

CIRCULAR THERMALSM

RESTWARMTE INZETTEN IN INDUSTRIËLE
PROCESSEN EN DAARBUITEN



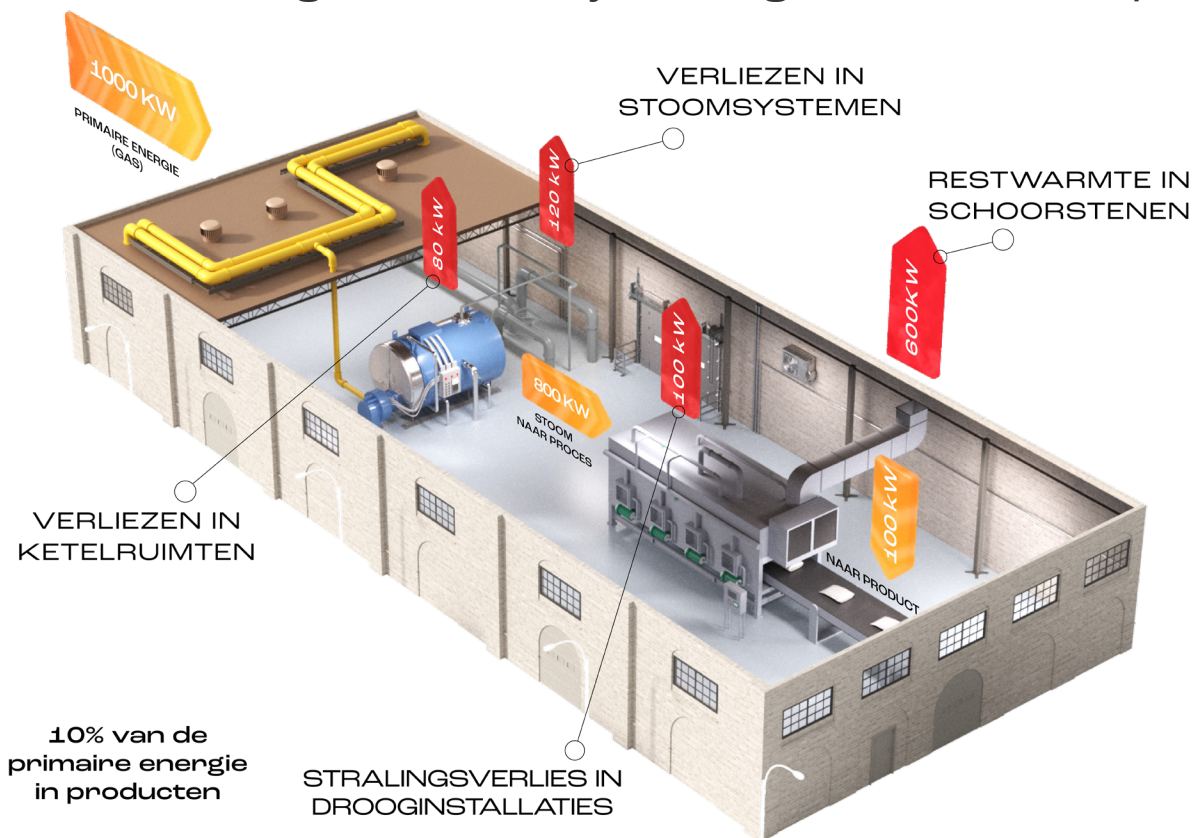
Armstrong®
EXPERIENCE MATTERS™

WAAR GAAT DE ENERGIE NAARTOE?

Volgens de eerste wet van de thermodynamica komt het er eenvoudigweg op neer dat energie niet kan worden vernietigd noch gemaakt; de hoeveelheid energie in een systeem blijft constant. Energie kan wel worden bewerkt, bijvoorbeeld door het om te zetten naar een andere vorm van energie met een lagere kwaliteit. Energie in een industriële installatie kan dus worden gedegradeerd maar niet worden vernietigd. Maar hoe verlaat energie dan de installatie?

