



Energy research Centre of the Netherlands

# **Topmacs: Zoeken naar de auto a/c unit zonder toevoeging van mechanische of elektrische energie**

R. de Boer

*Artikel verschenen in Automotive Airconditioning Reporter 62, May-June 2008  
(viertalig: Nederlands, Engels, Duits en Italiaans)*

# Automotive Airconditioning Reporter

INDEPENDENT MAGAZINE FOR THE AUTOMOTIVE A/C INDUSTRY

AAR 62 - May-June 2008



Bron/Fonte: Dometic Waeco

## 2008 EAAC



Workshops Tecnici  
Technische workshops



Relazione  
Voordrachten



Fiera Specializzata  
Vakbeurs

Sponsored by:



## 2008 EAAC

22-23 Sept. Frankfurt

Tel: (+31)413-255406

Fax: (+31)413-255406

E-mail: [auto.ac.reporter@planet.nl](mailto:auto.ac.reporter@planet.nl)  
[www.auto-ac-reporter.com](http://www.auto-ac-reporter.com)

In het kader van het verminderen van de energie die nodig is om motorvoertuigen en hun comfortsystemen aan te drijven, beperkt de auto a/c branche zich niet alleen tot het zoeken naar nieuwe koelgassen en verbeterde componenten. Van een geheel andere orde is het Topmacs project dat naast Centro Ricerche Fiat, Valeo en Iveco ook onderzoeksinstituten en technische universiteiten als deelnemers heeft.

Nel perseguire l'obiettivo di ridurre la quantità d'energia necessaria al funzionamento degli autoveicoli e per assicurare il comfort agli occupanti, l'industria dei climatizzatori non si limita alla ricerca di nuovi gas refrigeranti ed al perfezionamento di impianti e componenti. In quest'ambito il progetto Topmacs, al quale partecipano, oltre al Centro Ricerche Fiat, Valeo ed Iveco, anche istituti di ricerca e politecnici, si muove su un piano completamente diverso.

- 4 Topmacs: Zoeken naar de auto a/c unit zonder toevoeging van mechanische of elektrische energie  
*Topmacs: la ricerca di un climatizzatore per autoveicoli che non assorbe energia meccanica od elettrica*
- 9 Denso's 5SER09 Rotary Valve Compressor  
*Compressore a valvola rotativa Denso 5SER09*
- 18 Het laatste HFO-1234YF nieuws  
*Un aggiornamento su HFO-1234yf*
- 23 Meten met een Oscilloscoop  
*Misure con l'Oscilloscopio*



# Topmacs: Zoeken naar de auto a/c unit zonder toevoeging van mechanische of elektrische energie

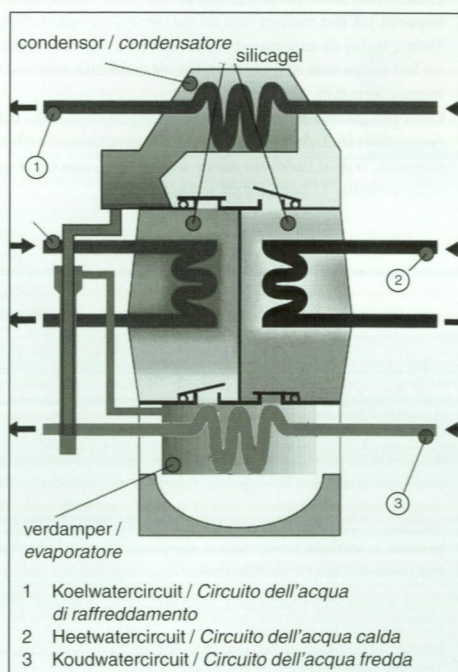


*In het kader van het verminderen van de energie die nodig is om motorvoertuigen en hun comfortsystemen aan te drijven, beperkt de auto a/c branche zich niet alleen tot het zoeken naar nieuwe koelgassen en verbeterde componenten. Van een geheel andere orde is het Topmacs project dat naast Centro Recerche Fiat, Valeo en Iveco ook onderzoeksinstituten en technische universiteiten als deelnemers heeft.*

*Het Topmacs project is momenteel in de fase aangeland dat het werkingsprincipe binnenkort in motorvoertuigen zal worden getest. AAR sprak hierover met Robert de Boer van ECN (Energieonderzoek Centrum Nederland) te Petten.*

## Doel

Doel van het Topmacs project is om een auto a/c unit te bouwen die werkt op basis van thermische compressie. Met andere woorden zonder hulp van compressie door mechanische (motor) of elektrische energie. ECN maakt hierbij gebruik van sorptiekoeling. In het kort: een techniek waarbij warmte wordt gebruikt om koude te



maken. Sorptiekoeling zelf is niet nieuw en kent al enkele toepassingen. Een goed voorbeeld is de geruisloze hotelkamerkoelkast die op basis van ammoniak-water functioneert. Bij het Topmacs project wordt echter geen gebruik gemaakt van sorptie in een vloeistof maar in een vaste stof.

## Het principe

Net als bij compressiekoeling wordt bij sorptiekoeling gebruikt gemaakt van een cyclus waarbij het koelmedium bij hoge druk en temperatuur condenseert en bij lage druk en temperatuur weer verdampt. In het sorptiesysteem worden de drukverschillen echter door thermische compressie gecreëerd. Hiervoor wordt een combinatie gebruikt van een vaste stof en een koudemiddel dat aan deze vaste stof adsorbeert.

De alternatieven die bij het Topmacs project als vaste stof worden gebruikt zijn Zeoliet en Silicagel. De laatste is binnen de auto a/c branche reeds bekend als de substantie in de droger die vocht uit het koelgas aantrekt en aan zich bindt.

