

GREENPEACE

ΨΥΞΗ & ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ

χωρίς υπερθέρμανση του πλανήτη



3^η Έκδοση
Σεπτέμβριος 2003

ΨΥΞΗ & ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ

ΧΩΡΙΣ ΥΠΕΡΘΕΡΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΠΛΑΝΗΤΗ

Περιεχόμενα

<i>Η ζωή μετά το φρέον</i>	3
<i>Τι ισχύει στην Ευρωπαϊκή Ένωση</i>	4
<i>Φυσικά ψυκτικά και εναλλακτικές τεχνικές ψύξης</i>	7
<i>Οι υδρογονάνθρακες σε συσκευές ψύξης και κλιματισμού</i>	7
<i>Η αμμωνία σε συσκευές ψύξης και κλιματισμού</i>	10
<i>Το διοξείδιο του άνθρακα σε συσκευές ψύξης και κλιματισμού</i>	10
<i>Περιβαλλοντική προτίμηση για ψυκτικά</i>	11
<i>Αποφυγή χρήσης HFCs σε άλλες εφαρμογές</i>	13
<i>Δόμηση χωρίς F-gases</i>	15
<i>Παραπομπές</i>	16

Έρευνα-Κείμενο: **Στέλιος Ψωμάς**
Περιβαλλοντολόγος

GREENPEACE

Ζωοδόχου Πηγής 52γ, 106 81 Αθήνα, τηλ. 210 3840 774-5, fax. 210 3804 008, www.greenpeace.gr

3^η Έκδοση

Σεπτέμβριος 2003

ΨΥΞΗ & ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ

χωρίς υπερθέρμανση του πλανήτη



Η ζωή μετά το φρέον

Δύο δεκαετίες πριν, η επιλογή του ψυκτικού μέσου για τις ανάγκες ψύξης-κλιματισμού ήταν απλή υπόθεση. Ουσίες αδρανείς, μη τοξικές και μη εύφλεκτες, όπως ήταν π.χ. οι χλωροφθοράνθρακες (CFCs, γνωστοί και με την εμπορική ονομασία “φρέον”) κυριαρχούσαν στην αγορά. Η μακαριότητα αυτή ταράχτηκε όταν αποκαλύφθηκε ότι οι ουσίες αυτές καταστρέφουν το προστατευτικό στρώμα του όζοντος.

Η βιομηχανία αντέδρασε προσπαθώντας να υποκαταστήσει τα CFCs με άλλες ουσίες, οι οποίες, είτε έβλαπταν λιγότερο το όζον (υδροχλωροφθοράνθρακες – HCFCs), είτε ήταν ασφαλείς για τη στιβάδα του όζοντος (υδροφθοράνθρακες - HFCs). Αν και η κίνηση αυτή έγινε για περιβαλλοντικούς λόγους, η βιομηχανία ψυκτικών εισήλθε σε ένα νέο φαύλο κύκλο, αφού οι νέες ψυκτικές ουσίες (όπως άλλωστε και οι παλαιότερες) συμβάλλουν –και μάλιστα σημαντικά- στην επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου και στην αλλαγή του κλίματος του πλανήτη. Γι’ αυτό το λόγο, όλες οι προαναφερθείσες ουσίες τελούν υπό απαγόρευση, περιορισμούς ή ελέγχους από διεθνείς συμβάσεις και συγκεκριμένα από το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ για την προστασία της στιβάδας του όζοντος και το Πρωτόκολλο του Κιότο για την αποτροπή των κλιματικών αλλαγών. Επιπλέον, νομοθετικές ρυθμίσεις σε περιφερειακό ή/και εθνικό επίπεδο βάζουν πλέον φραγμούς στην περαιτέρω ανάπτυξη αυτών των επιβλαβών για το περιβάλλον ουσιών.

Υπάρχουν βέβαια και καλά νέα. Την ώρα που η πλειοψηφία της βιομηχανίας ψυκτικών αναζητούσε λύσεις μέσα στο στενό ορίζοντα των προϊόντων που ελέγχει (σχεδόν μονοπωλιακά θα λέγαμε), άλλες ουσίες και εφαρμογές, πραγματικά φιλικές προς το περιβάλλον, εισέβαλαν στην αγορά. Πρόκειται για τα λεγόμενα “φυσικά ψυκτικά” (όπως π.χ. οι υδρογονάνθρακες, οι οποίοι κάνουν μια θριαμβευτική επανεμφάνιση μετά την απόρριψή τους από την αγορά στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, η αμμωνία, το νερό, κ.λπ). Έτσι σήμερα, παρέχονται πλέον ασφαλή και επαρκή υποκατάστατα για όλες τις χρήσεις (ψύξη, κλιματισμό, αντλίες θερμότητας, διογκωτικά υλικά, προωθητικά αέρια, κ.λπ) όπου κυριάρχησαν επί δεκαετίες τα CFCs και στη συνέχεια τα HCFCs και τα HFCs.

Τι ισχύει στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Σύμφωνα με τον Κανονισμό 2037/2000 για τις ουσίες που καταστρέφουν τη στιβάδα του όζοντος, ισχύουν σε ευρωπαϊκό επίπεδο τα εξής:¹

Χρονοδιάγραμμα κατάργησης CFCs & HCFCs στην ΕΕ	
1/1/2001	<ul style="list-style-type: none">• Απαγόρευση χρήσης CFCs σε υπάρχοντα εξοπλισμό• Τα ανακτώμενα CFCs πρέπει να καταστρέφονται καταλλήλως• Απαγόρευση χρήσης HCFCs σε νέο εξοπλισμό ψυκτικής ικανότητας > 100 kW
1/7/2002	<ul style="list-style-type: none">• Απαγόρευση χρήσης HCFCs σε νέο εξοπλισμό ψυκτικής ικανότητας < 100 kW
1/1/2004	<ul style="list-style-type: none">• Απαγόρευση χρήσης HCFCs σε νέα συστήματα inverter και αντλίες θερμότητας
1/1/2010	<ul style="list-style-type: none">• Απαγόρευση χρήσης παρθένων HCFCs σε υπάρχοντα εξοπλισμό
1/1/2015	<ul style="list-style-type: none">• Απαγόρευση χρήσης όλων των HCFCs σε υπάρχοντα εξοπλισμό

Η πρόσφατη εμπειρία έχει δείξει ότι οι κοινοτικοί κανονισμοί για το όζον τροποποιούνται – επί το αυστηρότερον πάντα- μετά από λίγα χρόνια. Λογικά λοιπόν, μετά την οριστική απαγόρευση της χρήσης CFCs, θα πρέπει να αναμένει κανείς απομάκρυνση και των HCFCs από την αγορά πολύ πιο σύντομα απ’ ότι περιγράφεται στον παραπάνω πίνακα. Άλλωστε, η χρήση των HCFCs έχει ουσιαστικά απαγορευτεί σε νέες συσκευές κλιματισμού, δίνοντας τη θέση τους σε μία άλλη προβληματική κατηγορία ουσιών, τους υδροφθοράνθρακες (HFCs). **Οι υδροφθοράνθρακες είναι ισχυρότατα αέρια του θερμοκηπίου και ελέγχονται πλέον (όλοι, χωρίς εξαιρέσεις) από το Πρωτόκολλο του Κιότο, το οποίο κυρώθηκε από το ελληνικό Κοινοβούλιο στις 30/5/2002 και από την Ευρωπαϊκή Ένωση στις 31/5/2002.**