Primaire energie gaat tegenwoordig een installatie binnen in de vorm van elektriciteit en fossiele brandstoffen, maar deze worden steeds vaker vervangen door duurzame energiebronnen. Omdat we deze bronnen kunnen meten, weten we hoeveel primaire energie er binnenkomt. In een standaardfabriek wordt minder dan 20% van de energie die binnenkomt gebruikt voor bewegende activiteiten (waarbij elektriciteit via motoren wordt omgezet in mechanische energie) of voor verlichting van fabrieksruimten. Door een efficiënt verbruik van energie eindigt een deel van deze energie als restwarmte die de lucht in fabrieksruimten opwarmt. Wil dat dan zeggen dat de andere 80% primaire energie die voor thermische processen wordt gebruikt naar de productieprocessen gaat? In de meeste sectoren wordt slechts een klein deel van de primaire energie omgezet in chemische energie die uiteindelijk wordt vastgelegd in het eindproduct. Bovendien hebben materialen op het moment dat ze het productieproces ingaan veelal dezelfde temperatuur (vaak kamertemperatuur) als wanneer ze als product de installatie weer uitkomen. Dit betekent dat het overgrote deel van de primaire energie als restwarmte eindigt, die nu nog regelmatig verloren gaat via schoorstenen, koeltorens of het riool.

Standaard éénrichtings thermisch systeem - gebruiken van één proces



INDUSTRIËLE VERWARMINGS- EN KOELPROCESSEN

Verwarmings- en koelprocessen vormen de basis van industriële processen. Installaties zijn er speciaal voor gemaakt om de productstromen te faciliteren, en als het om energie gaat hebben temperatuurstijgingen en -dalingen in de verschillende stadia van een proces elkaar in feite gewoon op.

KOELING

Koeling treedt op als warmte aan een vloeistof wordt onttrokken. De energie die hieruit vrijkomt, verdwijnt meestal via koeltorens om zo als warmte en waterdamp in de atmosfeer terecht te komen. De hoeveelheid energie die wordt onttrokken bij het koelproces kan wel oplopen tot 1/3, of nog meer, van de totale vraag van een installatie.

Een goed voorbeeld is een luchtcompressor: Tijdens het koelproces in een luchtcompressor kan wel 90% van de elektrische input eindigen als restwarmte. Afhankelijk van de luchtvochtigheid komt hier als gevolg van condensatie nog een hoeveelheid restwarmte bij die gelijk staat aan 5% tot 20% van de elektrische input naar de compressor. Opgeteld kan dit soms zelfs meer dan 100% zijn van de elektriciteit die de compressor verbruikt.

De grootste potentiële bijdrage aan restwarmte uit koelprocessen wordt geleverd door fabrieken die gebruikmaken van diepvriesprocessen voor schepijs, ingevroren etenswaren en andere producten die de installatie kouder verlaten dan toen ze er als onbewerkt product binnenkwamen. Doordat hierbij warmte wordt onttrokken aan de producten ontstaan bij het koelproces aanzienlijke overschotten aan restwarmte. Met deze energie kunnen ze niet alleen in hun eigen verwarmingsbehoeften voorzien, ze kunnen ook inspelen op de vraag naar thermische energie van omliggende producenten.

