

Project DEI721024

openbaar eindrapport

Pilot Sanura X-Tray



Publicatiedatum: 30-12-2023

Projectpartners: Sanura, de Alliantie, Center Parcs, BV Intersell

Contactpersoon: Bart Bergmans, Sanura | bart@sanura.nl

Dit project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, subsidieregeling Top Sector Energie, uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vernenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van Sanura B.V.

Samenvatting

Een belangrijk aandachtspunt in de transitie naar aardgasvrij wonen is de bereiding van warm tapwater. Door gebruik te maken van een douchewarmtewisselaar (douche-wtw) wordt de warm tapwatervraag aanzienlijk teruggedrongen, wat leidt tot energiebesparing en lagere investeringskosten.

Huidige douche-wtw's worden ingebouwd in de douchevloer, douchegoot, of muur. In bestaande badkamers leidt dit tot hoge kosten voor breekwerk, loodgieterswerk en herstelwerk. Daarnaast leidt dit tot overlast voor de bewoners. Momenteel worden dan ook nauwelijks douche-wtw's in bestaande badkamers geplaatst. Een uitzondering hierop zijn 'losse douche-wtw's', zoals de Sanura Flatmate, die bovenop de bestaande douchevloer worden geplaatst en met slangen worden aangesloten op de bestaande douchekraan. Deze oplossing is zeer kosteneffectief, maar in de praktijk niet altijd toepasbaar vanuit gebruiksperspectief of om esthetische redenen.

Sanura heeft een nieuwe douche-wtw ontwikkeld, de X-Tray, die rechtstreeks kan worden aangesloten op de bestaande afvoer in de vloer en op de bestaande kraanaansluitingen in de muur. Hierdoor kan de X-Tray, net als een losse douche-wtw, worden geplaatst zonder breekwerk, maar is deze wel beter in de badkamer geïntegreerd, waardoor minder aanpassingsvermogen van de eindgebruiker nodig is op het vlak van gebruik en esthetiek.

Doel van dit pilotproject was het komen tot een schaalbaar prototype van de X-Tray en het verzamelen van verbeterpunten op het vlak van rendement, kosten, robuustheid en gebruiksvriendelijkheid, teneinde te komen tot een markt-gereed eindproduct. Hiertoe is de X-Tray aangepast voor serieproductie en zijn 25 serie-geproduceerde prototype X-Trays gebouwd. Hiervan zijn er 10 geplaatst in vakantiewoningen van Center Parcs en 10 in huurwoningen van de Alliantie. 5 X-Trays zijn gebruikt voor metingen en (lab)experimenten.

Door Kiwa is vastgesteld dat het maximale rendement van de X-Tray 47,8% bedraagt, bij een debiet van 5,8 L/min. In praktijkmetingen is een energiebesparing gevonden van gemiddeld 32,3 tot 33,8%. In de praktijkmetingen was de X-Tray enkel aangesloten op de koudepoort van de douchemengkraan. Wanneer een douche-wtw wordt aangesloten op zowel de koudepoort van de douchemengkraan als op de inlaat van de warm tapwaterbereider, dan wordt een hoger rendement gehaald. Op basis van de meetresultaten en rekenregels uit de NTA8800 lijkt een praktijkrendement tot 40% haalbaar.

Een stroefheidsmeting onder natte condities resulteerde in een gemiddelde dynamische wrijvingscoëfficiënt (μ) van 0,46 van de bovenplaat, wat kan worden vertaald naar een R-waarde van R11. Hiermee voldoet de bovenplaat aan de stroefheidseisen van zowel de Alliantie als Center Parcs. De stroefheid kan nog verder worden verbeterd door het toepassen van een Flexiteek topafwerking.

Zowel de eindgebruikers (gasten) van vakantiewoningen als de eindgebruikers (huurders) van sociale huurwoningen zijn tevreden over de X-Tray en geven respectievelijk een gemiddeld eindcijfer 7,5 en 9,0. Met name het uiterlijk van de X-Tray wordt zeer gewaardeerd. Een deel van de huurders geeft aan dat het lastig is om de X-Tray schoon te maken, maar dit leidt niet tot een lagere tevredenheid. Het schoonmaken kan verder worden vereenvoudigd door het ontwikkelen van een hulpmiddel dat kan worden aangesloten op de doucheslang.

Technische inspectie leverde op dat de X-Trays na ca. 3 maanden gebruik in goede staat zijn en geen zichtbare defecten of slijtage vertonen.

De belangrijkste conclusies zijn:

- De serie-geproduceerde X-Tray is zowel vanuit technisch als economisch oogpunt een zeer haalbaar product. Het rendement is goed in vergelijking met andere horizontale douche-wtw's en leidt tot een realistische terugverdientijd en significante milieuwinst.
- De X-Tray is voldoende makkelijk te installeren door een professionele installateur binnen een installatietijd van ca. 6 uur. Het installatiegemak is bovendien nog te verbeteren binnen de grenzen van het huidige concept.
- Er zijn geen aanwijzingen dat onderdelen van de X-Tray de beoogde technische levensduur (20 jaar) niet kunnen halen.
- De beoogde verkoopprijs van de X-Tray (1.000 euro excl. BTW) is haalbaar bij realistische verkoopaantallen.
- De serie-geproduceerde X-Tray is een voldoende gebruiksvriendelijk product voor toepassing in zowel vakantieparken als sociale huurwoningen. Bovendien is het gebruiksgemak nog te verbeteren binnen de grenzen van het huidige concept.
- Het uiterlijk van de serie-geproduceerde X-Tray voldoet ruimschoots aan de verwachtingen van eindgebruikers in zowel vakantieparken als sociale huurwoningen.

Er wordt aanbevolen om het ontwerp van de X-Tray te verbeteren o.b.v. de gevonden verbeterpunten en vervolgens te testen of deze productverbeteringen leiden tot een nog betere robuustheid, installatiegemak en gebruiksgemak. Ook wordt aanbevolen om de X-Tray te testen in andere zakelijke marktsegmenten zoals hotels en ouderenwoningen, en om verschillende financieringsmodellen te onderzoeken voor uitrol van de X-Tray binnen de verschillende marktsegmenten.

Inhoud

Samenvatting.....	2
1. Inleiding.....	5
1.1 Aanleiding.....	5
1.2 Probleemstelling.....	6
1.3 Doelstelling.....	7
1.4 Werkwijze.....	7
2. Resultaten.....	9
3. Discussie.....	25
4. Conclusies en aanbevelingen.....	32
Bijlage 1 – Kiwa kwaliteitsverklaring Sanura X-Tray.....	33
Bijlage 2 – Relatie tussen wrijvingscoëfficiënt en R-waarde.....	34
Bijlage 3 – Installatiehandleiding voor verdiepte plaatsing X-Tray.....	35

1. Inleiding

1.1 Aanleiding

Een belangrijk aandachtspunt in de transitie naar aardgasvrij wonen is de bereiding van warm tapwater. Warmtepompen en warmtenetten werken het meest efficiënt bij een lage en constante temperatuur. Daarentegen is voor warm tapwaterbereiding een minimale temperatuur van 55°C aan het tappunt vereist (i.v.m. legionellapreventie), en moet deze warmte in een korte tijd worden geleverd in een relatief grote hoeveelheid (bijvoorbeeld bij het nemen van een douche). Het gevolg is dat voor warm tapwaterbereiding separate, elektrische systemen worden geïnstalleerd. Dit leidt tot hoge extra investeringen en/of een hoog elektrisch energieverbruik. Bovendien zijn aanzienlijke (ochtend)piekbelastingen in het stroomnet denkbaar, wanneer bijvoorbeeld hele wijken met een elektrische doorstroomboiler douchen. Wanneer de bovenstaande barrières rondom warm tapwatergebruik (deels) kunnen worden weggenomen, vereenvoudigt dit de transitie naar aardgasvrij wonen.

Circa 80% van het warm tapwater in een huishouden wordt gebruikt in de douche. Warm douchewater wordt over het algemeen slechts enkele seconden gebruikt en stroomt dan met een temperatuur van ca. 36°C naar het riool. Met een douchewarmte-wisselaar (douche-wtw) kan een aanzienlijk deel (ca. 30-70%) van deze warmte worden teruggewonnen en rechtstreeks worden toegevoegd aan het toestromende koude water. Wanneer in een aardgasvrije woning een douche-wtw wordt toegepast, zorgt dit ervoor dat:

- Er aanzienlijk minder energie wordt gebruikt in de douche, waardoor de woonkosten afnemen, piekbelastingen afnemen en er (afhankelijk van de bron van de elektrische energie) minder CO₂ wordt uitgestoten;
- Minder hoge investeringen nodig zijn voor het produceren van warm tapwater, doordat de totale warmtapwater-vraag sterk afneemt. Zo kan er bijvoorbeeld worden volstaan met een kleinere elektrische boiler of warmtepomp en/of een kleiner buffervat.

Maar ook bij een niet-aardgasvrije woning is een douche-wtw een zinvolle investering, aangezien significant bespaard kan worden op de energierekening en minder CO₂ wordt uitgestoten.

Huidige douche-wtw's hebben gemeen dat ze ingebouwd dienen te worden in de douchevloer, douchegoot, of muur. Bij nieuwbouwwoningen en grondige badkamerrenovaties is dit geen probleem. Echter, bij bestaande badkamers betekent dit dat het plaatsen van een douche-wtw aanzienlijke kosten met zich meebrengt voor breekwerk, het verleggen van leidingen c.q. aansluiten van de douche-wtw en het herstellen van het breekwerk. Naast hoge kosten leidt dit ook tot overlast voor de bewoners/gebouweigenaars. Momenteel worden dan ook nauwelijks douche-wtw's in bestaande badkamers geplaatst.

Een uitzondering hierop zijn 'losse' douche-wtw's, zoals de Sanura Flatmate. Een losse douche-wtw wordt geplaatst bovenop de bestaande douchevloer en met een koppelslang aangesloten op de opbouwdouchekraan, zonder dat hiervoor breek- of verbouwwerk nodig is. Hoewel dit vanuit kostenperspectief een zeer wenselijke oplossing is, blijkt een losse douche-wtw in de praktijk niet altijd toepasbaar. Zo blijkt het voor ouderen en mensen met een lichamelijke beperking moeilijk om een losse douche-wtw op te tillen om deze schoon te maken. Voor toepassing in een 'hospitality omgeving' (bijvoorbeeld hotels) wordt het uiterlijk van een losse douche-wtw, waarbij waterslangen in het zicht zijn, over het algemeen ongeschikt gevonden.

Op aandringen van meerdere woningcorporaties, consumenten en eigenaren van hotels/vakantieparken is Sanura daarom gestart met de ontwikkeling van een nieuw type douche-wtw: de X-Tray. Dit product wordt, net als een losse douche-wtw, geplaatst zonder te breken, maar wordt verder in de douche geïntegreerd, waardoor minder aanpassingsvermogen van de eindgebruiker nodig is op het vlak van gebruik en esthetiek. Daarmee is dit nieuwe product geschikt voor segmenten waarvoor een losse douche-wtw vanwege esthetische-/gebruiksredenen niet geschikt is én waar andere douche-wtw's onvoldoende kosteneffectief zijn gebleken (in de bestaande bouw). Dit zijn bijvoorbeeld ouderenwoningen, zorgcomplexen, hotels en vakantieparken.

De X-Tray kan worden getypeerd als een 'opbouw-douche-wtw' en de plaatsing ervan als een 'lichte renovatie'. Uniek aan de X-Tray is dat deze wordt geleverd als een gestandaardiseerd (opbouw)bouwpakket, en dat rechtstreeks wordt aangesloten op de bestaande afvoer in de vloer én op de bestaande kraanaansluitingen in de muur. Zie figuur 1 voor een impressie.

De X-Tray bevond zich voorafgaand aan dit project in de proof of concept fase (TRL 3-4). In dit pilotproject is de X-Tray verder (experimenteel) ontwikkeld en getest in een omgeving die relevant is voor de beoogde marktsegmenten (naar TRL niveau 6).