Aan het begin van het sorptieproces is er het koudemiddel water dat in een reactor gebonden is met de silicagel. Het is als het

ware door het silicagel - dat door zijn lagere dampspanning water aantrekt - geadsorbeerd. Door nu de temperatuur van het silicagel te verhogen (bv. met behulp van motorwarmte) wordt ook de dampspanning van het water verhoogd en kan het richting condensor stromen waar het wordt gecondenseerd en weer vloeibaar wordt (tegelijktijd wordt de silicagel in de reactor gedroogd en is na afkoeling op nieuw in staat koudemiddel te gaan opnemen). Na het condenseren stroomt het vloeibare koudemiddel via een regelklep naar de verdamer. Hier wordt de druk verlaagd, het koudemiddel afgekoeld en wordt de ontstaande waterdamp opnieuw door de gedroogde silicagel opgenomen.

Een en ander wordt verduidelijkt door de figuren 1 en 2. Fig. 1 geeft een doorsnee van het sorptiesysteem. Hier is te zien dat het sorptiesysteem naast een verdamer en een condensor uit twee reactoren bestaat. Deze hebben dezelfde functie, worden echter ieder beurtelings gebruikt om de silicagel, na het verwarmingsproces in de reactor en het verlaten van het koelmiddel naar de condensor, de tijd te geven te drogen.

De lucht in het interieur van de testauto wordt gekoeld door koud koelmedium dat

tijdens het sorptieproces in een gescheiden circuit in de verdamer wordt gekoeld en vervolgens naar een chiller in het interieur wordt gevoerd. De koelvloeistof die de condensor in een apart circuit doorstroomt en de condensatie mogelijk maakt wordt gekoeld door de autoradiator waarmee het in verbinding staat. De plaatsing zoals weergegeven in fig. 2 is overigens gebaseerd op de eerste proeven en heeft te maken met de volume-eisen van het huidige prototype (zie ook: "plaatsing in het voertuig").

## Voordelen

Een belangrijk voordeel van het sorptieproces ten opzichte van de conventionele mechanische of elektrische compressie is dat de vrij beschikbare warmte uit het koelwatercircuit als energiebron wordt gebruikt om het primaire koelproces aan te drijven. De enige elektriciteit die wordt gebruikt is nodig om de vloeistoffen rond te pompen en ventilatoren te laten draaien en de energiebehoefte hiertoe is vele malen lager dan bij een compressor het geval is.

Daarbij komt dat geen HFK of HCFC koelgassen, die bij lekkage bijdragen aan het broeikas effect, nodig zijn. Een sorptiesysteem produceert daarbij minder geluid en

heeft geen constante behoefte aan smering omdat een compressor ontbreekt.

De gebruiker van het systeem kan naast het brandstofbesparingsvoordeel profiteren van het feit dat het sorptiesysteem met uitgeschakelde motor kan worden gebruikt totdat het koelwater geen verwarmende capaciteit meer heeft.

## Stand van zaken

Op dit moment is onderzoeksinstituut ECN bezig met het voorbereiden van de eerste testunit die binnenkort bij het ontwikkelingsinstituut van Fiat in Turijn in een Grande Punto zal worden ingebouwd.

ECN Projectcoördinator Robert de Boer: "deze unit is duidelijk nog te groot voor een reguliere inbouw en massaproductie en dient uiteindelijk minimaal nog met 50% te worden verkleind. Door dit volume is ze nog te zwaar. Bij de eerste tests in de Fiat Grande Punto gaat het er echter om te testen dat het principe ook werkt in een rijdend motorvoertuig. Daarna kunnen we ons dan op een verdere verkleining gaan concentreren. Opties hiertoe zijn er. Ten opzichte van het eerste prototype hebben we al 50% aan volume kunnen uitsparen.

IT

## Topmacs: la ricerca di un climatizzatore per autoveicoli che non assorbe energia meccanica od elettrica

*Nel perseguire l'obiettivo di ridurre la quantità d'energia necessaria al funzionamento degli autoveicoli e per assicurare il comfort agli occupanti, l'industria dei climatizzatori non si limita alla ricerca di nuovi gas refrigeranti ed al perfezionamento di impianti e componenti.*

*In quest'ambito il progetto Topmacs, al quale partecipano, oltre al Centro Ricerche Fiat, Valeo ed Iveco, anche istituti di ricerca e politecnici, si muove su un piano completamente diverso. Il progetto ha attualmente raggiunto l'inizio della fase di sperimentazione pratica sugli autoveicoli. AAR ha intervistato al riguardo Robert de Boer del Centro ECN di Petten, Olanda.*

### Scopo

L'obiettivo del progetto Topmacs è la costruzione di un climatizzatore per autoveicoli basato sulla compressione termica,

tale cioè da non richiedere per la compressione l'assorbimento di energia meccanica (dal motore) od elettrica. Il principio su cui si basa il progetto Topmacs è quello del ciclo frigorifero ad assorbimento. In breve,

### Il principio

Esattamente come nel ciclo frigorifero a compressione, il ciclo frigorifero ad assorbimento impiega un refrigerante che con-

densa ad alta temperatura e pressione e vaporizza a bassa temperatura e pressione. Nel ciclo ad assorbimento le differenze di pressione sono generate da compressione termica. A questo scopo si utilizza un solido ed un refrigerante che viene assorbito dal solido stesso. Nel progetto Topmacs si utilizza come solido assorbente il gel di silice o in alternativa la zeolite; quest'ultima è ben nota nel nostro settore per il suo impiego nell'essiccatore, dove sottrae umidità al gas refrigerante.