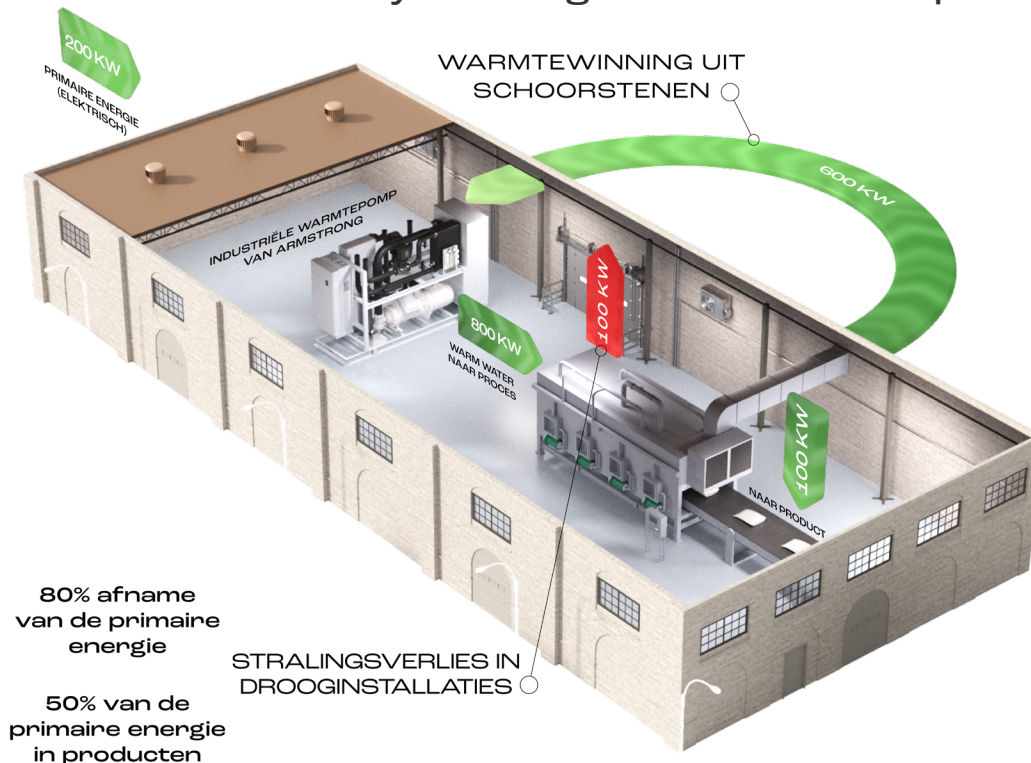
VERWARMING

Doordat tijdens het verwarmingsproces de productie en distributie van energie niet altijd even efficiënt gaat, verdwijnt er energie in de atmosfeer. Een standaardstoomsysteem bereikt in het algemeen een efficiëntie variërend van net 60% tot hooguit 80%. De resterende energie wordt gebruikt voor belangrijke taken zoals het drogen van producten via verdamping van water, het verhitten van producten om een chemische reactie teweeg te brengen, het verwarmen/bevochtigen van of onttrekken van vocht aan lucht, het verwarmen van water voor schoonmaakactiviteiten enzovoort. Maar wat gebeurt er daarna met de energie? In een drooginstallatie, een van de belangrijkste industriële verwarmingstoepassingen, kan wel 80% van de energie via schoorstenen in de atmosfeer vrijkomen in de vorm van zeer vochtige, afgekoelde lucht ($< 80\text{ °C} / 175\text{ °F}$). Ook bij de meeste andere industriële processen is dit het geval. Bij destilleerkolommen en verdamper moet daarnaast de procesoutput vaak nog worden gekoeld.

EEN CIRCULAIRE AANPAK KIEZEN

Ook al is de energie die zit opgeslagen in restwarmte er in kwaliteit op achteruit gegaan, de hoeveelheid energie die erin is opgeslagen is nog steeds aanzienlijk. Op basis van ons onderzoek verlaat 50% tot 80% van de bij lichte industriële toepassingen gebruikte primaire energie de installatie als restwarmte met een middelhoge temperatuur ($< 200\text{ °C} / 400\text{ °F}$) tot zelfs een lage temperatuur ($< 90\text{ °C} / 200\text{ °F}$). Dit betekent dat 50% tot 80% van deze energie hergebruikt zou kunnen worden en dat de ermee gepaard gaande Scope 1-emissies dus kunnen worden voorkomen. Door in industriële thermische toepassingen te kiezen voor een circulaire aanpak, is het mogelijk om deze energie terug te winnen en opnieuw in te zetten voor processen.