Figuur 1 – Impressie van de Sanura X-Tray (met daarop een douchecabine)

1.2 Probleemstelling

Voorafgaand aan dit project bevond de X-Tray zich in een proof of concept fase. Het verder ontwikkelen van de X-Tray naar een markt-gereed product brengt onzekerheden met zich mee op het vlak van maakbaarheid, productiekosten, robuustheid en (thermisch) rendement. Hieraan gekoppelde **onderzoeksvragen** zijn:

1. Wordt met de X-Tray een vergelijkbaar rendement gehaald als met andere horizontale douche-wtw's (ca. 30-50%)?

2. Zijn alle onderdelen van de X-Tray op schaal te produceren, met een robuustheid waarmee een beoogde levensduur van minimaal 20 jaar kan worden gehaald?
3. Is de beoogde kostprijs van maximaal 1.000 euro haalbaar bij serieproductie? En welke productieschaal is hiervoor nodig?
4. Hoe lang duur het om de X-Tray te installeren, en tot welke reële installatiekosten leidt dit?
5. Is het mogelijk om de X-Tray, indien gewenst, in de vloer te verzinken, zodat een gelijkvloerse douche-instap wordt gerealiseerd? En tot welke aanvullende installatiehandelingen en -kosten leidt dit?
6. Is, gekoppeld aan onderzoeksvragen 1-5, de terugverdientijd van de X-Tray voldoende kort?
7. Wordt, gekoppeld aan onderzoeksvragen 1-5, over de totale levensduur van de X-Tray voldoende CO₂ bespaard?
8. Welke aanpassingen zijn mogelijk om het rendement te verhogen, de robuustheid te verhogen en/of de kosten te verlagen?

In het ontwerp van de X-Tray is gestreefd naar een gebruiksvriendelijk product zowel voor de installateur als voor de eindgebruiker. Vanwege het nieuwe karakter van dit product moest onderzocht worden of het aan de eisen en wensen van deze gebruikersgroepen voldoet. Hieraan gekoppelde **onderzoeksvragen** zijn:

9. Is de X-Tray voldoende makkelijk te installeren voor een professionele installateur?
10. Is de X-Tray voldoende gebruiksvriendelijk om gedurende de levensduur op de beoogde manier gebruikt te worden door de eindgebruikers?
 - a. Wordt de X-Tray ervaren als een kwalitatief product?
 - b. Is de instaphoogte van de (niet-verzonken) X-Tray acceptabel?
 - c. Is de X-Tray voldoende gemakkelijk schoon te maken en te houden?
 - d. Zijn er onvoorziene nadelen of ergernissen bij langdurig gebruik?
 - e. Voldoet de X-Tray esthetisch aan de eisen van de eindgebruikers?
11. Welke wensen of eisen zijn er bij installateurs en eindgebruikers voor het gebruiksvriendelijker maken van de X-Tray?

1.3 Doelstelling

Doel van het project is het komen tot een schaalbaar prototype van de X-Tray en het verzamelen van verbeterpunten op het vlak van rendement, kosten, robuustheid en gebruiksvriendelijkheid, teneinde te komen tot een markt-gereed eindproduct. Het eindproduct van de X-Tray maakt douchewarmteterugwinning bereikbaar voor vele bestaande badkamers, waarvoor nu geen geschikte en/of kosteneffectieve douche-wtw beschikbaar is. In deze badkamers zal, dankzij de X-Tray, minder energie worden gebruikt. Dit verlaagt de uitstoot van CO₂ én maakt de transitie naar een aardgasvrij energiesysteem eenvoudiger en goedkoper.

Hiermee draagt het project bij aan het rechtstreeks terugdringen van CO₂ emissies en het versnellen van energierenovaties in de gebouwde omgeving (MMIP B.3).

1.4 Werkwijze

Dit pilotproject is uitgevoerd door een consortium bestaande uit Sanura, de Alliantie, Center Parcs en BV Intersell. Sanura is als ontwikkelaar van de X-Tray de initiatiefnemer en penvoerder van het project. Center Parcs en de Alliantie hebben als potentiële toekomstige afnemers interesse in de ontwikkeling van de X-Tray, en zorgen in dit project voor de

beschikbaarheid van voldoende vakantiewoningen en huurwoningen die als testomgeving voor de X-Tray dienen. BV Intersell is als middelgrote aannemer volop actief in het verduurzamen van vastgoed ziet de X-Tray als een toekomstige aanvulling op hun *circulaire badkamer* concept. In dit project verzorgt BV Intersell de installaties van de X-Trays in de testwoningen.

Voor het beantwoorden van de bovenstaande onderzoeksvragen zijn in dit project 25 prototype X-Trays gebouwd. 10 X-Trays zijn geïnstalleerd in huurwoningen van de Alliantie en 10 X-Trays in vakantiewoningen van Center Parcs. 5 X-Trays zijn gebruikt voor metingen en (lab)experimenten.

Het project is verdeeld in 9 werkpakketten, die gezamenlijk als doel hebben om de hiervoor beschreven onderzoeksvragen te beantwoorden en die leiden tot de resultaten zoals beschreven in tabel 1.

Tabel 1 – Verdeling van het project in werkpakketten

Werk pakket	Korte beschrijving	Uitvoerders	Resultaat
1	Valideren ontwerp middels prototypes	Sanura, Intersell, de Alliantie, Center Parcs	<ul style="list-style-type: none"> Gevalideerd basisontwerp van de X-Tray
2	Aanpassen ontwerp voor serieproductie	Sanura	<ul style="list-style-type: none"> pakket ontwerptekeningen en -modellen op basis waarvan de X-Tray in serie kan worden geproduceerd
3	Produceren en assembleren X-Trays	Sanura	<ul style="list-style-type: none"> 25 X-Trays, gereed voor installatie
4	Bepalen rendement	Sanura	<ul style="list-style-type: none"> Kiwa verklaring van het rendement van de X-Tray conform NTA8800 Inschatting van praktijkrendement
5	Bepalen antislipwaarde	Sanura	<ul style="list-style-type: none"> Gemeten antislipwaarde Inschatting van eventuele aanvullende maatregelen inclusief kosten
6	Selecteren woningen en plaatsen X-Trays de Alliantie	Sanura, Intersell, de Alliantie	<ul style="list-style-type: none"> 10 X-Trays geplaatst in huurwoningen van de Alliantie
7	Selecteren woningen en plaatsen X-Trays Center Parcs	Sanura, Intersell, Center Parcs	<ul style="list-style-type: none"> 10 X-Trays geplaatst in vakantiewoningen van Center Parcs
8	Monitoring en verzamelen feedback	Sanura, Intersell, de Alliantie, Center Parcs	<ul style="list-style-type: none"> Een lijst met vragen/klachten tijdens de gebruikperiode Feedback van eindgebruikers, installateurs en schoonmakers Resultaten van technische inspectie
9	Rapportage en afronding	Sanura, Intersell, de Alliantie, Center Parcs	<ul style="list-style-type: none"> Een openbaar eindrapport dat wordt verspreid door de deelnemers. Een vertrouwelijk eindrapport, op basis waarvan de X-Tray kan worden doorontwikkeld tot markt-gereed eindproduct

2. Resultaten

Hieronder worden per werkpakket de belangrijkste projectresultaten beschreven.

WP1 – Valideren ontwerp middels prototypes

Achtereenvolgens zijn twee full-scale prototypes gebouwd, met als doel om het basisontwerp van de X-Tray te valideren en technische knelpunten vroegtijdig op te lossen.

Het eerste prototype is gerealiseerd op basis van een eerder ontwikkeld CAD-model. De focus lag bij dit prototype op het valideren van de globale geometrie, het testen van stroming door de onderbak en het testen van doorvoeren, aansluitingen en materiaalovergangen.

De onderbak werd vervaardigd middels 3D-frezen, waarbij de binnenkant (waar het water doorheen stroomt) in volledig detail is vervaardigd, terwijl de geometrie van de onderkant bewust simpel is gehouden vanuit kostenoverwegingen (nog geen rekening houdend met sterkte, stijfheid en materiaaloptimalisatie). Ook werd een koperen buis op maat vervaardigd om de stroming door de onderbak te kunnen testen (zie figuur 2). Uit de eerste tests bleek dat het water bij lage volumestroom niet optimaal in contact kwam met de koperen buis. Op basis van de resultaten is de geometrie van de onderbak verder geoptimaliseerd. Aan de onderzijde van de onderbak zijn tests uitgevoerd met verschillende typen inserts en stelvoetjes. Ook is de passing van de afvoer getest en verder geoptimaliseerd (zie figuur 3).



Figuur 2 – Stromingstest met het eerste prototype X-Tray



Figuur 3 – Onderzijde van de prototype onderbak

De omrand van de bovenplaat is in het eerste prototype in delen 3D-geprint (zie de witte delen in figuur 2). Ook zijn in het eerste prototype de bovenplaat (het zwarte vlak in figuur 4) en het koofframe (het metalen deel in figuur 4) vervaardigd en getest. Beide behoeften aanpassingen die zijn doorgevoerd in het volgende prototype.



Figuur 4 – Overzichtsfoto van het eerste prototype X-Tray

Voorafgaand aan het vervaardigen van het tweede prototype is een serie modelberekeningen (FEM analyse) uitgevoerd om de geometrie in detail te bepalen vanuit het oogpunt van voldoende sterkte/stijfheid enerzijds en zo min mogelijk materiaalgebruik anderzijds. Vervolgens zijn alle onderdelen van de X-Tray (inclusief verbeteringen t.o.v. het eerste prototypes) in detail vervaardigd middels technieken voor stuks-productie, zoals 3D-frezen, 3D-printen, buigen, zetten en draaien. Daarbij werd voor de onderdelen zoveel als mogelijk gebruik gemaakt van de beoogde materialen voor serieproductie.

Met dit tweede prototype is het volledige installatieproces doorlopen en zijn de doorstroming, sterkte en stijfheid getest. Ook zijn alle materiaalovergangen getest. Zie figuur 5 voor het volledig geïnstalleerde prototype. Los van enkele kleine optimalisaties werd geconcludeerd dat het prototype voldoet aan de basiseisen voor installatie en gebruik. Het eindresultaat van dit werkpakket is een gevalideerd basisontwerp van de X-Tray.



Figuur 5 – Overzichtsfoto van het geïnstalleerde tweede prototype X-Tray

WP2 – Aanpassen ontwerp voor serieproductie

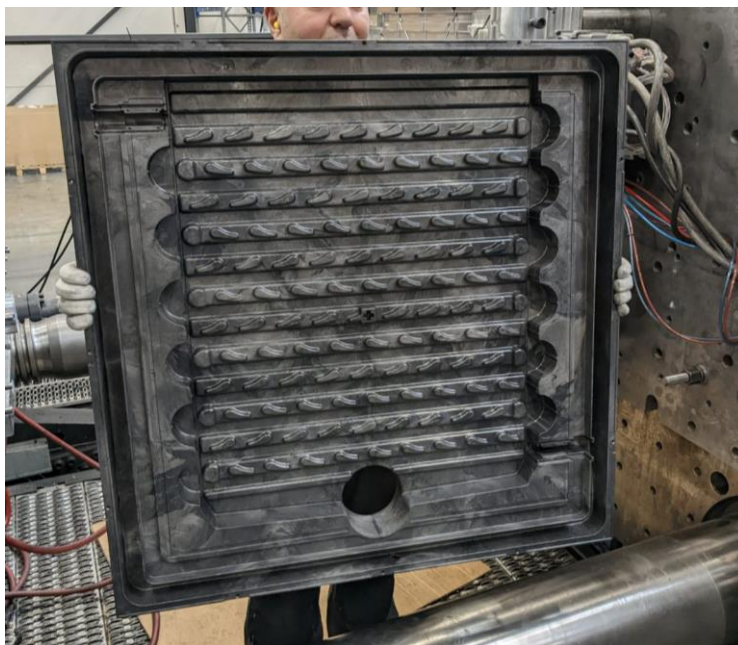
Om de X-Tray geschikt te maken voor serieproductie, lag de focus op 2 onderdelen:

