

Una refrigeració sostenible és possible: la refrigeració radiant

El canvi climàtic comportarà més onades de calor intensa. Combatre la calor amb sistemes de refrigeració que utilitzen energies fòssils és un contrasentit, perquè se n'incrementen les causes. Però hi ha fórmules alternatives que provenen de l'antiguitat



Multitud d'aparells d'aire condicionat a Hong Kong. | Niall Kennedy/Flickr.

L'emergència climàtica és avui en dia una realitat, com s'ha constatat aquests dies a Glasgow a la Conferència de les Nacions Unides sobre el Canvi Climàtic (COP26). La utilització massiva de combustibles fòssils en els darrers 150 anys (primer el carbó, després el petroli i el gas natural) ha provocat l'**abocament a l'atmosfera de gasos d'efecte hivernacle a una velocitat major de la que el planeta pot absorbir**. L'acumulació del CO₂ i altres gasos d'efecte hivernacle a l'atmosfera ha provocat que la temperatura de la Terra hagi pujat un grau respecte la que teníem en època preindustrial. I el més greu, al darrer informe del Panell Internacional de Canvi Climàtic (<https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/>) (IPCC Panel) s'afirma que és probable que el planeta s'escalfi 1,5 °C més en les properes dècades.

La contribució al canvi climàtic degut al consum d'energia d'origen fòssil en els sistemes de refrigeració és considerable. Avui en dia, **els sistemes de refrigeració funcionant al món representen el 17% de l'electricitat mundial consumida**. Però el que és encara més preocupant és que a l'informe recent "*The future of cooling*" (<https://www.iea.org/reports/the-future-of-cooling>) de l'Agència Internacional de l'Energia es prediu que la demanda d'energia per a condicionament d'espais serà més del triple de l'actual si no es pren cap acció per millorar

Pensem.

l'eficiència d'aquests sistemes. La majoria de sistemes de fred actuals funcionen amb cicles de refrigeració per compressió de vapor, i aquests compressors consumeixen molta electricitat, sobretot en els pics de calor durant l'estiu. **Una alternativa renovable per produir fred és la refrigeració radiant, una tecnologia mil·lenària** que és tan senzilla com desconeguda pel gran públic.



(<https://www.pensem.cat/registre>)

Efectivament, ja a l'any 400 a.C. la civilització persa construïa al desert *yakhchals*, uns edificis en forma de dom en espiral on produïen i conservaven el gel. El procés consistia en fer entrar aigua en piscines poc profundes al costat dels *yakhchals*, i per mitjà del fenomen de refrigeració radiant al cel era possible congelar l'aigua fins i tot en casos en què l'aire nocturn no baixava de 0 °C. Al final de la nit aquest gel era recollit i emmagatzemat al *yakhchal*. El gel es guardava al fons, amb capes alternes de palla i de gel, per millorar-ne l'aïllament tèrmic. La forma de dom de l'edifici permetia també que l'aire calent del desert pugés, mantenint l'aire més fresc a la base de l'edifici, on es guardava el gel. Un cop l'edifici era ple de gel, se segellava fins a l'estiu, quan el gel s'usava per servir begudes fredes. Els enginyers perses sabien també (<https://www.fieldstudyoftheworld.com/persian-ice-house-how-make-ice-desert/>) que es podia fer més gel en nits clares i amb poc vent que en nits ennuvolades i ventoses. Per tant, **els perses i altres civilitzacions com la xinesa o l'Índia ja coneixien el fenomen natural de la refrigeració radiant nocturna, que no és més que la pèrdua de calor d'un cos per radiació al cel.**

Aquesta emissió de radiació infraroja és possible perquè l'atmosfera té una franja de longituds d'ona -entre 8 i 13 micròmetres- en la qual els gasos atmosfèrics no poden bloquejar aquesta radiació, que passa directament a l'espai exterior, el qual està molt fred, a uns -270 °C. De fet, aquesta és la manera que té la Terra de dissipar l'energia rebuda del Sol durant el dia, de tal manera que es produeix un equilibri entre guanys i pèrdues de calor i el planeta es manté una temperatura estable.