Circulair ThermalSM-systeem - gebruiker van één proces



Al meer dan 40 jaar maakt men voor zware industriële toepassingen gebruik van procesintegratie (PI), ook wel Pinch, om de thermische efficiëntie van installaties te maximaliseren. Dit gebeurt hoofdzakelijk door middel van directe warmtewinning. Deze methode houdt in dat koude en warme stromen in een installatie worden blootgesteld aan mapping en overlapping, om de maximale theoretische hoeveelheid teruggewonnen warmte en de minimaal vereiste energie voor de installatie te berekenen. Het resultaat is een ideaal ontwerp dat kan worden aangepast aan de realiteit van de praktijk op de locatie, op basis van ingecalculerde kosten-batenafwegingen. In lichte industriële toepassingen is een extra 'warmtewisselaarsnetwerk' nodig om laagwaardige warmte uit grondstoffen terug te winnen, op te slaan, eventueel op te waarden en naar koelplaten te leiden. Industriële installaties kunnen dankzij deze methodologie hun restwarmte terugwinnen en zowel het primaire energieverbruik als de CO₂-emissies aanzienlijk verlagen. Wij noemen dit proces Circular ThermalSM.

CIRCULAR THERMALSM VORMT BIJ ARMSTRONG DE KERN VAN ONZE DECARBONISATIEMETHODOLOGIE

De Armstrong-methodologie voor thermische decarbonisatie bestaat uit drie stappen: de efficiëntie van thermische systemen optimaliseren, de energievraag uit processen minimaliseren en de primaire energiebronnen op de productielocatie decarboniseren. Als onderdeel van de optimalisering van systemen realiseert Circular ThermalSM vaak de grootste impact, met een positief rendement.

Stap één: De efficiëntie van thermische systemen optimaliseren via restwarmtewinning

Ook al wordt de theorie achter Circular ThermalSM al sinds lange tijd onderkend, werd deze als gevolg van economische belangen vaak genegeerd bij het bouwen van nieuwe fabrieken. Vroeger beschouwde men fossiele brandstoffen als een goedkope, wijdverspreide bron van energie en maakte vrijwel niemand zich druk om CO₂-emissies. Dit maakte het eenvoudig en gemakkelijk om in één richting werkende thermische systemen te ontwerpen en te beheren. Maar tegenwoordig ligt dat anders. In de wereld waarin we nu leven vormt energie een geopolitiek en zakelijk risico, worden fossiele brandstoffen steeds duurder en zijn ze soms niet eens beschikbaar, wordt duurzaam opgewekte elektriciteit goedkoper en hangt er een prijskaartje aan de uitstoot van CO₂. Tegelijkertijd neemt de terugverdientijd uit Circular ThermalSM aanzienlijk toe. Op het moment dat fossiele brandstoffen geen optie meer zijn, is het terugwinnen van restwarmte economisch gezien de beste manier om thermische systemen te decarboniseren.

De-steaming

In het algemeen produceren en distribueren stoomsystemen warmte met een temperatuur van 185 °C/365 °F (ofwel verzadigde stoom van 10 barg/150 psig), ook als er een veel lagere verwarmingstemperatuur nodig is voor het proces. Technisch is het mogelijk om restwarmte om te zetten naar stoom met een lage druk, en die vervolgens tot een hogere druk te persen. Als echter het uiteindelijke doel is om een product te verwarmen bij een veel lagere temperatuur, leidt dit tot een overmatig energieverbruik, deels doordat er altijd al minimaal 20% verloren gaat in stoomsystemen.

Dat is de reden dat we heet water als de beste verwarmingsvloeistof beschouwen voor temperaturen tot 120 °C/250 °F. Bij de-steaming worden stoomsystemen vervangen door heet water of glycol voor een zo optimaal mogelijke restwarmtewinning. Door een betere afstemming van de warmteproductie en het warmteverbruik tijdens het proces van de-steaming is een optimale efficiëntie van het systeem mogelijk. Armstrong International beschikt over meer dan 100 jaar aan uitgebreide expertise met stoomsystemen en kan de-steaming voor laagwaardige verwarming absoluut aanbevelen.

