

## Σχεδιασμός για το περιβάλλον



*Ευγενική προσφορά Herman Miller Inc.*

**ΣΧΗΜΑ 12-1** Τρεις καρέκλες της σειράς των προϊόντων καθισμάτων γραφείου της Herman Miller. Απεικονίζεται (από αριστερά προς τα δεξιά) η Aeron (1994), Mirra (2004), και Setu (2009).

Τον Ιούνιο του 2009, η Herman Miller, Inc., μία αμερικανική εταιρεία παραγωγής επίπλων γραφείου, έβγαλε στην αγορά την καρέκλα πολλαπλών χρήσεων Setu. Η Setu, (πήρε το όνομά της από τη λέξη της διαλέκτου Hindi που σημαίνει γέφυρα), έχει ως στόχο να θέσει νέα πρότυπα απλότητας, προσαρμοστικότητας και άνεσης για τα καθίσματα πολλαπλών θέσεων, ενώ είναι φιλικές προς το περιβάλλον. Η καρέκλα Setu είναι ένα προϊόν μιας πολύ επιτυχημένης σειράς καθισμάτων γραφείου, που περιλαμβάνει επίσης τα καθίσματα Aeron και Mirra που απεικονίζονται στο Σχήμα 12-1.

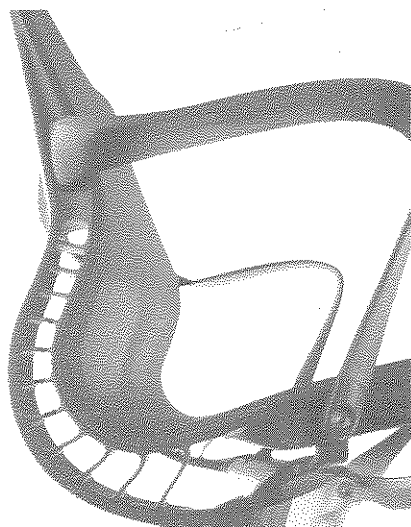
Η Herman Miller σχεδίασε την καρέκλα Setu σε συνεργασία με την Studio 7.5, μια εταιρεία σχεδιασμού που εδρεύει στη Γερμανία. Οι καρέκλες πολλαπλών χρήσεων, όπως η Setu, χρησιμοποιούνται σε μέρη όπου οι άνθρωποι κάθονται για σχετικά σύντομες χρονικές περιόδους, όπως αίθουσες συνεδριάσεων,

προσωρινές θέσεις εργασίας και χώροι συνεργασιών. (Αυτό έρχεται σε αντίθεση με μια καρέκλα εργασίας στην οποία ο χρήστης κάθεται για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα). Η εταιρεία σχεδιασμού Studio 7.5 διαπίστωσε ότι πολλές καρέκλες σε χώρους γραφείων, όπου οι άνθρωποι περνούν από μερικά λεπτά έως μερικές ώρες κάθε φορά δεν ήταν άνετες και είχαν εσφαλμένη προσαρμογή. Επιπλέον, οι περισσότερες καρέκλες κατασκευάζονται χρησιμοποιώντας υλικά και μεθόδους που είναι επιβλαβείς για το περιβάλλον. Η εταιρεία σχεδιασμού Studio 7.5 αναγνώρισε την ανάγκη της αγοράς για ένα νέο και καινοτόμο προϊόν καθίσματος πολλαπλής χρήσης που θα συνδύαζε την άνεση, το σχεδιασμό για το περιβάλλον και μια ασυναγώνιστη τιμή.

Ο πυρήνας της καρέκλας Setu αποτελείται από μια ευέλικτη ράχη, χυτευμένη από δύο υλικά πολυπροπυλενίου που μελετήθηκε προκειμένου να επιτυγχάνει άνεση για σχεδόν όλους τους χρήστες (βλέπε Σχήμα 12-2). Καθώς ο χρήστης κάθεται στην καρέκλα και ξαπλώνει, η ράχη κάμπτεται, παρέχοντας άνεση και υποστήριξη στην πλάτη σε όλο το φάσμα της κλίσης. Χωρίς κανένα μηχανισμό κλίσης και με μία μόνο ρύθμιση (ύψος), η καρέκλα έχει σημαντικά ελαφρύτερο βάρος, είναι λιγότερο πολύπλοκη και έχει χαμηλότερο κόστος από τις καρέκλες εργασίας Aeron και Mirra.

Η καρέκλα Setu προέκυψε από τη δέσμευση της Herman Miller για την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των προϊόντων τους και των λειτουργιών τους και παρέχει ένα πολύ καλό παράδειγμα για το πώς είναι δυνατό να ενσωματωθούν οι περιβαλλοντικοί παράγοντες στη διαδικασία ανάπτυξης του προϊόντος. Η καρέκλα Setu είναι σχεδιασμένη με υλικά που ανακυκλώνονται και παράγεται με τη χρήση περιβαλλοντικά ασφαλών υλικών και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Οι ακόλουθοι παράγοντες εξηγούν το επίπεδο των περιβαλλοντικών επιδόσεων της:

- **Υλικά φιλικά προς το περιβάλλον:** Η καρέκλα Setu πολλαπλών χρήσεων αποτελείται από ασφαλή και μη τοξικά για το περιβάλλον υλικά, και πιο συγκεκριμένα 41 τοις εκατό (κατά βάρος) αλουμίνιο, 41 τοις εκατό πολυπροπυλένιο, και 18 τοις εκατό χάλυβα.
- **Ανακυκλωμένο περιεχόμενο:** Η Setu είναι κατασκευασμένη από 44 τοις εκατό ανακυκλωμένα υλικά (κατά βάρος, με το περιεχόμενο να συνίσταται από 23



**ΣΧΗΜΑ 12-2**

Η ράχη της καρέκλας Setu αποτελεί ένα συνδυασμό δύο υλικών πολυπροπυλενίου που μελετήθηκαν με ακρίβεια για να λυγίζει και να υποστηρίζει καθώς ο χρήστης κινείται στην καρέκλα.

τοις εκατό ανακυκλωμένο υλικό χρήστη και 21 τοις εκατό ανακυκλωμένο βιομηχανικό υλικό).

- **Δυνατότητα ανακύκλωσης:** Η Setu είναι 92 τοις εκατό ανακυκλώσιμο προϊόν (κατά βάρος) στο τέλος της ωφέλιμης ζωής του. Εξαρτήματα από χάλυβα και αλουμίνιο είναι 100 τοις εκατό ανακυκλώσιμα. Τα εξαρτήματα από πολυπροπυλένιο επισημαίνονται με έναν κωδικό ανακύκλωσης όποτε είναι δυνατόν ώστε να βοηθήσουν την επιστροφή των υλικών αυτών στη διαδικασία της ανακύκλωσης. (Φυσικά, η ανακύκλωση των βιομηχανικών υλικών εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα των κατάλληλων διαδικασιών ανακύκλωσης).
- **Καθαρή ενέργεια:** Η Setu κατασκευάζεται σε μία σειρά παραγωγής που χρησιμοποιεί 100 τοις εκατό πράσινη ενέργεια (το μισό της οποίας προέρχεται από τις ανεμογεννήτριες και το άλλο μισό από έκλυση ενέργειας που προήλθε από αέρια που δημιουργούνται από τη δράση μικροοργανισμών μέσα σε ένα χώρο υγειονομικής ταφής εκτός αεριοποίησης).
- **Εκπομπές:** Κατά τη διάρκεια της παραγωγής της Setu δεν απελευθερώνονται επιβλαβείς εκπομπές αέρα ή νερού.<sup>1</sup>
- **Επιστρεφόμενες και ανακυκλώσιμες συσκευασίες:** Τα εξαρτήματα για την κατασκευή του καθίσματος Setu της Herman Miller προέρχονται από ένα κοντινό δίκτυο προμηθευτών σε χτυπημένους δίσκους μεταφοράς που επιστρέφονται στους προμηθευτές για επαναχρησιμοποίηση. Τα εξερχόμενα υλικά συσκευασίας περιλαμβάνουν κυματοειδές χαρτόνι και πλαστικές τσάντες πολυαιθυλενίου, που αποτελούν υλικά ικανά για επαναλαμβανόμενη ανακύκλωση.

Ο σχεδιασμός για το Περιβάλλον (Design for environment - DFE), είναι ένας τρόπος για να συμπεριληφθούν τα περιβαλλοντικά ζητήματα στη διαδικασία ανάπτυξης του προϊόντος. Το κεφάλαιο αυτό παρουσιάζει μια μέθοδο DFE, χρησιμοποιώντας την καρέκλα Setu της Herman Miller ως ένα παράδειγμα για να τονίσει την επιτυχή εφαρμογή της διαδικασίας DFE.

### **Τι είναι ο σχεδιασμός για το περιβάλλον;**

Κάθε προϊόν έχει περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Ο DFE παρέχει στους οργανισμούς μια πρακτική μέθοδο για την ελαχιστοποίηση αυτών των επιπτώσεων, σε μια προσπάθεια να δημιουργηθεί μια πιο βιώσιμη κοινωνία. Όσο αποτελεσματική είναι η πρακτική του σχεδιασμού για παραγωγή (Design for manufacturing DFM) η οποία έχει αποδειχθεί ότι διατηρεί ή βελτιώνει την ποιότητα των προϊόντων μειώνοντας παράλληλα το κόστος, (βλέπε Κεφάλαιο 13, Σχεδιασμός για Παραγωγή), τόσο αποτελεσματική πρακτική, σύμφωνα με τους επαγγελματίες του DFE, είναι η DFE η οποία μπορεί να διατηρήσει ή να βελτιώσει την ποιότητα

<sup>1</sup> Σ.τ.μ: Η εκπομπή του νερού (σύμφωνα με την τεχνολογία επεξεργασίας λυμάτων) περιλαμβάνει την επιστροφή του καθαρισμένου νερού στον υδροφόρο ορίζοντα.

του προϊόντος και το κόστος μειώνοντας παράλληλα τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις ενός προϊόντος μπορεί να περιλαμβάνουν την κατανάλωση ενέργειας, την εξάντληση των φυσικών πόρων, τα υγρά λύματα, τις εκπομπές αερίων και τα στερεά απόβλητα. Οι επιπτώσεις αυτές υπάγονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, της ενέργειας και των υλικών, οι οποίες αποτελούν κρίσιμα περιβαλλοντικά ζητήματα τα οποία πρέπει να επιλυθούν. Για τα περισσότερα προϊόντα, η αντιμετώπιση του ενεργειακού προβλήματος προϋποθέτει την ανάπτυξη προϊόντων που χρησιμοποιούν λιγότερη ενέργεια και χρησιμοποιούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η αντιμετώπιση του προβλήματος των υλικών δεν είναι τόσο απλή. Για το λόγο αυτό, ένα μεγάλο μέρος της εστίασης του DFE σε αυτό το κεφάλαιο περιγράφει τον τρόπο σωστής επιλογής των κατάλληλων υλικών για τα προϊόντα και τον τρόπο με τον οποίο θα διασφαλίσουμε ότι μπορούν τα υλικά αυτά να ανακυκλωθούν.

Κατά τα πρώιμα στάδια της διαδικασίας ανάπτυξης του προϊόντος, οι προσεκτικές αποφάσεις σχετικά με τη χρήση των υλικών, την ενεργειακή αποδοτικότητα και την αποφυγή παραγωγής αποβλήτων μπορεί να ελαχιστοποιήσουν ή να εξαλείψουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Ωστόσο, μόλις καθιερωθεί η ιδέα του σχεδιασμού, η βελτίωση των περιβαλλοντικών επιδόσεων γενικά συνεπάγεται χρονοβόρες επαναλήψεις του σχεδιασμού. Επομένως, ο DFE μπορεί να περιλαμβάνει δραστηριότητες κατά τη διάρκεια όλης της διαδικασίας ανάπτυξης του προϊόντος και απαιτεί μια διεπιστημονική προσέγγιση. Η βιομηχανική σχεδίαση, η μελέτη, η αγορά και η εμπορία συνεργάζονται για την ανάπτυξη φιλικών προς το περιβάλλον προϊόντων. Σε πολλές περιπτώσεις επαγγελματίες ανάπτυξης προϊόντων με εξειδικευμένη εκπαίδευση στον DFE κατευθύνουν τις προσπάθειες του DFE στο πλαίσιο ενός έργου. Ωστόσο, όλα τα μέλη της ομάδας ανάπτυξης του προϊόντος επωφελούνται από την κατανόηση των αρχών του DFE.

