

# Το ανθρώπινο σώμα ως πηγή ενέργειας

Νέες τεχνολογίες στην παραγωγή ενέργειας

Από τον Thijs Beckers

Στην σημερινή εποχή όπου η τιμή του μαύρου χρυσού αυξάνει μέρα με την ημέρα και το φαινόμενο του θερμοκηπίου κάνει αισθητή την παρουσία του, ο όρος εξοικονόμηση ενέργειας έχει αρχίσει να γίνεται ιδιαίτερα δημοφιλής. Το τελευταίο διάστημα γίνονται σημαντικές έρευνες στο Holst Center σχετικά με την ανάπτυξη των ενεργειακών ανακλυκλωτών, ενεργειακών δηλαδή μετατροπέων οι οποίοι χρησιμοποιούν την θερμότητα του σώματος. Οι συγκεκριμένες μονάδες δεν είναι σε θέση να παράγουν παρά μικρά ποσά ενέργειας, σε κάθε όμως περίπτωση πρόκειται για προϊόντα που αντιστέκονται στην σπατάλη.

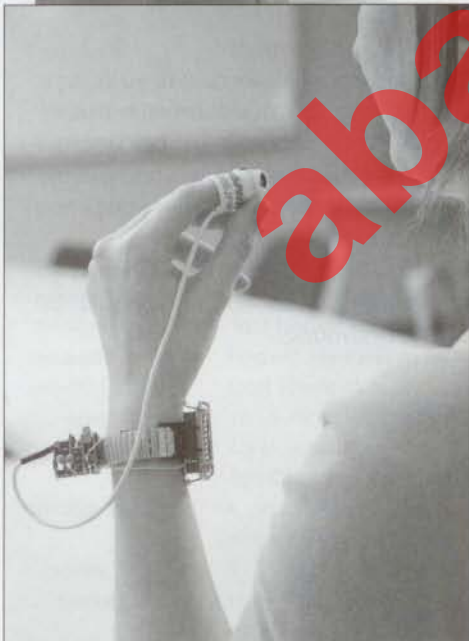
Τα ποσά της ενέργειας που χάνονται στο περιβάλλον με την μορφή θερμότητας είναι σημαντικά. Απόδειξη αποτελούν οι γιγαντιαίοι πύργοι ψύξης με τα πυκνά σύννεφα ατμών, δίπλα στις μονάδες παραγωγής ηλεκτρισμού. Η έρευνα έχει πλέον στραφεί στην αξιοποίηση αυτής της χαμένης θερμότητας, και την μετατροπή της πάλι σε ηλεκτρική ενέργεια.

## Ενέργεια από παντού

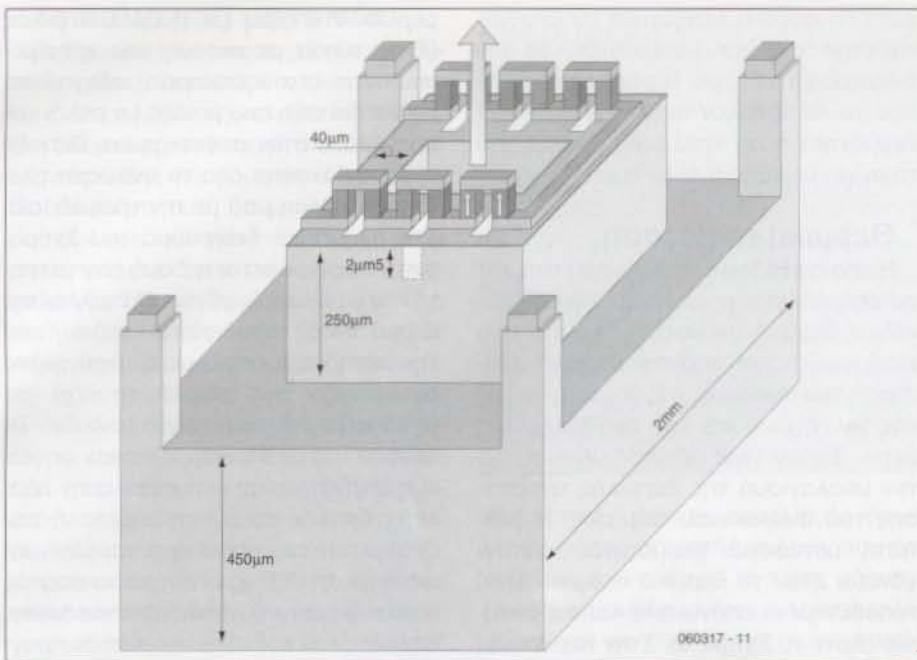
Οι ηλεκτρονικές συσκευές για να λειτουργήσουν χρειάζονται ηλεκτρική ενέργεια. Οι φορητές ηλεκτρονικές συσκευές χρησιμοποιούν κατά κανόνα

μπαταρίες, αλλά τα δεδομένα αυτά ενδέχεται να αλλάξουν σύντομα...