Il ciclo inizia col refrigerante (vapore acqueo) completamente assorbito, grazie alla sua bassa tensione di vapore, dal gel

di silice contenuto in un reattore. Se ora si riscalda il gel di silice (per esempio sfruttando la temperatura del motore), la tensione di vapore dell'acqua aumenta; di conseguenza essa si separa dal gel di silice e passa, sotto forma di vapore, al condensatore, dove si raffredda e ridiventa liquida. Contemporaneamente il gel di silice, rimasto nel reattore, si essicca e, dopo essersi raffreddato, è di nuovo in grado di assorbire vapore d'acqua. L'acqua condensata fluisce poi nell'evaporatore, immerso in un bagno d'acqua che funge da mezzo refrigerante secondario. Nell'evaporatore la pressione si riduce e il refrigerante si raffredda; il vapore d'acqua è nuovamente assorbito dal gel di silice ed il ciclo ricomincia. Il processo d'evaporazione sottrae calore all'acqua che circonda l'evaporatore, raffreddandola.

Il funzionamento del sistema è illustrato nelle figure 1 e 2. La figura 1 mostra una sezione dell'impianto ad assorbimento.

Come si vede, l'impianto comprende un evaporatore, un condensatore e due reattori. Questi ultimi hanno la stessa funzione; essi vengono utilizzati alternativamente per dare tempo al gel di silice di raffreddarsi ed essiccarsi alla fine del processo di riscaldamento e di separazione dal refrigerante.

L'aria nell'abitacolo viene raffreddata dal mezzo refrigerante secondario (acqua). Questo, dopo aver ceduto calore all'evaporatore raffreddandosi, è convogliato ad un radiatore di raffreddamento (chiller) all'interno dell'abitacolo. Il condensatore del circuito primario è raffreddato anch'esso tramite un liquido che circola in un circuito separato ed è a sua volta raffreddato dal radiatore dell'autoveicolo. La disposizione illustrata in fig. 2 è basata sui primi esperimenti ed è determinata dai requisiti d'ingombro del prototipo attuale (si veda anche: "sistemazione nel veicolo").

### Vantaggi

Il ciclo ad assorbimento ha l'importante vantaggio, rispetto al ciclo tradizionale a compressione, di non richiedere, per il funzionamento, una sorgente esterna di energia meccanica od elettrica. L'energia elettrica impiegata consiste soltanto in quella necessaria a far circolare con una pompa i vari fluidi; tale energia è di molti ordini di grandezza inferiore a quella assorbita da un compressore. Inoltre il ciclo ad assorbimento non impiega gas refrigeranti HFC o HCFC, che contribuiscono all'effetto serra se sfuggono nell'atmosfera in seguito ad una perdita. Un impianto ad assorbimento è silenzioso e non richiede una lubrificazione costante, data l'assenza del compressore. L'utilizzatore dell'impianto può approfittare non solo di un ridotto consumo di carburante, ma anche del fatto che l'impianto ad assorbimento continua a funzionare a motore spento fin-

ché l'acqua di raffreddamento è sufficientemente calda.

### Stato di avanzamento

In questo momento l'istituto di ricerca ECN sta preparando i primi impianti di prova destinati ad essere installati a breve su una Fiat Stilo a cura del Centro Ricerche Fiat di Torino.

Robert de Boer, coordinatore del progetto presso ECN, ci dice: "Questo impianto è ancora troppo voluminoso per un'installazione standard ed una produzione di massa; occorrerà ridurre il volume almeno del 50%. L'impianto è anche troppo pesante, ma le prove con la Fiat Stilo ci diranno soprattutto se il principio sarà utilizzabile in un autoveicolo. Dopo potremo dedicarci alla riduzione del volume, perseguibile con diverse alternative. Rispetto al primo prototipo siamo già riusciti a ridurre il volume del 50%. Le

IT



# Topmacs: Zoeken naar de auto a/c unit zonder toevoeging van mechanische of elektrische energie

Bij de tests die wij tot op heden hebben gedaan hebben de energiebesparingen en het thermisch comfort die kunnen worden bereikt zich in ieder geval reeds bewezen".

De unit die ECN in samenwerking met Fiat maakt is gevuld met silicagel als sorbent. Dit heeft te maken met de eigenschappen van silicagel met een droogtijd die het beste aanluit bij het gebruik in een auto. De Boer: "op dit moment zijn we bezig ons verder te verdiepen in reactorconcepten die een nog snellere cyclus mogelijk maken. Dit zou een belangrijke sleutel zijn tot het verder kunnen verkleinen van het systeem. We kijken hierbij o.a. naar de mogelijkheid de warmtewisselaar met silicagel te coaten om het sorptieproces met minder silicagelvolumen te kunnen laten plaatsvinden".

## Iveco

Terwijl ECN het prototype voor de Fiat Grande Punto bouwt wordt tegelijkertijd

gewerkt aan een prototype systeem voor een Iveco Stralis. Dit vindt plaats in het CNR instituut in Messina, Italië dat ook deel van de groep uitmaakt. Hierbij wordt echter geen Silicagel maar Zeoliet gebruikt dat meer koelcapaciteit biedt. Dit is met name van belang bij het koelen van de grotere vrachtwagencabines. Het is de bedoeling dat ook dit prototype-systeem dit jaar gaat worden getest.

## Plaatsing in het voertuig

Uiteindelijk is de bedoeling een sorptiesysteem te bouwen dat vrijwel geheel in de motorruimte van het voertuig kan worden ingebouwd (zie fig.3). De beide reactoren kunnen hiertoe zo dicht mogelijk bij de warmtewisselaar geplaatst worden die als taak heeft het interieur te koelen.