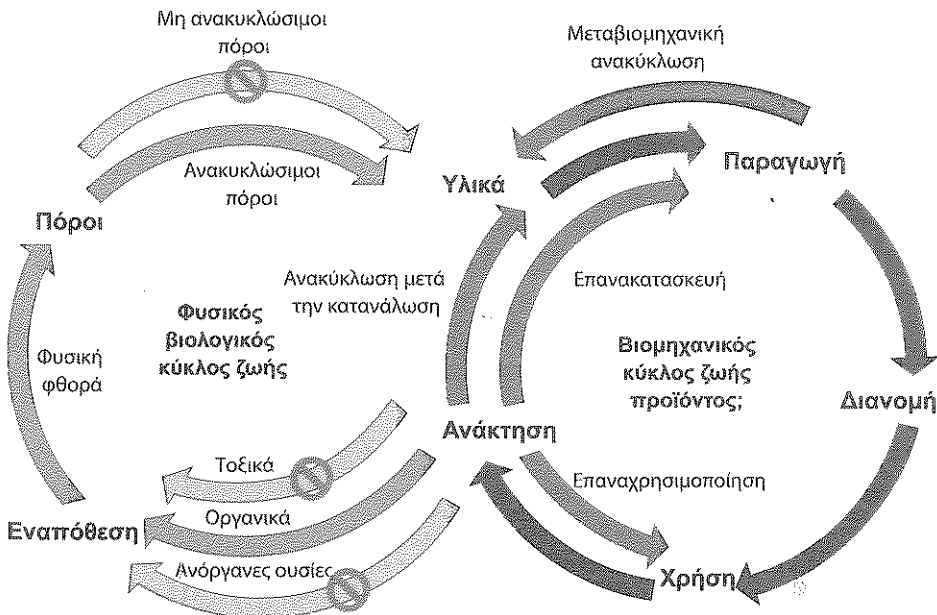
### **Δύο κύκλοι ζωής**

Ο κύκλος ζωής αποτελεί τη βάση του DFE. Αυτό βοηθά στην επέκταση της ανησυχίας των παραδοσιακών κατασκευαστών σε σχέση με την παραγωγή και τη διανομή των προϊόντων τους προκειμένου να συμπεριλάβουν ένα σύστημα κλειστού βρόχου που θα αφορά τον κύκλο ζωής του προϊόντος σε σχέση με το φυσικό κύκλο ζωής, τα οποία απεικονίζονται στο Σχήμα 12-3. Ο κύκλος ζωής των προϊόντων ξεκινά με την εξόρυξη και την επεξεργασία των πρώτων υλών από τους φυσικούς πόρους, και συνεχίζεται με την παραγωγή, τη διανομή και τη χρήση του προϊόντος. Τελικά, στο τέλος της ωφέλιμης ζωής του προϊόντος, υπάρχουν αρκετές επιλογές ανάκτησης - ανακατασκευής ή επαναχρησιμοποίηση των υλικών, ανακύκλωση των υλικών, ή διάθεση των υλικών για αποτέφρωση ή ρίψη σε χώρο υγειονομικής ταφής. Ο φυσικός κύκλος ζωής αντιπροσωπεύει την ανάπτυξη και την αποσύνθεση των οργανικών υλικών σε ένα συνεχώς επανα-

λαμβάνόμενο κύκλο. Όπως απεικονίζεται στο διάγραμμα οι δύο κύκλοι ζωής τέμνονται, με τη χρήση φυσικών υλικών σε βιομηχανικά προϊόντα και με την επανένταξη των οργανικών υλικών πίσω στον φυσικό κύκλο.

Ενώ οι περισσότεροι κύκλοι ζωής των προϊόντων λαμβάνουν χώρα για μερικούς μήνες ή χρόνια, ο φυσικός κύκλος καλύπτει ένα ευρύτερο φάσμα χρονικών περιόδων. Τα περισσότερα οργανικά υλικά (φυτικής και ζωικής προέλευσης) μπορεί να διασπαστούν σχετικά γρήγορα και να αποτελέσουν τα θρεπτικά συστατικά για την ανάπτυξη νέων παρόμοιων υλικών. Ωστόσο, άλλα φυσικά υλικά (όπως ορυκτά), δημιουργούνται σε πολύ μεγαλύτερο χρονικό διάστημα και έτσι θεωρούνται μη ανανεώσιμοι φυσικοί πόροι. Επομένως, η απόθεση των περισσοτέρων ορυκτών βιομηχανικών υλικών σε χώρους υγειονομικής ταφής δεν αναδημιουργεί εύκολα παρόμοια βιομηχανικά υλικά, ίσως και για χιλιάδες χρόνια (δημιουργώντας συχνά αφύσικες συγκεντρώσεις ορισμένων επιβλαβών αποβλήτων).

Καθένα από τα στάδια του κύκλου ζωής του προϊόντος είναι δυνατό να καταναλώσει ενέργεια και άλλους πόρους και μπορεί να δημιουργήσει περιβαλλοντικές εκπομπές και απόβλητα, τα οποία χαρακτηρίζονται από περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Από αυτή την προοπτική του κύκλου ζωής και με σκοπό την επίτευξη των συνθηκών περιβαλλοντικής αειφορίας, τα υλικά των προϊόντων πρέπει να είναι ισορροπημένα σε ένα βιώσιμο σύστημα κλειστού βρόχου. Αυτό οδηγεί σε τρεις προκλήσεις στον σχεδιασμό του προϊόντος ώστε να επιτευχθεί η αειφορία, οι οποίες απεικονίζονται επίσης στο διάγραμμα του κύκλου ζωής Σχήματος 12-3.



ΣΧΗΜΑ 12-3 Ο φυσικός κύκλος ζωής και ο κύκλος ζωής του προϊόντος.

1. Εξάλειψη της χρήσης των μη ανανεώσιμων φυσικών πόρων (συμπεριλαμβανομένων των μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας).
2. Εξάλειψη της απόρριψης συνθετικών και ανόργανων υλικών τα οποία δεν αποσυντίθενται γρήγορα.
3. Εξάλειψη της δημιουργίας τοξικών αποβλήτων που δεν αποτελούν μέρος των φυσικών κύκλων ζωής.

Οι οργανισμοί που καταφεύγουν στη χρήση του DFE σκοπεύουν να εργαστούν με σκοπό την επίτευξη αυτών των προϋποθέσεων βιωσιμότητας με την πάροδο του χρόνου. Ο DFE βοηθά τους οργανισμούς αυτούς να κατασκευάσουν βελτιωμένα προϊόντα επιλέγοντας προσεκτικά τα υλικά και υιοθετώντας τις σωστές επιλογές ανάκτησης, έτσι ώστε τα υλικά που χρησιμοποιούνται στα προϊόντα να είναι δυνατό να επανενταχθούν είτε στον κύκλο ζωής του προϊόντος είτε στο φυσικό κύκλο ζωής.

### Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις

Κάθε προϊόν μπορεί να έχει έναν αριθμό περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε όλο τον κύκλο ζωής του. Η λίστα που ακολουθεί εξηγεί μερικές από τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκύπτουν από τον τομέα της παραγωγής (προσαρμοσμένο από τον Lewis et al., 2001):

- **Η υπερθέρμανση του πλανήτη:** Επιστημονικά δεδομένα και μοντέλα δείχνουν ότι η θερμοκρασία της γης αυξάνεται σταδιακά ως αποτέλεσμα της συσσώρευσης των αερίων του θερμοκηπίου, σωματιδίων και υδρατμών στην ανώτερη ατμόσφαιρα. Το φαινόμενο αυτό φαίνεται να επιταχύνεται ως αποτέλεσμα των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), μεθανίου (CH<sub>4</sub>), χλωροφθοράνθρακων (CFC), μαύρων σωματιδίων άνθρακα και οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>) από τις βιομηχανικές διαδικασίες και τα προϊόντα.
- **Η εξάντληση των πόρων:** Πολλές από τις πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή, όπως σιδηρομέταλλευμα, φυσικό αέριο, πετρέλαιο, και άνθρακας, δεν είναι ανανεώσιμες και τα αποθέματα είναι περιορισμένα.
- **Τα στερεά απόβλητα:** Τα προϊόντα μπορούν να παράγουν στερεά απόβλητα σε όλο τον κύκλο ζωής τους. Μερικά από αυτά τα απόβλητα ανακυκλώνονται, αλλά για τα περισσότερα από αυτά η απόθεση γίνεται σε αποτεφρωτήρες ή χωματερές. Οι αποτεφρωτήρες προκαλούν ρύπανση του αέρα και δημιουργούν κατάλοιπα τοξικής τέφρας (που καταλήγει στις χωματερές). Οι χώροι υγειονομικής ταφής μπορούν επίσης να δημιουργήσουν συγκεντρώσεις τοξικών ουσιών, να παράξουν μεθάνιο (CH<sub>4</sub>), και να αποθέσουν ρύπους στα υπόγεια ύδατα.
- **Η ρύπανση των υδάτων:** Οι πιο κοινές πηγές ρύπανσης του νερού προκαλούνται από απορρίψεις που προέρχονται από βιομηχανικές διαδικασίες, οι οποίες μπορεί να περιλαμβάνουν βαρέα μέταλλα, λιπάσματα, διαλύτες, έλαια,

συνθετικές ουσίες, οξέα, και αιωρούμενα στερεά. Η υδάτινη ρύπανση μπορεί να επηρεάσει τα υπόγεια ύδατα, το πόσιμο νερό και τα εύθραυστα οικοσυστήματα.

- **Η ατμοσφαιρική ρύπανση:** Οι πηγές της ρύπανσης της ατμόσφαιρας περιλαμβάνουν τις εκπομπές που προέρχονται από τα εργοστάσια, από εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, αποθερωτήρες, κατοικίες και εμπορικά κτίρια καθώς και από τα μηχανοκίνητα οχήματα. Τυπικές εκπομπές αερίων ρύπων περιλαμβάνουν CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>), όζον (O<sub>3</sub>), και πτητικές οργανικές ενώσεις (Volatile organic compounds, VOCs).
- **Η υποβάθμιση του εδάφους:** Η υποβάθμιση του εδάφους αφορά τις αρνητικές επιπτώσεις που η εξόρυξη πρώτων υλών και η παραγωγή, όπως η εξόρυξη, η γεωργία και η δασοκομία, προκαλούν στο περιβάλλον. Αυτές οι επιπτώσεις περιλαμβάνουν την υποβάθμιση της γονιμότητας του εδάφους, τη διάβρωση του εδάφους, την αύξηση επιπέδων αλατότητας στο έδαφος και στα ύδατα, καθώς και την αποψίλωση των δασών.
- **Η βιοποικιλότητα:** Η βιοποικιλότητα αφορά την ποικιλία των φυτικών και ζωικών ειδών η οποία μπορεί να επηρεαστεί από τις εκχερσώσεις για την αστική ανάπτυξη, την εξόρυξη, και άλλες βιομηχανικές δραστηριότητες.
- **Η καταστροφή του όζοντος:** Το στρώμα του όζοντος προστατεύει τη γη από τις επιβλαβείς επιπτώσεις της ακτινοβολίας του ήλιου. Υποβαθμίζεται μέσω αντιδράσεων με νιτρικό οξύ (που δημιουργούνται από την καύση των ορυκτών καυσίμων) και τις ενώσεις του χλωρίου (όπως ο χλωροφθοράνθρακας CFCs).

### **Ιστορική αναδρομή του σχεδιασμού για το περιβάλλον**

Η γέννηση του DFE, συχνά τοποθετείται στις αρχές του 1970. Ο Rapanek (1971) προκάλεσε τους σχεδιαστές να αντιμετωπίσουν τις κοινωνικές και περιβαλλοντικές ευθύνες τους αντί μόνο τα εμπορικά συμφέροντα τους. Η Αναφορά Brimdtland (1987) από τον Παγκόσμιο Οργανισμό για το Περιβάλλον και Ανάπτυξη, ορίζει για πρώτη φορά τον όρο *βιώσιμη ανάπτυξη* ως “η ανάπτυξη που ικανοποιεί τις ανάγκες του παρόντος χρόνου χωρίς να διακυβεύει την ικανότητα των μελλοντικών γενεών να καλύψουν τις δικές τους ανάγκες”.

Στη δεκαετία του 1990, δημοσιεύθηκαν αρκετά βιβλία που άσκησαν σημαντική επίδραση όσον αφορά το φιλικό προς το περιβάλλον σχεδιασμό. Ο Burall (1991) υποστήριξε ότι δεν υπήρχε πλέον καμία σύγκρουση ανάμεσα σε μία πράσινη προσέγγιση για το σχεδιασμό και στην επιτυχία των επιχειρήσεων. Ο Fiksel (1996· αναθεώρηση το 2009) συζήτησε τον τρόπο με τον οποίο ο DFE ενσωματώνει τη φιλοσοφία του κύκλου ζωής σε ένα νέο προϊόν και τη διαδικασία ανάπτυξης. Καθώς η διαδικασία του DFE ωριμάζει, οι Brezet και van Hemel (1997) έδωσαν έναν πρακτικό οδηγό που ονομάζεται *οικολογικός σχεδιασμός*. Επίσης, στη δεκαετία του 1990 το Τεχνικό Πανεπιστήμιο του Delft, η Philips Electronics και η Ολλανδική κυβέρνηση συνεργάστηκαν προκειμένου να αναπτύξουν ένα

λογισμικό εργαλείο ανάλυσης κύκλου ζωής παρέχοντας μέτρα για την εκτίμηση των συνολικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων ενός προϊόντος.

Η διαδικασία βιώσιμης ανάπτυξης των ημερών μας, υιοθετεί την ευρύτερη έννοια του βιώσιμου σχεδιασμού προϊόντων (Bhamra και Lofthouse, 2007), η οποία περιλαμβάνει όχι μόνο DFE, αλλά και τις κοινωνικές και ηθικές επιπτώσεις των προϊόντων. Παρ' όλο που πολλοί συγγραφείς έχουν χρησιμοποιήσει διάφορους όρους για τις φιλικές προς το περιβάλλον μεθόδους σχεδιασμού, οι όροι πράσινος σχεδιασμός, οικολογικός σχεδιασμός, βιώσιμος σχεδιασμός και DFE έχουν σήμερα σχεδόν την ίδια έννοια.

### **Η εμπειρία της Herman Miller για τον σχεδιασμό για το περιβάλλον**

Πολλές κατασκευαστικές επιχειρήσεις έχουν αρχίσει να εφαρμόζουν τον DFE. Ωστόσο, λίγοι το έχουν πράξει στο βαθμό που το έχει κάνει η εταιρεία Herman Miller, όπου ο DFE είναι κεντρικής σημασίας για την εταιρική στρατηγική της. Η Herman Miller προσπαθεί να διατηρήσει τα υψηλά πρότυπα ποιότητας των προϊόντων, ενώ ενσωματώνει ολοένα και περισσότερα φιλικά προς το περιβάλλον υλικά, διαδικασίες παραγωγής, και λειτουργίες προϊόντος σε κάθε νέο σχεδιασμό προϊόντων.