Στο Holst Centre στην Ολλανδία εξελίσσεται μία έρευνα σχετικά με τους "Ανακυκλωτές ενέργειας" (Energy Scavengers) ή Συσκευές Σάρωσης (συγκομιδής) Ηλεκτρικής Ενέργειας. Πρόκειται για τεχνολογικά εξελιγμένες μονάδες οι οποίες παράγουν τάση αξιοποιώντας οποιαδήποτε μορφή πιεζοηλεκτρικής, ηλεκτροστατικής, ηλεκτρομαγνητικής ή θερμικής ενέργειας. Η τελευταία μάλιστα μορφή ενέργειας παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, δεδομένου ότι υπάρχουν πάρα πολλές πηγές θερμικής ενέργειας οι οποίες απελευθε-



Σχήμα 1. Το πρωτότυπο του μετρητή παλμών και οξυγόνου είναι ήδη τόσο μικρό, που μπορεί να φοριέται σαν ρολόι.



Σχήμα 2. Η δομή των θερμικών συσσωρευτών σιλικόνης. Η ροή ενέργειας (τα κίτρινα βέλη) δημιουργεί στα άκρα των στοιχείων μία διαφορά δυναμικού. Η σε σειρά σύνδεση των στοιχείων αυξάνει την τάση σε μία αξιοποιήσιμη στάθμη.

ρώνουν (και κατά συνέπεια σπαταλούν) θερμική ενέργεια στο περιβάλλον τους. Αρκεί να αναλογιστούμε το σύνολο της θερμότητας που παράγεται από βιομηχανικούς κινητήρες, οχήματα, φούρνους κ.λ.π. Μία άλλη πηγή θερμικής ενέργειας είναι το ανθρώπινο σώμα.

### Η μουσική του μέλλοντος;

Εάν μπορούσαμε να αξιοποιήσουμε μία υπάρχουσα πηγή θερμότητας όπως είναι για παράδειγμα το ανθρώπινο σώμα, θα είχαμε ένα σημαντικό πλεονέκτημα όσον αφορά τις φορητές συσκευές. Θα μπορούσαμε να ακούμε αδιάκοπα την αγαπημένη μας μουσική στην φορητή συσκευή αναπαραγωγής τύπου iPod ή MP3, ενώ το κινητό δεν θα είχε κανένα λόγο να συνδέεται στην πρίζα για να φορτίσει...

Βέβαια η τεχνολογία δεν έχει προχωρήσει ακόμη τόσο πολύ. Η υπάρχουσα τεχνολογία χρειάζεται αρκετή ισχύ για να μπορεί να αποδώσει από την θερμότητα του σώματος (εκτός βέβαια εάν αντλήσουμε όλη την θερμότητα του σώματος). Αυτή την στιγμή έχει αναπτυχθεί στο Holst Centre μία πρωτότυπη διάταξη η οποία είναι σε θέση να καταγράφει την περιεκτικότητα του αίματος σε οξυγόνο, αντλώντας την απαραίτητη ενέργεια από τον καρπό του εθελοντή. Παρ' όλα αυτά, η τεχνική που κρύβεται πίσω από την δοκιμαστική αυτή εφαρμογή δεν είναι και

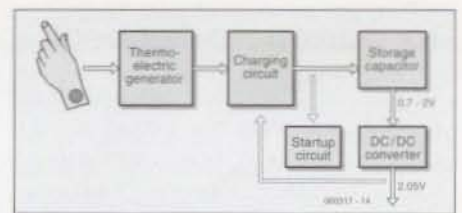
τόσο νέα. Στην ουσία πρόκειται για εκμετάλλευση του φαινομένου "Seebeck" (δείτε το αντίστοιχο ένθετο κειμένου), με μοναδική καινοτομία τον τρόπο με τον οποίο μετατρέπεται η θερμική ενέργεια από την πηγή θερμότητας...