Wat uiteindelijk de koelvloeistof die door de kringloop zal stromen zal zijn, wordt in een later stadium geformuleerd. Water lijkt

hiervoor in verband met het bevroeringsrisico niet de meest geschikte kandidaat.

## Serviceaspecten

Mochten sorptiesystemen uiteindelijk geschikt blijken te zijn voor gebruik in motorvoertuigen dan is het vanuit service-oogpunt belangrijk te weten dat de systeemdrukken tussen de 5 en 80 millibar absoluut liggen. Een vacuüm dus. Een lekkage in het systeem betekent dat het systeem niet meer (voldoende) werkt. De Boer verwacht dan ook dat sorptiesystemen jaarlijks service nodig zullen hebben om de dichtheid te controleren. De levensduur van het silicagel is overigens dusdanig dat deze onder normale omstandigheden niet hoeft te worden vervangen. Het uiteindelijke doelgewicht van het systeem zal zo'n 30-35 kg bedragen.

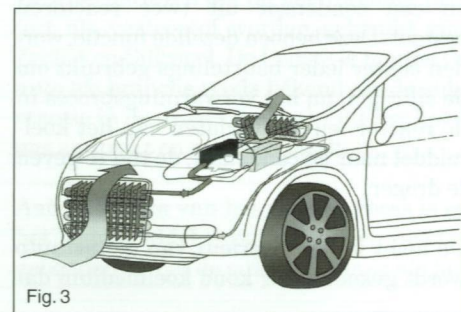
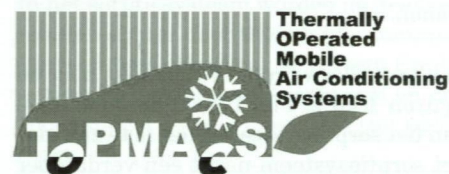


Fig. 3

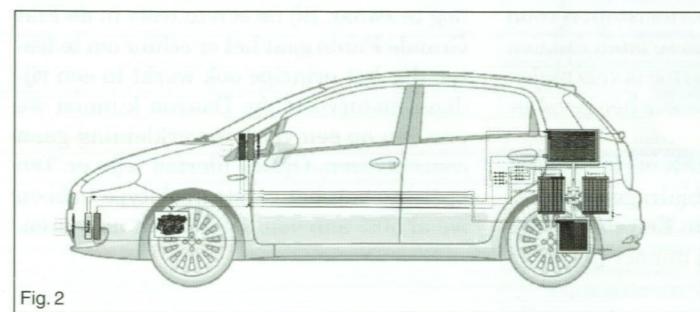


Fig. 2

IT

proven dat we hebben ontwikkeld tot nu toe in elk geval de energiebesparingen en het thermisch comfort die kunnen worden bereikt zich in ieder geval reeds bewezen".

L'impianto costruito dal Centro ECN per la Fiat impiega come assorbente il gel di silice. La ragione della scelta sta nel tempo di essiccazione del gel di silice, che risulta adatto all'impiego in un autoveicolo. De Boer: "In questo momento stiamo studiando tipi di gel di silice che consentono un ciclo ancora più rapido e che permetterebbero quindi di ridurre il volume dell'impianto. Un'altra ricerca riguarda il rivestimento dell'evaporatore, il permetterebbe di effettuare l'assorbimento con una quantità minore di gel di silice".

## Iveco

Mentre ECN costruisce il prototipo per la Fiat Stilo, il CNR di Messina, anch'esso

partner del progetto, sta sviluppando il prototipo di un impianto per l'Iveco Stralis. In questo impianto l'assorbente non è gel di silice ma zeolite, che presenta una maggiore capacità frigorifera, necessaria per la climatizzazione delle grandi cabine dei veicoli commerciali. L'intenzione è di provare nel corso dell'anno anche questo impianto prototipo.

## Sistemazione nel veicolo

L'obiettivo finale è quello di costruire un impianto ad assorbimento che possa trovare posto quasi per intero nel vano motore del veicolo (vedi fig. 3). Allo scopo entrambi i reattori possono essere collocati il più vicino possibile allo scambiatore di calore che ha la funzione di raffreddare l'abitacolo.

La natura del refrigerante che circolerà nel circuito sarà determinata in una fase

successiva. L'acqua non sembra in ogni caso il candidato ideale, dato il rischio di gelo.

## Aspetti di manutenzione

Se alla fine gli impianti ad assorbimento risulteranno idonei all'impiego negli autoveicoli, è importante sapere, dal punto di vista della manutenzione, che le pressioni d'esercizio assolute nell'impianto valgono da 5 a 80 millibar. Si tratta dunque di vuoto. Basta una mancanza di tenuta perché l'impianto smetta di funzionare. Lo stesso vale per la presenza di aria. De Boer si aspetta che la tenuta degli impianti ad assorbimento debba essere controllata annualmente. Il gel di silice ha una lunga durata; di conseguenza, in condizioni d'impiego normali, non sarà necessario sostituirlo. L'obiettivo finale è un peso dell'impianto tra i 30 ed i 35 kg.

## Prospettive

In questo stadio non si può dire molto sulle possibilità di successo degli impianti ad assorbimento negli autoveicoli. Si tratta in ogni caso di una tecnologia che offre molti vantaggi, soprattutto ai giorni nostri, in cui si cerca di ridurre in ogni modo il consumo di combustibili fossili.

Non mancheranno certamente ostacoli, derivanti dai problemi tipici dell'impiego in un veicolo e finora non valutati a sufficienza. Tutto sarà più chiaro quando i primi prototipi saranno installati nel corso della prossima estate. Quando si sarà verificato che questa tecnologia è applicabile, si dovrà affrontare la sfida di rendere gli impianti più leggeri e compatti.