Το 1999, η Herman Miller δημιούργησε μία ομάδα DFE. Αυτή η ομάδα είναι υπεύθυνη για την ανάπτυξη περιβαλλοντικά ευαίσθητων πρότυπων σχεδιασμού για νέα και υφιστάμενα προϊόντα της Herman Miller. Η McDonough Braungart Design Chemistry (MBDC), μία εταιρεία σχεδιασμού προϊόντων και βιομηχανικών διαδικασιών που βρίσκεται στη Virginia, υποστηρίζει την ομάδα του DFE και την αποστολή της. Οι McDonough and Braungart (2002), ανέφεραν στο βιβλίο τους, *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*, ότι η παραδοσιακή προσέγγιση DFE - δηλαδή ο σχεδιασμός προϊόντων που είναι απλώς λιγότερο επιβλαβή για το περιβάλλον, λόγω σταδιακών βελτιώσεων όπως η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, παραγωγής αποβλήτων, ή χρήσης τοξικών υλικών - δεν είναι επαρκής, επειδή τα προϊόντα αυτά εξακολουθούν να είναι ανθυγιεινά για το περιβάλλον. Για να εξελιχθεί ο σχεδιασμός προϊόντων από λιγότερο επιβλαβή προϊόντα σε αληθινά φιλικά προς το περιβάλλον προϊόντα, οι McDonough και Braungart εισήγαγαν μια μέθοδο σχεδιασμού για το περιβάλλον (DFE) η οποία επικεντρώνεται σε τρεις βασικούς τομείς του σχεδιασμού προϊόντων:

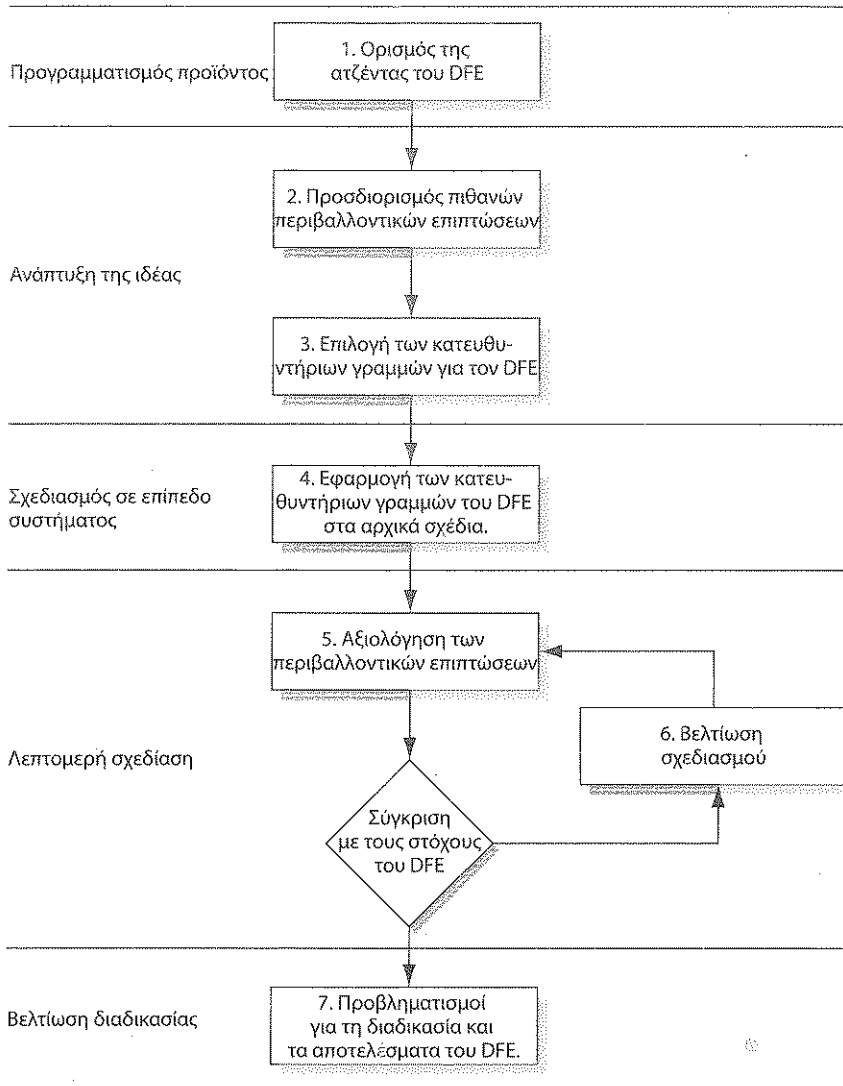
- **Χημεία υλικών:** Ποιες χημικές ουσίες περιέχουν τα προσδιορισμένα υλικά; Είναι ασφαλή για τον άνθρωπο και φιλικά για το περιβάλλον;
- **Αποσυναρμολόγηση:** Μπορούν να αποσυναρμολογηθούν τα προϊόντα στο τέλος της ωφέλιμης ζωής τους ούτως ώστε να ανακυκλωθούν τα υλικά τους;
- **Δυνατότητα ανακύκλωσης:** Περιέχουν τα υλικά ανακυκλωμένο περιεχόμενο; Μπορούν εύκολα να διαχωριστούν τα υλικά σε κατηγορίες ανακύκλωσης; Είναι δυνατή η ανακύκλωση των υλικών του προϊόντος στο τέλος της ωφέλιμης ζωής του;



Προκειμένου να εφαρμόσει τον DFE, η Herman Miller είχε δημιουργήσει μια ομάδα εμπειρογνομόνων του DFE που συμμετείχε σε κάθε νέα ομάδα ανάπτυξης προϊόντος. Μαζί με την MBDC, είχαν δημιουργήσει μια βάση δεδομένων υλικών και ένα εργαλείο αξιολόγησης του DFE, τα οποία παρείχαν μέτρα για την καθοδήγηση των αποφάσεων σχεδιασμού σε όλη τη διαδικασία ανάπτυξης του προϊόντος.

### Η διαδικασία του σχεδιασμού για το περιβάλλον

Η αποτελεσματική εφαρμογή του DFE περιλαμβάνει δραστηριότητες καθ' όλη τη διαδικασία ανάπτυξης του προϊόντος. Τα βήματα που ακολουθούνται για τη



**ΣΧΗΜΑ 12-4** Η διαδικασία του DFE περιλαμβάνει δραστηριότητες καθ' όλη τη διαδικασία ανάπτυξης του προϊόντος.

διαδικασία του DFE απεικονίζονται στο Σχήμα 12-4. Παρά τη γραμμική παρουσίαση των βημάτων, οι ομάδες ανάπτυξης του προϊόντος είναι πιθανό να επαναλάβουν κάποια βήματα αρκετές φορές, καθιστώντας τον DFE μια επαναληπτική διαδικασία. Οι ακόλουθες ενότητες περιγράφουν κάθε βήμα της διαδικασίας DFE.

### **Βήμα 1: Ορισμός της ατζέντας του σχεδιασμού για το περιβάλλον (DFE): Κίνητρα, στόχοι και ομάδα**

Η διαδικασία του σχεδιασμού για το περιβάλλον (DFE), ξεκινά όσο νωρίς ξεκινά η φάση του σχεδιασμού των προϊόντων με τον καθορισμό της ατζέντας του DFE. Το βήμα αυτό περιλαμβάνει τρεις δραστηριότητες: τον εντοπισμό των εσωτερικών και εξωτερικών κινήτρων του DFE, τον καθορισμό των περιβαλλοντικών στόχων για το προϊόν, καθώς και τη σύσταση της ομάδας του DFE. Με τον ορισμό της ατζέντας του DFE, η επιχείρηση προσδιορίζει μια σαφή και αγωγίμη διαδρομή προς τον φιλικό προς το περιβάλλον σχεδιασμό του προϊόντος.

### **Εντοπισμός εσωτερικών και εξωτερικών κινήτρων του DFE**

Η φάση του προγραμματισμού του DFE ξεκινά με μια συζήτηση σχετικά με τους λόγους για τους οποίους ο οργανισμός επιθυμεί να αντιμετωπίσει τις περιβαλλοντικές επιδόσεις των προϊόντων της. Είναι χρήσιμο να τεκμηριώσει τόσο τα εσωτερικά όσο και τα εξωτερικά κίνητρα του DFE. Αυτή η λίστα μπορεί να εξελιχθεί με την πάροδο του χρόνου, όσο οι αλλαγές στην τεχνολογία, στις ρυθμίσεις, στην εμπειρία, στους εμπλεκόμενους φορείς και στον ανταγωνισμό επηρεάζουν την ικανότητα και τις προκλήσεις του οργανισμού.

Τα εσωτερικά κίνητρα αποτελούν τους στόχους του DFE εντός του οργανισμού. Τυπικά εσωτερικά κίνητρα του DFE παρουσιάζονται παρακάτω (προσαρμοσμένο από Brezet και van Hemel, 1997):

- **Ποιότητα προϊόντων:** Η εστίαση στην περιβαλλοντική επίδοση μπορεί να αυξήσει την ποιότητα του προϊόντος όσον αφορά τη λειτουργικότητα, την αξιοπιστία στη λειτουργία, την αντοχή, και τη δυνατότητα συντήρησης.
- **Δημόσια εικόνα:** Η μετάδοση υψηλού επιπέδου περιβαλλοντικής ποιότητας ενός προϊόντος μπορεί να βελτιώσει την εικόνα της επιχείρησης.
- **Μείωση κόστους:** Η χρήση λιγότερων υλικών και λιγότερης ενέργειας στην παραγωγή, μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική εξοικονόμηση κόστους. Η παραγωγή λιγότερων αποβλήτων και η εξάλειψη των επικίνδυνων αποβλήτων έχει ως αποτελέσματα χαμηλότερο κόστος για τη διάθεση των αποβλήτων.
- **Καινοτομία:** Η βιώσιμη σκέψη μπορεί να οδηγήσει σε ριζικές αλλαγές στο σχεδιασμό του προϊόντος και μπορεί να ενθαρρύνει την καινοτομία σε ολόκληρη την εταιρεία.
- **Λειτουργική ασφάλεια:** Με την εξάλειψη των τοξικών υλικών, πολλές αλλαγές του DFE μπορεί να συμβάλουν στη βελτίωση της υγιεινής και ασφάλειας των εργαζομένων.

- **Παρακίνηση εργαζομένων:** Μπορούν να δοθούν κίνητρα στους εργαζομένους προκειμένου να συμβάλουν με καινοτόμους και δημιουργικούς τρόπους, προκειμένου να βοηθήσουν στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των προϊόντων και των λειτουργιών της εταιρείας.
- **Ηθική ευθύνη:** Το ενδιαφέρον για την αειφόρο ανάπτυξη μεταξύ των στελεχών και των ομάδων ανάπτυξης προϊόντων ενδέχεται να οφείλεται εν μέρει σε μια αίσθηση ηθικής ευθύνης για τη διατήρηση του περιβάλλοντος και της φύσης.
- **Συμπεριφορά του καταναλωτή:** Η ευρύτερη διαθεσιμότητα προϊόντων με θετικά περιβαλλοντικά οφέλη μπορεί να επιταχύνει τη μετάβαση σε καθαρότερο τρόπο ζωής και τη ζήτηση πιο οικολογικών προϊόντων.

Τα εξωτερικά κίνητρα του DFE περιλαμβάνουν συνήθως τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς, τις προτιμήσεις των πελατών, καθώς και τις προσφορές των ανταγωνιστών, όπως (από τους Brezet και van Flemel, 1997):

- **Περιβαλλοντική νομοθεσία:** Η προσανατολισμένη στα προϊόντα περιβαλλοντική πολιτική αναπτύσσεται ραγδαία. Οι επιχειρήσεις δεν πρέπει μόνο να κατανοήσουν την πληθώρα των περιβαλλοντικών κανονισμών στις διάφορες περιοχές όπου δραστηριοποιούνται και πωλούν τα προϊόντα, αλλά πρέπει και να είναι σε θέση να προβλέψουν τη μελλοντική νομοθεσία. Το επίκεντρο της πρόσφατης νομοθεσίας μετατοπίζεται από την απαγόρευση ορισμένων υλικών στην ευρύτερη ευθύνη του παραγωγού, συμπεριλαμβανομένων των υποχρεώσεων ανακομιδής των προϊόντων.
- **Ζήτηση της αγοράς:** Στη σημερινή εποχή, οι επιχειρήσεις λειτουργούν σε ένα επιχειρηματικό περιβάλλον με όλο και περισσότερο αυξανόμενους ενημερωμένους βιομηχανικούς πελάτες και τελικούς χρήστες που μπορεί να απαιτήσουν βιώσιμα προϊόντα. Η αρνητική δημοσιότητα, τα ιστολόγια και μοϊκοτάζ των προϊόντων, καθώς και οι κατασκευαστές ή οι λιανοπωλητές μπορούν να επιφέρουν σημαντικό αντίκτυπο στις πωλήσεις. Φυσικά, και η αντίθετη θετική επίδραση σταδιακά γίνεται όλο και πιο ισχυρή.
- **Ανταγωνισμός:** Οι δραστηριότητες βιωσιμότητας που αναλαμβάνονται από τους ανταγωνιστές μπορεί να οδηγήσουν σε πιέσεις για μεγαλύτερη έμφαση στον DFE. Θέτοντας ένα υψηλό περιβαλλοντικό πρότυπο μπορεί να δημιουργήσει ένα πρώτου στην αγορά πλεονέκτημα.
- **Εμπορικοί οργανισμοί:** Οι εμπορικοί ή βιομηχανικοί οργανισμοί σε ορισμένους κλάδους της βιομηχανίας - όπως η συσκευασία και η παραγωγή αυτοκινήτων - ενθαρρύνει τις εταιρείες να λάβουν περιβαλλοντική δράση με την ανταλλαγή τεχνολογίας και την καθιέρωση κωδικών δεοντολογίας.
- **Προμηθευτές:** Οι προμηθευτές επηρεάζουν τη συμπεριφορά της εταιρείας με την εισαγωγή περισσότερο βιώσιμων υλικών και διεργασιών. Οι εταιρείες μπορούν να επιλέξουν να ελέγξουν και να επιβεβαιώσουν τις περιβαλλοντικές δηλώσεις των προμηθευτών τους.