Τα HFCs αποτελούν σήμερα την αιχμή του δόρατος σε ότι αφορά τα βιομηχανικής προέλευσης “αέρια του θερμοκηπίου”. Ενώ το 1990 οι ποσότητές τους στην ευρωπαϊκή αγορά ήταν σχεδόν μηδενικές, έφτασαν στους 37.500 τόνους το 1998 και εκτιμάται ότι θα εκτιναχθούν στους 129.000 τόνους ως το 2012. Αν δεν ληφθούν επιπλέον μέτρα, εκτιμάται ότι τα λεγόμενα F-gases (HFCs, PFCs και SF₆, τα οποία όλα ελέγχονται από το Πρωτόκολλο του Κιότο) θα αποτελούν το 15% όλων των αερίων του θερμοκηπίου ως το 2040 και το 40% ως το 2100. Η ίδια η βιομηχανία βέβαια εκτιμά ότι θα είναι μόλις το 3% όλων των αερίων του θερμοκηπίου ως το 2050, μια εκτίμηση όχι και τόσο ρεαλιστική αν αναλογιστεί κανείς πως ήδη αποτελούν το 3-5% σε ορισμένες χώρες (3,3% στην Ελλάδα για το έτος 2000) και, χωρίς λήψη μέτρων θα φτάσουν στο 4% όλων των αερίων του θερμοκηπίου στην ΕΕ το 2010 (από 2% το 1995).^{2,3,4}

Ποιοί είναι όμως οι πιο γνωστοί υδροφθοράνθρακες; Ο παρακάτω πίνακας δίνει κάποιες πληροφορίες για τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα μίγματα και ουσίες, κάνοντας αναφορά και στο λεγόμενο “δυναμικό υπερθέρμανσης” της κάθε ουσίας.

Ως “δυναμικό υπερθέρμανσης” εννοούμε το πόσες φορές ισχυρότερο “αέριο του θερμοκηπίου” είναι ένα μόριο μιας ουσίας σε σχέση με ένα μόριο διοξειδίου του άνθρακα, του πιο γνωστού δηλαδή αερίου του θερμοκηπίου.^{5,6,7}

Ιδιότητες υδροφθορανθράκων – HFCs			
Ουσία	Υποκατάστατο του...	Δυναμικό υπερθέρμανσης (για χρονικό ορίζοντα 100 ετών)	Σχόλια
R134a (HFC-134a)	R12 (CFC-12)	1.300	Ευρύτατα χρησιμοποιούμενο σε ψυγεία και κλιματισμό αυτοκινήτων.
R407c (μίγμα HFC-32, HFC-125, HFC-134a)	R22 (HCFC-22)	1.653	Χρήση σε κλιματιστικά
R410a (μίγμα HFC-32 & HFC-125)	Μόνο για νέες συσκευές	1.975	Χρήση σε κλιματιστικά
R413a (μίγμα FC-218, HFC-134a, HC-600a)	R12 (CFC-12)	1.760	Άμεση υποκατάσταση του R12 σε παλιές συσκευές (drop-in)
R417a (μίγμα HFC-134a, HC-600a)	R22 (HCFC-22)	1.950	Άμεση υποκατάσταση του R22 σε παλιές συσκευές (drop-in)
Forane FX90 (μίγμα HFC-125, HFC-134a, E170)	R22 (HCFC-22)	2.400	Άμεση υποκατάσταση του R22 σε παλιές συσκευές (drop-in)
Isceon 39TC (μίγμα HFC-134a, R227ea)	R12 (CFC-12)	1.940	Άμεση υποκατάσταση του R12 σε παλιές συσκευές (drop-in)

Για σύγκριση αναφέρουμε πως το δυναμικό υπερθέρμανσης του ισοβουτανίου (R600a) και του προπανίου (R290), των πιο συχνά χρησιμοποιούμενων ως ψυκτικών υδρογονανθράκων, είναι <20. Ο παρακάτω πίνακας δίνει το μέσο τομεακό δυναμικό υπερθέρμανσης για τις περιπτώσεις όπου γίνεται χρήση HFCs.⁸

Εφαρμογή	Δυναμικό υπερθέρμανσης (για χρονικό ορίζοντα 100 ετών)
Παραγωγή και διακίνηση HFCs	1.300
HFC-23	11.700
Εξηλασμένη πολυστερίνη	1.180
Αφροί πολυουρεθάνης	815
Οικιακή ψύξη	1.300
Εμπορική ψύξη	2.700
Κλάδος τροφίμων, αγροτικών προϊόντων και βιομηχανία εν γένει	2.200
Κλιματισμός με ψύκτες νερού	2.600
Κλιματισμός αυτοκινήτων	1.300
Σπρέυ	1.300
Αερολύματα για εισπνοή σταθερών δόσεων (για ιατρική χρήση)	2.500
Πυροσβεστήρες	2.900
Διαλύτες	810

Να σημειωθεί ότι, πέραν της μεγάλης συμβολής των HFCs στην αλλαγή του κλίματος του πλανήτη, εκφράζονται φόβοι και για την τοξικότητα των παραπροϊόντων από τη διάσπαση

των ουσιών αυτών. Ανοιχτή παραμένει π.χ. η επιστημονική συζήτηση για τις επιπτώσεις από το τριφθοροξείκο οξύ (TFA), που αποτελεί ένα από τα προϊόντα διάσπασης των HFCs.

Σε ότι αφορά το τεχνικό μέρος, αξίζει να επισημάνουμε ότι, σε αντίθεση με τους υδρογονάνθρακες που θα εξετάσουμε παρακάτω, τα HFCs δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν με τα παλαιά ψυκτέλαια με τα οποία ήταν συμβατά τα CFCs και HCFCs. Αυτό σημαίνει ότι οποιαδήποτε μετατροπή παλαιών συσκευών για να χρησιμοποιούν HFCs έχει ένα επιπλέον κόστος για την αλλαγή των ψυκτελαίων με πολυεστερικά έλαια. Τέλος, να τονίσουμε ότι η αποδοτικότητα των συσκευών που κάνουν χρήση HFCs είναι τις περισσότερες φορές μικρότερη από την αντίστοιχη συσκευών που χρησιμοποιούν εναλλακτικά ψυκτικά ή άλλες τεχνικές ψύξης. Χαρακτηριστικό είναι επίσης πως τα ψυγεία με R134a είναι περισσότερο θορυβώδη από αυτά που έχουν ως ψυκτικό το ισοβουτάνιο (R600a).

