadtoestel is de minimale inhoud van het voorraadvat gegeven in tabel 23.

Aantal personen	Bruto boilerinhoud in liters					
	Geen douche-WTW		Toepassing douche-goot WTW		Toepassing douche-pijp WTW	
	douche	Bad	douche	bad	douche	bad
1 en 2	107	162	83	150	66	142
3	148	203	111	179	87	162
4	192	247	143	210	110	185
5	239	295	178	246	137	213
6	287	343	214	281	164	240

Tabel 23: Minimale inhoud van voorraadvat (temperatuur van 55 °C en nuttige inhoud 80% volgens Woningborg).

Voor producten geldt in Europa de CE-certificering waarin ook de Europese Ecodesign-regeling en de Europese ErP-regeling zijn opgenomen. Deze regelingen omvatten onder andere eisen aan de energie-efficiëntie van producten en de verplichting om het Energielabel voor het product vast te stellen. CE-certificering is ook van toepassing op de in de tapwaterinstallatie toegepaste energieverbruikende componenten zoals elektrische boilers, gasgestookte warmtapwaterbereiders, warmtepompen, elektrische boilers, voorraadvaten en circulatiepompen.



Figuur 43: Gaskeurlabels die betrekking hebben op de warmtapwaterbereider.

Voor g toestellen is er het Gaskeur-label. Toestellen met het Gaskeur label voldoen aan een aantal eisen. Deze labels geven informatie over het gebruiksrendement, het comfort voor tapwater en de mogelijkheden voor toepassing in combinatie met zonneboilers. Een toestel kan voorzien zijn van één of meerdere Gaskeurlabels.

Voor de warmtapwaterinstallaties zijn de volgende labels relevant:

- Gaskeur CW (Comfort Warm water), toestel voldoet aan een aantal criteria met betrekking tot warmtapwaterbereiding.
- Gaskeur NZ, toestel geschikt als naverwarmer bij een zonneboilerinstallatie.

Voor producten kunnen er verder nog specifieke kwaliteitseisen vastgelegd zijn in een BRL (beoordelingsrichtlijn).

Voor producten die in contact komen met drinkwater en voldoen aan alle wettelijke eisen en eisen uit de relevante beoordelingsrichtlijnen gebruikt Kiwa het Kiwa Watermark.

Voor badkamerproducten is er een Europese waterlabel (www.europeanwaterlabel.eu). Het label geeft een klasse voor water- en energiegebruik van het betreffende product.



Een goed ontworpen leidingwaterinstallatie is nog geen efficiënte installatie. Voorwaarde voor een efficiënte installatie is een goede realisatie en een energie-efficiënt beheer. In dit hoofdstuk komen de diverse aspecten aan de orde die van belang zijn bij het realiseren én beheren van een energie-efficiënte leidingwaterinstallatie.

14.1 Isolatie

Het effect van isoleren is al eerder aan de orde geweest, zie paragraaf 10.2.2. Voor leidingen die deel uitmaken van een circulatiesysteem wordt een isolatiedikte van minimaal 25 mm met een warmtegeleidingscoëfficiënt van 0,035 W/m·K aangeraden. Isolatie zorgt voor een minimaal energieverlies, maar voorkomt ook te sterke afkoeling van het water. Dit is essentieel bij de preventie van legionella.



Aandachtspunten

- Voer isolatiewerkzaamheden nauwkeurig uit en zorg ervoor dat de mantels goed op elkaar aansluiten, zodat ze niet kieren.
- Isoleer ook de muur- en vloerdoorvoeren.
- Zorg voor goede isolatie bij beugels.
- Isoleer ook de appendages.
- Gebruik een circulatiepomp met een isolatiemantel.
- Isoleer alle aansluitingen op de warmtapwaterbereider.

14.2 Monitoring

Het monitoren van het watergebruik, eventueel per gebruikersgroep, geeft inzicht in het daadwerkelijke gebruik. Dit biedt de mogelijkheid om het gebruik te vergelijken met kengetallen. Hiermee wordt een indruk verkregen van de efficiëntie van het watergebruik. Monitoren helpt ook om onverwacht hoog gebruik door bijvoorbeeld lekkages tijdig te signaleren.

In het kader van legionellapreventie is het in sommige gevallen noodzakelijk de watertemperatuur te monitoren. Behalve het signaleren van mogelijke risico's op uitgroei van de legionellabacterie, geeft ook de warmtapwatertemperatuur een indicatie van het efficiënte functioneren van het warmtapwatersysteem.