### Τεχνολογία

Σήμερα έχουμε την δυνατότητα να κατασκευάσουμε με την βοήθεια πυριτίου τους καλούμενους "θερμικούς συσσωρευτές" (δείτε το Σχήμα 2). Οι εν λόγω θερμικοί συσσωρευτές αποτελούνται από θερμοζεύγη, τα οποία παράγουν μία μικρή τάση όταν στα άκρα των επαφών τους υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας. Στην περίπτωση όπου έχουμε ένα μεγάλο πλήθος θερμοζευγών συνδεδεμένων σε σειρά, η τάση που παράγεται μπορεί να είναι αξιοποιήσιμη. Η συγκεκριμένη τάση μπορεί να υπολογιστεί με την βοήθεια της σχέσης:  $U_0 = m \times a \times \Delta T$ , όπου  $m$  είναι το πλήθος των θερμοζευγών,  $a$  είναι ο συντελεστής Seebeck και  $\Delta T$  η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των δύο μεταλλικών στοιχείων του θερμοζεύγους.

Στην πράξη το κάθε θερμοζεύγος είναι σε θέση να παράγει περίπου 1mV. Για να έχουμε λοιπόν μία αξιοποιήσιμη τάση (μεταξύ 1 και 10 V), θα χρειαστούμε τουλάχιστον χίλια θερμοζεύγη.

Στο Σχήμα 3 εικονίζεται το σχηματικό διάγραμμα ενός θερμο-ηλεκτρικού τρο-



Σχήμα 3. Σχηματικό διάγραμμα ενός θερμο-ηλεκτρικού τροφοδοτικού. Η ενέργεια που εξαγεται από τον ανακυκλωτή ενέργειας πριν γίνει αξιοποιήσιμη χρειάζεται μία περαιτέρω επεξεργασία.

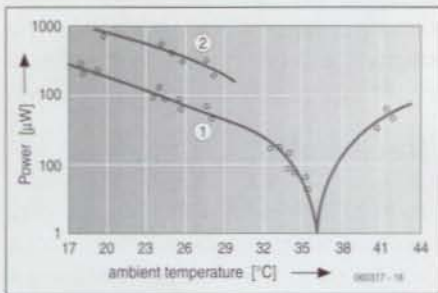
φοδοτικού. Σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 22 °C, το ανθρώπινο σώμα απελευθερώνει περίπου 10 mW/cm<sup>2</sup> θερμικής ενέργειας (μετρούμενης κοντά σε αρτηρία). Ανάλογα με τις συνθήκες, η θερμοηλεκτρική γεννήτρια είναι σε θέση να παράγει μία ισχύ μεταξύ 100 και 200 μW, την οποία το κύκλωμα φόρτισης αποθηκεύει σε μία μπαταρία ή πυκνωτή. Η ενέργεια αυτή χρησιμοποιείται στην συνέχεια για να τροφοδοτήσει το κύκλωμα. Ο ανακυκλωτής ενέργειας στο καταγραφικό οξυγόνου στο αίμα παρέχει μία ισχύ μεταξύ 100 και 600 μW, ανά-

### Holst Centre

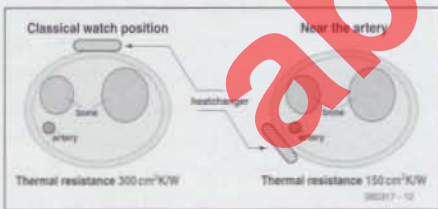
Το Holst Centre ([www.holstcentre.com](http://www.holstcentre.com)) αποτελεί μία κοινή πρωτοβουλία των IMEC και TNO της Ολλανδίας. Πρόκειται για ένα ανεξάρτητο ινστιτούτο Έρευνας και Ανάπτυξης (Research & Development) το οποίο αναπτύσσει νέες τεχνολογίες για αυτόνομους ασύρματους μορφοτροπείς και συστήματα μικρού όγκου. Η έρευνα στις τεχνικές ανακύκλωσης ενέργειας εκτελείται στα πλαίσια της IMEC-NL. Ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα του εν λόγω ινστιτούτου είναι η διαδραστικότητα και συνεργασία του με βιομηχανικά και ακαδημαϊκά ινστιτούτα. Αποτέλεσμα αυτού είναι το Holst Centre να είναι σε θέση να προσαρμόζει τις επιστημονικές του αναζητήσεις στις ανάγκες της βιομηχανίας. Οι επενδύσεις που εξασφαλίζονται τόσο από την κυβέρνηση όσο και από αρκετές εταιρείες, αυξάνουν σημαντικά τις πιθανότητες επιτυχούς έκβασης των ερευνών. Η συνδυασμένη γνώση μαζί με τις εξελίξεις εξασφαλίζουν στα μέτεχοντα μέρη ένα προβάδισμα στην αγορά, κάτι το οποίο δεν θα ήταν δυνατόν να επιτύχουν χωρίς αυτό το επίπεδο συνεργασίας.