## Vooruitzichten

Over de uiteindelijke slagingskansen van sorptiesystemen in auto's is in dit stadium nog weinig te zeggen. De technologie zelf biedt veel voordelen. Vooral in een tijd waarin alles wordt gedaan om het verbruik van fossiele brandstoffen terug te brengen.

Hindernissen zullen er echter ook zijn. Te denken valt hierbij o.a. aan de typische beperkingen en invloeden vanuit de toepassing in een auto die tot op heden nog niet zijn onderzocht. Dat zal gaan gebeuren vanaf het moment dat de eerste prototypes deze zomer zullen gaan worden ingebouwd. Vanaf het moment dat blijkt dat de technologie inzetbaar is zal de uiteindelijke uitdaging zijn de systemen compacter en lichter te gaan maken.

## Deelnemers aan het Topmacs project:

Centro Ricerche Fiat  
Valeo  
Iveco  
Treibacher AG  
ECN  
University of Warwick  
CNR ITAE  
Universidad Politécnica de Valencia  
Universität Stuttgart

Het project wordt onder andere mogelijk gemaakt door financiële steun vanuit het EU 6e kader programma 'Sustainable Surface Transport'.

IT

## Partecipanti al progetto Topmacs:

Centro Ricerche Fiat  
Valeo  
Iveco  
Treibacher AG  
ECN  
University of Warwick  
CNR ITAE  
Universidad Politécnica de Valencia  
Universität Stuttgart

Il progetto è reso possibile anche attraverso il sostegno finanziario previsto dal 6° Programma Quadro 'Sustainable Surface Transport' della UE.

where it's the destination that makes the journey now

FRIGAIR

TecDoc

FRIGAIR®

www.frigair.com

insite bbb



# Topmacs: Searching for the mobile a/c mechanical or electrical energy need

*In its efforts to reduce the amount of energy which is required to drive motor vehicles with their comfort systems the vehicle a/c industry does not limit itself to developing new refrigerants and components only. Under the project name Topmacs the opportunities of a new automotive a/c concept is presently developed by Centro Richerche Fiat, Valeo, Iveco and various European research institutes and technical universities. The Topmacs project has now reached the stage that its operational principle will soon be tested in an automotive environment. AAR spoke with Robert de Boer from ECN, (Energy research Centre of the Netherlands) about the Topmacs project.*

## Objective

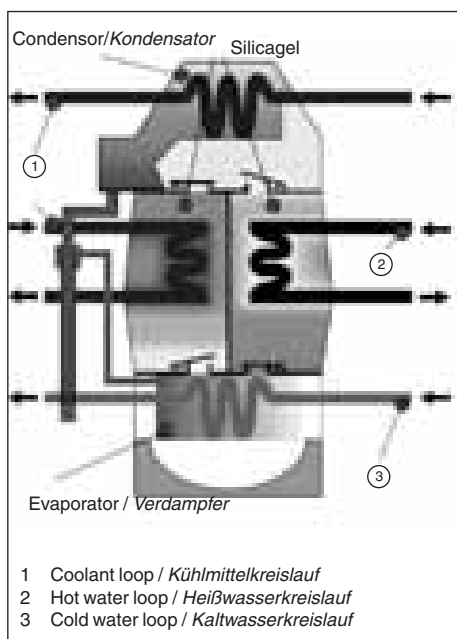
Main object of the Topmacs project is to develop a mobile a/c system which is based on thermal compression. In other words, compression without the use of mechanical (from the engine) or electrical energy. The principle used by ECN is sorption cooling. Sorption cooling uses heat to produce cold. Sorption cooling as such is nothing

new and already used in various applications. A good example is the silent refrigerator in hotel rooms which operates on a mix of ammonia and water. Topmacs however is not based on sorption into a liquid but into a solid substance.

## The working principle

Similar to compression cooling the sorption cooling principle is based on the heat exchange cycle where the cooling medium is condensed at high pressure and temperature and evaporated at low pressure and temperature. In a sorption system however differences in pressures are created by thermal compression. For this purpose a combination of a solid material (adsorbent) and a refrigerant which can be adsorbed by the solid material, is used. In case of the Topmacs project Zeolite and Silicagel have been chosen as adsorbents. Zeolite is already quite familiar in the mobile a/c industry as the substance inside the filter-dryer which attracts and absorbs moisture from the refrigerant.

At the beginning of the sorption process there's the refrigerant (water) which is incorporated in the silicagel inside a reactor. The silicagel – which, due to its lower vapour pressure, attracts water- factually



III./Fig.1

D

## Topmacs: Suche nach der Autoklimaanlage ohne mechanischen- oder elektrischen Energieeinsatz

*Im Rahmen der Reduzierung der Energie, die erforderlich ist, um Kraftfahrzeuge und ihre Komfortsysteme zu betreiben, beschränkt die Fahrzeugklimaindustrie sich nicht ausschließlich auf die Suche nach neuen Kältemitteln und verbesserten Komponenten. Von einer komplett anderen Anordnung ist das Topmacs Projekt, das neben Centro Richerche Fiat, Valeo und Iveco verschiedene Forschungsinstitute und Fachhochschulen auf der Teilnehmerliste hat. Das Topmacs Projekt hat mittlerweile die Phase erreicht, in der ihr Wirkungsprinzip in Kürze in einigen Kraftfahrzeugen getestet wird. AAR sprach hierüber mit Robert de Boer von ECN in den Niederlanden.*