Om niet alleen het drinkwatergebruik, maar ook de efficiëntie van de warmtapwaterbereiding te kunnen monitoren, dient het energiegebruik van de warmtapwaterbereider én het warmtapwatergebruik gemeten te worden.

In de praktijk is bewezen dat monitoring tot besparing leidt.

Bij consumenten is er op het gebied van bewustwording nog veel te bereiken. Er zijn bijvoorbeeld nog steeds onbemeterde aansluitingen. Om bewustwording te bewerkstelligen wordt aanbevolen om af te rekenen op het daadwerkelijk gemeten watergebruik. Daarnaast zouden gebruikers goed geïnformeerd moeten worden over hun watergebruik, bijvoorbeeld in relatie tot voorgaande jaren of in relatie tot vergelijkbare watergebruikers.

14.3 Watermanagementsysteem

Een watermanagementsysteem biedt naast monitoring de mogelijkheden om de sanitaire installatie optimaal te laten functioneren. Door een efficiënte regeling van hoeveelheid, looptijd en temperatuur per toestel is het water- en energiegebruik optimaal. Ook de regelingen met betrekking tot de desinfectie in het kader van legionellapreventie zijn meestal vanuit watermanagementsystemen te regelen.

In situaties met intensief gebruik van specifieke tappunten zoals toiletten en urinoirs bij bioscopen en theaters of douches bij zwembaden kan gebruik gemaakt worden van intelligente regelsystemen.

14.4 Thermisch beheer met het oog op legionellapreventie

Een legionellaveilige installatie vraagt om een goed ontwerp en beheersmaatregelen. Hierbij kan uitgegaan worden van een thermisch beheersconcept of een alternatief beheersconcept. Gezien de relatie tussen energiegebruik en thermisch beheer in het kader van legionellapreventie wordt hier nader ingegaan op de consequenties van thermisch beheer.

Thermisch beheer houdt in dat de temperatuur van koud water onder de 25 °C moet blijven en dat warm water meer dan 60 °C moet zijn.

Mengwateruittapleidingen die langer dan 5 meter zijn (of met een leidinginhoud van meer dan 1 liter) moeten, afhankelijk van de risicoclassificatie, wekelijks preventief thermisch gedesinfecteerd worden. De te hanteren standtijden, afhankelijk van de temperatuur, voor het thermisch desinfecteren zijn gegeven in tabel 24. In deze tabel is ook een indicatie gegeven van het energiegebruik per tappunt indien handmatig gespoeld wordt.

Spoel-temperatuur	Standtijd [min]	Water [m ³ water]	Energie [m ³ aardgas]	Kosten [EUR]
60 °C	20	6,2	64	€ 45
65 °C	10	3,1	35	€ 24
70 °C	5	1,6	19	€ 13

Tabel 24: Spoeltijd in relatie tot spoeltemperatuur en het (indicatieve) energiegebruik per jaar per tappunt bij handmatig thermisch desinfecteren.

Door het preventief thermisch desinfecteren te automatiseren en door slim gebruik te maken van de gegeven standtijden, kan het energiegebruik worden geminimaliseerd. Een slim spoelsysteem doorloopt de volgende cyclus:

1. Het water wordt opgewarmd tot 70 °C (zeker niet hoger omdat leidingmateriaal en appendages daartegen vaak niet bestand zijn, bovendien is er dan een verhoogde kans op kalkafzetting). Vanaf het moment dat de 60 °C is bereikt, wordt de standtijd geregistreerd.
2. Indien de temperatuur van het water 70 °C is, wordt de doorstroming gestopt. Het water koelt langzaam af tot 60 °C. Deze afkoelperiode telt mee als standtijd.
3. Indien nodig wordt deze cyclus nogmaals doorlopen.

De water- en energiebesparing door de slimme geautomatiseerde desinfectie bedraagt circa 80% ten opzichte van de handmatige desinfectie.

14.5 Onderhoud

Door structureel onderhoud wordt een blijvende efficiënte werking van de leidingwaterinstallatie bewerkstelligd. Belangrijke zaken met betrekking tot de energie-efficiency zijn:

- controle van efficiënte werking van warmtapwaterbereiding;
- controle van efficiënte werking van drukverhogingsinstallatie;
- controle van isolatie van leidingen en appendages;
- controle van de juiste instellingen en werking van thermostatische regelventielen;
- controle op juiste werking en instelling van kranen en spoelsystemen.