## Το φαινόμενο Seebeck

Το φαινόμενο Seebeck ανακαλύφθηκε το 1821 και πήρε την ονομασία του από τον επιστήμονα που το ανακάλυψε, τον Thomas Johann Seebeck. Αναφέρεται στην άμεση μετατροπή μια διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ δύο διαφορετικών μετάλλων ή ημισαγωγών σε ηλεκτρικό δυναμικό. Πρόκειται για το ακριβώς αντίθετο του γνωστού φαινομένου Peltier, όπου ένα ηλεκτρικό ρεύμα μετατρέπεται σε διαφορά θερμοκρασίας. Στην ουσία οι δύο αυτές διαδικασίες είναι ίδιες, με μόνη διαφορά ότι η μετατροπή ενέργειας γίνεται προς αντίθετες κατευθύνσεις. Για τον λόγο αυτό συχνά καλούνται ως φαινόμενο Peltier-Seebeck ή απλά θερμο-ηλεκτρικό φαινόμενο.



Σχήμα 4. Ισχύς εξόδου των θερμικών αισωρευτών. Στην καμπύλη 1 έχουμε έναν άνθρωπο που κάθεται, ενώ στην καμπύλη 2 έχουμε έναν άνθρωπο που τρέχει. Η διαφορά που παρατηρείται οφείλεται κυρίως στην δυνατότητα ψύξης του ψύκτη.



Σχήμα 5. Η θερμική αντίσταση του ανθρώπινου σώματος. Είναι σαφές ότι το καλύτερο σημείο τοποθέτησης του εναλλάκτη θερμότητας είναι η αρτηρία.

λογα με τις συνθήκες. Σε θερμοκρασία περίπου 36° δεν υπάρχει καμία διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του δέρματος και του περιβάλλοντος, οπότε δεν είναι δυνατόν να παραχθεί ενέργεια (δείτε το Σχήμα 4). Εάν η θερμοκρασία ανέβει ακόμη περισσότερο το στοιχείο θα αρχίσει εκ νέου να παράγει μία τάση, αλλά

αυτή τη φορά η λειτουργία θα εκτελείται στην "αντίθετη κατεύθυνση" με την έννοια ότι το δέρμα θερμαίνεται πλέον από το περιβάλλον αντί να ψύχεται. Η θερμότητα αυτή απελευθερώνεται από το σώμα με κάποιο άλλο τρόπο.

## Θερμική αντίσταση

Η ισχύς εξόδου του θερμικού στοιχείου επηρεάζεται σημαντικά από την συνολική θερμική αντίσταση. Η αντίσταση αυτή συνίσταται από την θερμική αντίσταση του σώματος, της θερμο-ηλεκτρικής γεννήτριας και του περιβάλλοντος αέρα. Έχουν γίνει αρκετές μελέτες για τον υπολογισμό της θερμικής αντίστασης του ανθρώπινου σώματος. Η βέλτιστη μεταφορά θερμότητας επιτυγχάνεται όταν το θερμικό στοιχείο είναι τοποθετημένο επάνω από κάποια αρτηρία (δείτε το Σχήμα 5). Στην περίπτωση αυτή η θερμική αντίσταση είναι περίπου 150 cm<sup>2</sup> K/W. Η αντίσταση του εναλλάκτη θερμότητας βρίσκεται στην περιοχή των 100 cm<sup>2</sup> K/W.