Fins fa poc aquesta manera tan "natural" de fer fred estava limitada a les hores nocturnes. Durant el dia els cossos continuen emetent radiació infraroja cap al cel, però la radiació solar és més gran, i el balanç de pèrdues i guanys de calor a la superfície exposada a l'ambient diürn fa que el resultat sigui un escalfament i no un refredament. Tanmateix, el 2013 a la Universitat de Stanford (Califòrnia, EUA) es va produir un avenç molt important en aquesta tecnologia, el qual es va publicar a la revista *Nature* (<https://www.nature.com/articles/nature13883>). Els investigadors van desenvolupar uns materials òptics multicapa amb una combinació de propietats que no es

troben als productes naturals:

Són capaços d'emetre radiació infraroja en la franja de la finestra atmosfèrica, és a dir, emeten calor just en la zona on el cel deixa passar aquesta calor.

Reflecteixen gairebé la totalitat de la radiació solar, comportant-se com miralls que reboten la calor del Sol, en comptes d'absorbir-la.

Aquesta descoberta ha fet que la línia de recerca sobre la refrigeració radiant durant el dia (*daytime radiative cooling*, en anglès) hagi cobrat molt d'interès en els darrers anys i fins i tot s'hagin creat les **primeres empreses proposant solucions de refrigeració renovable i sense electricitat** amb aquesta tecnologia, com SkyCool Systems (<https://www.skycoolsystems.com/>), a Califòrnia.



Empreses com SkyCool ja proposen solucions de refrigeració renovable i sense electricitat en base a la tecnologia de la refrigeració radiant durant el dia. Foto: SkyCool.

Alguns investigadors en refrigeració radiant han anat més enllà i han arribat a proposar solucions revolucionàries, d'enginyeria climàtica, per complementar la solució que ha rebut més consens, la de reduir les emissions de CO₂ en les properes dècades, fins a arribar a la neutralitat en carboni - és a dir, que les emissions netes de carboni al 2050 siguin zero. No han estat els únics. En d'altres àmbits de la ciència, altres investigadors estan proposant altres solucions alternatives. Per exemple, s'ha parlat de capturar i emmagatzemar les emissions d'efecte hivernacle procedents de la combustió de combustibles fòssils; d'injectar massivament aerosols a l'atmosfera per tal de reduir l'energia solar absorbida per la Terra; o de desplegar superfícies reflectives gegants a l'espai per la mateixa raó que en el cas anterior.

Les idees en relació amb la refrigeració radiant són dues. La primera és aconseguir augmentar l'emissió de calor radiatiu de la Terra a l'espai exterior mitjançant la cobertura d'entre 1 i 2% de la

superfície total de la Terra amb emissors radiatius

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S254243511930354X>) . Amb aquesta superfície d'emissors s'aconseguiria un augment de la calor radiativa emesa d'1 W/m², suficient per compensar l'extra de calor absorbida degut a l'excés de gasos d'efecte hivernacle a l'atmosfera.

La segona és desenvolupar una nova generació de pintures

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542435120301793>) amb propietats òptimes com a refrigeradors radiants per aplicar-les als edificis de forma massiva a escala global, de tal manera que hi hagi una reducció dràstica en les demandes de refrigeració dels edificis.

No obstant això, **la tecnologia de la refrigeració radiant diürna desaprofita tota l'energia solar disponible durant el dia**, que d'altra manera es podria aprofitar per escalfar aigua. Una altra idea complementària que està investigant el grup de recerca SEM (<http://www.semb.udl.cat/>) (*Sustainable Energy, Machinery and Buildings*), a la Universitat de Lleida (UdL), és combinar la refrigeració radiant i la captació solar en un sol dispositiu per a fer fred i calor de forma renovable. Aquest nou concepte anomenat RCE (de l'anglès *Radiative Collector and Emitter*) s'està estudiant a través del projecte RTI2018-097669-A-I00 "*Development and evaluation of a radiative cooling and solar heating system for combined heat and cold production*", finançat pel Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades MCIN/AEI /10.13039/501100011033/FEDER "Una manera de hacer Europa? a la convocatòria Retos de la Sociedad".