Bijlage 1: Uitgangspunten bij berekeningen

In deze bijlage zijn de resultaten van berekeningen gegeven. Hierbij zijn steeds de volgende uitgangspunten gehanteerd:

Verbrandingswaarde aardgas op onderwaarde	31,65	MJ/m ³
Rendement van de elektriciteitsopwekking	40	%
Omrekening van kWh naar aardgas equivalenten	1 kWh=0,28 a.eq.	
Rekenwaarde soortelijke warmte van warm water	4.200	J/(l.K)
Temperatuur van warmtapwater in een circulatiesysteem	62,5	°C
Omgevingstemperatuur	20	°C
Factor voor appendages, beugeling en onnauwkeurigheden	1,3	[-]
Gebbruiksrendement van een referentie warmtapwaterbereider	65	%
Aantal tapmomenten warmtapwater bij een referentie warmtapwaterkraan	15	
Referentie lengte van een warmtapwateruittapleiding	7	meter
Referentie volumestroom van een mengwaterkraan	6	l/min
Stroomsnelheid in circulatieleidingen	0,7	m/s
Temperatuurverschil over het circulatiesysteem	5	°C
Kostprijs elektriciteit	0,22	€/kWh
Kostprijs aardgas	0,77	€/m ³
Kostprijs water	1,25	€/m ³

Bijlage 2: Literatuur

In de hoofdstukken zijn waar relevant de specifieke bronnen gegeven. Hierbij treft u een overzicht van bronnen met meer generieke achtergrondinformatie.

- ISSO-publicatie 30, Leidingwaterinstallaties in woningen.
- ISSO-publicatie 55, Tapwaterinstallaties voor woon- en utiliteitsgebouwen.
- TVVL, Waterstromen boven- en benedenstrooms sanitair.
- Waterwerkbladen, <https://www.infodwi.nl/waterwerkbladen>.
- Vewin, drinkwaterstatistiek, <https://www.vewin.nl/publicaties>.
- Milieucentraal, www.milieucentraal.nl.
- Rioned, Saniwijzer, www.saniwijzer.nl.
- Rioned, Raintools, www.riool.net/-/raintools.



Bijlage 3: Overige producten

Er is een aantal interessante producten met betrekking tot water- en energiebesparing in leidingwaterinstallaties die niet in Nederland verkrijgbaar zijn en/of nog niet in Nederland toepasbaar zijn, omdat deze producten niet getoetst zijn aan de Nederlandse richtlijnen. Voor de volledigheid vermelden wij deze producten in deze publicatie.

Kraan met vernevelaar

Er zijn opzetstukken die voor een zeer fijne verneveling zorgen. De volumestroom is circa 2 l/m. De nevelstand is niet voor alle toepassingen geschikt, maar wel voor het handen wassen en/of groenten of fruit spoelen.



Figuur 45: Kraan met vernevelaar (Bron: Altered:Nozzle).

Neveldouche

Douche met een nevelstand met een waterverbruik van circa 5 l/min.



Figuur 46: Neveldouche met een waterverbruik van ca 5 l/min (Nebia by Moen, www.moen.com).

Hydrowashr©

De Hydrowashr© is een handenreinigingsunit voor de professionele markt. Microscopisch kleine druppeltjes water in zeer snel stromende lucht reinigen de huid, terwijl de lucht meteen het meeste water wegblaast. Hiervoor wordt geen zeep gebruikt. Daarna worden de handen met zuivere lucht (na)gedroogd. Hierdoor is de Hydrowashr snel en efficiënt met betrekking tot het energie- en watergebruik. Het watergebruik is ongeveer 10 ml per keer handenwassen.

Waar handendrogers met hoge luchtdruk (jet-drogers) in zekere mate de bacteriën die nog op de handen zitten verspreiden naar de omgeving is dit met de Hydrowashr niet het geval.



Figuur 47: Hydrowashr©

Een analyse van de energievoetafdruk van drie verschillende handwasmethoden (inclusief het effect van zeep- en papiergebruik) laat zien dat de Hydrowashr beter presteert dan handen wassen met zeep en drogen met papier en handen wassen met zeep en drogen met een jet-droger.

Aandachtspunten

- De geluidsproductie is aanzienlijk (maximaal 80 dBA). Hierdoor voldoet de Hydrowashr© niet aan de Bouwbesluiteis voor installatie-onderdelen.
- De Hydrowashr© moet op de waterleiding worden aangesloten. Door het zeer lage watergebruik moet op een andere manier voldoende doorstroming van de leidingen geborgd zijn.