1. De onderbak. Deze was tot dan toe vervaardigd met 3D-frezen. Vanwege de complexe geometrie van dit onderdeel is 3D-frezen een zeer dure productietechniek. Voor serieproductie is daarom overgeschakeld op thermoplastisch schuimgieten (TSG). Bij deze productietechniek wordt kunststof (in dit geval gerecycled ABS) samen met een chemisch blaasmiddel in een mal gespoten. Het blaasmiddel zorgt dat het kunststof een 'schuim' wordt, dat expandeert en op die manier de mal goed opvult. Er is voor TSG gekozen omdat de mallen (vanwege de lage druk) relatief goedkoop zijn en daarmee goed passen bij deze ontwikkelfase van de X-Tray. Om de onderbak geschikt te maken voor TSG is in samenwerking met de leverancier het ontwerp aangepast. Daarbij is bijvoorbeeld het aanspuitpunt bepaald, zijn locaties voor de uitstootpennen bepaald en zijn alle vlakken 'lossend' gemaakt, zodat het eindproduct eenvoudig uit de mal kan worden genomen.
2. De omrand/bovenplaat. Dit is vanuit productie gezien één onderdeel, omdat gekozen is voor vacuümvormen waarbij de omrand en bovenplaat uit één kunststof plaat worden gevormd en vervolgens in de frees-nabewerking van elkaar worden gescheiden. De bovenplaat dient vervolgens te worden voorzien van ribben (ten behoeve van de sterkte/stijfheid) die middels frezen en lijmen aan de bovenplaat worden verbonden. Vanwege de nabewerking is dit een relatief dure productietechniek. De mallen zijn echter goedkoop en daardoor past deze techniek goed bij deze ontwikkelfase. In samenwerking met de leverancier is het ontwerp van de bovenplaat geschikt gemaakt

voor vacuümvormen. Daarbij is bijvoorbeeld berekend in hoeverre de wanddikte afneemt doordat het materiaal wordt 'uitgerekt', is het lijmen van de versterkingsribben getest en is de nabewerking (bijvoorbeeld de diepte van freessleuven) geoptimaliseerd. Een belangrijk uitgangspunt daarbij was een goede passing van de bovenplaat op de onderbak.

Naast de onderbak zijn verschillende andere onderdelen geoptimaliseerd.

Het eindresultaat van dit werkpakket is een compleet pakket ontwerptekeningen en -modellen op basis waarvan de eerste serie X-Trays is geproduceerd.



Figuur 6 – De eerste serie-geproduceerde onderbak

WP3 – Produceren en assembleren X-Trays

De serie-geproduceerde X-Trays bestaan uit 22 verschillende onderdelen (waarvan sommigen meer dan eens in het product voorkomen), die worden aangeleverd door 15 verschillende leveranciers in Nederland en Duitsland.

De verschillende onderdelen zijn eerst in testbatches geleverd (een of enkele stuks), om eventuele ontwerpfouten tijdig te ondervangen en om de assemblage te optimaliseren. Voor het assembleren van de 25 X-Trays is een tijdelijke assemblagelijijn ingericht in de fabriek van Sanura. Hieraan is ook een luchtdruktest toegevoegd om te verzekeren dat elke X-Tray waterdicht is.

Tijdens het assembleren van de X-Trays zijn verschillende optimalisaties doorgevoerd, met name rondom de stelvoeten. Aangezien de X-Tray 25 stelvoeten heeft die allemaal handmatig moeten worden geassembleerd, kost deze stap relatief veel tijd. Er is geëxperimenteerd met verschillende typen inserts en gereedschap om de assemblage te versnellen.

Het resultaat van dit werkpakket is een serie van 25 geassembleerde X-Trays, gereed voor transport en installatie.

Werkpakket 4 – Bepalen rendement

Van de 25 serie-geproduceerde X-Trays zijn er 3 gebruikt om het rendement vast te stellen. Hiertoe zijn metingen verricht zowel onder laboratoriumomstandigheden (door Kiwa) als in de praktijk (in vakantiewoningen van Center Parcs).

Rendement Kiwa

Het rendement van de X-Tray is door Kiwa bepaald in een meting conform de NTA8800. De test is uitgevoerd met zowel een debiet van 5,8 L/min (klasse 2), als met een debiet van 9,2 L/min (klasse 3), als met een debiet van 12,5 L/min (klasse 4). Uit de meting blijkt dat de X-Tray een maximaal rendement heeft van 47,8%. De resulterende kwaliteitsverklaring is opgenomen in Bijlage 1.

Tabel 2 – resultaten rendementsmeting X-Tray door Kiwa

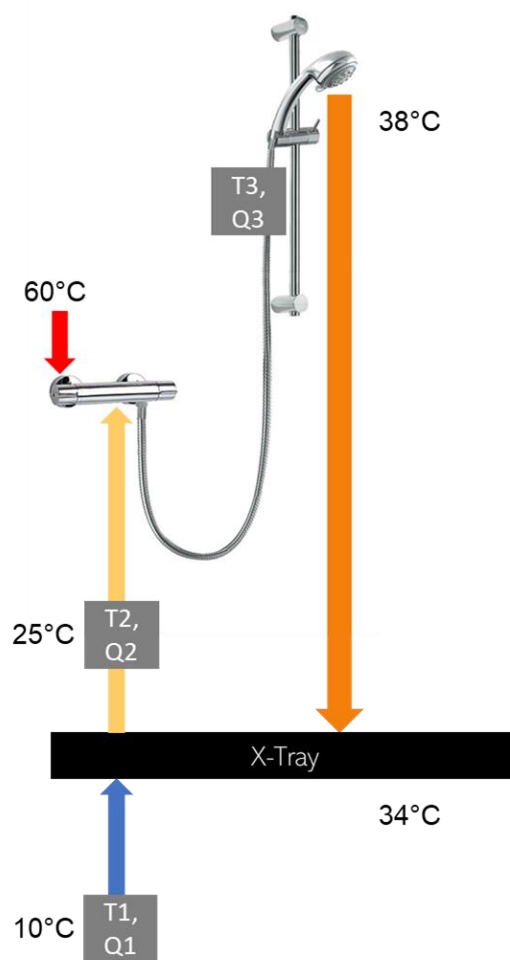
Klasse	Debiet (L/min)	Volume (L)	Rendement (%)	Drukverlies (bar)
2	5,8	47	47,8	0,18
3	9,2	73	43,5	0,45
4	12,5	100	40,0	0,80

Praktijkrendement

Het maximale rendement conform de NTA8800 is een belangrijk getal, omdat hiermee de X-Tray objectief kan worden vergeleken met douche-wtw's van andere aanbieders. Ook is dit getal leidend bij het bepalen van de energieprestatie van een gebouw en het daaraan gekoppelde energielabel. Het daadwerkelijke (praktijk)rendement kan echter afwijken van het rendement conform NTA8800, bijvoorbeeld door energieverlies tussen de douchekop en de douchebak. Om deze reden is ook het praktijkrendement getest in twee vakantiewoningen op Center Parcs De Kempervennen.

N.B. Bij het interpreteren van praktijk-rendementsmetingen moet er rekening mee worden gehouden dat het rendement situatie-specifiek is en onder invloed staat van externe factoren zoals omgevingstemperatuur, mate van ventilatie, watertemperaturen, type douchekop, etc. In andere situaties kan weer een ander rendement worden gevonden.

Voor de praktijk-rendementsmetingen zijn twee X-Trays uitgerust met verschillende sensoren die de watertemperatuur (T) en het debiet (Q) op verschillende plaatsen in het systeem meten. De temperatuurmeting heeft een nauwkeurigheid van +/- 0,1°C en de debietmeting een nauwkeurigheid van +/- 10%. De sensoren beschikken over een interne dataopslag die (periodiek) per bluetooth is uitgelezen.



Figuur 7 – Schema van sensoren in de praktijkmetingen in Center Parcs De Kempervennen (de vermelde temperaturen zijn slechts ter indicatie)

Niet alle opgehaalde data was bruikbaar. Zo waren er bijvoorbeeld hele korte douchebeurten (minder dan 3L, waarschijnlijk kort iets afspoelen) en douchebeurten waarbij enkel koud water werd gebruikt. Ook werden sommige douchebeurten niet door alle drie de sensoren geregistreerd. Over een periode van ca. 4 maanden zijn uiteindelijk 99 bruikbare douchebeurten geregistreerd waaruit het praktijkrendement kon worden berekend.

Voor het berekenen van het rendement zijn de formules uit de NTA8800 gebruikt, zie het kader op de volgende pagina.

$$\eta_{DWTW} = \frac{Q_{DWTW}}{Q_{douche}} \quad (U.2)$$

De energiehoeveelheid van het in de DWTW-unit opgewarmde drinkwater Q_{DWTW} moet uit de meetgegevens worden bepaald volgens onderstaande formule:

$$Q_{DWTW} = \Sigma \{ q_{v;koud} \times \rho(\theta_{koud}) \times [h(\theta_{koud;uit}) - h(\theta_{koud})] \times dt \} \quad (U.3)$$

De energiehoeveelheid van de douchetapping Q_{douche} moet uit de meetgegevens worden bepaald volgens onderstaande formule:

$$Q_{douche} = \Sigma \{ q_{v;douche} \times \rho(\theta_{douche}) \times [h(\theta_{douche}) - h(\theta_{koud})] \times dt \} \quad (U.4)$$

waarin:

η_{DWTW} is het dimensieloze rendement van de DWTW-unit;

Q_{DWTW} is de energiehoeveelheid van het in de DWTW-unit opgewarmde drinkwater, in kJ;

$q_{v;koud}$ is het waterdebiet van het drinkwater door de DWTW-unit, in m³/s;

$\rho(\theta)$ is de soortelijke dichtheid van het water, als functie van de temperatuur volgens U.3.4, in kg/m³;

θ_{koud} is de temperatuur van het drinkwater aan de inlaat van de DWTW-unit, in °C;

$h(\theta)$ is de soortelijke enthalpie van het water, als functie van de temperatuur volgens U.3.4, in kJ/kg;

$\theta_{koud;uit}$ is de temperatuur van het opgewarmde drinkwater aan de uitlaat van de DWTW-unit, in °C;

dt is de sampletijd, in s;

Q_{douche} is de energiehoeveelheid van de douchetapping, in kJ;

$q_{v;douche}$ is het waterdebiet van het douchewater door de DWTW-unit, in m³/s;

θ_{douche} is de temperatuur van het douchewater aan de inlaat van de DWTW-unit, in °C.

Soortelijke dichtheid van water:

$$\rho(\theta) = 999,9649 + 0,0264672 \times \theta - 0,0061549 \times \theta^2 + 1,775E-05 \times \theta^3 \quad (U.5)$$

Soortelijke enthalpie van water:

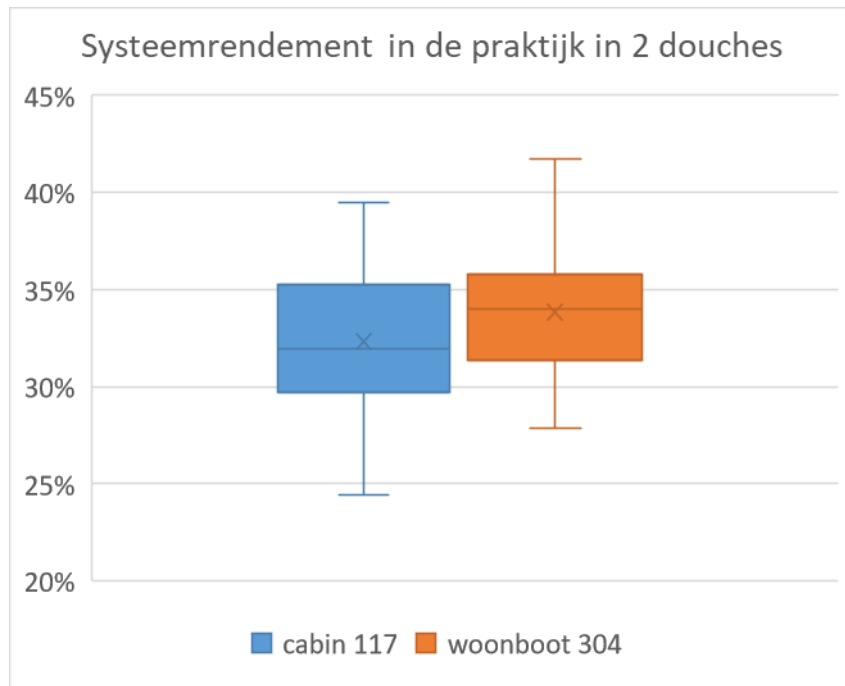
$$h(\theta) = 0,167853 + 4,18587 \times \theta - 0,000146789 \times \theta^2 + 9,38153E-07 \times \theta^3 + 8,36764E-09 \times \theta^4 \quad (U.6)$$

waarin:

θ is de temperatuur van het water, in °C.