Τυπικές ετήσιες διαρροές HFCs κατά τη χρήση ^(8,9,10,11)	
Οικιακή ψύξη	1%
Ψύκτες	10%
Εμπορικές εφαρμογές	10-25%
Φορτηγά ψυγεία	30%
Κλιματισμός αυτοκινήτων	8-30%

* Οι υδρογονάνθρακες παρουσιάζουν σημαντικά μικρότερες διαρροές.

Για όλους τους παραπάνω λόγους, **αρκετές χώρες έχουν ήδη προχωρήσει σε μέτρα περιορισμού των HFCs**. Η ΕΕ πρότεινε τον Αύγουστο του 2003 σχετική νομοθεσία¹² η οποία, αν και εξαιρετικά ανεπαρκής, θέτει εν τούτοις για πρώτη φορά περιορισμούς στη χρήση των λεγόμενων F-gases, με πιο σημαντικό μέτρο αυτό της απαγόρευσης των HFCs σε κλιματιστικά αυτοκινήτων ως το 2012. Σε εθνικό επίπεδο, η Δανία έχει ως στόχο την πλήρη κατάργηση της χρήσης HFCs (αλλά και των άλλων F-gases) ως το 2006, ενώ από τον Απρίλιο του 2001 έχει επιβάλλει φόρο 13,5 € ανά κιλό σε όλα τα F-gases και από 1-1-2004 σκοπεύει να επιβάλλει φόρο 31 € ανά κιλό για τον ευρύτατα διαδεμένο υδροφθοράνθρακα R-134a. Η Αυστρία αποφάσισε το 2002 να απαγορεύσει τη χρήση των HFCs μετά το 2008, ενώ τον Απρίλιο της ίδιας χρονιάς η Ελβετία ανακοίνωσε τα δικά της μέτρα περιορισμού των F-gases με χρονοδιαγράμματα για την σταδιακή απαγόρευση της χρήσης HFCs σε ψυκτικά μηχανήματα. Η Γαλλία έχει επιβάλλει περιβαλλοντικό φόρο στη χρήση HFCs, η Ολλανδία έχει θέσει ποσοτικούς στόχους για τη μείωση της χρήσης HFCs, ενώ το σχέδιο δράσης της βρετανικής κυβέρνησης για την αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών θεωρεί τα HFCs ως μη βιώσιμη λύση. Η Γερμανία τέλος έχει ξεκινήσει διαβουλεύσεις με κοινωνικούς φορείς για την ολοκλήρωση μιας εθνικής πολιτικής περιορισμού των F-gases^{13,14}. Παράλληλα, αρκετές χώρες προσπαθούν να περιορίσουν τη χρήση HFCs μέσω ειδικής σήμανσης των προϊόντων (η Αυστρία π.χ. σκοπεύει να επιβάλλει ειδική ετικέτα για τα μονωτικά που έχουν διογκωθεί με HFCs, ενώ η Γερμανία χρησιμοποιεί τη σήμανση των ψυγείων που είναι ελεύθερα από HFCs). Σε ότι αφορά στη σήμανση προϊόντων, να επισημάνουμε ότι τα μόνα ψυγεία που δικαιούνται να φέρουν το Οικολογικό Σήμα της ΕΕ, είναι τα ενεργειακά αποδοτικά ψυγεία με ψυκτικό μέσο που δεν απειλεί το όζον και το κλίμα. Κανένα ψυγείο με HFCs δεν μπορεί να φέρει αυτό το σήμα.



Μόνο τα ενεργειακά αποδοτικά ψυγεία με ψυκτικό μέσο που δεν απειλεί το όζον και το κλίμα μπορούν να φέρουν το Οικολογικό Σήμα της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Παράλληλα, πολλές μεγάλες πολυεθνικές εταιρίες (όπως π.χ. η Coca Cola, η Unilever, και η McDonalds) έχουν δεσμευτεί πως θα προωθήσουν τεχνολογίες ψύξης φιλικές προς το περιβάλλον, αποφεύγοντας τη χρήση HFCs. Ήδη, οι εταιρίες αυτές έχουν ήδη επιδείξει τις πρώτες εφαρμογές, αποδεικνύοντας πως οι εναλλακτικές λύσεις είναι τεχνικά εφικτές και οικονομικά ρεαλιστικές, ανοίγοντας έτσι το δρόμο και για άλλες εμπορικές επιχειρήσεις.

Φυσικά ψυκτικά και εναλλακτικές τεχνικές ψύξης

Ως απάντηση στα περιβαλλοντικά προβλήματα που συνδέονται με τη χρήση CFCs, HCFCs, και HFCs, έχουν αναπτυχθεί πολλά εναλλακτικά προϊόντα και τεχνικές. Κάποια από τα προϊόντα αυτά είναι γνωστά από παλιά και έχουν ευρεία χρήση (όπως π.χ. η αμμωνία), κάποια επανήλθαν στην αγορά μετά από δεκαετίες ξεπερνώντας τα τεχνικά προβλήματα του παρελθόντος (π.χ. υδρογονάνθρακες) και κάποια βρίσκονται στην αιχμή της τεχνολογικής έρευνας (όπως η ψύξη με χρήση κύκλου Stirling, η μαγνητική, η θερμοακουστική, η οπτική ψύξη, κ.λπ). Πάνω από είκοσι διαφορετικά είδη προϊόντων και τεχνικών είναι σήμερα διαθέσιμα, τα μισά από τα οποία σε εμπορική κλίμακα. Απ' αυτά, τα σημαντικότερα είναι οι υδρογονάνθρακες, η αμμωνία (R717), το διοξείδιο του άνθρακα (R744), το νερό (R718), ο αέρας (R729), κ.λπ. Παρακάτω εστιάζουμε κυρίως στους υδρογονάνθρακες (και δευτερευόντως στην αμμωνία και το διοξείδιο του άνθρακα), δεδομένου ότι οι ουσίες αυτές φαίνεται πως μπορούν να εκτοπίσουν σχεδόν ολοσχερώς τα επιβλαβή ψυκτικά από την αγορά. Τονίζουμε πάντως ότι η τρέχουσα δεκαετία θα είναι μία περίοδος εντυπωσιακών αλλαγών στις τεχνολογίες και εφαρμογές της ψύξης και ότι τελικά αναμένεται πως οι τεχνολογίες που θα καταφέρουν να σταθούν στην αγορά θα είναι μάλλον διαφορετικές για κάθε ξεχωριστή εφαρμογή και χρήση.