- **Κοινωνικές πιέσεις:** Μέσω των κοινωνικών και κοινοτικών τους επαφών, οι διευθυντές και οι εργαζόμενοι μπορεί ερωτηθούν σχετικά με την εταιρική τους ευθύνη και τα μέτρα που παίρνει για το περιβάλλον.

Τα βασικά κίνητρα του DFE για την καρέκλα Setu ήταν η ζήτηση της αγοράς, η καινοτομία και η δέσμευση της εταιρείας Herman Miller για την περιβαλλοντική ευθύνη. Οι εταιρείες Studio 7.5 και Herman Miller ανέπτυξαν τις αρχικές ιδέες της Setu έχοντας υπόψη τους παράγοντες για το σχεδιασμό για το περιβάλλον.

### Ορισμός στόχων του DFE

Μια σημαντική δραστηριότητα στη φάση του σχεδιασμού του προϊόντος είναι να τεθούν οι περιβαλλοντικοί στόχοι για κάθε έργο ανάπτυξης του προϊόντος. Αρκετοί οργανισμοί έχουν δημιουργήσει μια στρατηγική που περιλαμβάνει τους μακροπρόθεσμους περιβαλλοντικούς στόχους. Οι στόχοι αυτοί καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο ο οργανισμός συμμορφώνεται με τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς καθώς και τον τρόπο με τον οποίο ο οργανισμός μειώνει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των προϊόντων του, των υπηρεσιών του, καθώς και των λειτουργιών του.

Το 2005, η Herman Miller έθεσε τους μακροπρόθεσμους περιβαλλοντικούς στόχους της για το έτος 2020:

- Μηδενική απόθεση υλικών σε χώρους υγειονομικής ταφής.
- Μηδενική παραγωγή επικίνδυνων αποβλήτων.
- Μηδενική εκπομπή επιβλαβών αερίων.
- Μηδενική χρήση επεξεργασμένου νερού.
- Ολική χρήση πράσινης ηλεκτρικής ενέργειας.
- Πιστοποίηση όλων των κτιρίων ότι πληρούν τα πρότυπα περιβαλλοντικής απόδοσης.
- Όλα τα προϊόντα προς πώληση της επιχείρησης θα έχουν κατασκευαστεί με τη διαδικασία DFE.

Για την επίτευξη των μακροπρόθεσμων αυτών στόχων, μπορεί να τεθούν συγκεκριμένοι περιβαλλοντικοί στόχοι για κάθε προϊόν κατά τη φάση του προγραμματισμού. Αυτοί οι επιμέρους στόχοι επιτρέπουν στον οργανισμό να πραγματοποιήσει πρόοδο προς την κατεύθυνση της μακροπρόθεσμης αυτής στρατηγικής. Το Σχήμα 12-5 απεικονίζει παραδείγματα στόχων του DFE, που είναι διατεταγμένοι σύμφωνα με τον κύκλο ζωής του προϊόντος. Με βάση την κατανόηση των σταδίων του κύκλου ζωής στα οποία έχουν σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, οι στόχοι μπορούν να αναπτυχθούν αναλόγως.

Η εταιρεία Herman Miller αντιλαμβάνεται ότι οι πρωτογενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις των προϊόντων τους για τα έπιπλα γραφείου εντοπίζεται στις φάσεις των υλικών, της παραγωγής και της ανάκτησης. Για την καρέκλα Setu, η Herman Miller είχε ως στόχο να χρησιμοποιήσει αποκλειστικά υλικά με χαμηλό

Στάδιο κύκλου ζωής	Παράδειγμα στόχων σχεδιασμού για το περιβάλλον
Υλικά	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μείωση της χρήσης πρώτων υλών</li> <li>• Επιλογή άφθονων ανανεώσιμων πρώτων υλών.</li> <li>• Εξάλειψη τοξικών υλικών.</li> <li>• Αύξηση της ενεργειακής απόδοσης των διαδικασιών εξόρυξης υλικών.</li> <li>• Μείωση απορριψεων και αποβλήτων.</li> <li>• Αύξηση χρήσης ανακτηθέντων και ανακυκλώσιμων υλικών.</li> </ul>
Παραγωγή	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μείωση χρήσης επεξεργασμένων υλικών.</li> <li>• Προσδιορισμός επεξεργασμένων υλικών που μπορούν να ανακτηθούν και να ανακυκλωθούν πλήρως.</li> <li>• Εξάλειψη τοξικών επεξεργασμένων υλικών.</li> <li>• Επιλογή διαδικασιών υψηλής ενεργειακής απόδοσης.</li> <li>• Μείωση παραγωγής σκάρτων και αποβλήτων.</li> </ul>
Διανομή	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Σχεδιασμός της πιο ενεργειακά αποδοτικής διανομής.</li> <li>• Μείωση εκπομπών από μεταφορές.</li> <li>• Εξάλειψη τοξικών και επικίνδυνων υλικών συσκευασίας.</li> <li>• Εξάλειψη ή επαναχρησιμοποίηση συσκευασίας.</li> </ul>
Χρήση	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Επέκταση ωφέλιμης ζωής του προϊόντος</li> <li>• Προώθηση της χρήσης προϊόντων κάτω από τις προβλεπόμενες συνθήκες.</li> <li>• Καθαρισμός καθαρών και αποδοτικών εργασιών συντήρησης.</li> <li>• Εξάλειψη εκπομπών και μείωση κατανάλωσης ενέργειας κατά τη χρήση.</li> </ul>
Ανάκτηση	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Συντονισμός αποσυναρμολόγησης προϊόντος για το διαχωρισμό των υλικών.</li> <li>• Ενεργοποίηση της ανάκτησης και της αναπαραγωγής των εξαρτημάτων.</li> <li>• Συντονισμός ανακύκλωσης υλικών.</li> <li>• Μείωση του όγκου των αποβλήτων για αποτέφρωση και εναπόθεση για υγειονομική ταφή.</li> </ul>

**ΣΧΗΜΑ 12-5** Παράδειγμα στόχων του DFE, που πραγματοποιείται σύμφωνα με τα στάδια του κύκλου ζωής του προϊόντος. Προσαρμοσμένο από τον Giudice et al. (2006).

περιβαλλοντικό αντίκτυπο, να διευκολύνεται η αποσυναρμολόγηση του προϊόντος και να επιτρέπεται η ανακύκλωση των υλικών.

### Σύσταση ομάδας του DFE

Ο DFE απαιτεί τη συμμετοχή πολλών επαγγελματιών με εμπειρία σχετικά με το έργο ανάπτυξης του προϊόντος. Η τυπική σύνθεση της ομάδας του DFE (που αποτελεί συχνά μία υποομάδα της ομάδας του συνολικού έργου) αποτελείται από ένα καθοδηγητή του DFE, έναν εμπειρογνώμονα χημικό περιβάλλοντος και υλικών, έναν μηχανικό παραγωγής, καθώς και έναν εκπρόσωπο από τις διευθύνσεις προμηθειών και εφοδιασμού. Φυσικά, η σύνθεση της ομάδας του DFE εξαρτάται από την οργάνωση και τις ανάγκες του συγκεκριμένου έργου, και μπορεί επίσης να περιλαμβάνει επαγγελματίες του μάρκετινγκ, εξωτερικούς συμβούλους, προμηθευτές, ή άλλους εμπειρογνώμονες.

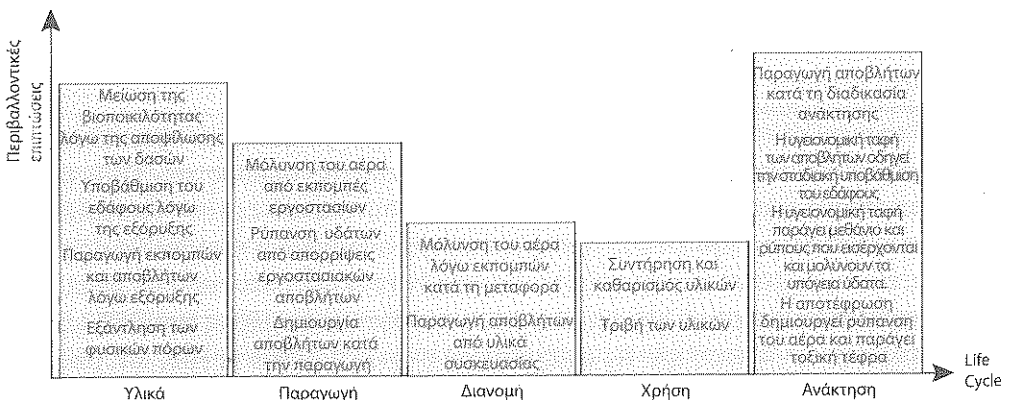
Η Herman Miller δημιούργησε την ομάδα DFE το 1999 προκειμένου να συνεργαστεί με τους σχεδιαστές και τους μηχανικούς για κάθε έργο ανάπτυξης προϊόντος και να επανεξετάσει τη χημεία των υλικών, την αποσυναρμολόγηση, την

ανακύκλωση, τις εισερχόμενες και εξερχόμενες συσκευασίες, τις ενεργειακές πηγές και χρήσεις, καθώς και την παραγωγή αποβλήτων. Η ομάδα του DFE συμμετέχει όσο το δυνατόν νωρίτερα στη διαδικασία προκειμένου να διασφαλιστεί ότι λαμβάνονται υπόψη οι εκτιμήσεις του DFE από την αρχή. Με τη στενή συνεργασία με κάθε ομάδα ανάπτυξης προϊόντος, η ομάδα του DFE παρέχει τα εργαλεία και τις γνώσεις για την λήψη φιλικών προς το περιβάλλον αποφάσεων σχεδιασμού.

## Βήμα 2: Προσδιορισμός πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων

Στο πλαίσιο της φάσης ανάπτυξης της ιδέας, ο DFE ξεκινά με τον προσδιορισμό των πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων του προϊόντος στη διάρκεια του κύκλου ζωής του. Αυτό δίνει τη δυνατότητα στην ομάδα ανάπτυξης του προϊόντος να εξετάσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις στο στάδιο της σύλληψης της ιδέας, παρ' όλο που είναι διαθέσιμα μόνο λίγα ή και καθόλου συγκεκριμένα δεδομένα για το προϊόν (σχετικά με το υλικό και τη χρήση ενέργειας, τις εκπομπές, και την παραγωγή αποβλήτων) ενώ η λεπτομερής αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, δεν είναι ακόμη δυνατή. Ωστόσο, στην περίπτωση ανασχεδιασμού του προϊόντος, τα σχετικά στοιχεία μπορούν να παρέχονται από την ανάλυση των επιπτώσεων ορισμένων υφιστάμενων προϊόντων. (Βλέπε μεθόδους αξιολόγησης του κύκλου ζωής στο βήμα 5 παρακάτω.)

Το Σχήμα 12-6 απεικονίζει ένα γράφημα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί προκειμένου να αξιολογηθούν ποιοτικά οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής του προϊόντος. Το σχήμα αποτελεί μία διασκευή του LiDS Wheel (Brezet and van Flemel, 1997) και του EcoDesign Web (Bhamra and Lofthouse, 2007). Για να δημιουργήσει αυτό το γράφημα, η ομάδα ρωτά, “Ποιες είναι οι



**ΣΧΗΜΑ 12-6** Η ποιοτική αξιολόγηση του κύκλου ζωής αντιπροσωπεύει την εκτίμηση της ομάδας για τους πιθανούς τύπους και μεγέθη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του προϊόντος στη διάρκεια του κύκλου ζωής του. Αυτό το διάγραμμα απεικονίζει τους τύπους των επιπτώσεων που σχετίζονται περισσότερο με τα προϊόντα επίπλων γραφείου, όπως η καρέκλα Setu.

σημαντικές πηγές των πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε κάθε στάδιο του κύκλου ζωής του προϊόντος”; Συγκεκριμένες ερωτήσεις για κάθε στάδιο αναφέρονται στο Σχήμα 12-7 και μπορεί να είναι χρήσιμες για την διεξαγωγή αυτής της ποιοτικής ανάλυσης.

Η ομάδα δημιουργεί μία λίστα για κάθε στάδιο κύκλου ζωής των αναμενόμενων κύριων περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Το ύψος της κάθε στήλης στο σχήμα αντιπροσωπεύει την απόφαση της ομάδας για το συνολικό μέγεθος των πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων και επομένως, προσδιορίζει πού να επικεντρωθούν οι προσπάθειές τους για το σχεδιασμό για το περιβάλλον (DFE). Για ορισμένα προϊόντα (π.χ. αυτοκίνητα, ηλεκτρονικές συσκευές) οι πιο σημαντικές επιπτώσεις που βρέθηκαν είναι στο στάδιο της χρήσης. Για άλλα προϊόντα (π.χ. είδη ένδυσης, έπιπλα γραφείου), οι μεγαλύτερες επιπτώσεις μπορεί να είναι στα στάδια υλικών, παραγωγής και ανάκτησης. Το Σχήμα 12-6 απεικονίζει μια ποιοτική αξιολόγηση του κύκλου ζωής για έπιπλα γραφείου γενικά. Αυτή η κατανόηση καθοδήγησε τον DFE στο έργο για την καρέκλα Setu.