Figuur 8 – Bepaling van het rendement volgens NTA8800

In de onderstaande grafiek is het gevonden praktijkrendement in de twee vakantiewoningen schematisch (middels een box-plot) weergegeven.



Figuur 9 – spreiding van de gevonden praktijkrendementen van de X-Tray in twee verschillende vakantiewoningen van Center Parcs (o.b.v. 61 douchebeurten in cottage 117, en 38 douchebeurten in woonboot 304)

De gevonden praktijkrendementen lagen op gemiddeld 32,3% voor cottage 117 en 33,8% voor woonboot 304. Het dient opgemerkt te worden dat in beide douches de warmtewisselaar enkel was aangesloten op de koudepoort van de douchemengkraan. Het is ook mogelijk om de X-Tray op de koudepoort van de douchemengkraan én de inlaat van de warmtapwater-bereider aan te sluiten. In dat geval kan een hoger systeemrendement gehaald worden. In de NTA8800 wordt gerekend met een omrekenfactor van 0,85 voor douche-wtw's die enkel zijn aangesloten op de koudepoort van een douchemengkraan. Op basis hiervan lijkt een praktijkrendement tot ca. 40% mogelijk voor de X-Tray wanneer deze wordt aangesloten op zowel de koudepoort van de douchemengkraan als de inlaat van de warmtapwaterbereider ($33,8 / 0,85 = 39,8\%$).

Werkpakket 5 – Bepalen antislipwaarde

Op de bovenplaat is een stroefheidsmeting uitgevoerd met een FSC 2000 draagbare frictietester. De test is uitgevoerd met een kunststof meetvoetje onder natte condities. Dit resulteerde in een gemiddelde dynamische wrijvingscoëfficiënt (μ) van 0,46. In de NEN7909 is bepaald dat voor natte toepassingen de μ minimaal 0,40 moet zijn en voor natte toepassingen in zwembaden minimaal 0,45. De topplaat voldoet dus aan deze stroefheidsnorm.

Voor het stellen van stroefheidseisen wordt ook vaak de R-waarde gebruikt. In Bijlage 2 is de relatie tussen μ en de R-waarde gegeven. Een μ van 0,46 correspondeert met R11.

Zowel de Alliantie als Center Parcs hanteren stroefheidseisen voor de doucheomgeving:

- De Alliantie: De vloer van een verdiepte douchebak en badkamer moet een antislip hebben met een R-waarde van 10 volgens NEN-EN 15673-1 of een wrijvingscoëfficiënt tussen 0,34 en 0,51 volgens NEN 7909 (*Bron: Technisch programma van Eisen 2022*).
- Center Parcs hanteert voor douches minimaal R10B, waarbij de B staat voor testen onder natte omstandigheden.

De X-Tray voldoet aan de technische eisen van zowel de Alliantie als Center Parcs. Aanvullende stroefheidsmaatregelen zijn derhalve niet noodzakelijk. Toch is ervoor gekozen om de X-Trays voor Center Parcs uit te rusten met een aanvullende Flexiteek topafwerking. Flexiteek is een kunstteak dat wordt gemaakt uit PVC en veelvuldig wordt gebruikt in de jachtbouw. Naast een luxe uitstraling (nauwelijks van echt teak te onderscheiden) heeft Flexiteek ook zeer goede antislip eigenschappen. Door het toepassen van een Flexiteek topafwerking krijgt de bovenplaat van de X-Tray een zeer hoge stroefheid.

Werkpakket 6 – Selecteren woningen en plaatsen X-Trays de Alliantie

Van de 25 geassembleerde X-Trays zijn er 10 geïnstalleerd in huurwoningen van de Alliantie. De installaties zijn uitgevoerd door Intersell in de periode januari-februari 2023.

De eerste X-Tray is geplaatst in een mutatiewoning (een lege woning die gereed wordt gemaakt voor een volgende huurder, vóórdat deze huurder bekend is). Op deze manier kon voor de eerste installatie extra veel tijd worden genomen zonder dat dit tot overlast voor een huurder leidde. Ook gaf dit de mogelijkheid om met meerdere mensen aanwezig te zijn tijdens de installatie om zo de eerste installatie goed te begeleiden en te documenteren.

Voor het vinden van geschikte woningen voor de overige 9 X-Trays is een email opgesteld met een link naar een aanmeldpagina. In totaal waren er 17 aanmeldingen vanuit 90 huurders die per mail werden benaderd. Uit deze 17 aanmeldingen zijn de meest geschikte badkamers geselecteerd voor plaatsing van de 9 overige X-Trays.

Het resultaat van dit werkpakket is 10 geïnstalleerde X-Trays in huurwoningen van de Alliantie.



Figuur 10 – Geïnstalleerde X-Trays in huurwoningen van de Alliantie

Werkpakket 7 – Selecteren woningen en plaatsen X-Trays Center Parcs

Van de 25 geassembleerde X-Trays zijn er 10 geïnstalleerd in vakantiewoningen van Center Parcs op vakantiepark De Kempervennen. De installaties zijn uitgevoerd door Intersell in de periode februari-maart 2023.

De vakantiewoningen (7 woonboten, 3 cottages) zijn geselecteerd in overleg tussen Center Parcs, Sanura en Intersell. Het resultaat van dit werkpakket is 10 geïnstalleerde X-Trays in vakantiewoningen van Center Parcs.

De resterende 5 X-Trays (25 minus 10 in huurwoningen en minus 10 in vakantiewoningen) zijn gebruikt voor metingen en (lab)experimenten. Eén van deze experimenten betrof het verdiept plaatsen van een X-Tray in een beursopstelling van Intersell. Aanvankelijk was het de bedoeling om een verdiepte plaatsing te testen in een huurwoning van de Alliantie, echter deze badkamers bleken minder geschikt voor verdiepte plaatsing wegens een beperkte hoogte van de cementdekvloer. Door de verdiepte plaatsing te testen in een beursopstelling konden ook op dit vlak de verbeterpunten worden verzameld. Zoals te zien is in figuur 12 bleek het technisch mogelijk om de X-Tray verdiept te plaatsen. Hierbij is de onderbak rechtsreeks op een ondervloer geplaatst, zonder de toepassing van stelvoeten. De totale inbouwdiepte is ca. 10 centimeter, waarvan 5 centimeter voor de afvoer incl. stankslot. De omrand van de X-Tray steekt bij deze manier van installeren nog ca. 2,5 cm boven de vloer uit, waardoor het nodig blijft om een douchecabine te plaatsen (deze staat niet op de foto). Op basis van deze ervaring is een installatiehandleiding opgesteld specifiek voor verdiepte plaatsing van de X-Tray (Bijlage 3).



Figuur 11 – Geïnstalleerde X-Trays in vakantiewoningen van Center Parcs



Figuur 12 – Verdiept geplaatste X-Tray in een beursopstelling van Intersell

Werkpakket 8 – Monitoring en verzamelen feedback

Na het plaatsen van de X-Trays volgde een monitoringsperiode. In deze periode is feedback opgehaald bij eindgebruikers van de Alliantie en Center Parcs, en bij schoonmakers en de technische dienst van Center Parcs. Ook is een technische inspectie uitgevoerd bij de geïnstalleerde X-Trays in het vakantiepark van Center Parcs.

Feedback eindgebruikers Center Parcs

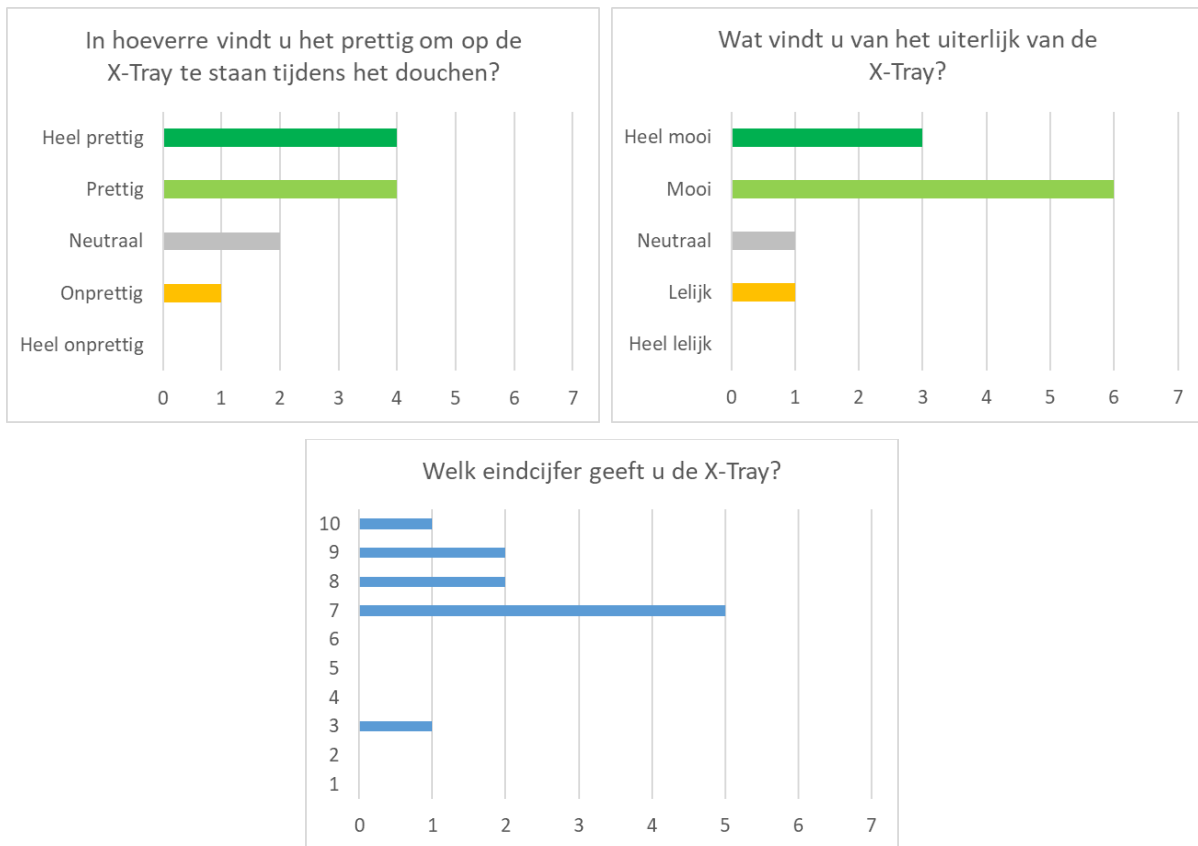
Teneinde feedback op te halen bij de eindgebruikers van Center Parcs zijn bij alle X-Trays bordjes geplaatst met daarop een QR-code die leidt naar een korte online enquête. De bordjes zijn tijdens de installatie geplaatst. Vanwege het grote percentage internationale gasten zijn de bordjes zowel in het Nederlands als het Engels uitgevoerd.



Figuur 13 – Bordjes met QR-codes om feedback te verzamelen bij Center Parcs

In de periode februari t/m november 2023 is in totaal 11 keer de online enquête ingevuld. Dit aantal viel wat tegen, maar is volgens Center Parcs niet ongebruikelijk.

In figuur 14 zijn de resultaten van de gesloten vragen samengevat in drie grafieken. Van de 11 respondenten heeft één respondent negatief geantwoord op alle vragen. Uit de antwoorden op de open vragen bleek dat deze respondent last had van een steeds wisselende douchetemperatuur. Dit kan niet worden veroorzaakt door de X-Tray en had waarschijnlijk te maken met een defecte thermostaatkraan. De overige 10 respondenten hebben positief of neutraal geantwoord op alle vragen. Gemiddeld gaven de 11 respondenten de X-Tray het eindcijfer 7,5.