El nou dispositiu permet produir energia de refrigeració (mitjançant aigua freda) i calor (mitjançant aigua calenta). És a dir, en aquesta proposta es pretén rendibilitzar encara millor la inversió en un col·lector solar tèrmic modificat, molt similar als que estan ja instal·lats en moltes teulades a l'Estat espanyol i a Europa gràcies a l'aprofitament de la refrigeració radiant durant la nit. El prototip (<https://www.mdpi.com/1996-1073/13/4/893>) podria produir aproximadament la mateixa aigua calenta que un col·lector solar tèrmic comercial, però a més **podria cobrir total o parcialment les necessitats d'aire condicionat durant els mesos càlids amb un consum pràcticament nul d'electricitat**.

El principal repte tecnològic d'aquest projecte és el de dissenyar una coberta per al prototip amb propietats òptiques adaptatives. Efectivament, el vidre emprat als col·lectors solars tèrmics és ideal per a la captació solar, ja que el vidre deixa passar la radiació solar però bloqueja la radiació infraroja que l'absorbidor emetria al cel si no hi hagués coberta. Una segona funció important de la coberta és la de reduir les pèrdues de calor per l'acció del vent. Però aquest vidre no és adequat per realitzar la refrigeració radiant durant la nit, ja que precisament es vol un material transparent a la radiació infraroja i no opac, com el vidre (Figura 1). Una alternativa molt emprada és el polietilè de baixa densitat, que és altament transparent a la radiació infraroja. Una solució ideal seria un material intel·ligent que permetés el canvi de les seves propietats òptiques (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0927024821003184>) per mitjà d'un estímul extern (elèctric, magnètic, tèrmic o d'alguna altra naturalesa).

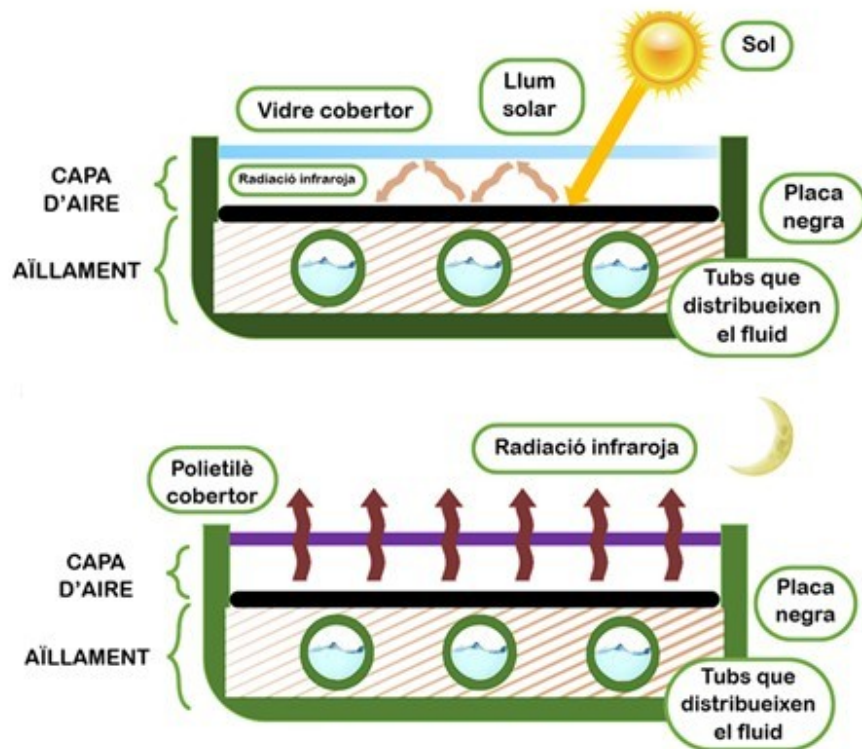


Figura 1: Operativa de l'emissor i col·lector radiatiu (RCE) durant el dia (dalt) i la nit (baix). Font: Elaboració pròpia.

Des del SEMB hem caracteritzat el potencial de la refrigeració radiant a diferents zones d'Europa (Figura 2), i hem identificat els països mediterranis com els de major potencial (<https://www.mdpi.com/2073-4433/12/9/1119>). Mitjançant simulacions computeritzades i experiments amb prototips estem desenvolupant i optimitzant els primers dispositius i analitzant la seva viabilitat per aplicacions en edificis i indústria.