Στάδιο κύκλου ζωής	Ερωτήσεις
<b>Υλικά</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Πόσα και ποια είδη ανακυκλώσιμων υλικών θα χρησιμοποιηθούν;</li> <li>• Πόσα και ποια είδη μη ανακυκλώσιμων υλικών θα χρησιμοποιηθούν;</li> <li>• Πόσα και ποια είδη πρόσθετων θα χρησιμοποιηθούν;</li> <li>• Ποιο είναι το περιβαλλοντικό προφίλ των υλικών;</li> <li>• Πόση ενέργεια θα απαιτηθεί για την εξόρυξη αυτών των υλικών;</li> <li>• Ποια μέσα μεταφοράς θα χρησιμοποιηθούν για να τα προμηθευτούμε;</li> </ul>
<b>Παραγωγή</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Πόσες και ποιοί τύποι διαδικασιών παραγωγής θα χρησιμοποιηθούν;</li> <li>• Πόσα και ποια είδη βοηθητικών υλικών απαιτούνται;</li> <li>• Πόσο υψηλή θα είναι η κατανάλωση ενέργειας;</li> <li>• Πόσα απόβλητα θα παραχθούν;</li> <li>• Είναι δυνατός ο διαχωρισμός των αποβλήτων παραγωγής για ανακύκλωση;</li> </ul>
<b>Διανομή</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Τι είδους συσκευασίας μεταφοράς, μαζικής συσκευασίας και λιανικής συσκευασίας θα χρησιμοποιηθούν (όγκοι, βάρη, υλικά, επαναχρησιμοποίηση);</li> <li>• Ποια μέσα μεταφοράς θα χρησιμοποιηθούν;</li> </ul>
<b>Χρήση</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Πόση και ποιο είδος ενέργειας θα απαιτηθεί;</li> <li>• Πόσα και ποια είδη αναλώσιμων θα απαιτηθούν;</li> <li>• Ποια θα είναι η τεχνική διάρκεια ζωής;</li> <li>• Πόση συντήρηση και επισκευές θα απαιτηθούν;</li> <li>• Ποια και πόσα βοηθητικά υλικά και ενέργεια θα απαιτηθούν;</li> <li>• Ποια θα είναι η αισθητική διάρκεια ζωής του προϊόντος;</li> </ul>
<b>Ανάκτηση</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Με ποιους τρόπους μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί το προϊόν;</li> <li>• Θα είναι δυνατή η επαναχρησιμοποίηση των εξαρτημάτων και των υλικών;</li> <li>• Είναι εφικτή η γρήγορη αποσυναρμολόγηση του προϊόντος με τη χρήση κοινών εργαλείων;</li> <li>• Ποια υλικά θα ανακυκλωθούν; Θα είναι αναγνωρίσιμα τα ανακυκλωμένα υλικά;</li> <li>• Με ποιο τρόπο θα γίνει η απόρριψη του προϊόντος;</li> </ul>

**ΣΧΗΜΑ 12-7** Τυπικές ερωτήσεις για την εξέταση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του κάθε σταδίου του κύκλου ζωής. Διασκευασμένο από τους Brezet και van Hemel (1997).

### Βήμα 3: Επιλογή κατευθυντήριων γραμμών για DFE

Οι κατευθυντήριες γραμμές βοηθούν τις ομάδες σχεδιασμού προϊόντος προκειμένου να λάβουν πρώιμα αποφάσεις του DFE χωρίς να προσδιορίσουν τον τύπο της λεπτομερούς ανάλυσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που είναι δυνατή μόνο αφού η σχεδίαση έχει καθοριστεί σε μεγαλύτερο βαθμό. Σχετικές κατευθυντήριες γραμμές μπορούν να επιλεγούν με βάση εν μέρει την ποιοτική αξιολόγηση των επιπτώσεων του κύκλου ζωής (από το βήμα 2). Η επιλογή σχετικών κατευθυντήριων γραμμών κατά τη φάση ανάπτυξης της ιδέας επιτρέπει στην ομάδα ανάπτυξης του προϊόντος να τις εφαρμόσει σε όλο το έργο ανάπτυξης του προϊόντος.

Το Σχήμα 12-8 παρουσιάζει μια συλλογή των κατευθυντήριων γραμμών του DFE που βασίζεται σε μια μελέτη των Telenko et al. (2008). Κάθε στάδιο του κύκλου ζωής έχει δικές του κατευθυντήριες γραμμές DFE που παρέχουν στις ομάδες ανάπτυξης του προϊόντος οδηγίες για τον τρόπο με τον οποίο μπορούν να μειώσουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις ενός προϊόντος. Μια πιο λεπτομερής λίστα των κατευθυντήριων γραμμών του DFE παρέχεται στο παράρτημα του παρόντος κεφαλαίου. Πολλές από τις κατευθυντήριες γραμμές αφορούν την επιλογή των υλικών. Αυτό υπογραμμίζει τον κεντρικό ρόλο των υλικών στη DFE.

Για το έργο της καρέκλας Setu, οι εμπειρογνώμονες του DFE προσέφεραν στην ομάδα ανάπτυξης του προϊόντος διάφορες κατευθύνσεις. Αυτές οι κατευθυντήριες γραμμές προσδιορίζονται με αστερίσκο στο Σχήμα 12-8.

### Βήμα 4: Εφαρμογή των κατευθυντήριων γραμμών του DFE στον αρχικό σχεδιασμό του προϊόντος

Καθώς η αρχιτεκτονική του προϊόντος αναπτύσσεται κατά τη φάση του σχεδιασμού σε επίπεδο συστήματος (βλέπε Κεφάλαιο 10, “Αρχιτεκτονική Προϊόντων”), μερικές αρχικές επιλογές υλικών λαμβάνονται μαζί με κάποιες από τις αποφάσεις του σχεδιασμού των τμημάτων. Συνεπώς, στο στάδιο αυτό είναι ωφέλιμο, να εφαρμόζονται οι σχετικές κατευθυντήριες γραμμές του DFE (που επιλέξαμε στο βήμα 3). Με τον τρόπο αυτό, ο αρχικός σχεδιασμός του προϊόντος μπορεί να έχει μικρότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Η ομάδα της καρέκλας Setu ήθελε η καρέκλα να είναι ελαφριά, προκειμένου να μειωθούν τα υλικά που θα χρησιμοποιούν καθώς και οι επιπτώσεις από τη μεταφορά (εφαρμογή της κατευθυντήριας γραμμής του DFE: Καθορίστε ελαφριά υλικά και εξαρτήματα). Αυτό το πέτυχαν με την ανάπτυξη μιας ιδέας και αρχιτεκτονικής του προϊόντος που απέφυγε ένα μηχανισμό κλίσης κάτω από το κάθισμα καθώς και άλλες πολυπλοκότητες. Αυτό βοήθησε να μειωθεί το βάρος της καρέκλας μέχρι και 20 λίβρες (9 κιλά). Η ομάδα της καρέκλας Setu εξέτασε επίσης νέους τρόπους για να καταστήσει εύκολη την αποσυναρμολόγηση της προκειμένου να διευκολυνθεί η ανακύκλωση. Τοποθέτησαν κάθε άρθρωση σε σημείο όπου είναι εύκολα προσβάσιμο και επίσης εξασφάλισαν ότι τα εξαρτήματα της Setu είναι δυνατόν να αποσυναρμολογηθούν με το χέρι ή με κοινά εργα-



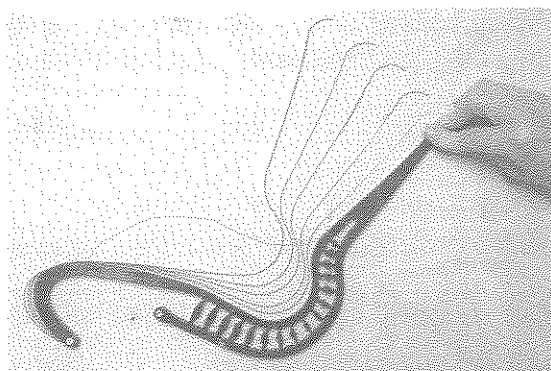
Στάδιο κύκλου ζωής	Κατευθυντήριες γραμμές σχεδιασμού για το περιβάλλον	
Υλικά	Βιωσιμότητα των πόρων	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Καθορίστε ανανεώσιμες και άφθονες πηγές.*</li> <li>• Καθορίστε ανακυκλώσιμα και/ή ανακυκλωμένα υλικά.*</li> <li>• Καθορίστε ανανεώσιμες μορφές ενέργειας.*</li> </ul>
	Υγιής εισοδοί και έξοδοι	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Καθορίστε μη επιβλαβή υλικά.*</li> <li>• Εγκαταστήστε προστασία κατά της απελευθέρωσης ρύπων και επικινδύνων ουσιών.</li> <li>• Συμπεριλάβετε ετικέτες και οδηγίες για την ασφαλή διαχείριση των τοξικών υλικών.*</li> </ul>
Παραγωγή	Ελάχιστη χρήση πόρων κατά την παραγωγή	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Εφαρμόστε όσο λιγότερα κατασκευαστικά βήματα είναι δυνατό.*</li> <li>• Καθορίστε υλικά που δεν απαιτούν πρόσθετη επιφανειακή επεξεργασία ή επικαλύψεις.*</li> <li>• Ελαχιστοποιήστε τον αριθμό των εξαρτημάτων.*</li> <li>• Καθορίστε ελαφριά υλικά και εξαρτήματα.*</li> </ul>
Διανομή	Ελάχιστη χρήση πόρων κατά τη διανομή	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ελαχιστοποιήστε τη συσκευασία.</li> <li>• Χρησιμοποιήστε ανακυκλώσιμα/επαναχρησιμοποιούμενα υλικά συσκευασίας.</li> <li>• Εφαρμόστε αναδίπλωση, εμφώλευση, ή αποσυναρμολόγηση για τη διανομή των προϊόντων σε μια συμβατή κατάσταση.</li> <li>• Εφαρμόστε δομικές τεχνικές και υλικά για την ελαχιστοποίηση του συνολικού όγκου του υλικού.</li> </ul>
Χρήση	Αποδοτικότητα των πόρων κατά τη χρήση	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Εφαρμόστε την προεπιλογή απενεργοποίησης για υποσυστήματα που δεν είναι σε χρήση.</li> <li>• Χρησιμοποιήστε μηχανισμούς ανάδρασης για να δείξετε πόση ενέργεια ή νερό καταναλώνεται.</li> <li>• Ενσωματώστε ενορατικούς ελέγχους για χαρακτηριστικά εξοικονόμησης πόρων.</li> </ul>
	Κατάλληλη ανθεκτικότητα	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Βελτιώστε την αισθητική και τη λειτουργικότητα προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι η αισθητική πλευρά της ζωής συνάδει με την τεχνική ζωή.</li> <li>• Συντονίστε τις επισκευές και τις αναβαθμίσεις.</li> <li>• Διασφαλίστε την ελάχιστη συντήρηση.</li> <li>• Ελαχιστοποιήστε τους τρόπους αποτυχίας.</li> </ul>
Ανάκτηση	Αποσυναρμολόγηση, διαχωρισμός και καθαρισμός	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Βεβαιωθείτε ότι αρμοί και συνδέτηρες είναι εύκολα προσβάσιμοι.*</li> <li>• Καθορίστε αρμούς και συνδέσεις έτσι ώστε να είναι δυνατόν να διαχωριστούν με το χέρι ή με συνήθη εργαλεία.*</li> <li>• Βεβαιωθείτε ότι τα μη συμβατά υλικά διαχωρίζονται εύκολα.*</li> </ul>

**ΣΧΗΜΑ 12-8** Κατευθυντήριες γραμμές σχεδιασμού για το περιβάλλον διατεταγμένες σύμφωνα με το στάδιο του κύκλου ζωής ενός προϊόντος. Με βάση τους Telenko et al. (2008). Οι κατευθυντήριες γραμμές που χρησιμοποιούνται στο έργο Setu προσδιορίζονται με αστερίσκο.

λεία (εφαρμογή των κατευθυντήριων γραμμών του DFE: Βεβαιωθείτε ότι οι αρμοί και οι συνδέσεις είναι εύκολα προσβάσιμες· καθορίστε τους αρμούς και τους συνδέσμους, έτσι ώστε να είναι δυνατόν να διαχωριστούν με το χέρι ή με κοινά εργαλεία).

Στη φάση του λεπτομερούς σχεδιασμού, καθορίζονται οι ακριβείς προδιαγραφές υλικών, η λεπτομερής γεωμετρία και οι διαδικασίες παραγωγής. Η εφαρμογή των κατευθυντήριων γραμμών του DFE στο λεπτομερή σχεδιασμό είναι ουσιαστικά οι ίδιες όπως και στο σχεδιασμό σε επίπεδο συστήματος. Ωστόσο, στο σημείο αυτό λαμβάνονται πολύ περισσότερες αποφάσεις και οι περιβαλλοντικοί παράγοντες μπορούν να εξεταστούν με μεγαλύτερη ακρίβεια. Καθορίζοντας υλικά με χαμηλές επιπτώσεις και μειώνοντας την κατανάλωση ενέργειας, οι ομάδες ανάπτυξης προϊόντων δημιουργούν περισσότερο φιλικά προς το περιβάλλον προϊόντα. Επιπλέον, οι κατευθυντήριες γραμμές του DFE μπορούν να εμπνεύσουν τις ομάδες ανάπτυξης προϊόντος προκειμένου να σκεφτούν βελτιώσεις στη λειτουργικότητα και την ανθεκτικότητα του προϊόντος, οι οποίες μπορεί να οδηγήσουν σε σημαντικά μικρότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

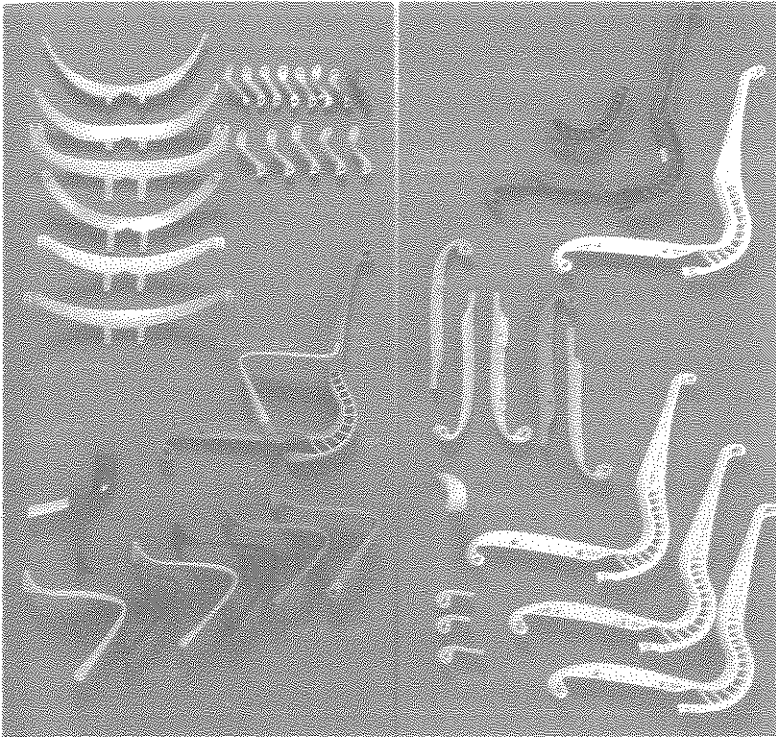
Η γεωμετρία της ράχης της καρέκλας Setu, απεικονίζεται στο Σχήμα 12-9 και είναι εμπνευσμένη από την ανθρώπινη σπονδυλική στήλη. Οι σχεδιαστές της εταιρείας Studio 7.5 κατασκεύασαν πολλά πρότυπα της ράχης, ώστε να επιτευχθεί η σωστή υποστήριξη και κλίση (βλέπε Σχήμα 12-10). Μόλις καθορίστηκε το σχήμα της ράχης, η ομάδα έπρεπε να βρει υλικά που να ταιριάζουν τόσο στις λειτουργικές όσο και στις περιβαλλοντικές απαιτήσεις.