Theoretisch is bij het gebruik van warm water een groter oppervlak nodig om warmte door te laten, aangezien voelbare warmte 4 tot 5 keer zo weinig energie bevat als latente warmte. In de praktijk zijn stoomwarmtewisselaars echter vaak groter dan noodzakelijk, en volstaat het dus meestal om het warmte-doorlaatbare oppervlak twee keer zo groot te maken. De-steaming voorkomt daarnaast de uitdagingen van het afvoeren van condensaat die inherent zijn aan toepassingen waarin stoom wordt gebruikt voor verwarming < 100 °C/212 °F en waardoor een vacuüm kan ontstaan in warmtewisselaars.

Tot slot moeten warmtebronnen in verbinding staan met nabijgelegen koelplaten om de aanleg van extra lange en extra grote waterleidingen te voorkomen. Dit gedecentraliseerde systeemontwerp is inherent aan Circular ThermalSM-systemen en is een geheel andere dan de traditionele aanpak met 'een centrale ketelruimte en distributienetwerk'.

Warmtepompen

Ook al kan hoogwaardige restwarmte vaak worden teruggewonnen met alleen een warmtewisselaar, soms vormt dit een technische uitdaging door verontreiniging van proceslucht die via schoorstenen wordt uitgestoten. Restwarmte is echter vaak beschikbaar bij een lagere temperatuur dan noodzakelijk is voor het proces, dus moet laagwaardige warmte eerst worden opgewaardeerd tot middelmatige warmte. Hiervoor is extra hoogwaardige energie nodig (elektriciteit) om de warmtepompcompressoren in staat te stellen de restwarmtetemperatuur op het benodigde niveau te brengen.

De technologie die wordt gebruikt in warmtepompen bestaat al 170 jaar. Het is dezelfde technologie die de koelkast bij ons thuis en de airconditioning op kantoor laat werken. Warmtepompen hebben als grootste voordeel dat ze zo efficiënt zijn. Wat er doorgaans aan elektriciteit nodig is om een warmtepomp te laten werken komt overeen met slechts 1/4 tot 1/3 van de totale warmte-output; en bijna alle elektriciteit wordt uiteindelijk omgezet in bruikbare warmte. Het grootste deel van de energie-output is echter afkomstig uit de laagwaardige restwarmte die is teruggewonnen. Hoewel warmtepompen bekend staan om hun elektrificatietechnologie worden ze in industriële toepassingen vooral gebruikt als restwarmte-opwaardeertechnologie.

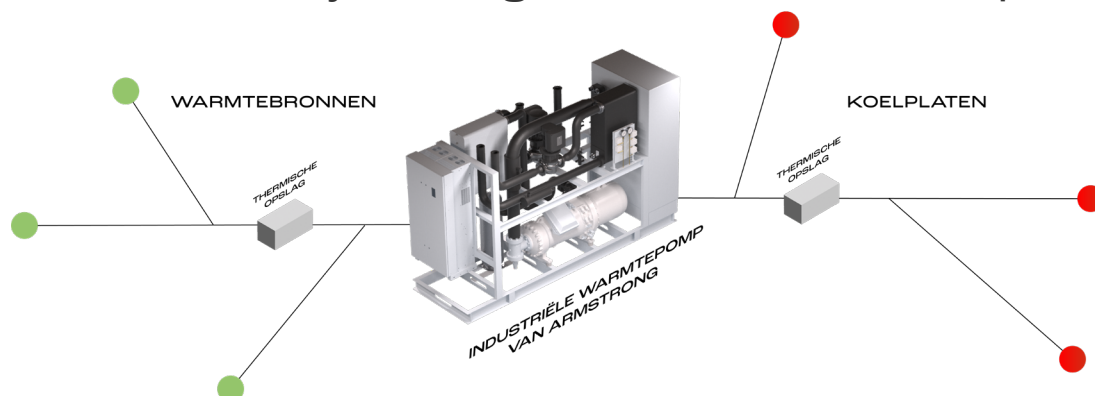
Er zijn tegenwoordig gesloten-circuitwarmtepompen verkrijgbaar voor middelhoge capaciteiten (tussen 0,5 MW en 2 MW per eenheid/1,7 en 7 miljoen BTU per uur per eenheid). Deze warmtepompen maken gebruik van een nieuwe generatie werkvloeistoffen die veiliger zijn voor gebruikers, betrouwbaar zijn (door de relatief lage druk in het circuit) en minder schadelijk zijn voor het milieu (GWP < 10 en TFA-afbraak < 2%). Ze kunnen temperaturen opleveren in het middelhoge bereik, waarbij laagwaardige warmte wordt teruggewonnen op < 80 °C/176 °F (als bijkomend effect, soms met een nuttige koelende werking). Door deze warmte op te waarden tot 120 °C/250 °F kan stoom met lage druk worden gegenereerd als dit nodig is.