Η θερμική αντίσταση του αέρα εξαρτάται σημαντικά από την κίνηση των περιβαλλόντων στρωμάτων αέρα. Στην περίπτωση ενός ατόμου που στέκει ακίνητο, η τιμή υπολογίστηκε στα 500 cm<sup>2</sup> K/W με χρήση ψύκτη. Όταν όμως το άτομο περπατούσε, ο ίδιος ψύκτης παρουσίαζε αντίσταση μόλις 200 cm<sup>2</sup> K/W (δείτε το Σχήμα 4). Κατά την διάρκεια των ίδιων δοκιμών διεπιστώθη επίσης ότι η βαριά άσκηση των ατόμων που συμμετείχαν στις δοκιμές, δεν είχε ως αποτέλεσμα την παραγωγή περισσότερης ενέργειας. Το ανθρώπινο σώμα είναι τόσο αποτελεσματικό στην απαγωγή της υπερβόλουσας θερμότητας, που η θερμοκρασία του δέρματος δεν αυξάνει οπότε και δεν παράγεται επιπλέον ενέργεια.

Το θερμότερο σημείο του σώματος είναι το κεφάλι. Όταν λοιπόν μετατρέπουμε την θερμότητα του σώματος σε ηλεκτρική ενέργεια, το κατάλληλο σημείο για να έχουμε βέλτιστα αποτελέσματα άντλησης θερμότητας είναι το κεφάλι. Το μοναδικό μειονέκτημα είναι η όχι και τόσο καλή αισθητική (δείτε το Σχήμα 6).

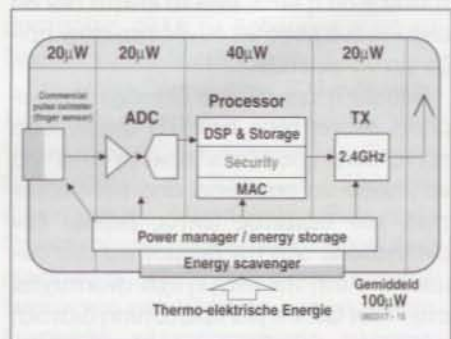
## Ενεργειακά απελευθερωμένες μετρήσεις

Η συσκευή που σχεδιάστηκε στο Holst Centre είναι ένας ασύρματος μετρητής περιεκτικότητας οξυγόνου στο αίμα μαζί με μετρητή παλμών (δείτε το Σχήμα 1), και εφαρμόζει πολλές σύγχρονες τεχνολογίες. Τα σήματα από τους αισθητήρες

αερίων στο αίμα και ρυθμών καρδιάς (ιδίου τύπου με αυτούς που χρησιμοποιούνται στα νοσοκομεία) οδηγούνται σε μία διάταξη που μοιάζει με ρολόι χειρός. Μέσα στην συγκεκριμένη διάταξη περιλαμβάνονται όλα τα αναγκαία ηλεκτρονικά μέρη μαζί με την τροφοδοσία. Στο σχηματικό διάγραμμα του Σχήματος 7 περιγράφεται η δομή του μετρητή παλμών και οξυγόνου. Ο εναλλάκτης θερμότητας τοποθετείται επάνω από την αρτηρία, η οποία με έμμεσο τρόπο εξασφαλίζει την απαραίτητη ισχύ για την λειτουργία των ηλεκτρονικών. Το σύνολο της αναλογικής αλλά και ψηφιακής επεξεργασίας εκτελείται στην πλακέτα. Για την ασύρματη αποστολή των δεδομένων σε κάποιο (για παράδειγμα) υπολογιστή υπάρχει ένας ραδιο-πομπός (οπότε υπάρχει δυνατότητα απεικόνισης του συνόλου της πληροφορίας σε πραγματικό χρόνο), ενώ όταν τα δεδομένα βγαίνουν εκτός συγκεκριμένων ορίων υπάρχει δυνατότητα ενεργοποίησης κάποιου συναγερμού.



Σχήμα 6. Τόσοι πολλοί ανακυκλωτές είναι μάλλον ακαλαίσθητοι...



Σχήμα 7. Η εσωτερική δομή του ασύρματου μετρητή παλμών-οξυγόνου. Η σχεδίαση στοχεύει άμεσα στην ελαχιστοποίηση του μεγέθους και της ενέργειας που αναλώνεται.