**ΣΧΗΜΑ 12-9** Η ράχη της καρέκλας Setu εμπνευσμένη από την ανθρώπινη σπονδυλική στήλη.

Για τον καθορισμό των υλικών που συμβαδίζουν με τις περιβαλλοντικές και λειτουργικές απαιτήσεις, η ομάδα ανάπτυξης χρησιμοποίησε υλικά από την ιδιόκτητη βάση δεδομένων της Herman Miller. Η βάση δεδομένων, που διατηρείται από κοινού με την MBDC, εξετάζει τις επιπτώσεις στην ασφάλεια και στο περιβάλλον του κάθε υλικού και κατατάσσει αυτά τα υλικά σε μία από τις τέσσερις κατηγορίες που ακολουθούν: πράσινο (μικρή έως καμία επικινδυνότητα), κίτρινο (χαμηλή έως μέτρια επικινδυνότητα), πορτοκαλί (ελλιπή στοιχεία), και κόκκινο (υψηλή επικινδυνότητα). Ο στόχος της Herman Miller ήταν να χρησιμοποιήσει μόνο υλικά που κατατάσσονται στην κατηγορία του κίτρινου ή πράσινου για όλα τα νέα προϊόντα της.

Για παράδειγμα, το χλωριούχο πολυβινύλιο (PVC) ταξινομείται ως κόκκινο υλικό. Το PVC είναι ένα πολυμερές που χρησιμοποιείται συνήθως σε έπιπλα και άλλα προϊόντα λόγω του χαμηλού κόστους και της υψηλής αντοχής του. Ωστόσο, τόσο η παραγωγή όσο και η καύση του PVC απελευθερώνει τοξικές εκπομπές. Για την αποφυγή χρήσης τέτοιων υλικών που είναι τοξικά για τον άνθρωπο



ΣΧΗΜΑ 12-10

Η ομάδα σχεδιασμού κατασκεύασε πρωτότυπα για πολλές παραλλαγές της ράχης της καρέκλας Setu και σχετικών εξαρτημάτων.

και το περιβάλλον (εφαρμογή της κατευθυντήριας γραμμής του DFE: καθορίστε ακίνδυνα υλικά), οι μηχανικοί καθόρισαν ασφαλέστερα υλικά, όπως πολυπροπυλένιο και απέφυγαν εντελώς τη χρήση του PVC.

### Βήμα 5: Αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων

Το επόμενο βήμα είναι να αξιολογηθούν, στο μέτρο του δυνατού, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του προϊόντος σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής του. Για να πραγματοποιηθεί αυτό με ακρίβεια, απαιτείται η λεπτομερής κατανόηση του τρόπου με τον οποίο το προϊόν πρόκειται να παραχθεί, να διανεμηθεί, να χρησιμοποιηθεί κατά τη διάρκεια ζωής του, καθώς και του τρόπου με τον οποίο το προϊόν θα ανακυκλωθεί ή θα απορριφθεί στο τέλος της ωφέλιμης ζωής του. Η αξιολόγηση αυτή γίνεται γενικά με βάση τον αναλυτικό κατάλογο των υλικών (BOM), συμπεριλαμβανομένων των πηγών της ενέργειας, των προδιαγραφών των υλικών των εξαρτημάτων, των προμηθευτών, των μέσων μεταφοράς, των ροών αποβλήτων, των μεθόδων ανακύκλωσης και των μέσων διάθεσης. Αρκετά εργαλεία ποσοτικής αξιολόγησης του κύκλου ζωής LCA (Life Cycle Assessment), είναι διαθέσιμα για την αξιολόγηση ανάλογων περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Τα εργαλεία αυτά διαφέρουν ως προς την τιμή και την πολυπλοκότητα και επιλέγονται με βάση τους τύπους των υλικών και των διαδικασιών που εμπλέκονται, καθώς και με βάση την ακρίβεια που απαιτείται από την ανάλυση.

Η LCA απαιτεί μία σημαντική ποσότητα χρόνου, κατάρτισης, καθώς και δεδομένων. Πολλές αναλύσεις LCA είναι συγκριτικές και παρέχουν μια βάση για την εξέταση των περιβαλλοντικών επιδόσεων των εναλλακτικών λύσεων σχεδιασμού του προϊόντος. Το εμπορικό λογισμικό LCA χρησιμοποιείται ευρέως στο σχεδιασμό του προϊόντος και υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα υποστήριξης για κοινά υλικά, διαδικασίες παραγωγής, μεθόδους μεταφοράς, διαδικασίες παραγωγής ενέργειας καθώς και σεναρίων διάθεσης των υλικών.

Η εταιρεία Herman Miller χρησιμοποιεί το δικό της ιδιόκτητο εργαλείο αξιολόγησης DFE, που αναπτύχθηκε για αυτούς από την MBDC. Το εργαλείο DFE αποτελείται από μια διεπαφή υπολογιστικών φύλλων και μία βάση δεδομένων υλικών με την χρωματική κωδικοποίηση που περιγράψαμε παραπάνω. Το εργαλείο εξετάζει τέσσερις παράγοντες για κάθε συστατικό του προϊόντος:

1. **Τη χημεία του υλικού:** Το κλάσμα των υλικών, κατά βάρος, που αποτελεί το ασφαλέστερο δυνατό όσον αφορά την τοξικότητα για τον άνθρωπο και τις περιβαλλοντικές ανησυχίες.
2. **Το ανακυκλωμένο περιεχόμενο:** Το κλάσμα των υλικών, κατά βάρος, που προκύπτει από ανακύκλωση βιομηχανικού ή καταναλωτικού περιεχομένου.
3. **Η αποσυναρμολόγηση:** Το κλάσμα των υλικών, κατά βάρος, που μπορεί να αποσυναρμολογηθούν εύκολα.
4. **Η ανακύκλωση:** Το κλάσμα των υλικών, κατά βάρος, που είναι ανακυκλώσιμο.

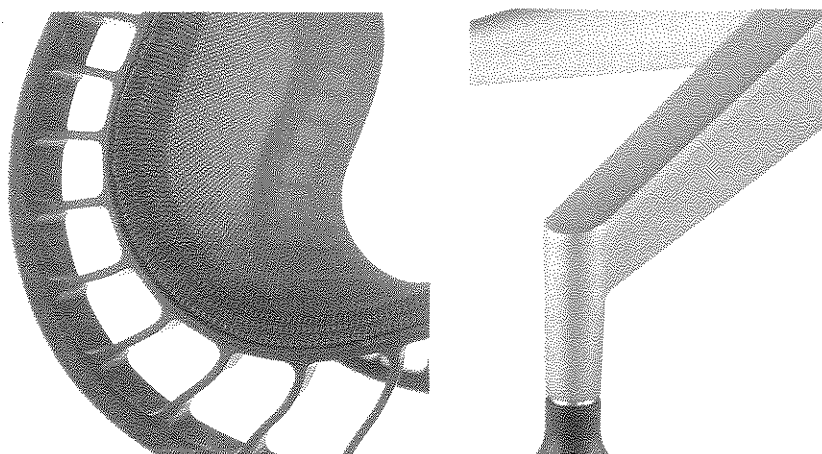
Από τη στιγμή που καθορίστηκε ο αρχικός σχεδιασμός της Setu, η καρτέλα ήταν χωρισμένη σε τμήματα, με την ανάπτυξη του κάθε τμήματος να είχε ανατεθεί σε διαφορετική ομάδα. Καθώς κάθε ομάδα ολοκλήρωνε το σχεδιασμό του τμήματος, η ομάδα του DFE αξιολογούσε το σχεδιασμό χρησιμοποιώντας το εργαλείο DFE.

### **Συγκρίνετε τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις με τους στόχους του DFE**

Αυτό το βήμα συγκρίνει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις σχεδιασμού καθώς αυτός εξελίσσεται σε σχέση με στους στόχους του DFE που έχουν θεσπιστεί κατά τη φάση του προγραμματισμού. Αν κατά τη φάση του λεπτομερούς σχεδιασμού, είχαν δημιουργηθεί πολλές επιλογές σχεδιασμού, αυτές μπορούν πλέον να συγκριθούν ούτως ώστε να κρίνουμε ποια έχει τις χαμηλότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Εκτός από το εάν η ομάδα ανάπτυξης του προϊόντος είναι πολύ έμπειρη στον DFE, ο σχεδιασμός θα έχει γενικά πολλά περιθώρια βελτίωσης. Συνήθως απαιτούνται αρκετές επαναλήψεις του DFE πριν η ομάδα έχει πειστεί ότι το προϊόν είναι τόσο καλό όσο θα έπρεπε να είναι από τη σκοπιά της σχεδίασης για το περιβάλλον.

## Βήμα 6: Βελτίωση του σχεδιασμού του προϊόντος για μείωση ή εξάλειψη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων

Ο στόχος αυτού του βήματος και των επακόλουθων επαναλήψεων του DFE είναι να μειώσει ή να εξάλειψει τις σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις μέσω του επανασχεδιασμού. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται έως ότου οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, έχουν μειωθεί σε αποδεκτό επίπεδο και οι περιβαλλοντικές επιδόσεις είναι σύμφωνες με τους στόχους του DFE. Ο επανασχεδιασμός για τη συνεχή βελτίωση του DFE μπορεί να συνεχιστεί ακόμη και μετά την έναρξη της παραγωγής. Για τις καρέκλες Aeroon και Mirra (οι οποίες απεικονίζονται στο Σχήμα 12-11), η Herman Miller έκανε αρκετές τροποποιήσεις στις προδιαγραφές και τις πηγές των υλικών από την αρχική έκδοση των εν λόγω προϊόντων, μειώνοντας τις περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις.



ΣΧΗΜΑ 12-11 Το τελικό σχέδιο της ράχης της καρέκλας Setu (αριστερά) και η βάση αλουμινίου (δεξιά).

Έπειτα από αρκετές επαναλήψεις στο σχεδιασμό, η ομάδα της καρέκλας Setu ανέπτυξε έναν τρόπο προκειμένου να πραγματοποιήσει συν-χύτευση της ράχης χρησιμοποιώντας δύο διαφορετικά υλικά πολυπροπυλενίου που ήταν συμβατά για ανακύκλωση χωρίς διαχωρισμό. Οι εσωτερικές και εξωτερικές ράγες της ράχης κατασκευάζονται από μία σύνθεση πολυπροπυλενίου και γυαλιού, ενώ οι ακτίνες συνδέσεως χυτεύονται χρησιμοποιώντας μια πιο ευέλικτη σύνθεση πολυπροπυλενίου και καουτσούκ (βλέπε Σχήμα 12-11). Η βάση αλουμινίου της Setu είναι ένα παράδειγμα μιας “απέριττης σχεδίασης.” Μη-επιχρισμένη και αγωγάστη, χωρίς εργασία τελειώματος και χωρίς επιβλαβείς τοξίνες, είναι ανθεκτική και έχει μικρότερη επίπτωση στο περιβάλλον από ό, τι οι παραδοσιακά αποπερατωμένες βάσεις καρεκλών.

Ένας από τους δύσκολους συμβιβασμούς που αντιμετώπισε η ομάδα κατά την ανάπτυξη της Setu σχετιζόταν με την επιλογή των υλικών για τους βραχίονες της καρέκλας. Ενώ είχαν αποφασίσει να αποφύγουν τη χρήση του PVC, η ομάδα δεν ήταν σε θέση να χυτεύσει τους βραχίονες της καρέκλας με τη χρήση μόνο ολεφινών υλικών (όπως το πολυπροπυλένιο) λόγω ανησυχιών αστοχίας για τη διάρκεια ζωής και την αντοχή τους. Οι βραχίονες της Setu, ως εκ τούτου, χυτεύθηκαν από νάιλον και από πάνω χυτεύτηκε ένα θερμοπλαστικό ελαστομερές. Επειδή τα υλικά αυτά δεν είναι χημικώς συμβατά για ανακύκλωση, η απόφαση αυτή περιόρισε τη συνολική δυνατότητα ανακύκλωσης της καρέκλας.