Figuur 14 – Feedback van 11 eindgebruikers bij Center Parcs (gasten vakantiewoningen)

Uit antwoorden op de open vragen ‘Wat vindt u mooi of prettig aan de X-Tray?’ en ‘Wat kunnen we verder verbeteren aan de X-Tray’ kunnen de belangrijkste pluspunten en minpunten van de X-Tray (voor gebruik in een vakantiepark) worden afgeleid. De resultaten zijn samengevat in de onderstaande tabel.

Tabel 3 – Positieve en negatieve punten van de X-Tray voor gebruik in een vakantiepark, o.b.v. feedback van 11 eindgebruikers (gasten vakantiewoningen)

Positieve punten	Aantal keer genoemd
Voelt prettig aan de voeten (comfortabel warm gevoel)	6
Mooie houtlook afwerking	3
Mooi design	3
Niet glad	2
Voelt stabiel/veilig	2
Negatieve punten	Aantal keer genoemd
Er zit wat speling in de plaat c.q. de plaat wiebelt	2
Het water loopt niet goed weg	1
Het douchewater wordt steeds koud en warm	1

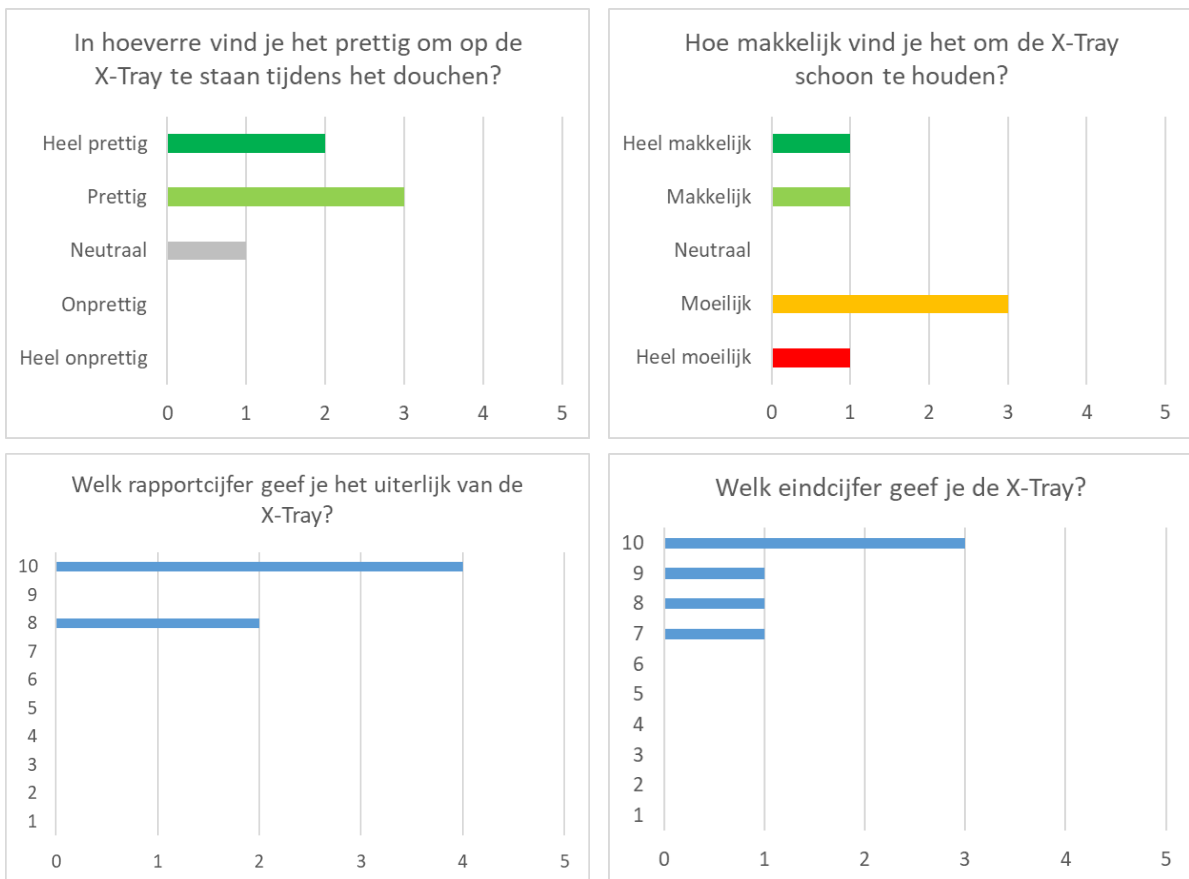
Opvallend is dat de meest genoemde positieve punten te maken hebben met de houtlook (Flexiteek) topafwerking. Deze zorgt voor een mooi uiterlijk en een prettig en warm gevoel aan de voeten. Gasten van Center Parcs waarderen deze afwerking dus in het bijzonder. Verder wordt het design in zijn algemeenheid gewaardeerd, wat ook blijkt uit figuur 14. Twee respondenten noemen dat de topplaat wat speling heeft c.q. wiebelig aanvoelt.

Op de vraag ‘Wat wilt u verder nog kwijt over de X-Tray’ antwoordden 3 respondenten dat ze niet goed begrijpen hoe de X-Tray energie bespaart.

Feedback eindgebruikers de Alliantie

Voor het verzamelen van feedback vanuit de eindgebruikers in huurwoningen van de Alliantie is een enquête opgesteld die is uitgestuurd naar de huishoudens waar de X-Tray is geplaatst. Deze enquête werd uitgestuurd ca. 2 maanden na installatie van de X-Trays. Voor deze eindgebruikers geldt dat ze een langere periode van de X-Tray gebruik maken en de X-Tray ook zelf moeten schoonhouden. Daarom was deze enquête wat uitgebreider dan de online enquête voor Center Parcs.

Van de 10 huurders waar de X-Tray is geplaatst hebben 6 huurders de enquête ingevuld. In figuur 15 zijn de resultaten van de gesloten vragen samengevat in 4 grafieken.



Figuur 15 – Feedback van 6 eindgebruikers bij de Alliantie (huurders)

De eindgebruikers bij de Alliantie vinden (net als de eindgebruikers bij Center Parcs) over het algemeen dat het prettig is om op de X-Tray te staan tijdens het douchen, en dat de X-Tray een mooi uiterlijk heeft. De 6 respondenten van de Alliantie geven het uiterlijk van de X-Tray gemiddeld een 9,3. Geen van deze respondenten geeft de X-Tray een lager eindcijfer dan een 7. Het gemiddelde eindcijfer komt op een 9,0.

Uit de resultaten blijkt dat de eindgebruikers bij de Alliantie het niet altijd makkelijk vinden om de X-Tray schoon te houden. Van de 6 respondenten geven er 4 aan dat ze het (heel) moeilijk vinden om de X-Tray schoon te houden.

Uit antwoorden op de open vragen ‘*Wat vind je mooi of prettig aan de X-Tray?*’ en ‘*Wat kunnen we verder verbeteren aan de X-Tray?*’ kunnen de belangrijkste pluspunten en minpunten van de X-Tray (voor gebruik in sociale huurwoningen) worden afgeleid. De resultaten zijn samengevat in de onderstaande tabel.

Tabel 4 – Positieve en negatieve punten van de X-Tray voor gebruik in een sociale huurwoning, o.b.v. feedback van 6 eindgebruikers (huurders)

Positieve punten	Aantal keer genoemd
Mooi design	6
Niet glad	1
Fijn dat door de douchecabine er minder condens in de badkamer is	1
Negatieve punten	Aantal keer genoemd
Schoonmaak vereenvoudigen	4
Vervelend dat geen azijn en dergelijke mogen worden gebruikt	1
De opstap is hoog voor oudere mensen	1
Er zit wat speling in de plaat c.q. de plaat wiebelt	1
De topplaat trekt krom	1
Een beetje glad	1

Ook hier komt naar voren dat eindgebruikers het design van de X-Tray waarderen. Omdat deze X-Trays niet waren uitgerust met een Flexiteek topafwerking zijn de positieve feedback punten meer gericht op het algehele uiterlijk van de X-Tray. Opvallend is dat één respondent aangeeft dat de X-Tray niet glad is, terwijl een andere respondent aangeeft dat de X-Tray wél een beetje glad is. Uit de eerder beschreven stroefheidsmetingen blijkt dat de X-Tray (zonder Flexiteek topafwerking) ruim voldoende stroef is voor toepassing in een doucheomgeving.

In lijn met figuur 15 noemen 4 respondenten dat het schoonmaken van de X-Tray verder kan worden vereenvoudigd. Ook noemt één respondent dat de opstap hoog is voor oudere mensen en dat de plaat wat wiebelig is. Een andere respondent noemt dat de topplaat een beetje krom trekt.

Alle respondenten geven aan dat zich geen technische problemen hebben voorgedaan met de X-Tray. Op de vraag ‘*Wat wil je verder nog kwijt over de X-Tray?*’ antwoordden 3 respondenten dat ze erg tevreden/blij zijn met de X-Tray.

Feedback schoonmakers Center Parcs

De vakantiewoningen van Center Parcs worden na elke verhuur volledig schoongemaakt door een schoonmaakploeg. Na een gebruikperiode van ca. 3 maanden zijn verschillende

schoonmakers bevestigd over hun ervaringen met het schoonmaken van de X-Tray. Hieruit kwamen de volgende punten naar voren:

- Het duurt nooit langer dan 5 minuten om een X-Tray schoon te maken.
- Het is fijn dat de X-Tray minder oppervlakken heeft die schoongemaakt hoeven te worden dan een 'losse' douche-wtw (zoals de Sanura Flatmate). Anderzijds is het wel lastiger dat de warmtewisselaar van de X-Tray vastzit in de onderbak en dus niet rechtop gezet kan worden om deze schoon te spoelen.
- Het is niet voor alle schoonmakers duidelijk hoe de X-Tray moet worden schoongemaakt. Ook is het doel c.q. de werking van de X-Tray onduidelijk voor de schoonmaakploegen.

Naar aanleiding van deze gesprekken is een schoonmaakinstructie voor de X-Tray opgesteld die is verspreid onder de schoonmaakploegen. In deze instructie is ook het doel c.q. de werking van de X-Tray uitgelegd.

Leerpunten technische inspectie

Na een gebruiksperiode van ca. 3 maanden zijn alle geïnstalleerde X-Trays op Center Parcs De Kempervennen geïnspecteerd. Ook heeft een gesprek plaatsgevonden met de technisch manager. Hieruit kwamen de volgende leerpunten naar voren:

- De technisch manager is tevreden over de X-Tray. Er zijn vanuit gasten geen klachten of vragen over de X-Tray gekomen.
- Na ca. 3 maanden gebruik zien de X-Trays er goed uit en zijn er geen zichtbare gebreken of slijtages.

Werkpakket 9 – Rapportage en afronding

Alle projectresultaten zijn verzameld in het voorliggende eindrapport, dat door de projectpartners zal worden verspreid binnen hun eigen organisatie en onder relevante partners. Gedurende het project is een lijst met verbeterpunten bijgehouden op het vlak van maakbaarheid, productiekosten, robuustheid en (thermisch) rendement. Deze verbeterpunten worden door Sanura gebruikt om het ontwerp van de X-Tray te verbeteren.

3. Discussie

Het rendement van de X-Tray

Uit de rendementmetingen door Kiwa (conform de NTA8800) blijkt dat het maximale rendement van de X-Tray 47,8% is, bij een volumestroom van 5,8 L/min. Zoals verwacht neemt het rendement af naarmate de volumestroom toeneemt. Zo wordt bij een volumestroom van 12,5 L/min nog een rendement van 40,0% gehaald. Dit zijn goede rendementcijfers voor een horizontale douche-wtw.