Οι υδρογονάνθρακες σε συσκευές ψύξης και κλιματισμού

Οι υδρογονάνθρακες έχουν άριστες ψυκτικές ιδιότητες. Πριν από πολλές δεκαετίες είχαν χρησιμοποιηθεί και πάλι ως ψυκτικά, εγκαταλήφθηκαν όμως χάριν των CFCs. Οι υδρογονάνθρακες επανήλθαν ως ψυκτικά τη δεκαετία του 1990, χάρη στην εκστρατεία της Greenpeace για την προώθηση εναλλακτικών τεχνικών που δεν καταστρέφουν το όζον και δεν απειλούν το κλίμα της Γης. Για την προώθηση αυτής της τεχνολογίας (Greenfreeze), η Greenpeace βραβεύτηκε το 1997 με το Βραβείο Όζοντος των Ηνωμένων Εθνών.

Οι υδρογονάνθρακες δεν καταστρέφουν το όζον, ούτε συμβάλλουν σημαντικά ως ψυκτικά στην αλλαγή του κλίματος. Επιτυγχάνουν αυξημένη απόδοση των συσκευών ψύξης και κλιματισμού και μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα για την υποκατάσταση ψυκτικών σε παλιές συσκευές χωρίς να χρειάζεται αλλαγή λαδιών ή πολύπλοκες τεχνικές διαδικασίες. Η μόνη ένσταση που έχει ποτέ διατυπωθεί για τη χρήση υδρογονανθράκων ως ψυκτικών είναι η

ευφλεξιμότητά τους. Πράγματι, οι υδρογονάνθρακες είναι εύφλεκτοι. Αυτό όμως δεν σημαίνει πως υπάρχει κίνδυνος από τη συγκεκριμένη χρήση τους σε συσκευές ψύξης και κλιματισμού. Για να αναφλεγούν πρέπει η συγκέντρωσή τους στην ατμόσφαιρα να είναι σε συγκεκριμένα επίπεδα, διαφορετικά δεν είναι δυνατόν να υπάρξει ανάφλεξη. Με τις χρησιμοποιούμενες ποσότητες υδρογονανθράκων σε συσκευές ψύξης και κλιματισμού, ακόμη κι αν διαρρεύσει όλο το ψυκτικό υγρό, είναι εξαιρετικά δύσκολο να υπάρξει ανάφλεξη. Το αποδεικνύει άλλωστε η πολύχρονη εμπειρία, αφού μέχρι σήμερα δεν είχαμε κανένα ατυχές συμβάν. Σχετικές μελέτες επικινδυνότητας έχουν αποδείξει ότι η πιθανότητα ατυχήματος είναι εξαιρετικά μικρή και στην πράξη είναι μηδενική¹⁵. Είναι χαρακτηριστικό π.χ. πως ένα ψυγείο έχει 40-120 γραμμάρια υδρογονανθράκων ως ψυκτικό (τις ίδιες ουσιαστικά ουσίες που χρησιμοποιούνται σε κοινούς αναπτήρες και συσκευές υγραερίου), μια ποσότητα δηλαδή εξαιρετικά μικρή. Για σύγκριση, ένα μικρό γκαζάκι υγραερίου για ψήσιμο καφέ έχει 300 γραμμάρια και μία φιάλη υγραερίου 15 κιλά. Επιπλέον, το ψυκτικό είναι σε ένα κλειστό κύκλωμα με μικρή πιθανότητα διαρροής, σε αντίθεση με τις άλλες χρήσεις του υγραερίου στο σπίτι. Αντιστοίχως, μία κλιματιστική μονάδα διαιρούμενου τύπου (split-unit), με υδρογονάνθρακα ως ψυκτικό, έχει 300 γραμμάρια προπανίου (για ισχύ 2,4 KW ή αλλιώς 8.000 Btu), 340 γραμμάρια προπανίου (για ισχύ 3,55 KW ή αλλιώς 12.000 Btu) ή έως και 1.500 γραμμάρια προπανίου για μεγαλύτερες κλιματιστικές μονάδες των 20 KW (70.000 Btu). Να σημειωθεί πως υπάρχουν ήδη εξαιρετικά αυστηροί κανονισμοί ασφαλείας για τη χρήση υδρογονανθράκων ως ψυκτικών.¹⁶

Συγκεκριμένα, οι ισχύοντες κανονισμοί ασφαλείας (EN 378, BS 4434) προβλέπουν τα εξής:

Κατηγορία	Παραδείγματα	Επιτρεπόμενη ποσότητα υδρογονανθράκων
A (οικιακή – δημόσια)	Κατοικίες, νοσοκομεία, θέατρα, σχολεία, σουπερμάρκετ, ξενοδοχεία	<ul style="list-style-type: none"> • <1,5 κιλό για κλειστά συστήματα • < 5 κιλά για ειδικούς χώρους μηχανολογικού εξοπλισμού ή σε ανοιχτούς αεριζόμενους χώρους
B (εμπορική)	Γραφεία, μικρά καταστήματα, χώροι εστίασης, εργασιακοί χώροι	<ul style="list-style-type: none"> • <2,5 κιλά για κλειστά συστήματα • < 10 κιλά για ειδικούς χώρους μηχανολογικού εξοπλισμού ή σε ανοιχτούς αεριζόμενους χώρους
Γ (βιομηχανική – εμπορική μεγάλης κλίμακας)	Βιομηχανικά ψυγεία, μη προσβάσιμοι χώροι σουπερμάρκετ	<ul style="list-style-type: none"> • < 10 κιλά σε χώρους με ανθρώπινη παρουσία • < 25 κιλά αν το τμήμα υψηλής πίεσης βρίσκεται σε ειδικό χώρο μηχανολογικού εξοπλισμού • Κανένα όριο αν όλο το ψυκτικό βρίσκεται σε ειδικούς χώρους μηχανολογικού εξοπλισμού ή σε ανοιχτούς αεριζόμενους χώρους

Ειδικά για οικιακά ψυγεία και ψυγειοκαταψύκτες, η μέγιστη επιτρεπόμενη ποσότητα σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες είναι τα 150 γραμμάρια ανά συσκευή, ποσότητα που, ούτως ή άλλως, είναι αρκετά μεγαλύτερη από την απαιτούμενη. Στις ΗΠΑ, υπάρχει το παράδοξο ότι οι υδρογονάνθρακες απαγορεύονται ως ψυκτικά σε μη βιομηχανικές χρήσεις (επιτρέπονται όμως για τον κλιματισμό αυτοκινήτων). Η δικαιολογία είναι πως απαιτούνται περαιτέρω μελέτες επικινδυνότητας (τις οποίες όμως οι ίδιες οι υπηρεσίες καθυστερούν). Έτσι, η Β. Αμερική είναι, προς το παρόν, η μόνη περιοχή του πλανήτη όπου δεν μπορεί να βρει κανείς οικιακές συσκευές ψύξης και κλιματισμού που χρησιμοποιούν ως ψυκτικά υδρογονάνθρακες.

Οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενοι υδρογονάνθρακες είναι:

- Το ισοβουτάνιο (R600a)
- Το προπάνιο (R290) ή και μίγματα προπανίου και ισοβουτανίου

Το R600a έχει κυριαρχήσει σήμερα στην αγορά των οικιακών ψυγείων. Πάνω από 100 εκατομμύρια ψυγεία με ψυκτικό μέσο υδρογονάνθρακες κυκλοφορούν σήμερα διεθνώς (κυρίως στην Ευρώπη, αλλά πλέον και στις ασιατικές αγορές και την Αυστραλία). Έρευνα της Greenpeace για την ελληνική αγορά (Ιούνιος 2002)¹⁷ έδειξε ότι τουλάχιστον 260 μοντέλα ψυγείων (περίπου το 60% όλων των μοντέλων της αγοράς) χρησιμοποιούν σήμερα για ψυκτικό το R600a (τα υπόλοιπα χρησιμοποιούν τον υδροφθοράνθρακα R134a). R600a χρησιμοποιούν επίσης και όλα τα μοντέλα (46) που κατασκευάζονται σήμερα στην Ελλάδα από την εταιρία BSP. Να σημειωθεί ότι τα ψυγεία με R600a είναι αποδοτικότερα κατά 20% περίπου σε σχέση με τα αντίστοιχα με R134a, ενώ είναι και λιγότερο θορυβώδη.¹⁸ Πιο αποδοτικοί ενεργειακά (σε ποσοστά της τάξης του 10-40%) αποδεικνύονται οι υδρογονάνθρακες και σε εμπορικές εφαρμογές ψύξης (π.χ. σε ψυγεία βιτρίνες ή επαγγελματικά ψυγεία παγωτού).

Όταν υπάρχει ανάγκη να συμπληρωθεί ψυκτικό ή να υποκατασταθεί το R12 που υπήρχε σε παλιές συσκευές, τότε ο ιδανικός συνδυασμός είναι ένα μίγμα R290/R600a (σε αναλογία 50-50%).



Μίγματα υδρογονανθράκων που χρησιμοποιούνται ως ψυκτικά

Στη διεθνή αγορά κυκλοφορούν μίγματα υδρογονανθράκων που καλύπτουν όλες τις ανάγκες για συσκευές ψύξης-κλιματισμού, αντλίες θερμότητας, κ.λπ, πολλά από τα οποία μπορούν να υποκαταστήσουν άμεσα (drop-in) τα R12, R22, R134a, κ.λπ. Το μίγμα R290/R600a μπορεί π.χ. να υποκαταστήσει άμεσα το R12 και το R134a, το προπυλένιο (R1270) μπορεί να υποκαταστήσει το R22, κ.λπ. Ο παρακάτω πίνακας δείχνει μερικές από τις βασικές εφαρμογές των υδρογονανθράκων ως υποκατάστατων των επιβλαβών ψυκτικών ουσιών.¹⁹

Εφαρμογές υδρογονανθράκων ως ψυκτικά μέσα			
Ψυκτικό	Σύνθεση	Εύρος εφαρμογών	Υποκατάστατο των...
CARE 10	R600a	Υψηλές/μέσες θερμοκρασίες, οικιακός εξοπλισμός	R12, R134a
CARE 30	R600a/R290	Υψηλές/μέσες θερμοκρασίες, εμπορικός-οικιακός εξοπλισμός, κλιματιστικά αυτοκινήτων	R12, R134a
CARE 40	R290	Υψηλές/μέσες/χαμηλές θερμοκρασίες, εμπορική και βιομηχανική ψύξη και κλιματισμός, αντλίες θερμότητας, ψύκτες	R22, R404a, R407c, R507
CARE 45	R1270	Υψηλές/μέσες/χαμηλές θερμοκρασίες, εμπορική ψύξη, κλιματισμός	R22, R404a, R407c, R502
CARE 50	R290/R170	Υψηλές/μέσες/χαμηλές θερμοκρασίες, εμπορική και βιομηχανική ψύξη και κλιματισμός, αντλίες θερμότητας, ψύκτες	R22, R404a, R407c, R507

Η αμμωνία σε συσκευές ψύξης και κλιματισμού

Η αμμωνία (R717) χρησιμοποιείται εδώ και δεκαετίες ως ψυκτικό, κυρίως για την ψύξη τροφίμων και στη βιομηχανία. Χρησιμοποιείται επίσης σε κεντρικά συστήματα κλιματισμού. Έχει άριστες ψυκτικές ιδιότητες, ενώ δεν καταστρέφει το όζον και δεν απειλεί το κλίμα της Γης. Το μεγάλο της μειονέκτημα είναι η τοξικότητά της. Θα πρέπει βέβαια να σημειωθεί πως οι σχετικοί κανονισμοί για τη χρήση της αμμωνίας ως ψυκτικού είναι ιδιαίτερα αυστηροί, ενώ η έντονη οσμή της σε περίπτωση διαρροής δρα προληπτικά για την αποφυγή αρνητικών επιπτώσεων, αφού γίνεται αντιληπτή πολύ πριν συσσωρευτεί σε συγκεντρώσεις επικίνδυνες για την υγεία.

Το διοξείδιο του άνθρακα σε συσκευές ψύξης και κλιματισμού

Σε ότι αφορά τις περιβαλλοντικές επιδόσεις του και τα ζητήματα ασφάλειας, το διοξείδιο του άνθρακα (R744) είναι άριστο ως ψυκτικό. Το βασικό μειονέκτημά του είναι ότι, λόγω

χαμηλής κρίσιμης θερμοκρασίας, έχει σχετικά μικρό βαθμό απόδοσης. Σε κάποιες εφαρμογές, το πρόβλημα αυτό λύνεται με ειδικό σχεδιασμό του εναλλάκτη θερμότητας. Το διοξείδιο του άνθρακα λειτουργεί επίσης σε υψηλότερες πιέσεις, γεγονός που σημαίνει πως απαιτείται διαφορετικός συμπιεστής και αυτό σημαίνει πως δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως άμεσο υποκατάστατο σε υπάρχοντα εξοπλισμό. Σημαντική πρόοδος έχει σημειωθεί στη χρήση του διοξειδίου του άνθρακα ως ψυκτικού σε μικρές εφαρμογές ψύξης, για τον κλιματισμό αυτοκινήτων, σε αντλίες θερμότητας, κ.λπ. Το διοξείδιο του άνθρακα αναμένεται να γίνει το κυρίαρχο ψυκτικό σε κλιματιστικά αυτοκινήτων, αλλά ενδεχομένως και σε μικρές κλιματιστικές μονάδες, εκτοπίζοντας τα HFCs.