### Zielsetzung

Ziel des Topmacs Projektes ist eine Fahrzeugklimaanlage zu konzipieren, die auf

der Basis thermischer Verdichtung funktioniert. Mit anderen Worten, ohne die Unterstützung von mechanischer- oder elektrischer Energie. ECN setzt hierbei

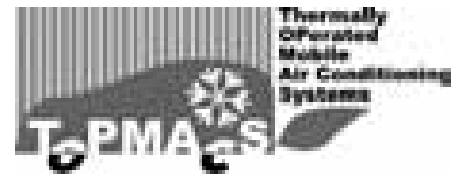
### Das Prinzip

Wie bei Verdichtungskühlung wird auch bei Absorptionskühlung der Zyklus

Absorptionskühlung ein. Kurz gefaßt: eine Technik, die Wärme einsetzt, um Kälte zu erzeugen. Die Absorptions-technologie selbst ist nicht neu und hat bereits verschiedene Einsatzbereiche. Ein gutes Beispiel ist der lautlose Kühlschrank im Hotelzimmer auf der Basis von Ammoniak und Wasser. Beim Topmacs Projekt ist allerdings nicht die Rede von Absorption in einer Flüssigkeit sondern fester Substanz.

genutzt, bei dem das Kühlmedium bei hohem Druck und Temperatur verflüssigt und bei niedrigem Druck und Temperatur wieder verdampft. In der Absorptionsanlage finden Druckunterschiede allerdings durch thermische Kompression statt. Hierzu wird eine Kombination aus fester Materie und Kältemittel eingesetzt. Das Kältemittel wird von der festen Materie absorbiert. Die Alternativen, die beim Topmacs Projekt als feste Materie eingesetzt werden, sind Silicagel und Zeolyt. Silicagel ist in der Fahrzeugklima-industrie bereits bekannt als Trockensubstanz, die im Filter eingesetzt wird, um Feuchtigkeit aus der Anlage zu entfernen.

# c system without S



absorbs the water. By now increasing the silicagel's temperature (e.g. by adding engine heat through a heat exchanger) the vapour pressure of the water will increase as well, enabling it to flow towards the condenser where it will condensate and liquify ( at the same time the silicagel inside the reactor is dried to be able to adsorb refrigerant again after it has cooled down). After it has condensated the liquid refrigerant flows towards the evaporator through a control valve. Here the pressure is lowered, the refrigerant cooled down and the vapour which will build can be absorbed again by the dried silicagel.

The illustrations 1 and 2 are a further clarification of the process. Ill. 1 shows a cross section view of the sorption system. It shows the system's main components evaporator, condenser and the two reactors. The reactors both have the same function and are operated alternately. This gives the silicagel time to dry after the heating process inside the reactor has taken place and coolant is flowing towards the condenser.

The air inside the interior of the test vehicle is cooled by the cold cooling medium which transverses the evaporator in a separate circuit while being cooled during the sorption process and then transported to

the chiller inside the vehicle interior. The cooling fluid which transverses the condenser in a separate circuit enabling the condensation process is cooled by the car's radiator with which it is connected. The system, as illustrated in ill. 2, is based on the first tests and is subject to the minimum volume limitations of the present prototype generation (also see: "installation in the vehicle").

## Advantages

A major advantage of the sorption process to conventional mechanical and electrical compression is that it uses the freely available energy from the engine coolant to run the primary cooling process. Electric energy is only required to pump the liquids around the system and drive the fans. This is on a much lower level than for a compressor.

The system also does not require HFC or CFC refrigerants which contribute to global warming when leaking from the system. Sorption systems also produce less noise and have no lubrication demands as it contains no compressor.

Besides the potential to save fuel while operating the system, system users can also enjoy the option to operate the system

with the engine off until the engine coolant has lost its heating capacity.

## Present status

Presently the ECN Research Institute is preparing the first test unit which will soon be installed in a Fiat Grande Punto at Centro Ricerche Fiat in Turin.

ECN project manager Robert de Boer says: " this unit obviously is too big to be installed in a series vehicle and not yet suitable for mass production. For that purpose it will have to be downsized by 50% in the end. Due to its volume it is also too heavy for normal use. The first tests are meant however to ascertain that the sorption principle also works in an automotive environment. Once that stage has been passed the focus will be on how to make the system more compact. Such options are available. Compared to the very first prototype we have already been able to downsize by 50%. During the tests which have been run so far both the potential to save energy and to reach the required thermal comfort have been proved".

The unit which ECN is building together with Fiat uses silicagel as sorbent. This is due to the circumstance that silicagel's properties are best for use in a passenger

Zu Beginn des Absorptionsprozesses gibt es das Kältemittel Wasser, das im Reaktor vom Silicagel eingebunden ist. Es wird im Grunde vom Silicagel- das wegen seiner niedrigeren Dampfspannung Wasser anzieht- absorbiert. Wenn jetzt die Temperatur des Silicagels erhöht wird (z.B. durch Motorwärme), nimmt auch die Dampfspannung des Wassers zu und das Wasser kann in Richtung Kondensator strömen, wo es kondensiert und wieder flüssig wird ( gleichzeitig wird das Silicagel im Reaktor getrocknet und ist nach Abkühlung erneut in der Lage, Kältemittel aufzunehmen).

Nach der Verflüssigung strömt das flüssige Kältemittel über eine Steuerklappe wieder zum Verdampfer zurück. Im Verdampfer wird Druck gesenkt, das Wasser abgekühlt und der entstehende Wasserdampf wieder vom getrockneten Silicagel aufgenommen.