### **Βήμα 7: Προβληματισμοί για τη διαδικασία και τα αποτελέσματα του DFE**

Όπως και με κάθε πτυχή της διαδικασίας ανάπτυξης του προϊόντος, η τελευταία δραστηριότητα είναι να ρωτήσετε:

- Πόσο καλά εκτελέσαμε τη διαδικασία του DFE;
- Με ποιό τρόπο μπορούμε να βελτιώσουμε τη διαδικασία του DFE;
- Ποιές βελτιώσεις του DFE μπορούν να πραγματοποιηθούν για τα παράγωγα και τα μελλοντικά προϊόντα;

Χρησιμοποιώντας το εργαλείο αξιολόγησης DFE της εταιρείας Herman Miller, σε μία κλίμακα από 0 έως 100 τοις εκατό, με 100 τοις εκατό να είναι ένα πραγματικά “cradle-to cradle” προϊόν, η καρέκλα Setu απέκτησε τη βαθμολογία 72 τοις εκατό, όπως απεικονίζεται και στο Σχήμα 12-12.

Η ομάδα της Setu ήταν ευχαριστημένη με την καρέκλα σε ότι αφορούσε την ευκολία της αποσυναρμολόγησης και της δυνατότητας πραγματοποίησης ανακύκλωσης. Κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης της Setu, το σκορ ανακύκλωσης της καρέκλας κινήθηκε ανοδικά και καθοδικά ώσπου τελικά μειώθηκε από το 99 τοις εκατό στο 92 τοις εκατό λόγω του συμβιβασμού επιλογής για το υλικό στο σχεδιασμό των βραχιόνων της καρέκλας. Ένα πολύ σημαντικό επίτευγμα που πραγματοποιήθηκε κατά την ανάπτυξη της καρέκλας γραφείου Setu προκειμένου να καταστεί δυνατή η ανακύκλωση της ήταν η αλλαγή στα υλικά της ράχης. Στις αρχικές επαναληπτικές δοκιμές χρησιμοποιήθηκαν ανόμοια υλικά τα οποία ήταν συνδεδεμένα μεταξύ τους και τα οποία δεν μπορούσαν να ανακυκλωθούν. Η ομάδα του DFE προκάλεσε την ομάδα της Setu προκειμένου να καινοτομήσει περισσότερο. Η λύση που προέκυψε ήταν μία κατασκευή από δύο υλικά που είναι συμβατά για ανακύκλωση χωρίς διαχωρισμό. Δυστυχώς, μια τέτοια λύση δεν μπορούσε να επιτευχθεί και για τους βραχίονες της Setu με αποτέλεσμα να χρησιμοποιηθούν ασυμβίβαστα συνδεδεμένα υλικά για την κατασκευή τους.

Ενώ ο DFE ήταν εξαιρετικά επιτυχής όσον αφορά την εφαρμογή του, η καρέκλα Setu είχε ακόμη κάποιες αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, ειδικότερα σε ότι αφορούσε τα χημικά υλικά και τη χρήση ανακυκλωμένου περιεχομένου, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 12-12. Αυτό αντικατοπτρίζει την πραγματικότητα ότι η δημιουργία ενός τέλει προϊόντος από τη σκοπιά του DFE είναι ένας

Παράγοντας αξιολόγησης DFE	Βαθμολόγηση της Setu	Παράγοντας βάρους	Σταθμισμένη βαθμολογία
Χημικά υλικά	50%	33.3%	16.7%
Ανακυκλωμένο περιεχόμενο	44%	8.4%	3.7%
Αποσυναρμολόγηση	86%	33.3%	28.6%
Ανακυκλωσιμότητα	92%	25.0%	23.0%
<b>Συνολική βαθμολόγηση</b>		<b>100%</b>	<b>72%</b>

**ΣΧΗΜΑ 12-12** Το εργαλείο αξιολόγησης DFE της Herman Miller εξετάζει τέσσερις παράγοντες και υπολογίζει μία σταθμισμένη συνολική βαθμολογία ίση με 72 τοις εκατό για την καρέκλα γραφείου Setu.

στόχος που μπορεί να χρειαστεί χρόνια προκειμένου να επιτευχθεί. Ο αποτελεσματικός DFE απαιτεί μια ομάδα ανάπτυξης του προϊόντος που προσπαθεί συνεχώς για βελτίωση. Η ομάδα του DFE μπορεί να είναι σε θέση να αναπτύξει περαιτέρω την καρέκλα Setu προκειμένου να μειώσει κάποιες από τις γνωστές επιπτώσεις. Για παράδειγμα, η χύτευση των βραχιόνων της καρέκλας Setu εξ ολοκλήρου με πολυπροπυλένιο θα ήταν πιθανόν να βελτιώσει τη δυνατότητα ανακύκλωσης και να μειώσει το κόστος, αλλά θα απαιτούσε επίσης την αντιμετώπιση αρκετών πολύ δύσκολων τεχνικών θεμάτων.

Για την περαιτέρω βελτίωση της διαδικασίας του DFE, η Herman Miller ξεκίνησε να χρησιμοποιεί το λογισμικό LCA (Life Cycle Assessment) για την παρακολούθηση των αποτελεσμάτων του DFE και την καθοδήγηση περαιτέρω βελτιώσεων στα προϊόντα της. Στη συνέχεια προγραμματίσαν να ενσωματώσουν ένα “αποτύπωμα άνθρακα” στο DFE εργαλείο τους. Το αποτύπωμα άνθρακα ενός προϊόντος ορίζεται ως η ποσότητα των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που προκαλούνται από το προϊόν και εκφράζεται συνήθως συναρτήσει της ισοδύναμης μάζας του εκπεμπόμενου CO<sub>2</sub>. Η εξέταση του αποτυπώματος του άνθρακα θα μπορούσε να επηρεάσει περαιτέρω τις επιλογές υλικού της Herman Miller. Για παράδειγμα, βασιζόμενοι μόνο στη δυνατότητα ανακύκλωσης και την περιβαλλοντική τοξικότητα, το αλουμίνιο είναι ένα φιλικό προς το περιβάλλον υλικό. Ωστόσο, λαμβάνοντας υπόψη το αποτύπωμα άνθρακα του αλουμινίου, αυτό μπορεί να αποτελέσει μία λιγότερο ευνοϊκή επιλογή (σε σύγκριση με το χάλυβα, για παράδειγμα) λόγω της ποσότητας της ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή νέου αλουμινίου. Το ανακυκλωμένο αλουμίνιο, ωστόσο, χρησιμοποιεί πολύ λιγότερη ενέργεια, και ως εκ τούτου αυτή η ανάλυση εξαρτάται επίσης από τις πηγές των υλικών και από την ενέργεια που χρησιμοποιείται για την επεξεργασία των μετάλλων.

## Περίληψη

Κάθε προϊόν έχει περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε όλο τον κύκλο ζωής του. Ο Σχεδιασμός για το Περιβάλλον (DFE - Design for Environment) παρέχει στις εταιρείες μια πρακτική μέθοδο για την ελαχιστοποίηση ή την εξάλειψη αυτών των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

- Ο αποτελεσματικός DFE διατηρεί ή βελτιώνει την ποιότητα των προϊόντων και το κόστος ενώ παράλληλα μειώνει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.
- Ο DFE διευρύνει την εστίαση του παραδοσιακού παραγωγού προκειμένου να εξετάσει τον πλήρη κύκλο ζωής του προϊόντος και τη σχέση του με το περιβάλλον. Ξεκινά με την εξόρυξη και την επεξεργασία των πρώτων υλών από τους φυσικούς πόρους, η οποία ακολουθείται από την παραγωγή, τη διανομή και τη χρήση του προϊόντος. Τελικά, στο τέλος της ωφέλιμης ζωής του προϊόντος υπάρχουν πολλές επιλογές ανάκτησης: ανακατασκευή ή επαναχρησιμοποίηση των εξαρτημάτων, ανακύκλωση των υλικών, ή διάθεση για αποτέφρωση ή εναπόθεση σε χώρους υγειονομικής ταφής για την επανένταξη του προϊόντος εντός ενός κύκλου κλειστού βρόχου.
- Ο DFE μπορεί να περιλαμβάνει δραστηριότητες σε όλη τη διαδικασία ανάπτυξης του προϊόντος και απαιτεί μια διεπιστημονική προσέγγιση. Η βιομηχανική σχεδίαση, η μηχανική, οι προμήθειες και το μάρκετινγκ συνεργάζονται για την ανάπτυξη φιλικών προς το περιβάλλον προϊόντων.
- Η διαδικασία του DFE αποτελείται από επτά βήματα. Οι ομάδες ανάπτυξης προϊόντων είναι δυνατό να επαναλάβουν κάποια βήματα αρκετές φορές.
  1. Ορισμός της ατζέντας του σχεδιασμού για το περιβάλλον (DFE): Κίνητρα, στόχοι και ομάδα.
  2. Προσδιορισμός πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων.
  3. Επιλογή κατευθυντήριων γραμμών για το σχεδιασμό για το περιβάλλον (DFE, Design for Environment).
  4. Εφαρμογή των κατευθυντήριων γραμμών του DFE στον αρχικό σχεδιασμό του προϊόντος.
  5. Αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.
  6. Βελτίωση του σχεδιασμού του προϊόντος για μείωση ή εξάλειψη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.
  7. Προβληματισμοί για τη διαδικασία και τα αποτελέσματα του DFE.

## **Αναφορές και βιβλιογραφία**

Αρκετοί πρόσφατοι πόροι είναι διαθέσιμοι το Διαδίκτυο μέσω του δικτυακού τόπου:

[www.ulrich-eppinger.net](http://www.ulrich-eppinger.net)

Υπάρχουν πολλά εγχειρίδια που καλύπτουν το θέμα του DFE. Οι Bhamra και Lofthouse παρέχουν μια εισαγωγή για το σχεδιασμό για τη βιωσιμότητα και την περιγραφή διαφόρων στρατηγικών εργαλείων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον DFE όπως το EcoDesign web. Το βιβλίο του Fiksel αποτελεί έναν πλήρη οδηγό για τον DFE ως μια προσέγγιση κύκλου ζωής για νέα προϊόντα και την διαδικασία ανάπτυξης τους. Οι Lewis et al. παρέχουν μια επισκόπηση και περιγραφή των περιβαλλοντικών επιπτώσεων καθώς και διάφορα εργαλεία περιβαλλοντικής αξιολόγησης.



Bhamra, T., and V Lofthouse, *Design for Sustainability: A Practical Approach*, Gower, UK, 2007.

Fiksel, J. R., *Design for Environment: A Guide to Sustainable Product Development*, second edition, McGraw-Hill, New York, 2009.

Lewis, H., J. Gertsakis, and T. Grant, *Design and Environment: A Global Guide to Designing Greener Goods*, Greenleaf Publishing Limited, Sheffield, UK, 2001.

Πολλοί συγγραφείς έχουν υποστηρίξει με επιχειρήματα τη σημασία της θεώρησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στο σχεδιασμό. Ο Burall κατέληξε στο συμπέρασμα ότι δεν υπάρχει πλέον σύγκρουση ανάμεσα σε μία πράσινη προσέγγιση για το σχεδιασμό και την επιτυχία των επιχειρήσεων. Οι McDonough και Braungart εξηγούν ότι η σύγκρουση μεταξύ της βιομηχανίας και του περιβάλλοντος δεν αποτελεί μία καταγγελία του εμπορίου, αλλά μάλλον ένα αποτέλεσμα καθαρά καιροσκοπικού σχεδιασμού. Ο Papanek προκάλεσε στους σχεδιαστές προκειμένου να αντιμετωπίσουν τις κοινωνικές και περιβαλλοντικές ευθύνες τους και όχι μόνο τα εμπορικά τους ενδιαφέροντα. Η εργασία *The Brundtland Report* (1987) όρισε για πρώτη φορά τον όρο *βιώσιμη ανάπτυξη*.

Burall, P., *Green Design*, Design Council, London, 1991.

McDonough, W., and M. Braungart, *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*, North Point Press, New York, 2002.

Papanek, V., *Design for the Real World: Human Ecology and Social Change*, Van Nostrand Reinhold Co., New York, 1971.

World Commission on Environment and Development, *The Brundtland Report: Our Common Future*, Oxford University Press, London, 1987.

Τμήματα της μεθόδου του DFE που παρουσιάζονται σε αυτό το κεφάλαιο, προέρχονται από διάφορες πηγές. Τα εσωτερικά και εξωτερικά κίνητρα του DFE βασίζονται στο έργο των Brezet και van Hemel για τον οικολογικό σχεδιασμό. Οι στόχοι του DFE έχουν διασκευαστεί από τις περιβαλλοντικές στρατηγικές που αναφέρονται από τον Giudice et al. Οι κατευθυντήριες γραμμές του DFE προέρχονται από την ολοκληρωμένη συλλογή των Telenko et al. Η έμφαση με βάση τα υλικά του DFE αντανακλά την έννοια του “cradle-to cradle” που αναφέρθηκε από τους McDonough και Braungart.

Brezet, H., and C. van Hemel, *Ecodesign: A Promising Approach to Sustainable Production and Consumption*, TU Delft, Netherlands, 1997.

Giudice, E, G. La Rosa, and A. Risitano, *Product Design for the Environment: A Life Cycle Approach*, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, 2006.

Telenko, C., C. C. Seepersad, and M. E. Webber, *A Compilation of Design for Environment Principles and Guidelines*, ASME DETC Design for Manufacturing and the Life Cycle Conference, New York, 2008.

Ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO) έχει αναπτύξει διεθνώς συμφωνηθέντα πρότυπα για την LCA, γνωστά ως ISO 14040.

International Organization for Standardization, *Environmental Management: Life Cycle Assessment—Principles and Framework*, European Committee for Standardization, Brussels, 2006.