Περιβαλλοντική προτίμηση για ψυκτικά

Ο παρακάτω πίνακας συνοψίζει τις εναλλακτικές λύσεις που παρέχονται σήμερα για τις διάφορες χρήσεις των πιο διαδεδομένων ψυκτικών.²⁰

CFCs	HCFCs	HFCs	Προτεινόμενα υποκατάστατα
R11	R123 R141b	R134a R245ca	R718
R12	<i>R401a, R401b</i> <i>R405a</i> <i>R409a</i> <i>R142b</i>	R134a R152a R413a R407d	<i>CARE 30</i> <i>R600a</i> <i>R270</i> <i>R729</i> <i>R717</i> <i>R744</i>
R13/R503	-	R23 R14 R508b	<i>R170</i>
R114	R124	R236fa	R717 R744
R500	<i>R401b</i> <i>R409b</i>	R134a R407d R413a	R717 R744
R502	<i>R402a, R402b</i> <i>R408a</i> <i>R403a, R403b</i> <i>R411b</i>	R404a R407a, R407b R507 R32	<i>CARE 50</i> <i>R1270</i> <i>R717</i> <i>R744</i>
R13b1	<i>R403b</i>	R125 R32 R410a <i>Isceon 89</i>	<i>R170</i> <i>R1270</i>
<i>Τα ψυκτικά άμεσης υποκατάστασης (drop-in) αναγράφονται με πλάγιους χαρακτήρες</i>	R22	R407c R410a R32 <i>Isceon 59</i> <i>HR50</i> <i>G2032</i>	<i>R290</i> <i>CARE 50</i> <i>R717</i> <i>R744</i>

R718 = νερό, R729 = αέρας, R717 = αμμωνία, R744 = διοξείδιο του άνθρακα, R600a = ισοβουτάνιο, R290 = προπάνιο, R170 = αιθάνιο, R1270 = προπυλένιο, CARE 30 = R600a/R290, CARE 50 = R290/R170.

Ο επόμενος πίνακας συνοψίζει τα κύρια χαρακτηριστικά των διαφόρων κατηγοριών ψυκτικών.²¹

Περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά των ψυκτικών ουσιών

Ψυκτικό	Δυναμικό καταστροφής του όζοντος	Δυναμικό υπερθέρμανσης	Ευφλεξιμότητα	Τοξικότητα	Συμβατότητα με άλλα υλικά του συστήματος	Σχόλια
CFCs	Υψηλό	Υψηλό	Όχι	Όχι	Καλή	Έχουν απαγορευτεί
HCFCs	Χαμηλό	Υψηλό	Όχι	Όχι	Καλή	Τελούν υπό περιορισμούς και απαγορεύσεις
HFCs	Μηδενικό	Υψηλό	Όχι	Όχι	Απαιτούνται άλλα ψυκτέλαια και αλλαγές στα φίλτρα, ενώ υπάρχουν και προβλήματα στεγανότητας	Η υγρασία και η επιμόλυνση μπορεί να οδηγήσουν σε προβλήματα Ελέγχονται από το Πρωτόκολλο του Κιότο
Υδρογονάνθρακες	Μηδενικό	Πολύ χαμηλό	Ναι	Όχι	Καλή	Καλύτερη απόδοση από τα HFCs Ίδιο κόστος με HFCs
Αμμονία	Μηδενικό	Μηδενικό	Ναι	Ναι	Πρέπει να αποφεύγονται τα υλικά με χαλκό	Ελαφρά καλύτερη απόδοση από τα HFCs Μεγαλύτερο κόστος από τα HFCs

Αποφυγή χρήσης HFCs σε άλλες εφαρμογές

Τα HFCs βρήκαν γρήγορα πεδίο εφαρμογής σε όλες σχεδόν τις χρήσεις που παλαιότερα χρησιμοποιούνταν τα CFCs και HCFCs. Ευτυχώς όμως, για όλες αυτές τις χρήσεις παρέχονται εναλλακτικές λύσεις και υποκατάστατα φιλικότερα προς το περιβάλλον. Σταχυολογούμε παρακάτω τις σημαντικότερες εφαρμογές.

Κλιματισμός αυτοκινήτων

Τα σύγχρονα αυτοκίνητα κλιματίζονται συνήθως με R134a (HFC-134a). Ένα μέσο αυτοκίνητο έχει περί τα 800 γραμμάρια R134a στο κλιματιστικό του. Εναλλακτικά, ο κλιματισμός θα μπορούσε να λειτουργήσει με υδρογονάνθρακες (περίπου 400 γραμμάρια R290 ή μίγμα R290/R600a) ή με διοξείδιο του άνθρακα. Ήδη, εκατοντάδες χιλιάδες αυτοκίνητα στις ΗΠΑ, την Αυστραλία και αλλού χρησιμοποιούν υδρογονάνθρακες για τον κλιματισμό τους. Η αυτοκινητοβιομηχανία Daimler Chrysler υποσχέθηκε την ευρεία χρήση του διοξειδίου του άνθρακα ως ψυκτικού το αργότερο ως το 2005. Στην ίδια κατεύθυνση κινούνται και αρκετές άλλες αυτοκινητοβιομηχανίες, όπως π.χ. η Toyota, η Ford, η Renault, ο όμιλος VW και η BMW. Σημειώνουμε τέλος πως η ΕΕ έχει πρόθεση να απαγορεύσει οριστικά τη χρήση HFCs σε κλιματιστικά αυτοκινήτων το αργότερο ως το 2012.

Φορτηγά ψυγεία

Τα μικρά ή μεγάλα φορτηγά ψυγεία αποτελούν ένα σημαντικό κομμάτι της αγοράς, το οποίο παραδοσιακά βασιζόταν σε πετρελαιοκίνητα ψυγεία με ψυκτικά που καταστρέφουν το περιβάλλον (π.χ. HFCs). Σήμερα, παρέχονται πλέον επαρκείς εναλλακτικές λύσεις όπως π.χ. το διοξείδιο του άνθρακα, το οποίο εκτός από ψυκτικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τροφοδότηση της ψυκτικής μηχανής αντί του ρυπογόνου ντίζελ. Η Thermoking, η μεγαλύτερη στο είδος της εταιρία, παρέχει την τεχνολογία αυτή ήδη από το 2001.²²



Διόγκωση αφρωδών υλικών

Στην αγορά αφρωδών υλικών που παλαιότερα κυριαρχούσαν τα CFCs και HCFCs, σήμερα υπάρχει ανταγωνισμός μεταξύ των HFCs, των υδρογονανθράκων (κυρίως το κυκλοπεντάνιο) του διοξειδίου του άνθρακα και του νερού. Για τη διόγκωση των προϊόντων πολυουρεθάνης π.χ. χρησιμοποιούνται υδρογονάνθρακες (25% των εφαρμογών) και διοξείδιο του άνθρακα (σε παρόμοια ποσοστά). Η διογκωμένη πολυστερίνη (EPS) διογκώνεται με διοξείδιο του άνθρακα/νερό, ενώ η εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS) διογκώνεται σε ποσοστό 50% περίπου με διοξείδιο του άνθρακα.