Dieser Prozess wird verdeutlicht von den Figuren 1 und 2. Die Figur 1 zeigt einen Querschnitt des Absorptionsystems mit den Komponenten Verdampfer, Kondensator und zwei Reaktoren. Beide Reaktoren haben die gleiche Funktion, werden allerdings nur abwechselnd eingesetzt, um das Silicagel nach dem Erwärmungsprozess im Reaktor und dem Wegströmen des Kühlmittels in Richtung Kondensator die Zeit zum Trocknen zu geben.

Die Luft im Innenraum des Testfahrzeugs wird von einem kalten Kühlmedium abgekühlt, das während des Absorptionsprozesses in einem getrennten Kreislauf im Verdampfer gekühlt wird, um dann darauf zu einem Wärmetauscher im Innenraum geführt zu werden. Die Kühlflüssigkeit, die den Kondensator über einen gesonderten Kreislauf durchströmt und die Verflüssigung ermöglicht, wird vom Fahrzeugkühler, mit dem sie in direkter Verbindung steht, durchströmt. Die

Anordnung in Fig. 2 ist eine Darstellung der ersten Versuche und des Bauvolumens des jetzigen Prototyps (siehe auch: "Einbau im Fahrzeug").

## Vorteile

Ein wichtiger Vorteil des Absorptionsprozesses im Vergleich zu konventioneller mechanischer – oder elektrischer Kompression ist, daß die Wärme, die aus dem Kühlwasserkreislauf direkt zur Verfügung steht, eingesetzt wird, um den primären Kühlprozess anzutreiben. Mit der einzigen Elektrizität, die gebraucht wird, werden kleine Flüssigkeitspumpen und Lüfter angetrieben. Der Energiebedarf hierfür ist allerdings um einige Male niedriger als für einen Kompressor. Dazu kommt, daß keine FCKW- oder HFKW Kältemittel, die im Falle einer Leckage zum Erwärmungsprozess beitra-

gen, zum Einsatz kommen. Ein Absorptionsystem produziert dazu weniger Geräusche und bedarf keiner kontinuierlichen Schmierung, da kein Kompressor da ist.

## Stand der Sache

Der Benutzer der Anlage kann nicht nur Treibstoffausgaben für den Einsatz der Klimaanlage einsparen sondern auch von der Möglichkeit profitieren die Anlage mit ausgeschaltetem Motor zu benutzen, so lange die Temperatur des Motorkühlmittels es zuläßt.

Zur Zeit bereitet das Forschungsinstitut ECN die erste Erprobungsanlage vor. Diese wird in Kürze beim CRF Entwicklungszentrum von Fiat in Turin in einen Grande Punto eingebaut werden. ECN Projektkoordinator Robert de Boer sagt dazu: " diese Anlage ist eindeutig noch zu groß für Serieneinbau und Mas-

D

# Topmacs: Searching for the mobile a/ without mechanical or electrical ene

car. De Boer: "at the moment we are very active to test different reactor concepts for their ability to realize shorter cycles. This would be an important key to further decrease the size of the system. Another option that we are studying is to coat the heat exchanger with silicagel in order to allow a sorption process with less silicagel volume".

## Iveco

While ECN is preparing the first prototype for a Fiat Grande Punto, a second prototype system is built to be installed in an Iveco Stralis. This is taking place at the CNR Institute in Messina, Italy. This system will not use silicagel but zeolite as sorbent. Zeolite has more cooling capacity. This is of importance for cooling larger spaces such as the cabin of a longhaul

truck. The installation of this system is scheduled for this summer as well.

## Installation in the vehicle

The ultimate goal is to build an automotive sorption system which can be fitted into the engine compartment of a passenger car ( see ill. 3). For this purpose both reactors will be located as close as possible to the chiller which will cool the interior air. Which cooling fluid will be used ultimately is planned to be decided at a later stage. Because of the risk of freezing, water does not seem to be the ideal candidate.

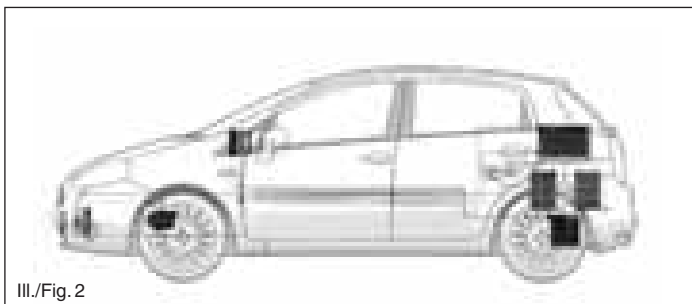
## Service aspects

Should sorption systems prove themselves suitable for use in motor vehicles, it is

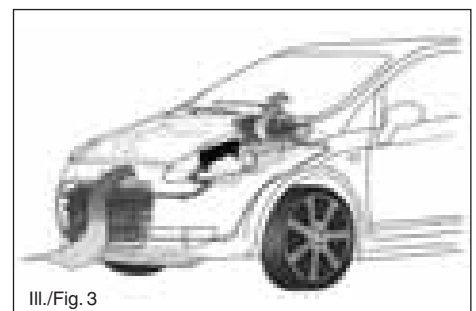
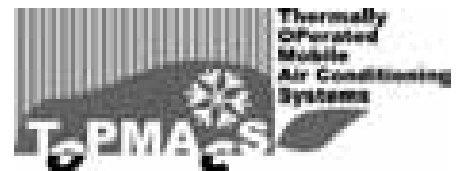
important to know for service purposes that pressure levels in the system range between 5 and 80 millibar. This is a vacuum level. A leakage in the system means that the system will no longer work properly. For this reason De Boer expects that automotive sorption system will require annual inspection and maintenance. The lifetime of the silicagel is estimated at more than 10 years and it will not require replacement during the lifetime of a vehicle. The ultimate target weight of the system will be 30-35 kg.