Deze stoom kan worden gebruikt voor directe injectie, of de druk en temperatuur van de stoom kan worden verhoogd met behulp van de stoomcompressor die deel uitmaakt van een MVR-systeem (Mechanical Vapor Recompression). Deze compressoren vereisen ongeveer 10% waterinjectie. De extra stoom compenseert voor de stralingsverliezen en lekkages stroomafwaarts in het stoomsysteem. Door buiten de warmtewisselaars om ook op een andere manier condensaat en naverdampingsstoom terug te winnen en als input naar de hogetemperatuurwarmtepomp te leiden, kan de kringloop worden gesloten en in balans worden gebracht.

Opslag

Restwarmte is niet altijd beschikbaar op het moment of de plek waar het nodig is. Na te zijn teruggewonnen moet restwarmte eerst worden getransporteerd en opgeslagen, wat meestal in de vorm van warm water of vaste materialen gebeurt, voordat het kan worden verwerkt in het proces. Soms zijn installaties zo ingedeeld dat ruimte een beperkende factor kan zijn, maar er bestaan technologieën die dit probleem kunnen omzeilen.

Circular ThermalSM-systeem - gebruiken van meerdere processen



Door middel van Circular ThermalSM, dat warmte in verschillende richtingen door installaties laat stromen, worden thermische systemen dynamischer gemaakt. Teruggewonnen warmte wordt opgeslagen, om vervolgens op het moment dat dit het beste uitkomt, of wanneer de elektriciteit op het net het goedkoopst is, te worden opgewaardeerd van een lage naar een hoge temperatuur. Op deze manier wordt meteen tegemoetgekomen aan het vraagbeheer. Om te kunnen bepalen wanneer warmte moet worden afgevoerd of opgeslagen, zijn deze systemen meer geautomatiseerd en maken ze gebruik van realtime gegevens. Bovendien zijn ze beschikbaar 'as a service', waardoor er minder noodzaak is voor kapitaal, risico-outsourcing een mogelijkheid is en bedrijfsmiddelen flexibel kunnen worden afgestemd op de steeds veranderende markt.

Stap 2: De energievraag uit processen minimaliseren

De verhouding tussen elektriciteit en de bruikbare warmte-output van een warmtepomp wordt prestatiecoëfficiënt (COP) genoemd en wordt bepaald door temperatuurstijgingen. De belangrijkste reden voor een zo nauwkeurig mogelijke afstemming van de temperatuur van de warmtebron met die van de koelplaat, is optimalisering van de COP. Op het moment dat een warmtepomp op een efficiënte manier zowel de warmtebron koelt als de koelplaat verwarmt (bijvoorbeeld in een destillatieproces), zonder daarbij meer elektriciteit te verbruiken, levert dit een veel hogere gecombineerde COP (CCOP) op.