## Ασκήσεις

1. Δημιουργήστε μία λίστα με τουλάχιστον 10 είδη περιβαλλοντικών επιπτώσεων για όλο τον κύκλο ζωής του προσωπικού υπολογιστή σας ή του κινητού σας τηλεφώνου. Κατασκευάστε για αυτά ένα γράφημα όπως το Σχήμα 12-6, που αντιπροσωπεύει την κρίση σας από τον σχετικό αντίκτυπο του κάθε σταδίου του κύκλου ζωής.
2. Αποσυναρμολογήστε ένα απλό προϊόν, όπως ένα στυλό διαρκείας. Προτείνετε δύο τρόπους για να μειωθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του.
3. Για το υπό εξέταση προϊόν της Άσκησης 1, υπολογίστε τη βαθμολογία των περιβαλλοντικών επιπτώσεων χρησιμοποιώντας οποιοδήποτε εργαλείο ανάλυσης LCA που έχετε στη διάθεσή σας.

## Ερωτήσεις για σκέψη

1. Ποιοί είναι μερικοί από τους τρόπους με τους οποίους έχετε μεγαλύτερη επίγνωση των δικών σας περιβαλλοντικών επιπτώσεων κατά τα τελευταία χρόνια;
2. Ποια είδη περιβαλλοντικών επιπτώσεων θα βρίσκονται στο στάδιο της χρήσης του κύκλου ζωής για την καρέκλα Setu;
3. Με ποιους τρόπους μπορεί ο DFE να συμβάλει στη βελτίωση της ποιότητας του προϊόντος, από την άποψη της λειτουργικότητας του, της αξιοπιστίας του, της ανθεκτικότητας και της δυνατότητας επισκευής του;
4. Για κάθε στάδιο του κύκλου ζωής, ταυτοποιήστε ένα προϊόν ή μία υπηρεσία που έχει υψηλές περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά το συγκεκριμένο στάδιο του κύκλου ζωής του. Στη συνέχεια, προτείνετε ένα νέο ή υπάρχον προϊόν ή υπηρεσία που παρέχει την ίδια λειτουργικότητα με χαμηλότερες (ή μηδενικές) περιβαλλοντικές επιπτώσεις.
5. Με ποίο τρόπο θα συμπεριλάβετε ρητά τις ανανεώσιμες και μη ανανεώσιμες ενέργειες στο διάγραμμα του κύκλου ζωής στο Σχήμα 12-3; Σχεδιάστε ένα τέτοιο διάγραμμα και αιτιολογήστε το.
6. Εξηγήστε τη σχέση μεταξύ του DFE και του DFM. Θεωρείστε, για παράδειγμα, τις κατευθυντήριες γραμμές του DFE που σχετίζονται με την παραγωγή στο Σχήμα 12-8.
7. Εξετάστε το εργαλείο αξιολόγησης του DFE που χρησιμοποιείται από την Herman Miller (Σχήμα 12-12), το οποίο υπολόγισε το σταθμισμένο άθροισμα των βαθμολογιών για τα χημικά υλικά, τη χρήση ανακυκλωμένου περιεχομένου, την ευκολία αποσυναρμολόγησης και τη δυνατότητα ανακύκλωσης. Ποιες αλλαγές θα προτείνατε για να δημιουργήσετε ένα εργαλείο αξιολόγησης DFE για έναν διαφορετικό τύπο προϊόντος, όπως ένα αυτοκίνητο ή ένα κινητό τηλέφωνο;

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### Σχεδιασμός για το περιβάλλον - Κατευθυντήριες Γραμμές

Ο Telenko et al. (2008) δημιούργησαν μια εκτεταμένη λίστα κατευθυντήριων γραμμών του DFE που βασίστηκε σε μια σειρά από πηγές που καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα βιομηχανιών. Κάθε στάδιο του κύκλου ζωής έχει δικές της κατευθυντήριες γραμμές DFE που προσφέρουν στις ομάδες ανάπτυξης προϊόντων προτάσεις για τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η λίστα που ακολουθεί βασίζεται στην συλλογή των Telenko et al.

#### **Στάδιο κύκλου ζωής: Υλικά**

##### *Διασφάλιση της βιωσιμότητας των πόρων*

1. Καθορίστε ανανεώσιμες και άφθονες πηγές.
2. Καθορίστε ανακυκλώσιμα ή ανακυκλωμένα υλικά, ειδικά εκείνα εντός της εταιρείας ή για τα οποία υπάρχει ή πρέπει να τονωθεί η αγορά.
3. Δημιουργήστε στρώμα ανακυκλωμένου και παρθένου υλικού όπου το παρθένο υλικό είναι απαραίτητο.
4. Αξιοποιήστε τις μοναδικές ιδιότητες των ανακυκλωμένων υλικών.
5. Χρησιμοποιήστε κοινά και ανακατασκευασμένα εξαρτήματα σε μοντέλα.
6. Καθορίστε αμοιβαία συμβατά υλικά και συνδέσεις για την ανακύκλωση.
7. Καθορίστε ένα είδος υλικού για το προϊόν και τα υποσύνολα του.
8. Καθορίστε μη σύνθετα, μη αναμειγμένα υλικά και μη κράματα.
9. Καθορίστε ανανεώσιμες μορφές ενέργειας.

##### **Εξασφαλίστε υγιείς εισόδους και εξόδους**

10. Τοποθετήστε προστασία κατά της απελευθέρωσης ρύπων και επικινδύνων ουσιών.
11. Καθορίστε ακίνδυνες ή διαφορετικά “καθαρές” για το περιβάλλον ουσίες, ειδικά σε ότι αφορά την υγεία του χρήστη.
12. Βεβαιωθείτε ότι τα απόβλητα έχουν ως βάση το νερό ή ότι είναι βιοδιασπώμενα.
13. Καθορίστε την πιο καθαρή πηγή ενέργειας.
14. Συμπεριλάβετε ετικέτες και οδηγίες για την ασφαλή διαχείριση των τοξικών υλικών.
15. Καθορίστε καθαρές διεργασίες παραγωγής για το προϊόν καθώς και για την επιλογή των εξαρτημάτων.

16. Συγκεντρώστε τα τοξικά στοιχεία για την εύκολη αφαίρεση και αντιμετώπισή τους.

### **Στάδιο κύκλου ζωής: Παραγωγή**

#### *Εξασφαλίστε την ελάχιστη χρήση πόρων στην παραγωγή*

17. Εφαρμόστε δομικές τεχνικές και υλικά για την ελαχιστοποίηση του συνολικού όγκου του υλικού.
18. Καθορίστε υλικά που δεν απαιτούν πρόσθετη επιφανειακή επεξεργασία, επικαλύψεις, ή μελάνια.
19. Κατασκευάστε το προϊόν ώστε να αποφευχθούν απορρίψεις και ελαχιστοποιήστε τη δημιουργία απόβλητων υλικών κατά την παραγωγή.
20. Ελαχιστοποιήστε τον αριθμό των εξαρτημάτων.
21. Καθορίστε υλικά με χαμηλής έντασης παραγωγή και καλλιέργεια.
22. Καθορίστε καθαρές, υψηλής απόδοσης διαδικασίες παραγωγής.
23. Εφαρμόστε όσο λιγότερα κατασκευαστικά βήματα είναι δυνατό.

### **Η φάση κύκλου ζωής: Διανομή**

#### *Εξασφαλίστε ελάχιστη χρήση πόρων κατά τη διανομή*

24. Αντικαταστήστε τις λειτουργίες και εκκλήσεις της συσκευασίας μέσω του σχεδιασμού του προϊόντος.
25. Εφαρμόστε αναδίπλωση, εμφώλευση, ή αποσυναρμολόγηση για τη διανομή των προϊόντων σε μια συμπαγή κατάσταση.
26. Καθορίστε ελαφριά υλικά και εξαρτήματα.

### **Στάδιο κύκλου ζωής: Χρήση**

#### *Εξασφαλίστε την αποδοτικότητα των πόρων κατά τη χρήση του προϊόντος*

27. Εφαρμόστε επαναχρησιμοποιήσιμες προμήθειες για την εξασφάλιση της μέγιστης χρησιμότητας των αναλωσίμων.
28. Υλοποιήστε μηχανισμούς προστασίας από θερμικές και υλικές απώλειες.
29. Ελαχιστοποιήστε τον όγκο και το βάρος των εξαρτημάτων και των υλικών στα οποία μεταφέρεται ενέργεια.
30. Καθορίστε τα καλύτερα στην κατηγορία τους, ενεργειακά αποδοτικά εξαρτήματα.
31. Εφαρμόστε την προεπιλογή απενεργοποίησης για υποσυστήματα που δεν είναι σε χρήση.
32. Διασφαλίστε την ταχεία προθέρμανση και απενεργοποίηση.
33. Μεγιστοποιήστε την απόδοση του συστήματος για όλο το φάσμα των συνθηκών χρήσης.
34. Συνδέστε τις διαθέσιμες ροές ενέργειας και υλικών στο εσωτερικό του προϊόντος καθώς και μεταξύ του προϊόντος και του περιβάλλοντός του.

35. Ενσωματώστε τη μερική λειτουργία και επιτρέψτε στους χρήστες να απενεργοποιούν εν μέρει ή πλήρως τα συστήματα.
36. Χρησιμοποιήστε μηχανισμούς ανάδρασης για να καταδείξετε πόση ενέργεια ή νερό καταναλώνεται.
37. Ενσωματώστε ενορατικούς ελέγχους για χαρακτηριστικά εξοικονόμησης πόρων.
38. Ενσωματώστε χαρακτηριστικά που αποτρέπουν τη σπατάλη υλικών από το χρήστη.
39. Χρησιμοποιήστε προεπιλεγμένους μηχανισμούς για την αυτόματη επαναφορά του προϊόντος στην πιο αποτελεσματική ρύθμιση του.

### *Εξασφαλίστε την κατάλληλη ανθεκτικότητα του προϊόντος και των εξαρτημάτων*

40. Επαναχρησιμοποιείστε ενεργειακά εξαρτήματα με υψηλό βαθμό ενσωμάτωσης.
41. Σχεδιάστε με τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται η συνεχής βελτίωση της αποδοτικότητας.
42. Βελτιώστε την αισθητική και τη λειτουργικότητα προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι η αισθητική πλευρά της ζωής συνάδει με την τεχνική ζωή.
43. Διασφαλίστε την ελάχιστη συντήρηση και ελαχιστοποιείστε τους τρόπους αποτυχίας στο προϊόν και τα συστατικά του.
44. Καθορίστε τα καλύτερα υλικά, επεξεργασίες επιφανειών, ή δομικές διατάξεις για την προστασία των προϊόντων από τους ρύπους, τη διάβρωση, και τη φθορά.
45. Επισημάνετε πάνω στο προϊόν ποιά από τα μέρη του θα πρέπει να καθαρίζονται / διατηρούνται με ένα συγκεκριμένο τρόπο.
46. Κάντε την φθορά ανιχνεύσιμη.
47. Επιτρέψτε την εύκολη επισκευή και αναβάθμιση, ειδικά για τα εξαρτήματα που αντικαθίστανται συχνά.
48. Απαιτείστε λιγοστά εργαλεία για συντήρηση και επιθεώρηση.
49. Διευκολύνετε τον έλεγχο των εξαρτημάτων.
50. Επιτρέψτε την επαναλαμβανόμενη αποσυναρμολόγηση και επανασυναρμολόγηση.

### **Στάδιο κύκλου ζωής: Ανάκτηση**

#### *Επιτρέψτε την αποσυναρμολόγηση, το διαχωρισμό και τον καθαρισμό των υλικών και των εξαρτημάτων*

51. Επισημάνετε πάνω στο προϊόν τον τρόπο με τον οποίο πρέπει να ανοιχτεί και κάντε εμφανή τα σημεία πρόσβασης.
52. Βεβαιωθείτε ότι οι αρμοί και οι συνδετήρες είναι εύκολα προσβάσιμοι.
53. Διατηρείστε τη σταθερότητα και την τοποθέτηση εξαρτημάτων κατά την αποσυναρμολόγηση.
54. Ελαχιστοποιήστε τον αριθμό και την ποικιλία των στοιχείων σύνδεσης.

55. Βεβαιωθείτε ότι οι τεχνικές καταστροφικής αποσυναρμολόγησης δεν βλάπτουν τους ανθρώπους ή τα επαναχρησιμοποιήσιμα στοιχεία.
56. Βεβαιωθείτε ότι τα επαναχρησιμοποιήσιμα μέρη μπορούν να καθαριστούν εύκολα και χωρίς να υποστούν φθορές.
57. Βεβαιωθείτε ότι τα μη συμβατά υλικά διαχωρίζονται εύκολα.
58. Κατασκευάστε τις διεπαφές συστατικών απλές και αντιστρεπτά διαχωρίσιμες.
59. Οργανώστε ένα προϊόν ή σύστημα σε ιεραρχικές ενότητες με βάση την αισθητική, την επισκευή και το πρωτόκολλο του τέλους του κύκλου ζωής.
60. Εφαρμόστε επαναχρησιμοποιήσιμες / ανταλλάξιμες πλατφόρμες, τμήματα και εξαρτήματα.
61. Συμπυκνώστε τα σε ένα ελάχιστο αριθμό εξαρτημάτων.
62. Καθορίστε συμβατές κόλλες, ετικέτες, επικαλύψεις επιφανειών, χρωστικές ουσίες, και τα παρόμοια ώστε να μην αλλοιώνονται με τον καθαρισμό.
63. Εφαρμόστε μία κατεύθυνση αποσυναρμολόγησης χωρίς αναπροσανατολισμό.
64. Καθορίστε όλους τους αρμούς, έτσι ώστε να είναι δυνατόν να διαχωριστούν με το χέρι ή με λίγα μόνο απλά εργαλεία.
65. Ελαχιστοποιείτε τον αριθμό και τη διάρκεια των εργασιών για την αποσύνδεση.
66. Σημειώστε τους τύπους και τα πρωτόκολλα επαναχρησιμοποίησης των υλικών στα καλούπια.
67. Χρησιμοποιήστε μία ρηχή ή ανοιχτή δομή για εύκολη πρόσβαση στα υποσυστήματα.