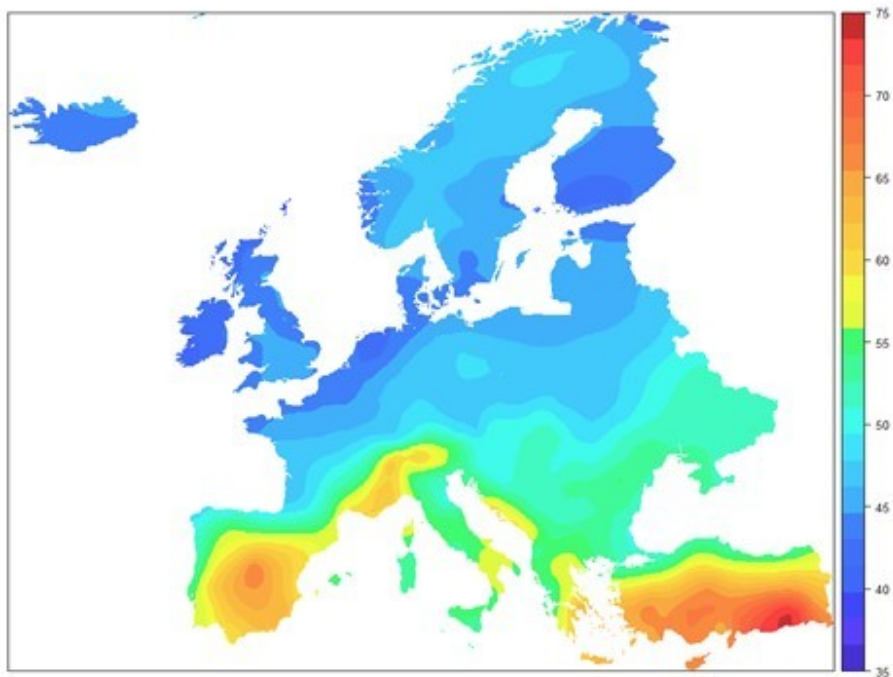
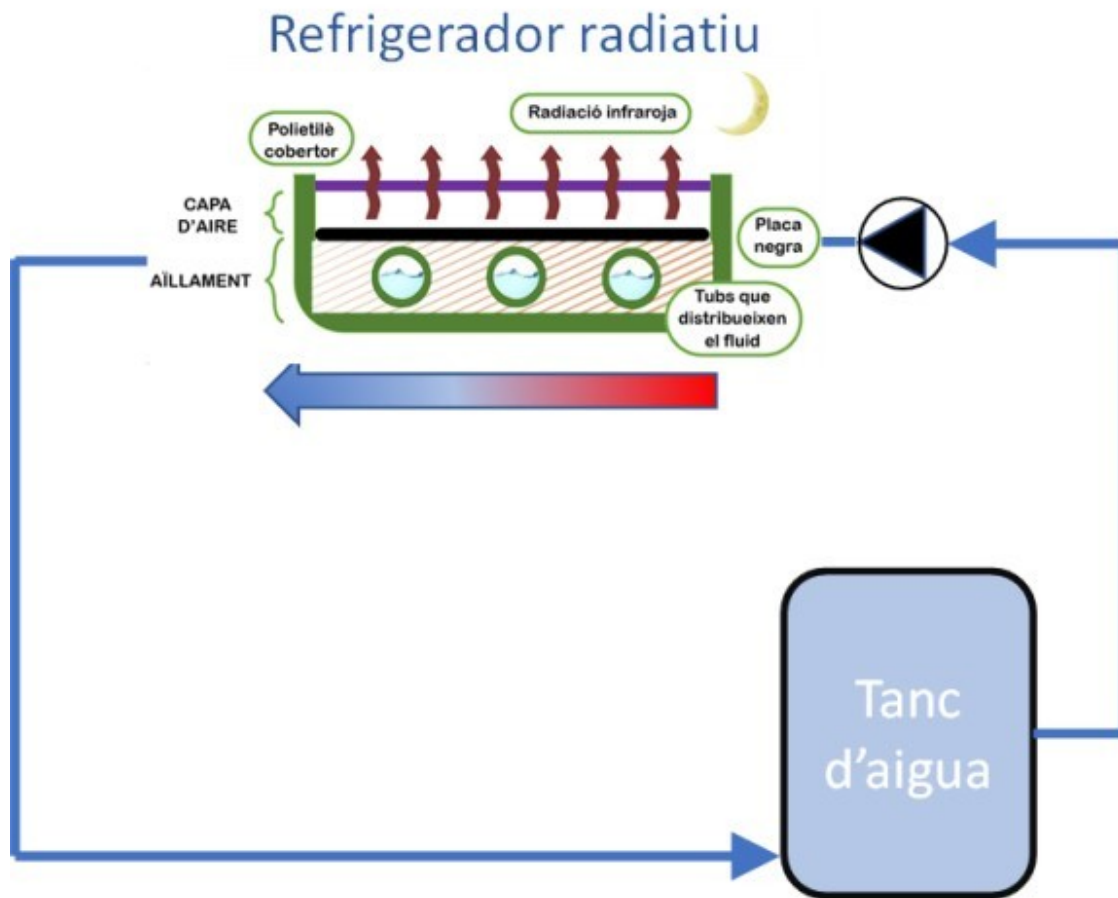


