

Μια
συναρπαστική
αφήγηση
της ανθρώπινης
ιστορίας
**TIM
MARSHALL**

ED CONWAY

Ζωντανό,
πλούσιο,
απροσδόκητο...
**PETER
FRANKOPAN**

άμμος

**ΥΛΙΚΟΣ
ΚΟΣΜΟΣ**

αλάτι

σίδηρος

**ΟΙ
6 ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ
ΠΟΥ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΑΝ
ΤΟΝ ΣΥΓΧΡΟΝΟ
ΠΟΛΙΤΙΣΜΟ**

πετρέλαιο

χαλκός

λίθιο

ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ
Κωστής Πανσέληνος

ΜΕΤΑΙΧΜΙΩ

ΜΕΤΑΙΧΜΙΟ

Πρώτη έκδοση Απρίλιος 2024

Τίτλος πρωτοτύπου Ed Conway, *Material World: A substantial story of our past and future*,
WH Allen, Λονδίνο 2023

Σχεδιασμός εξωφύλλου Keenan

Επιμέλεια – Διόρθωση τυπογραφικών δοκιμίων Χρίστος Κυθρεώτης
Προσαρμογή εξωφύλλου Σαβίνα Χριστοπούλου

© 2023, Ed Conway

First published as MATERIAL WORLD: A SUBSTANTIAL STORY OF OUR PAST
AND FUTURE in 2023 by WH Allen, an imprint of Ebury Publishing.

Ebury Publishing is part of the Penguin Random House group of companies.

© 2023, Εκδόσεις ΜΕΤΑΙΧΜΙΟ (για την ελληνική γλώσσα)

ISBN 978-618-03-3978-9

ΒΟΗΘ. ΚΩΔ. ΜΗΧ/ΣΗΣ 83978

Κ.Ε.Π. 5901, Κ.Π. 19623

Το παρόν έργο πνευματικής ιδιοκτησίας προστατεύεται κατά τις διατάξεις του Ελληνικού Νόμου (Ν. 2121/1993 όπως έχει τροποποιηθεί και ισχύει σήμερα) και τις διεθνείς συμβάσεις περί πνευματικής ιδιοκτησίας. Απαγορεύεται απολύτως η άνευ γραπτής άδειας του εκδότη κατά οποιοδήποτε μέσο ή τρόπο αντιγραφή, φωτοανατύπωση και εν γένει αναπαραγωγή, εκμίσθωση ή δανεισμός, μετάφραση, διασκευή, αναμετάδοση στο κοινό σε οποιαδήποτε μορφή (ηλεκτρονική, μηχανική ή άλλη) και η εν γένει εκμετάλλευση του συνόλου ή μέρους του έργου.

Εκδόσεις ΜΕΤΑΙΧΜΙΟ

Ιπποκράτους 118, 114 72 Αθήνα

τηλ.: 211 3003500, fax: 211 3003562

metaixmio.gr · metaixmio@metaixmio.gr

Κεντρική διάθεση

Ασκληπιού 18, 106 80 Αθήνα

τηλ.: 210 3647433, fax: 211 3003562

Βιβλιοπωλεία ΜΕΤΑΙΧΜΙΟ

• Ασκληπιού 18, 106 80 Αθήνα

τηλ.: 210 3647433, fax: 211 3003562

• Πολυχώρος, Ιπποκράτους 118, 114 72 Αθήνα

τηλ.: 211 3003580, fax: 211 3003581

Ed Conway

ΥΛΙΚΟΣ ΚΟΣΜΟΣ

Οι 6 πρώτες ύλες που διαμόρφωσαν
τον σύγχρονο πολιτισμό

ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ Κωστής Πανσέλντος

ΜΕΤΟΙΧΜΙΟ

Για την Ελίζα

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
--------------------	---

ΠΡΩΤΟ ΜΕΡΟΣ – Άμμος

1. <i>Homo Faber</i>	35
2. Παλάτια από άμμο	72
3. Το μεγαλύτερο ταξίδι	97

ΔΕΥΤΕΡΟ ΜΕΡΟΣ – Αλάτι

4. Οι δρόμοι του αλατιού	135
5. Το αλάτι της γης	154
6. Το πύρινο γιατρικό.	174
Υστερόγραφο: Πολλά άλατα.	189