Zoals verwacht is het in de praktijk gemeten systeemrendement lager dan het door Kiwa vastgestelde rendement. Bij het interpreteren van deze praktijkmetingen is voorzichtigheid geboden. Het rendement is immers afhankelijk van vele factoren, zoals de manier van aansluiten, de temperatuur van de doucheruimte, de volumestroom van de douche, de ventilatie en de temperatuur van het koude water. In een andere situatie kunnen weer andere resultaten worden gevonden. De hier gemeten energiebesparing van gemiddeld 32,3 tot 33,8% wordt als een goed resultaat beschouwd, en is bovendien gemeten in praktijksituaties waarin de douche-wtw enkel was aangesloten op de koudepoort van de douchemengkraan. Wanneer de X-Tray wordt aangesloten op zowel de koudepoort van de douchemengkraan als op de inlaat van de warmtapwaterbereider, dan wordt verwacht dat een energiebesparing tot 40% in de praktijk mogelijk is (zie ook hoofdstuk 2).

De levensduur van de X-Tray

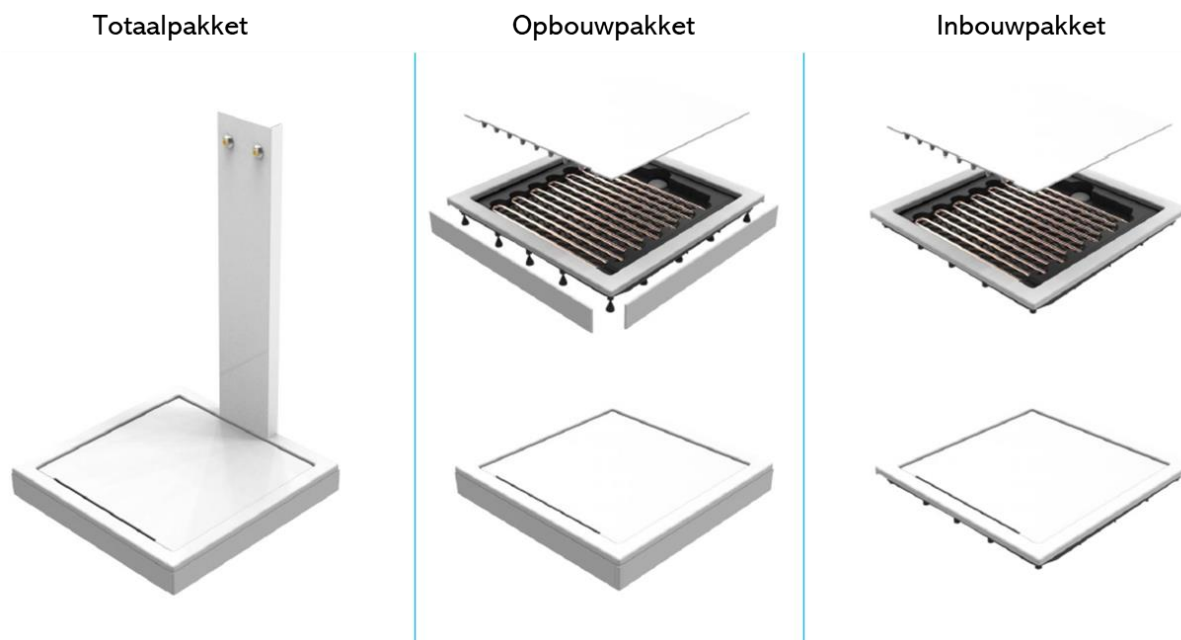
Er zijn geen aanwijzingen dat onderdelen van de X-Tray, zoals gebruikt in deze pilot, niet robuust genoeg zijn om een levensduur van 20 jaar te halen. Gedurende de pilot zijn geen defecten opgetreden en is geen zichtbare slijtage geconstateerd.

De verkoopprijs van de X-Tray

De verkoopprijs van de X-Tray dient in goede verhouding te zijn met het gehaalde rendement, zodat de investering binnen een redelijke tijd kan worden terugverdiend, in ieder geval ruim binnen de levensduur van het product. Daarnaast zorgt een lagere verkoopprijs ervoor dat meer mensen het product kunnen aanschaffen. Tenslotte is het van belang dat de verkoopprijs van de X-Tray concurrerend is t.o.v. vergelijkbare oplossingen.

De X-Tray kan in verschillende configuraties worden verkocht:

- **Totaalpakket** – Dit is de complete X-Tray zoals getest in deze pilot, inclusief stelvoeten, plinten, koof en slangenset. Met dit pakket kan de X-Tray op een bestaande douchevloer worden opgebouwd en op de bestaande kraanaansluitingen en afvoer worden aangesloten, zonder dat hier breekwerk voor nodig is.
- **Opbouwpakket** – Dit is de X-Tray inclusief stelvoeten en plinten, maar zonder koof en slangenset. Dit pakket kan worden gebruikt bij lichte badkamerrenovaties, waarbij het tegelwerk wordt vervangen.
- **Inbouwpakket** – Dit is de X-Tray zonder stelvoeten, plinten, koof en slangenset. Dit pakket kan worden gebruikt bij uitgebreide badkamerrenovaties of nieuwbouw, waarbij het tegelwerk wordt vervangen en de X-Tray verdiept kan worden geplaatst.



Figuur 16 – Verschillende configuraties waarin de X-Tray kan worden verkocht

Het *inbouwpakket* bevat de minste onderdelen is daardoor het goedkoopst om te produceren. Op basis van modelberekeningen en offertes wordt ingeschat dat bij een productievolume van 500 stuks de beoogde verkoopprijs van 1.000 euro/stuk kan worden gehaald.

Om het *opbouwpakket* voor de gewenste 1.000 euro/stuk te kunnen aanbieden dienen aanvullende optimalisaties te worden doorgevoerd, en is een productie van tenminste 1.000 X-Trays per jaar nodig.

Om het *totaalpakket* voor de gewenste 1.000 euro/stuk te kunnen aanbieden dient moet voor enkele onderdelen worden overgeschakeld op een andere productiemethode. Een eerste inschatting is dat dit haalbaar is bij een productievolume van ca. 4.000 X-Trays per jaar.

De hierboven genoemde verkoopaantallen worden realistisch geacht en dus wordt geconcludeerd dat het voor elk van de pakketten op termijn haalbaar is om de beoogde verkoopprijs van 1.000 euro/stuk te halen.

N.B. Deze inschattingen zijn onder voorbehoud en o.b.v. het prijspeil van Q4 2023.

Installatie van de X-Tray

In deze pilot is het totaalpakket van de X-Tray 20 keer geïnstalleerd, waarbij verschillende monteurs van Intersell zijn betrokken. Op basis hiervan wordt een gemiddelde installatietijd van 6 uur realistisch geacht. Bij een prijs van 60 euro/uur leidt dit tot installatiekosten van ca. 360 euro per X-Tray (excl. BTW).

N.B. De installatiekosten zijn exclusief de montage van een douchedeur of -cabine.

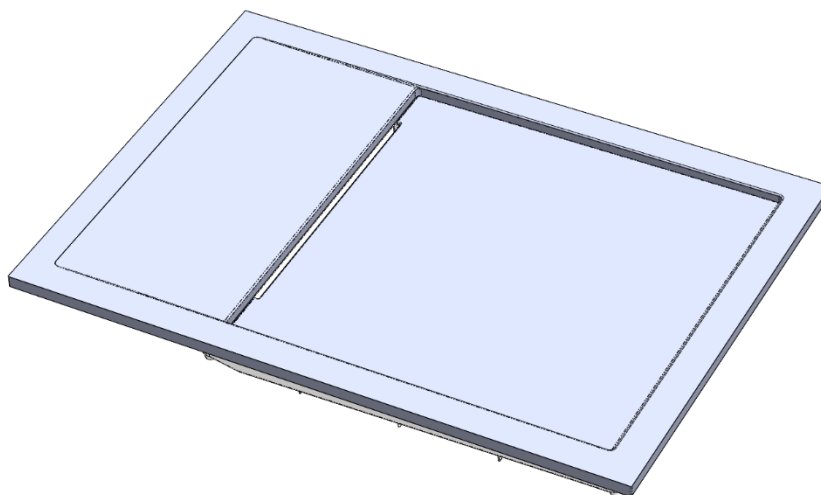
Inbouwen van de X-Tray

In deze pilot is één X-Tray verdiept geplaatst, zie hoofdstuk 2 / figuur 12. Dit bleek technisch goed te realiseren. Naar aanleiding hiervan is een installatiehandleiding opgesteld specifiek voor verdiepte plaatsing van de X-Tray (Bijlage 3). In deze handleiding is te lezen welke (aanvullende) handelingen hiervoor nodig zijn.

Het verdiept plaatsen van de X-Tray hoeft niet per definitie tot hogere kosten te leiden; dit is situatie-specifiek. Bijvoorbeeld in een project waarin badkamervloeren opnieuw worden opgebouwd en leidingwerk opnieuw wordt aangelegd, kan het eenvoudiger zijn om de X-Tray verdiept te plaatsen dan om het totaalpakket inclusief stelvoeten, plinten en koof te plaatsen.

Bij de verdiepte plaatsing zoals uitgevoerd in deze pilot blijft de omrand ca. 2,5 cm boven de bestaande vloer uitsteken. Om te voorkomen dat douchewater buiten de X-Tray belandt dient in dat geval nog steeds gebruik te worden gemaakt van een douchecabine. Een alternatief is om een grotere topplaat te realiseren, bijvoorbeeld van 120 x 90 cm, die als inlopdouche kan worden gebruikt. Zo'n grotere topplaat is duurder dan de topplaat die is gebruikt in deze pilot, echter de totale implementatiekosten kunnen lager uitvallen omdat dan enkel een douchewand nodig is i.p.v. een volledige douchecabine.

Alternatief is het ook mogelijk om de X-Tray volledig verdiept te plaatsen (inclusief de omrand). De inbouwdiepte is dan ca. 12,5 cm. Deze manier van inbouwen is tijdens de pilot niet getest.



Figuur 17 – Impressie van een grotere topplaat (120 x 90 cm) die kan worden toegepast als inlopdouche

De terugverdientijd van de X-Tray

De maandelijkse besparing op de energierekening is afhankelijk van verschillende factoren, waaronder:

- De energieprijzen;
- Het type warmtapwaterbereiding. Zo is water opwarmen met een elektrische boiler momenteel duurder dan met een gasketel;
- De hoeveelheid douchewater die maandelijks wordt gebruikt. Dit is weer afhankelijk van de grootte van het huishouden, het douchegedrag en de volumestroom die uit de douchekop komt;
- Omgevingsfactoren die het rendement beïnvloeden, zoals de mate van ventilatie en de temperatuur van de badkamer. Ook de manier waarop de X-Tray is aangesloten is van belang, zoals toegelicht in hoofdstuk 2.

In figuur 18 is de maandelijkse besparing voor huishoudens met een gasketel ingeschat als functie van de huishoudgrootte en de gemiddelde doucheduur per persoon per dag. Daarbij is

een rendement van 34% gebruikt. Hieruit blijkt dat de maandelijkse besparing van huishouden tot huishouden sterk kan verschillen. Voor iemand die alleen woont en kort/weinig doucht, levert de X-Tray hooguit enkele euro's per maand op. Voor een gezin met twee kinderen dat dagelijks redelijk lang doucht, kan de besparing eenvoudig oplopen tot boven de 20 euro per maand.

In figuur 19 is een vergelijkbare berekening uitgevoerd, maar nu uitgaande van een elektrische boiler. Omdat elektriciteit relatief duur is ten opzichte van gas (kosten per GJ), is de besparing in dit geval ook hoger. Hierbij is uitgegaan van een rendement van de elektrische warmtapwaterbereider van 100% (COP=1). Dit is bijvoorbeeld het geval bij een elektrische doorstroomboiler of een eenvoudige elektrische boiler met buffervat. Een kanttekening hierbij is dat er ook elektrische warmtapwaterbereiders beschikbaar zijn met een betere efficiëntie, bijvoorbeeld warmtepompboilers. Deze worden momenteel (nog) niet op grote schaal toegepast vanwege de hoge kosten.

In figuur 20 zijn de resultaten voor een gassituatie en een elektrische situatie gecombineerd, voor het douchegedrag van een gemiddelde Nederlander (gemiddelde doucheduur ca. 8 minuten).