Veel processen zijn van oudsher ontwikkeld op basis van een hogere temperatuur van energiedragers, wat met stoom relatief eenvoudig te realiseren is. Wanneer echter de werkelijke stoomtemperatuur in de warmtewisselaar wordt geanalyseerd (nadat de druk is verlaagd via een regelklep) of de exacte vereiste temperatuur voor het proces wordt bepaald, blijkt vaak dat de koelplaat een veel lagere temperatuur kan hebben dan werd gedacht. Dit betekent dat de COP wordt verbeterd zonder dat dit gevolgen heeft voor de procesomstandigheden van de installatie of de productkwaliteit.

Warmtepompen die een lagere outputtemperatuur opleveren verbruiken minder elektriciteit en dus is de COP hoger. De resulterende permanente verlaging van de operationele kosten is zeker de moeite waard, zelfs in het geval er extra kapitaal moet worden aangesproken (voornamelijk voor de steaming). Op de lange termijn kunnen operationele kosten nog verder worden verlaagd door verouderde of afgedankte procesapparatuur te vervangen door moderne apparaten die efficiënter zijn of bij lagere temperaturen kunnen verwarmen.

In sommige gevallen is zelfs helemaal geen warmte nodig om hetzelfde nuttige werk te verrichten. In de zong bijvoorbeeld, of in een sector als de farmaceutische industrie, wordt vaak stoom gebruikt om de lucht te bevochtigen terwijl dezelfde stijging van de luchtvochtigheid kan worden bereikt met adiabatische of elektrische bevochtigers. Dergelijke bevochtigers verbruiken niet minder energie om water te verdampen bij een atmosferische druk, maar maken wel de steaming mogelijk in luchtbehandelingsunits. Hierdoor is het niet meer nodig om met behulp van warmtepompen stoom op middelhoge temperatuur te produceren, wat tot een lagere COP zou leiden, en kan verder transport van deze stoom na afloop, met de bijbehorende verliezen uit het stoomsysteem, worden vermeden.

Stap drie: De primaire energiebronnen van uw installaties decarboniseren

De primaire energie die nodig is om Circular ThermalSM-systemen te laten werken is elektriciteit, wat gedecarboniseerd kan worden door middel van een duurzame energiebron. Wat er verder nog aan thermische decarbonisatie nodig is, kan worden bereikt door over te stappen op duurzame brandstoffen zoals biogas, biomassa, zonnewarmte-energie, waterstof of directe elektrificatie. Dit is de laatste fase van de driestapsmethodologie van Armstrong voor thermische decarbonisatie.

Hierbij is het echter wel cruciaal dat decarbonisatie alleen plaatsvindt nadat mogelijkheden voor het optimaliseren en minimaliseren van het CO₂-verbruik zijn uitgeput. Overstappen van thermische eenrichtingssystemen, die als gevolg hebben dat 50% tot 80% van de primaire energie als restwarmte vrijkomt in de atmosfeer, naar duurzame brandstoffen is niet verstandig. Dat leidt namelijk tot een grote verspilling van schaarse duurzame energiebronnen die onmisbaar zijn bij het decarboniseren van toepassingen die lastiger aan te pakken zijn in de zware industriële, transport- of bouwsector.

DE VOORDELEN VAN CIRCULAR THERMALSM ZIJN SUBSTANTIEEL

Door toepassing van Circular ThermalSM kan een groot percentage van de thermische energie die momenteel wordt verbruikt in de sector, worden teruggewonnen. Bij de inzet van deze methodologie moet daarnaast verder worden gedacht dan de grenzen van één enkele fabriek. Ook al wordt de circulaire aanpak voor de productie van materialen en energie op steeds meer industrieterreinen toegepast, de onderlinge uitwisseling en opwaardering van restwarmte tussen aangrenzende industriële installaties, waterstofcentrales, datacenters, kantoorpanden en woongebieden komt nog veel te weinig voor. De ontwikkeling van transporteerbare thermische opslagcontainers voor vaste materialen creëert meer mogelijkheden voor het fysiek verplaatsen van restwarmte over middellange afstanden (idealiter door middel van gedecarboniseerd transport). Installaties voor zware industriële processen met een overschot aan hoogwaardige restwarmte kunnen dit delen met installaties voor lichtere industriële processen, of met een stadsverwarmingscentrale op enkele tientallen kilometers afstand.