Η διόγκωση των αφρωδών υλικών με HFCs δημιουργεί μια σειρά από προβλήματα, καθώς ένα 60% περίπου του διογκωτικού υλικού διαφεύγει στην ατμόσφαιρα, ενώ το υπόλοιπο θα πρέπει να ανακτηθεί με το πέρας της χρήσιμης ζωής του υλικού και αυτό συνεπάγεται ειδική τεχνική υποδομή και πολλά έξοδα. Η στροφή της βιομηχανίας σε υγρά HFCs (π.χ. HFC-

245fa, HFC-365mfc) προκειμένου να περιοριστούν οι απώλειες κατά τη χρήση, δεν λύνει το πρόβλημα της τελικής διάθεσης.

Η βιομηχανία HFCs ισχυρίζεται πως τα προϊόντα της έχουν καλύτερη συμπεριφορά π.χ. από το διοξείδιο του άνθρακα. Η αλήθεια είναι πως αυτό ισχύει σε λίγες περιπτώσεις, π.χ. στα προϊόντα εξηλασμένης πολυστερίνης πάχους άνω των 6 εκατοστών που έχουν διογκωθεί με διοξείδιο του άνθρακα. Εκεί, η διογκωμένη με HFCs πολυστερίνη παρουσιάζει όντως καλύτερες μονωτικές ιδιότητες. Όμως, το 82% των προϊόντων εξηλασμένης πολυστερίνης είναι, ούτως ή άλλως, πάχους κάτω των 6 εκατοστών, οπότε δεν υπάρχει κανένα πρόβλημα σε ότι αφορά την αποδοτικότητα του διοξειδίου του άνθρακα στην πλειονότητα των εφαρμογών.

Βέβαια, τα διογκωμένα συνθετικά προϊόντα (ειδικά η εξηλασμένη πολυστερίνη) δεν αποτελούν ούτε τη μόνη ούτε την περιβαλλοντικά προτιμητέα επιλογή. Τόσο η εξηλασμένη πολυστερίνη όσο και τα προϊόντα πολυουρεθάνης μπορούν να υποκατασταθούν από άλλα υλικά όπως ο φελλός, η κυτταρίνη, το ξυλόμαλλο, ο ορυκτοβάμβακας, ο υαλοβάμβακας, κ.λπ.

Αντλίες θερμότητας

Κυρίαρχο υλικό έως πρόσφατα ήταν το R22 (HCFC-22). Από τα HFCs χρησιμοποιούνται τα R134a, R407c, R410a. Οι εναλλακτικές λύσεις στις εφαρμογές αυτές είναι οι υδρογονάνθρακες (R290, R1270), το διοξείδιο του άνθρακα (R744) και η αμμωνία (R717). Οι υδρογονάνθρακες έχουν ευρεία χρήση σε αντλίες θερμότητας στη Γερμανία (οι περισσότεροι κατασκευαστές χρησιμοποιούν πλέον προπάνιο), την Αυστρία, τη Σουηδία και την Ολλανδία. Παρά τις θεωρητικές ανησυχίες περί ευφλεξιμότητας των υδρογονανθράκων, δεν παρατηρήθηκαν προβλήματα κατά τη χρήση.^{23,24}

Αερολύματα για εισπνοή σταθερών δόσεων (για ιατρική χρήση)

Στα προϊόντα αυτά κυριαρχούσαν για χρόνια τα CFCs. Η χρήση HFCs στα προϊόντα αυτά μπορεί να έχει σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Εκτιμάται ότι ως το 2010, τα περιεχόμενα στα ιατρικά σπρέυ HFCs θα ισοδυναμούν με 4,1 εκατ. τόνους CO₂.

Η εναλλακτική λύση, η οποία εφαρμόζεται ήδη κατά κόρον σε κάποιες χώρες, είναι οι δοσομετρητές ξηράς σκόνης. Η λύση αυτή μπορεί να εφαρμοστεί στο 90% των περιπτώσεων. Σε αντίθεση μάλιστα με τους δοσομετρητές ξηράς σκόνης που ξαναγεμίζουν, οι συσκευασίες των δοσομετρητών με HFCs είναι μίας χρήσης και συνήθως ένα 20% του προϊόντος μένει ως υπόλειμμα και πετιέται, με αποτέλεσμα τα HFCs να διαφεύγουν στο περιβάλλον.

Πυροσβεστήρες

Δεδομένου ότι ένα 10% περίπου των συνολικά περιεχόμενων στους πυροσβεστήρες HFCs διαφεύγει κάθε χρόνο στο περιβάλλον, η συμβολή της πυρόσβεσης στην επιβάρυνση του περιβάλλοντος δεν πρέπει να θεωρείται ασήμαντη. Κι εδώ παρέχονται επαρκείς εναλλακτικές λύσεις όπως αδρανή αέρια, διοξείδιο του άνθρακα, αφρός, νερό, κ.λπ.

Σπρέυ

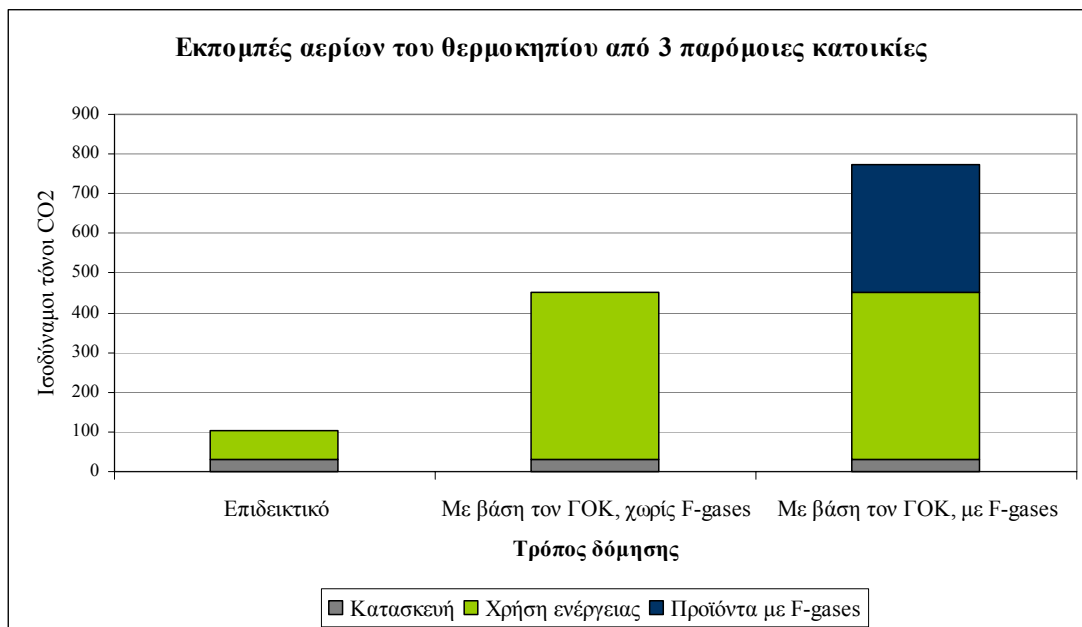
Τα πρώτα προϊόντα στα οποία απαγορεύτηκαν τα CFCs ήταν τα σπρέυ. Σήμερα, ως προωθητικά υλικά χρησιμοποιούνται κυρίως υδρογονάνθρακες, ενώ κάποια προϊόντα (π.χ. αποσμητικά) αποφεύγουν τη χρήση σπρέυ και κυκλοφορούν σε roll-on, κρέμα ή με μηχανική προώθηση. Τα HFCs έχουν μικρή σχετικά χρήση και κυρίως σε χρήσεις που θα μπορούσαν και να εκλείψουν τελείως (π.χ. κλάξον για γήπεδα, αυτοψυχόμενες συσκευασίες, κ.λπ). Η προτεινόμενη κοινοτική νομοθεσία βάζει οριστικά τέλος σ' αυτές τις χρήσεις των HFCs.