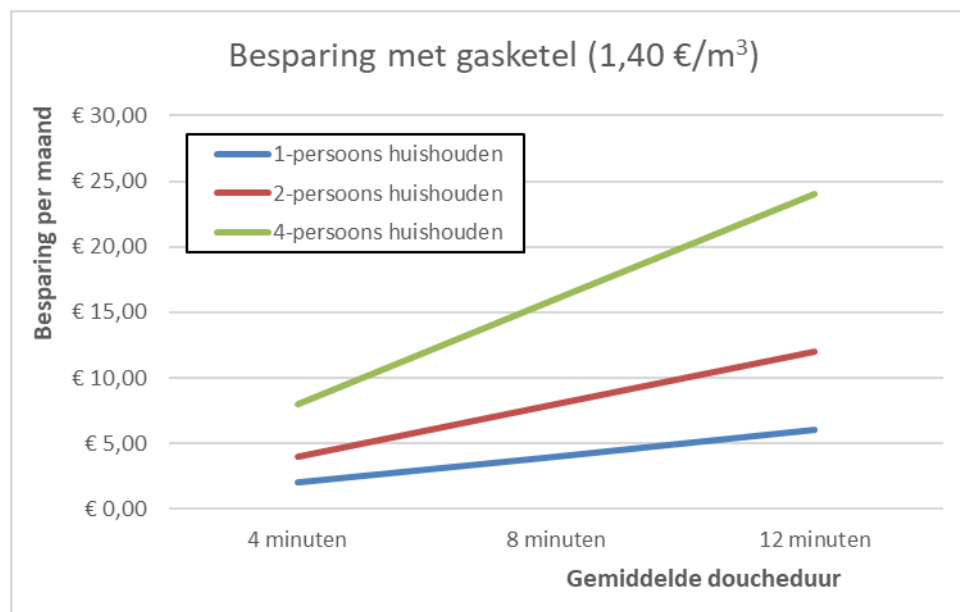


Fig. 18 – maandelijkse besparing op de gasrekening (uitgaande van een rendement van 34%, een gemiddelde koudwatertemperatuur van 13°C, een volumestroom van 9 L/min, een douchetemperatuur van 40°C en een gasprijs van €1,40/m³)

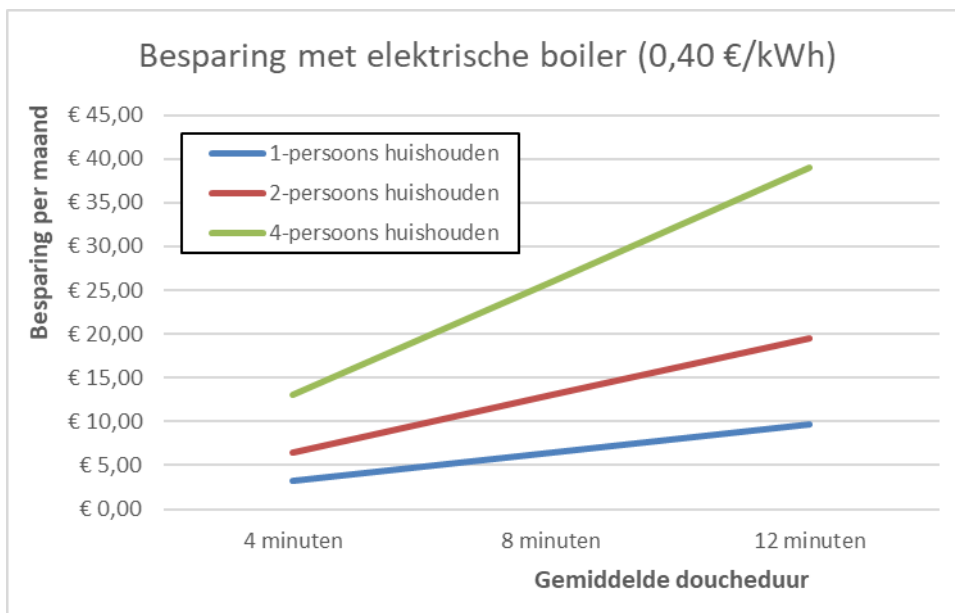


Fig. 19 – maandelijkse besparing op de elektriciteitsrekening (uitgaande van een rendement van 34%, een COP van 1, een gemiddelde koudwatertemperatuur van 13°C, een volumestroom van 9 L/min, een douchetemperatuur van 40°C en een stroomprijs van 0,40/m³)

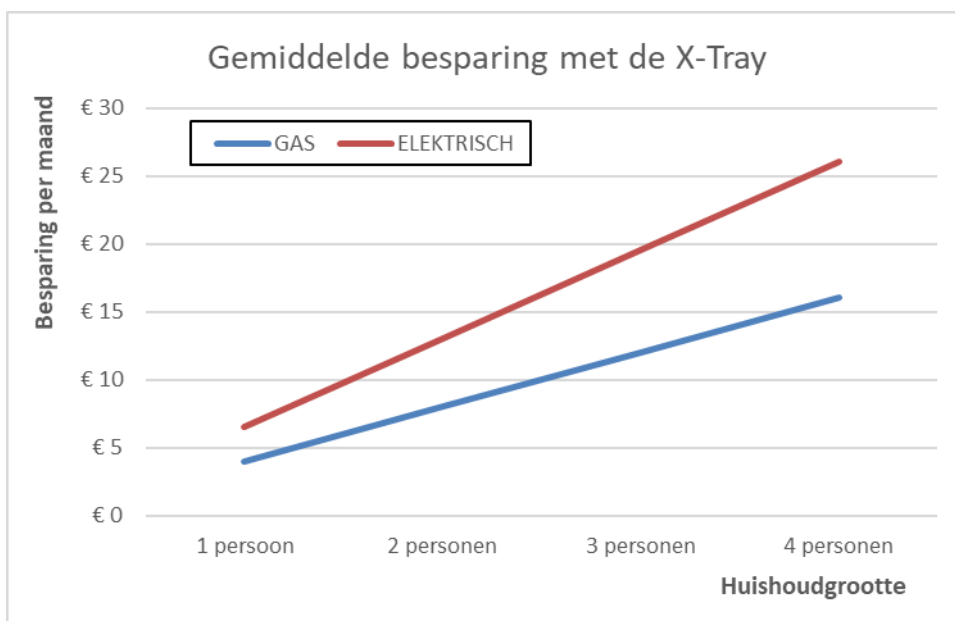


Fig. 20 – maandelijkse besparing op de energierekening (voor een gemiddeld douchegegedrag en uitgaande van een gasprijs van 1,40 euro/m³ en een stroomprijs van 0,40 euro/kWh)

Om de X-Tray terug te kunnen verdienen, dient de terugverdientijd korter te zijn dan de technische levensduur. De beoogde levensduur is (minimaal) 20 jaar. Bij investeringskosten van 1.645 euro inclusief BTW en inclusief installatie moet dan maandelijks minimaal 6,85 euro worden bespaard. Op basis van het bovenstaande lijkt dit voor veel huishoudens haalbaar.

Een andere benadering is om de terugverdientijd van de X-Tray voor een gemiddeld huishouden (2,12 personen) met een gemiddeld douchegegedrag (gemiddelde doucheduur van ca. 8 minuten) te berekenen. Voor een gassituatie leidt dit (bij een gasprijs van 1,40 euro/m³) tot een besparing van ca. 8,30 euro/maand, oftewel een terugverdientijd van ca. 16,5 jaar. In het geval van een elektrische boiler leidt dit (bij een stroomprijs van 0,40 euro/kWh) tot een besparing van ca. 13,50 euro/maand, oftewel een terugverdientijd van ca. 10 jaar.

N.B. deze terugverdientijden zijn zonder enige vorm van subsidie. Ook is in deze (sterk vereenvoudigde) berekening nog niet meegenomen dat het toepassen van de X-Tray zorgt voor een lagere investering voor het aardgasvrij worden van woningen, bijvoorbeeld omdat een minder grote boiler of minder groot buffervat nodig is. Ook dient te worden opgemerkt dat de X-Tray in veel situaties zal worden toegepast in plaats van een normale douchebak. De kosten van een normale douchebak moeten in zo'n geval van de investering worden afgetrokken om een eerlijke terugverdientijd te berekenen. Kortom, de hierboven beschreven terugverdientijden kunnen als conservatief worden beschouwd.

De milieu-impact van de X-Tray

Bovenop de financiële besparing heeft de X-Tray een directe positieve klimaatimpact, omdat er minder CO₂ wordt uitgestoten wanneer er minder energie wordt verbruikt. De hoeveelheid CO₂ uitstoot die kan worden vermeden is sterk afhankelijk van de manier waarop het warm tapwater wordt bereid. En in het geval van elektrische warmtapwater-bereiding ook van de herkomst van de elektrische stroom. Uitgaande van een gasketel, is de CO₂ reductie direct gekoppeld aan de hoeveelheid gas die wordt bespaard, en dus afhankelijk van de factoren die in de voorgaande paragraaf zijn besproken.

Een gemiddeld Nederlands huishouden (2,12 personen) dat op gas stookt, stoot dankzij de X-Tray ca. 130 kg minder CO₂ uit op jaarbasis. In een eerdere analyse is berekend dat het produceren, transporteren en recyclen van de X-Tray leidt tot een CO₂ uitstoot van ca. 125 kg. Dit betekent dat qua CO₂ uitstoot de X-Tray in een gemiddeld huishouden binnen 1 jaar wordt 'terugverdiend'. Over de beoogde minimale levensduur van 20 jaar stoot dit gemiddelde huishouden ca. 2,5 ton minder CO₂ uit.

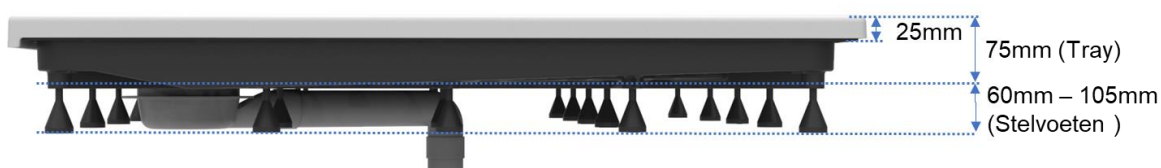
N.B. Naast CO₂ uitstoot zijn ook andere milieuaspecten van belang, zoals bijvoorbeeld ecotoxiciteit en de uitputting van grondstoffen. In opdracht van de RVO is door LBP-Sight een levenscyclusanalyse (LCA) voor de X-Tray uitgevoerd, waarin dit soort aspecten is meegewogen. In deze LCA is geconcludeerd dat de X-Tray voor meerpersoonshuishoudens (2 huisgenoten of meer) met een gemiddeld douchegegedrag altijd leidt tot milieuwinst. De milieuwinst neemt gestaag toe bij meer huisgenoten en wanneer het warmtapwater wordt bereid met gas i.p.v. elektriciteit. Ook voor 1-persoonshuishoudens met een gemiddeld douchegegedrag leidt de X-Tray in de meeste gevallen tot milieuwinst. Alleen wanneer het warm tapwater elektrisch wordt bereid, waarbij voor 100% gebruikt wordt gemaakt van hernieuwbare energie, wegen de milieubaten van energiebesparing voor 1-persoonshuishoudens niet op tegen de milieulasten van productie, transport en recycling. De LCA wordt momenteel gecontroleerd door de RVO en binnenkort gepubliceerd (*LCA innovatiesubsidieprojecten - Milieuprestatie van de ontwikkelde producten in innovatiesubsidieprojecten, Benthe Vermaas & Jeannette Levels-Vermeer*).

Het gebruiksgemak van de X-Tray

Uit de enquêteresultaten (hoofdstuk 2) blijkt dat eindgebruikers van zowel vakantiewoningen als sociale huurwoningen tevreden zijn over de X-Tray. Ze geven de X-Tray respectievelijk een gemiddeld eindcijfer 7,5 en 9,0.