## Το παλιό μαζί με το νέο

Οι θεωρίες που υποστηρίζουν τις συγκεκριμένες συσκευές δεν είναι τελειώς νέες. Η εν λόγω τεχνολογία είναι γνωστή εδώ και αρκετό καιρό, αλλά πάντοτε ήταν ογκώδης για φορητές εφαρμογές. Για τον λόγο αυτό το μεγαλύτερο μέρος των ερευνών στο Holst Centre είναι επικεντρωμένο στην μείωση του απαιτούμενου όγκου. Την περίοδο μάλιστα αυτή οι ερευνητές ασχολούνται με την παραγωγή θερμικών συσσωρευτών με την χρήση πυριτίου. Αυτό σημαίνει ότι οι συλλέκτες ενέργειας θα είναι δυνατόν να κατασκευαστούν σε φύλλα πυριτίου (παρόμοια με του μικροεπεξεργαστές), γεγονός το οποίο μεταφράζεται σε δραματική μείωση του κόστους. Οι μικροσκοπικές επίσης διαστάσεις των στοιχείων σημαίνουν ότι θα μπορούμε να συνδέσουμε αρκετά από αυτά ώστε να παράγουμε μία αξιοποιήσιμη τάση.

Όπως βέβαια μπορεί κανείς να διαπιστώσει από το Θερμικό Ρολόι της Seiko [1,2], δεν πρόκειται για κάποια εντελώς νέα ιδέα. Το εν λόγω ρολόι χρησιμοποιεί το ίδιο φαινόμενο που χρησιμοποιεί και ο μετρητής παλμών και οξυγόνου. Οι διαστάσεις του θερμικού συσσωρευτή είναι σημαντικά μεγαλύτερες δεδομένου ότι αυτός είναι κατασκευασμένος από διακριτά στοιχεία, ενώ το ποσό της ενέργειας που μετατρέπεται σε ηλεκτρική έξοδο είναι μικρότερο.

Άλλα προϊόντα που χρησιμοποιούν περιβαλλοντικές πηγές ενέργειας είναι τα ηλιακά κύτταρα (δείτε το Σχήμα 8), ενώ μία λιγότερο γνωστή αλλά εξ ίσου ενδιαφέρουσα εφαρμογή είναι οι διακόπτες φωτισμού που κατασκευάζονται από την EnOcean. Η πίεση του διακόπτη παράγει αρκετή ισχύ ώστε να ενεργοποιηθεί ένας μικρός πομπός ο οποίος ελέγχει ένα απομακρυσμένο ηλεκτρονόμο [3].

Βέβαια υπάρχουν πολλές ακόμη διατάξεις οι οποίες κάνουν χρήση της "ανθρώπινης ενέργειας": κουρδιστά ραδιόφωνα, φορτιστές τηλεφώνων και φακοί τους οποίους κουνάμε για να φορτίσουν, είναι κάποιες από αυτές. Καμία όμως δεν διαθέτει την "ευφυΐα" που παρουσιάζουν οι νέες τεχνολογίες.

## Τα πάντα παντού

Οι Ανακυκλωτές ενέργειας είναι το μέλλον. Λειτουργούν ασύρματα και παρουσιάζουν ένα ευρύτατο πεδίο εφαρμογών. Συστήματα συναγερμού, βιομηχανικές εφαρμογές όπου μπορούμε να αξιοποιήσουμε την παραγόμενη

## Θερμοζεύγη

Ένα θερμοζεύγος αποτελείται από δύο μεταλλικά ελάσματα κατασκευασμένα από διαφορετικό μέταλλο ή κράμα μετάλλων, ενωμένα μεταξύ τους κατά προτίμηση με τήξη. Όταν στα άκρα των επαφών υπάρχει διαφορά στην θερμοκρασία, τότε αναπτύσσεται μία διαφορά δυναμικού η οποία είναι ανάλογη της θερμοκρασιακής διαφοράς. Η διαφορά δυναμικού είναι της τάξης των 0 έως 60 μικρο-volt ανά °C ( $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ).

θερμότητα, ιατρικές εφαρμογές όπως ο ασύρματος μετρητής παλμών που περιγράψαμε ενωρίτερα (ο οποίος μάλιστα μπορεί να συνδεθεί και με κινητό τηλέφωνο για να στέλνει τις καταγραφές οπουδήποτε), είναι απλά κάποια δείγματα. Άλλες χρήσεις μπορεί να αναζητηθούν στην υλοποίηση ψηφιακών κατοικιών (domotics = DOMus infoRMaTICS) όπου μπορούμε να εγκαταστήσουμε αισθητήρες χωρίς να χρειάζεται να περνάμε καλώδια, στα παιχνίδια (όπου η συσκευή χειρισμού δεν χρειάζεται μπαταρίες), ασύρματα πληκτρολόγια και ποντίκια, κ.λπ.