Figura 2: Potencial de refrigeració radiant a Europa (en W/m^2). Font: Elaboració pròpia.

La tecnologia de la refrigeració radiant és només a les beceroles del seu desenvolupament, però de ben segur que **jugarà un paper rellevant en el conjunt de solucions que caldrà adoptar per gaudir d'un futur més sostenible**. Des del grup SEMB de la UdL treballem per al desenvolupament d'aquesta tecnologia i per aconseguir un futur més sostenible i just.



Esquema de funcionament del refrigerador radiatiu. Font: Elaboració pròpia.

Bibliografia:

- Raman, A.P., Anoma, M.A., Zhu, L., Rephaeli, E., Fan, S. (2014). ?Passive radiative cooling below ambient air temperature under direct sunlight?. A: *Nature*, vol. 515, p. 540-544.
- Munday, J. (2019). ?Tackling Climate Change through Radiative Cooling?. A: *Joule*, vol. 3, Núm. 9, p. 2057-2060.
- Jyotirmoy, M., Yang, Y., Yu, N., Raman, A.P. (2020). ?Paints as a Scalable and Effective Radiative Cooling Technology for Buildings?. A: *Joule*, vol. 4, Núm. 7, p. 1350-1356.
- Vall, S., Medrano, M., Martorell, I., Solé, C., Castell, A. (2020). ?Combined Radiative Cooling and Solar Thermal Collection: Experimental Proof of Concept?. A: *Energies*, 2020, vol. 13, núm. 4, p. 893.
- Vilà, R., Martorell, I., Medrano, M., Castell, A. (2021). ?Adaptive covers for combined radiative cooling and solar heating. A review of existing technology and materials?. A: *Solar Energy Materials and Solar Cells*, vol. 230, p. 111275.
- Vilà, R., Medrano, M., Castell, A. (2021). ?Mapping Nighttime and All-Day Radiative Cooling Potential in Europe and the Influence of Solar Reflectivity?. A: *Atmosphere*, vol. 12, núm. 9, p. 1119.

Informació sobre el grup de recerca:

El grup de recerca en Sostenibilitat en Energia, Maquinària i Edificis (Sustainable Energy, Machinery and Buildings - SEMB (<http://www.semb.udl.cat/>)) és un grup de recerca consolidat de la Universitat de Lleida (UdL). Està integrat per investigadors de perfils multidisciplinars en l'àmbit de l'Enginyeria Industrial, l'Enginyeria Química, l'Enginyeria Agrònoma i l'Arquitectura. El grup focalitza els seus esforços de recerca en quatre àrees diferenciades:

Sistemes Energètics

Disseny i Optimització de Maquinària

Sostenibilitat en l'àmbit de l'Edificació

Recerca en metodologies docents en graus STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics)

Els participants en la línia de recerca sobre refrigeració radiant són els professors Albert Castell Casol (IP del projecte en curs), Ingrid Martorell Boada, Marc Medrano Martorell, Lúdia Rincón Villarreal i Cristian Solé Cutrona, i l'investigador predoctoral Roger Vilà Miró.

Articles relacionats:

[noticiadiariambautor]93/73[/noticiadiariambautor]

[noticiadiariambautor]93/35[/noticiadiariambautor]

[noticiadiariambautor]93/52[/noticiadiariambautor]