Van de in totaal 17 respondenten vindt één respondent dat de instaphoogte ongemakkelijk is voor oudere mensen. Daarbij dient opgemerkt te worden dat de X-Trays in deze pilot omwille van installatiegemak vrij hoog zijn geplaatst (op ca. 18 cm instaphoogte). Zonder verdere productaanpassingen kan de instaphoogte worden teruggebracht naar ca. 13,5 cm bij opbouw op een bestaande douchevloer. Verder is het mogelijk om de X-Tray (deels) in te bouwen. Dat kan op verschillende manieren:

1. Inbouwen waarbij enkel de afvoer wordt weggewerkt in de cementdekvloer. De kunststof onderbak van de X-Tray wordt dan bovenop de (geëgaliseerde) bestaande douchevloer geplaatst. Hierbij wordt de opstaphoogte ca. 7,5 cm. De onderkant van de afvoer komt dan op ca. 5 cm inbouwdiepte.
2. Inbouwen waarbij de kunststof onderbak én de afvoer worden weggewerkt in de vloer. De onderkant van de afvoer komt dan op ca. 10 cm inbouwdiepte. De opstaphoogte is dan slechts 2,5 cm (= de hoogte van de omrand). Deze vorm van inbouwen is getest tijdens deze pilot (zie hoofdstuk 2, figuur 12).
3. Inbouwen van de totale X-Tray inclusief afvoer, onderbak en omrand. De onderkant van de afvoer komt dan op 12,5 cm inbouwdiepte.



Figuur 21 – Zijaanzicht van de X-Tray inclusief stelvoeten

Het meest genoemde kritiekpunt op de X-Tray is dat het moeilijk is om deze schoon te maken. Van de 6 huurders van sociale huurwoningen die hebben gereageerd op de enquête, geven 4 respondenten aan de schoonmaak (erg) moeilijk te vinden. Opvallend is dat twee respondenten juist aangeven de schoonmaak (erg) makkelijk te vinden. Uit de reacties op de open vragen komt naar voren dat de respondenten het met name moeilijk vinden om te bukken en te reiken om de warmtewisselaar schoon te maken. Dit kan wellicht worden opgelost door het ontwikkelen van een hulpmiddel dat kan worden gekoppeld aan de doucheslang, waarmee de warmtewisselaar vanaf een grotere afstand (wellicht zonder te bukken) kan worden schoongemaakt. Overigens wordt opgemerkt dat de respondenten die aangeven de schoonmaak moeilijk te vinden de X-Tray nog altijd een hoog eindcijfer geven (zie figuur 15). Hieruit kan worden afgeleid dat de schoonmaak in het huidige ontwerp geen breekpunt is voor eindgebruikers.

Overige kritiekpunten die door respondenten zijn genoemd kunnen worden opgelost door lichte ontwerp-aanpassingen óf zijn niet direct toe te schrijven aan de X-Tray (maar bijvoorbeeld aan een defecte thermostaatkraan).

Uit de enquêteresultaten blijkt dat de eindgebruikers zeer te spreken zijn over het uiterlijk van de X-Tray. In deze pilot zijn enkel witte X-Trays toegepast, waarbij de X-Trays in vakantiewoningen zijn uitgevoerd met een houtlook (Flexiteek) topafwerking. Het is ook mogelijk om de X-Trays zonder meerkosten in het mat zwart uit te voeren.

Op basis van het bovenstaande wordt geconcludeerd dat het huidige ontwerp van de X-Tray voldoet aan de eisen van eindgebruikers op het vlak van gebruik en esthetiek. Het is mogelijk om het gebruiksgemak verder te optimaliseren met lichte productaanpassingen.

4. Conclusies en aanbevelingen

Dit pilotproject heeft ruimschoots voldoende informatie opgeleverd om alle onderzoeksvragen (zie hoofdstuk 1.2) te beantwoorden. De belangrijkste conclusies zijn:

- De serie-geproduceerde X-Tray is zowel vanuit technisch als economisch oogpunt een zeer haalbaar product:
 - De X-Tray haalt een goed rendement in vergelijking met andere horizontale douche-wtw's. Op basis van de pilotresultaten lijkt een energiebesparing in de tot 34% in de praktijk haalbaar wanneer de X-Tray enkel wordt aangesloten op de koudepoort van de douchemengkraan, en tot 40% wanneer de X-Tray wordt aangesloten op zowel de koudepoort van de douchemengkraan als op de ingang van de warmtapwaterbereider.
 - De terugverdientijd van de X-Tray inclusief installatiekosten valt voor de meeste huishoudens ruim binnen de technische levensduur.
 - Met de X-Tray wordt over de technische levensduur in een gemiddelde situatie netto een significante hoeveelheid CO₂ uitstoot voorkomen. Ook wanneer overige milieu-effecten zoals ecotoxiciteit en uitputting van grondstoffen worden meegewogen levert de X-Tray in veruit de meeste situaties een significante milieuwinst op.
 - De X-Tray is voldoende makkelijk te installeren door een professionele installateur binnen een installatietijd van ca. 6 uur. Het installatiegemak is bovendien nog te verbeteren binnen de grenzen van het huidige concept.
 - Er zijn geen aanwijzingen dat onderdelen van de X-Tray de beoogde technische levensduur (20 jaar) niet kunnen halen.
 - De beoogde verkoopprijs van de X-Tray (1.000 euro excl. BTW) is haalbaar bij realistische verkoopaantallen.
 - Het is technisch mogelijk om de X-Tray op verschillende manieren op te bouwen c.q. in te bouwen, wat ervoor zorgt dat het product in een groot aantal situaties kan worden toegepast.
- De serie-geproduceerde X-Tray is een voldoende gebruiksvriendelijk product voor toepassing in zowel vakantieparken als sociale huurwoningen. Bovendien is het gebruiksgemak nog te verbeteren binnen de grenzen van het huidige concept.
- Het uiterlijk van de serie-geproduceerde X-Tray voldoet ruimschoots aan de verwachtingen van eindgebruikers in zowel vakantieparken als sociale huurwoningen. In vakantiewoningen wordt de toevoeging van een houtlook (Flexiteek) topafwerking bijzonder gewaardeerd.

Hieraan gekoppeld worden de volgende aanbevelingen gedaan:

- Het verbeteren van de X-Tray o.b.v. de gevonden verbeterpunten. Dit is door Sanura reeds in gang gezet.
- Het testen van de verbeterde X-Tray om vast te stellen of de productverbeteringen leiden tot een nog betere robuustheid, installatiegemak en gebruiksgemak.
- Het zo snel mogelijk opschalen van de verkoop en productie tot minimaal 4.000 stuks per jaar, zodat de X-Tray in verschillende configuraties op een economisch efficiënte manier kan bijdragen aan de energietransitie.
- Het uitvoeren van tests met de X-Tray in andere beoogde marktsegmenten zoals hotels en ouderenwoningen, teneinde vast te stellen of de X-Tray ook in deze situaties aan de eisen van eindgebruikers voldoet.
- Het onderzoeken van, en experimenteren met, financieringsmodellen voor uitrol van de X-Tray in de verschillende beoogde marktsegmenten.

Bijlage 1 – Kiwa kwaliteitsverklaring Sanura X-Tray



DECLARATION



number	338491/01	Replaces	-
Date of issue	03-10-2023	Issued first	03-10-2023
		Report number	P000323849

Declaration regarding the efficiency of a shower heat recovery unit

DECLARATION OF KIWA

This declaration is based on a single examination by Kiwa on products supplied by

Sanura B.V.

This declaration does not pass a judgment on other products supplied by the manufacturer. The products mentioned below were tested according to the procedure according to annex U of the NTA 8800:2023.

X-Tray

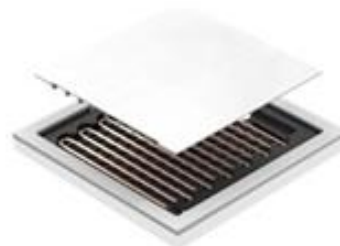
class	Flow (l/min)	Volume (l)	Efficiency (%)	Flow resistance (ΔP) (bar)
2	5.8	47	47.8	0.18
3	9.2	73	43.5	0.45
4	12.5	100	40.0	0.80

Allard Slomp
Product Manager

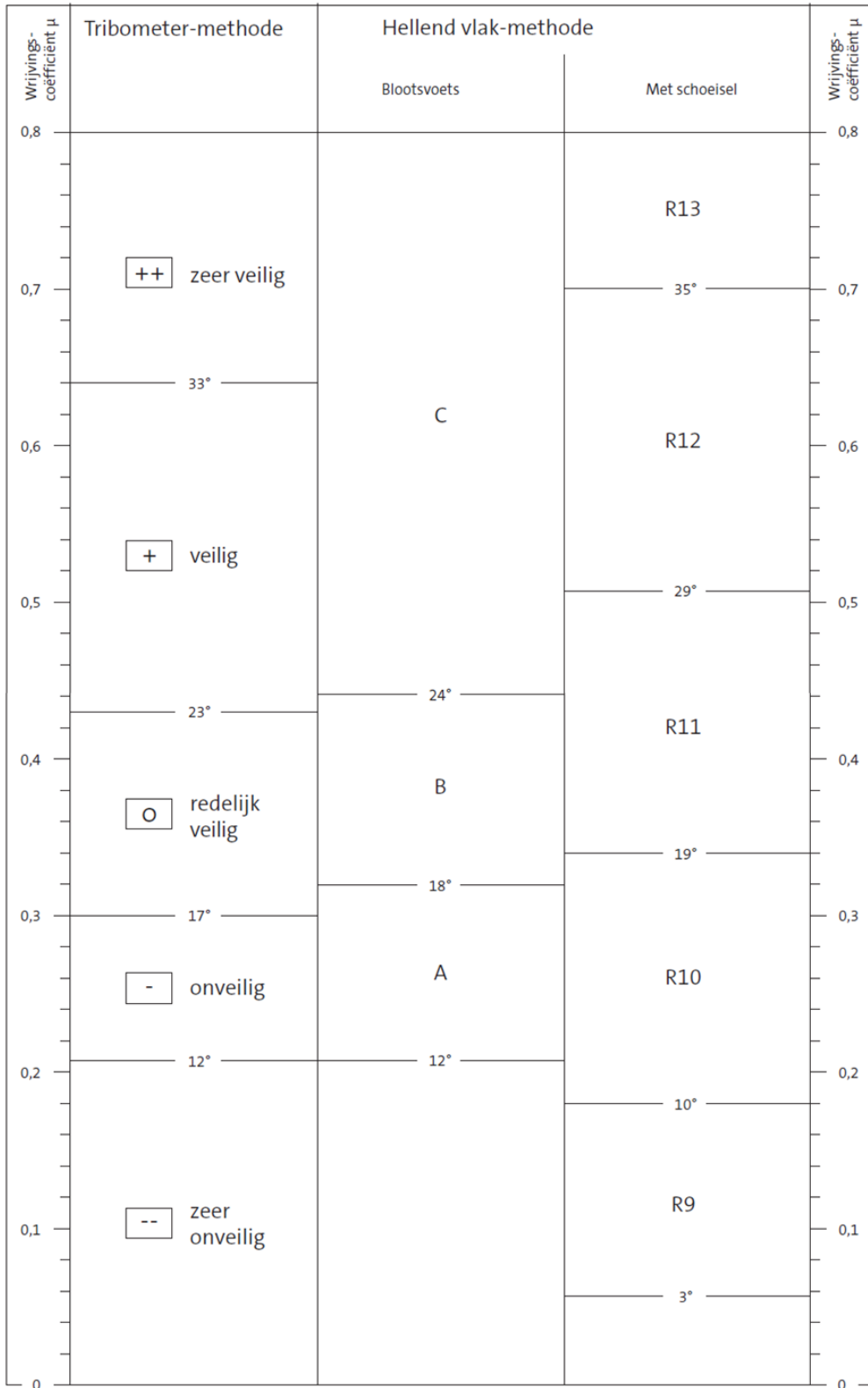
Kiwa Nederland B.V.

Kiwa Nederland B.V.
Wilmersdorf 50
Postbus 137
7300 AC Apeldoorn
The Netherlands
Tel. 088 998 33 55
info@kiwa.com
www.kiwaenergy.com

Sanura B.V.
Atoomweg 7
3542 AA Utrecht
The Netherlands
info@sanura.nl
www.sanura.nl



Bijlage 2 – Relatie tussen wrijvingscoëfficiënt en R-waarde



Bron: Mosa Technisch informatieblad Loopveiligheid NL-2021-06

Bijlage 3 – Installatiehandleiding voor verdiepte plaatsing X-Tray

De handleiding is te bereiken via de volgende link:

<https://sanura.nl/wp-content/uploads/2023/12/Installatie-X-Tray.pdf>