Σχήμα 8. Ψυγείο σε καμήλα. Ένα καλό παράδειγμα εναλλακτικής πηγής ενέργειας (φωτό Naps Systems Oy).

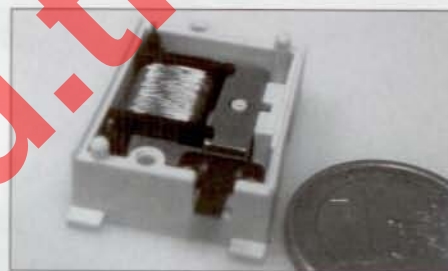
Ένας διαφορετικός τομέας όπου οι συσκευές αυτές μπορούν να φανούν πολύ χρήσιμες είναι η βιομηχανία αυτοκινήτου. Στην Αμερική για παράδειγμα, είναι υποχρεωτικό σε όλα τα καινούργια αυτοκίνητα να μετράται διαρκώς η πίεση των ελαστικών. Η εφαρμογή της απαίτησης αυτής στην πράξη οδηγεί σε ασύρματες τεχνολογίες, όπου οι ανακυκλωτές ενέργειας διαπρέπουν (δείτε στο τεύχος Ιουνίου 2005 του Ελεktor "Αισθητήρες αυτοκινήτων").

Η ίδια τεχνολογία μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σαν εναλλακτική του RFID, το οποίο είναι ένα παθητικό σύστημα. Με την βοήθεια των ανακυκλωτών

ενέργειας είναι δυνατόν να παρακολουθούμε ενεργά το τι συμβαίνει σε ένα προϊόν. Εάν για παράδειγμα έχουμε ένα προϊόν βαθείας κατάψυξης, μπορούμε να γνωρίζουμε εάν και πότε αποψύχθηκε. Η θερμοκρασία καταγράφεται με την βοήθεια ενός αισθητήρα θερμοκρασίας, οπότε αργότερα έχουμε την δυνατότητα να γνωρίζουμε το τι ακριβώς έχει συμβεί στο προϊόν. Εάν μάλιστα το συνδυάσουμε και με μία ηλεκτρονική οθόνη μπορούμε να έχουμε μία άμεση ενημέρωση των συνθηκών αποθήκευσης του προϊόντος.

## Ατελείωτα ηλεκτρονικά

Το πλήθος των ηλεκτρονικών διατάξεων που σε καθημερινή βάση εμπλέκονται στην ζωή μας, αυξάνει διαρκώς. Αρκεί



Σχήμα 9. Ένας διακόπτης φωτισμού κατασκευασμένος από την EnOcean. Ο συγκεκριμένος ασύρματος διακόπτης μετατρέπει την ενέργεια που εφαρμόζεται για την πίεση του διακόπτη σε ηλεκτρική ενέργεια η οποία τροφοδοτεί τον πομπό για να ενεργοποιηθεί ένα απομακρυσμένο διακόπτη.

να θυμηθούμε το αυτοκίνητο, την καφετιέρα, την ηλεκτρική οδοντόβουρτσα και ο κατάλογος τελειωμό δεν έχει. Πολλές από τις έρευνες είναι προσανατολισμένες στην αναζήτηση λύσεων για την τροφοδοσία των διατάξεων αυτών. Οι θερμικοί συσσωρευτές του Holst Centre είναι απλώς η κορυφή του (τεχνολογικού) παγόβουνου, το οποίο -παρά το φαινόμενο του θερμοκηπίου- αναμένουμε να ψηλώσει ακόμη περισσότερο... (060317)

Θα θέλομε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας στον Ko Ruud Vullers, ερευνητή του Holst Centre, για την πολύτιμη βοήθεια του.

## Σύνδεσμοι στο διαδίκτυο:

- [1] [www.roachman.com/thermic](http://www.roachman.com/thermic)
- [2] [www.natureinterface.com/e/ni03/P045-049](http://www.natureinterface.com/e/ni03/P045-049)
- [3] [www.enocean.com](http://www.enocean.com)