## Outlook

At this stage it is difficult to say anything about the opportunities of sorption systems in automotive applications. The technology as such has many advantages. Especially at present times where each



III./Fig. 2



III./Fig. 3

## D

senproduktion und wird letztendlich noch um 50% kompakter konzipiert werden müssen. Bedingt durch dieses Volumen ist sie auch noch zu schwer. Bei den ersten Tests im Fiat Grande Punto geht es darum zu überprüfen, ob das Konzept auch in einem fahrenden Kraftfahrzeug eingesetzt werden kann. Danach können wir uns dann auf eine Verkleinerung konzentrieren. Möglichkeiten dazu gibt es. Im Vergleich zu dem ersten Prototyp haben wir bereits um 50% an Volumen einsparen können.

Bei den Tests die wir bis jetzt durchgeführt haben, hat das Potential auf Energieausparung und thermischen Komfort sich jedenfalls bereits bestätigt".

Die Anlage, die ECN in Zusammenarbeit mit Fiat herstellt, beinhaltet Silicagel als absorbierende Substanz. Dies hängt unmittelbar mit seinen Eigenschaften zusammen, die sich für den Einsatz in

einem Pkw am besten eignen. De Boer: "zur Zeit konzentrieren wir uns auf neue Reaktorkonzepte, die schnellere Zyklen ermöglichen. Dies wäre ein wichtiger Schlüssel, um die Anlage kleiner gestalten zu können. Wir studieren auch die Möglichkeit, den Wärmeaustauscher mit Silicagel zu beschichten, um so beim Absorptionsprozess mit weniger Silicagel auskommen zu können".

## Iveco

Während ECN den Prototyp für den Fiat Grande Punto baut, wird gleichzeitig eine Testanlage für einen Iveco Stralis gebaut. Dies findet statt im CNR Institut in Messina, Italien das auch der Topmacs-Gruppe angehört. Hierbei wird allerdings kein Silicagel sondern Zeolit eingesetzt, das mehr Kälteleistung hat. Dies ist von

besonderer Bedeutung beim Kühlen von größeren Lkw Kabinen.

## Einbau im Fahrzeug

Die Zielsetzung ist letztendlich eine Absorptionsanlage zu bauen, die insgesamt im Motorraum eingebaut werden kann ( siehe Fig.3 ). Beide Reaktoren werden hierzu so nahe wie möglich am Wärmeaustauscher im Innenraum angeordnet werden, der die Aufgabe hat, den Innenraum zu kühlen.

Welche Flüssigkeit letztendlich durch den Kreislauf strömen wird, darüber ist man sich bis jetzt noch nicht im klaren. Dies wird zu einem späteren Zeitpunkt entschieden werden. Wegen des Frostrisikos scheint Wasser hierzu allerdings nicht der meist geeignete Kandidat.

## Serviceaspekte

Sollten Absorptionsysteme sich letztendlich als geeignet für den Einsatz in Kraftfahrzeugen herausstellen, dann ist es aus Serviceperspektive von Bedeutung zu wissen, daß die Anlagendrucke sich zwischen 5 und 80 Millibar bewegen. Ein Vakuum also.

Eine Undichtigkeit in der Anlage wird dazu führen, daß die Anlage nicht mehr anständig kühlt. De Boer erwartet dann auch, daß Absorptionsanlagen jährlich gewartet werden müssen um die Dichtigkeit der Anlage zu überprüfen. Die Lebensdauer des Silicagel ist übrigens dahingehend, daß es unter normalen Bedingungen nicht ausgetauscht werden muß. Das letztendliche Zielgewicht einer Anlage wird 30-35 Kilo betragen.

# c system ergy needs

and every option is explored to avoid the use of fossil fuels. There will also be obstacles. These may be the typical constraints and influences from the application of sorption technology in an automotive environment which have not been researched and tested yet. These tests will begin once the first prototypes have been installed in Italy this summer. From the moment that an efficient automotive application has been proved possible, the ultimate challenge will be to make the system more compact and lightweight.

## Participants of the Topmacs project:

*Die Teilnehmer des  
Topmacs Programms sind:*

Centro Ricerche Fiat  
Valeo  
Iveco  
Treibacher AG  
ECN  
University of Warwick  
CNR-ITAE  
Universidad Politecnica de Valencia  
Stuttgart University

The Topmacs project has been made possible with the financial support of the EU 6th Framework Programme 'Sustainable Surface Transport'

*Das Topmacs Projekt wurde ermöglicht dank der finanziellen Unterstützung des 6. EU Rahmenprogramm 'Sustainable Surface Transport'*

D

## Perspektiven

In dieser Phase der Entwicklung ist über die Erfolgchancen der Absorptionstechnologie in der Automotive Industrie noch wenig auszusagen. Die Technologie an sich bietet viele Vorteile. Dies zählt in einer Ära, wo alles dafür getan wird, den Verbrauch von fossilen Treibstoffen zu reduzieren.

Komplicationen wird es allerdings auch geben. Da gibt es zum Beispiel die typischen Einschränkungen und Einflüsse, die mit dem Einbau in einem Pkw zusammenhängen und bis jetzt noch nicht untersucht wurden. Dies wird geschehen, sobald die ersten Prototypen in diesem Sommer in eingebauter Form getestet werden. Von dem Moment an, wo sich herausstellt, daß die Technologie einsetzbar ist wird die letztendliche Herausforderung sein, die Anlagen kompakter und leichter zu gestalten.

where  
it's the destination  
that makes the journey  
NOW

FRIGAIR

www.frigair.com