Literatuur

<https://hydrowashr.com/nl/>

Waterbesparend closet

De door het Bouwbesluit aangewezen norm NEN 3215 staat de toepassing van closetspoelvolumes kleiner dan 6 liter niet toe. Op grond van een door het Bouwbesluit erkende gelijkwaardigheidsverklaring is toepassing van closetspoelvolumes kleiner dan 6 liter wel mogelijk.

Er zijn closets op de markt met een spoelvolume van 4/4,5 liter. Bij toepassing van closets met kleine spoel volumes worden aanvullende eisen gesteld aan het ontwerp van de riolering.

Een waterbesparend closet werkt met een spoelvolume van 4 liter (minimaal 2,5 liter) voor de feces en een spoelvolume van 2 liter voor de urine, eventueel in combinatie met een boostersysteem. Het afvoerstelsel in de woning is niet zonder meer geschikt voor deze kleine spoelvolumes. Bij 4 liter spoeling ontstaat in de horizontale leiding een verhoogde kans op verstopping door gebrek aan transportmedium (zie TVVL/Techniek Nederland rapport ST 38). Door toepassing van de booster wordt het spoelvolume verhoogd. Onderaan de standleiding vangt deze booster de kleine hoeveelheden water van het closet en eventueel alle andere afvalwater op. De nuttige inhoud van de booster is afhankelijk van het type (14 of 18 liter). Op het moment dat de tank vol is en de volgende hoeveelheid afvalwater er instroomt, zorgt de hevelleiding ervoor dat binnen enkele seconden de gehele inhoud van de tank wordt afgevoerd.

De waterbesparing door het toepassen van het waterbesparende closet is circa 25% van het drinkwatergebruik voor de closetspoeling. Dit betreft een besparing van circa 3 m³ drinkwater per persoon per jaar.

Aandachtspunten

- De kleine hoeveelheid water beperkt het transport door de leiding. Bij een horizontale afvoerbuis met een diameter van 110 mm geldt een maximale lengte van 3 meter tot de booster of de standleiding bij een afschot van minimaal 1:100 en maximaal 1:50.
- Ook de lengte vanaf de booster tot het hoofdriool is beperkt.
- Ligt bij een wandcloset of closetpot met horizontale uitgang de verzamelleiding boven de vloer, dan is deze afstand 2 meter bij een afschot van 1:100. Bij een afschot van 1:50 blijft de maximale leidinglengte 3 meter.
- Bij laagbouw moet elke huisaansluiting van een booster worden voorzien. Hierbij moet minimaal 60% van de totale hoeveelheid afvalwater door de booster kunnen stromen.
- Is de booster eenmaal geïnstalleerd, is de vrijheid om te kiezen voor een ander closet beperkt.
- Bij het overhevelen van de booster moet rekening gehouden worden met de geluidsproductie. Het systeem is niet gecertificeerd.
- Het systeem is kwetsbaar voor verstoppingen.



Figuur 48: Werking van de booster door vacuüm in de verticale buis wordt het reservoir leeg getrokken.

	Per persoon		Gezin met twee kinderen	
	Water [m ³ /jaar]	Kosten [EURO/jaar]	Kosten [m ³ /jaar]	Kosten [EURO/jaar]
Regulier 6 liter closet	8,8	11	35	44
Vacuüm-closet	5,8	7,3	23,4	29
Besparing	3,0	3,8	11,6	15

Tabel 25: Effect van het waterbesparend 4 liter-closet op watergebruik en waterkosten.

Colofon

Fotografie

Diverse fabrikanten en leveranciers en internetpagina's.

Auteur

Michiel van Bruggen, De Energiemanager

Samenstelling, redactie en vormgeving

Techniek Nederland

Deze publicatie is financieel mogelijk gemaakt door de Stichting Verwarming & Sanitair.



© Techniek Nederland 2021

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, film, elektronisch, op geluidsband of op welke andere wijze ook en evenmin in een retrieval systeem worden opgeslagen zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Techniek Nederland.

De inhoud van deze publicatie is met de grootst mogelijke zorgvuldigheid samengesteld. Toch kan het risico van onduidelijkheden of onjuistheden niet geheel worden vermeden. Techniek Nederland sluit iedere aansprakelijkheid uit voor zowel de schade die mocht voortvloeien uit het gebruik van deze gegevens, als schade die zou kunnen ontstaan als gevolg van onvolledigheden, onjuistheden of onvolkomenheden in deze publicatie.