Διαλύτες

Κι εδώ παρέχονται ασφαλείς εναλλακτικές λύσεις όπως η αποφυγή χημικού καθαρισμού, ο καθαρισμός με νερό, ο συνδυασμός υδρογονανθράκων/νερού, κ.λπ.

Δόμηση χωρίς F-gases

Το παρακάτω διάγραμμα απεικονίζει τα οφέλη από τη μη χρήση HFCs και άλλων F-gases στον τομέα της κατοικίας. Πρόκειται για μια σύγκριση που έγινε στην Αυστρία σε 3 παρόμοιες κατοικίες. Η μία κατασκευάστηκε με βάση τον οικοδομικό κανονισμό και τη συνήθη χρήση F-gases. Η δεύτερη με βάση τον οικοδομικό κανονισμό και χωρίς F-gases, ενώ η τρίτη με βάση ένα ευρύ φάσμα περιβαλλοντικών κριτηρίων που συντελούν στην εξοικονόμηση ενέργειας. Είναι εμφανής η συνεισφορά των F-gases στη συνολική περιβαλλοντική επιβάρυνση (41,5% των συνολικών ισοδύναμων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα σε μία κατοικία για χρήση της επί πενήντα χρόνια).^{8,25}



Παραπομπές

1. **Ευρωπαϊκή Επιτροπή**, 2000, *Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 2037/2000 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 29^{ης} Ιουνίου 2000 για τις ουσίες που καταστρέφουν τη στιβάδα του όζοντος*. Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων L244, 29.09.2000.
2. **Maté J.**, 2000, *How to limit HFC/PFC/SF6 emissions? Eliminate them*. Greenpeace position paper, Greenpeace International, February 2000.
3. **ΥΠΕΧΩΔΕ**, 2002, *Εθνικό Πρόγραμμα μείωσης εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (2000-2010)*, Μάρτιος 2002.
4. **Harnisch J., Gluckman R.**, 2001, *Final report on the European Climate Change Programme - Working Group Industry – Work Item Fluorinated Gases*. European Commission (DG ENV & DG TREN), 18 June 2001.
5. **Butler D.**, 2001, *Life after CFCs and HCFCs*. Prepared for CIBSE National Conference 2001. Environmental Engineering Centre. © Building Research Establishment Ltd.
6. **US EPA**, 2002, *Greenhouse gases and global warming potential values*, U.S. Greenhouse Gas Inventory Program, Office of Atmospheric Programs, U.S. Environmental Protection Agency, April 2002.
7. **Bilzer International**, 2002, *Refrigerant Report*, 11th Edition, 4-501-11, <http://www.bilzer.de>
8. **Anderson J.**, 2001, *Keeping cool without warming the planet: Cutting HFCs, PFCs, and SF6 in Europe*. Climate Network Europe.
9. **Schwarz W., Harnisch J.**, 2003, *Establishing the leakage rates of mobile air conditioners*. European Commission (DG ENV), 17 April 2003.
10. **Pedersen P.H.**, 2003, *Evaluation of the possibilities of substituting potent greenhouse gases (HFCs, PFCs and SF6)*. Danish Environmental Protection Agency. Environmental Project No. 771 2003.
11. **Birnd R., Riedel R., Schenck J.**, 2001, *Tightness of Commercial Refrigeration systems*. Research Project Commissioned by the Forschungsrat Kaeltechnik, Dresden.
12. **European Commission**, 2003, *Climate Change: Commission tackles fluorinated gases*. IP/03/1155, Brussels, 12 Aug. 2003.
13. **MIPIGGS Summer 2003 Newsletter**. Multisectoral Initiative on Potent Industrial Greenhouse Gases (MIPIGGS), <http://www.mipiggs.org>
14. **EPEE**, 2003, *EPEE lodges complaint with European Commission on the Danish order to phase-out industrial greenhouse gases*. European Partnership for Energy and the Environment (EPEE). 28 May 2003.
15. **Colbourne D., Ritter T.J.**, 1998, *Quantitative Risk Assessment: Hydrocarbon Refrigerants*. Calor Gas Ltd. <http://www.care-refrigerants.co.uk>
16. **UNEP/GTZ/Greenpeace**, 2000, *Back to the Future: Working safely with hydrocarbons*. UNEP TIE OzonAction Programme.
17. **Greenpeace**, 2002, <http://www.greenpeace.gr>
18. **Maclaine-cross I. L. and Leonardi E.**, 1997, *Why hydrocarbons save energy*. Published in AIRAH Jurnal, June 1997, Vol. 51 No 6, pp. 33-37.
19. **Calor Gas Refrigeration**, 2001, *CARE refrigerants technical information*, July 2001. <http://www.care-refrigerants.co.uk>
20. **Cox, N.**, 2000, *Not In Kind refrigeration alternatives*. Paper prepared as part of submission to UK Draft Climate Change Strategy. Earthcare Products Ltd. <http://www.earthcareproducts.co.uk>

21. **Cool Concerns**, 1997, *Refrigeration appliances using hydrocarbon refrigerants. Manual for the safe design, manufacturing, servicing and drop-in conversion of domestic and commercial appliances*. In collaboration with the Indian Institute of Technology, New Delhi, India, and INFRAS, Zurich, Switzerland. An ECOFRIG publication.
22. <http://www.thermoking.com>
23. **IEA**, 2002a, *Alternative working fluids in practice*. IEA Heat Pump Centre Newsletter, Vol. 20, No 1/2002.
24. **IEA**, 2002b, *Hydrocarbons as refrigerant in residential heat pumps and air conditioners*. IEA Heat Pump Centre. Informative Fact Sheet, HPC-IFS1, January 2002.
25. **Lang G.**, 1999, *Analyse treibhauserelevanter Emissionen am Bau anhand des Projektes Passivehausscheibe im Salzkammergut*. Salzkammergut, Austria.