Mogelijkheden voor verwarming en koeling in gebouwen

Het terugwinnen en hergebruiken van restwarmte zou een optie kunnen zijn bij het verwarmen en koelen van gebouwen. Er is echter een belangrijk verschil dat de toepassing van Circular ThermalSM uitdagender maakt in gebouwen dan in industriële settings, en dat heeft te maken met de timing. In industriële toepassingen is verwarming en koeling regelmatig nodig, op zijn minst elke week. Hierdoor blijft de benodigde ruimte voor thermische opslag beperkt. Voor verwarming en koeling van gebouwen zou er bij gebruik van Circular ThermalSM een seizoensgebonden opslag nodig zijn waarin warmte tot wel 6 maanden lang op een min of meer constante temperatuur wordt gehouden. Mocht er in de toekomst een betaalbare seizoensopslag met een kleine inhoud op de markt komen, dan zou dat de gemiddelde jaarlijkse COP van warmtepompen die worden gebruikt voor het verwarmen en koelen van gebouwen aanzienlijk verhogen, en daarmee het jaarlijkse primaire elektriciteitsverbruik flink verlagen.

Ook nu al zouden koelinstallaties voor gebouwen kunnen worden ingezet als warmtebron voor nabijgelegen industrieën die het hele jaar door warmte verbruiken. Een dergelijk systeem gebruiken als 'stadskoeling' zou vooral zinvol kunnen zijn in landen met een warmer klimaat, waar koelsystemen vrijwel het hele jaar door worden ingezet. In een kouder klimaat zouden rioleringen een waardevolle warmtebron uit gebouwen kunnen vormen, door het opvangen van doorgespoeld warm douche- en kraanwater.

Daarnaast kan aardwarmte (oppervlakkig of uit meren en rivieren) een bron zijn voor warmtepompen in gebouwen. In vergelijking met de temperatuur van de atmosfeer levert aardwarmte een hogere temperatuur op die door het jaar heen relatief constant blijft. In de zomer is deze bron vaak koud genoeg om niet door de warmtepompcompressor te hoeven worden geleid, wat het gebruik in een 'vrije koelingsmodus' mogelijk maakt.

CIRCULAR THERMALSM LEGT DE LAT VOOR THERMISCHE DECARBONISATIE LAGER

Verwarming en koeling in de industrie en gebouwen is momenteel verantwoordelijk voor ongeveer 70% van het eindverbruik van energie wereldwijd. Door de restwarmte die vrijkomt in industriële installaties terug te winnen, op te waarden en te hergebruiken, kunnen we de lat voor thermische decarbonisatie een stuk lager leggen en zal de behoefte aan duurzame energiebronnen voor het in bedrijf houden van deze installaties in de toekomst minder groot zijn. Wereldwijd zijn er inmiddels hervormingen gaande waarbij bestaande fabrieken worden omgebouwd en er steeds meer nieuwe systemen worden ontwikkeld die gebruik maken van de Circular ThermalSM-methodologie.

Door dit concept ook buiten de grenzen van één enkele installatie toe te passen en door te voeren in gebouwen, wordt de vraag naar primaire energie vanzelf minder en zal dit de decarbonisatie van energiesystemen wereldwijd nog meer ten goede komen.



INTELLIGENTE OPLOSSINGEN VOOR THERMISCHE SYSTEMEN VAN EEN
WERELDLEIDER IN ENERGIEBEHEER EN AANGENAME ERVARINGEN

Armstrong International

Noord- en Zuid-Amerika | Azië | Europa, Midden-Oosten, Afrika

armstronginternational.com