ΤΡΙΤΟ ΜΕΡΟΣ – Σίδηρος

7. Δίχως πατρίδα	207
8. Μες στο ηφαίστειο	227
9. Η τελευταία έκρηξη.	247

ΤΕΤΑΡΤΟ ΜΕΡΟΣ – Χαλκός

10. Το επόμενο σπουδαιότερο πράγμα	267
11. Η τρύπα.	282
12. Κάτω από τη θάλασσα.	308

ΠΕΜΠΤΟ ΜΕΡΟΣ – Πετρέλαιο

13. Ο ελέφαντας	327
14. Οι σωλήνες	346
15. Ο χαμαιλέοντας	364
Υστερόγραφο: Κορύφωση πετρελαίου	382

ΕΚΤΟ ΜΕΡΟΣ – Λίθιο

16. Ο λευκός χρυσός	393
17. Τα ρολά	420
18. Αποδόμηση	437

ΕΠΙΛΟΓΟΣ	449
---------------------------	-----

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ	469
-----------------------------	-----

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	481
-------------------------------	-----

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	491
------------------------------	-----

ΠΡΩΤΟ ΜΕΡΟΣ

ΑΜΜΟΣ

1

Homo Faber

Η ιστορία μας ξεκινάει με μια έκρηξη.

Ήταν τόσο δυνατή που πρέπει να ακούστηκε σε δύο, ίσως και σε τρεις ηπείρους. Αν και βέβαια, δεν υπήρχε κανείς τριγύρω για να την ακούσει. Διότι συνέβη πριν από περίπου 29 εκατομμύρια χρόνια –πολύ πριν από τη γέννηση του *Homo sapiens*–, κοντά στα σημερινά σύνορα της Αιγύπτου με τη Λιβύη.

Εκεί, στη Μεγάλη Αμμώδη Θάλασσα, ένας κομήτης έσκισε τον ουρανό και εξερράγη. Η ισχύς της έκρηξης ήταν πραγματικά συγκλονιστική και δημιούργησε μια μπάλα φωτιάς κι έναν ήχο που κατατρόμαξε τους μαχαιρόδοντες και τους πιθήκους που περιφέρονταν στην άλλη όχθη της Μεσογείου.

Ο μετεωρίτης αυτός είναι λιγότερο γνωστός από εκείνον που πιστεύουμε ότι ξεκλήρισε τους δεινόσαυρους εξήντα εκατομμύρια χρόνια νωρίτερα. Απ' όσο γνωρίζουμε, δεν προκάλεσε μαζικούς αφανισμούς. Οι απόψεις των επιστημόνων διίστανται γύρω από το αν εξερράγη στον αέρα ή όταν προσέκρουσε στο έδαφος, ενώ οι έρευνες για την εύρεση του σημείου πρόσκρουσης συνεχίζονται. Μα ο αφρικανικός αυτός μετεωρίτης έχει ιδιαίτερη σημασία επειδή μας παρέχει την πιο πειστική εξήγηση για ένα μυστήριο που ταλανίζει αρχαιολόγους και γεωλόγους εδώ και πάνω από έναν αιώνα.

Ανάμεσα στους θησαυρούς που ανακαλύφθηκαν στη σαρκοφάγο του Τουταγχαμών βρισκόταν κι ένα περιδέραιο που απεικόνιζε τον Ρα,

τον θεό του ήλιου. Ήταν ένα πανέμορφο κόσμημα, πιο διακριτικό αλλά όχι λιγότερο σαγηνευτικό από την περίφημη χρυσή νεκρική μάσκα του νεαρού βασιλιά της Αιγύπτου. Το επιστήθιο αυτό κόσμημα, όπως αποκαλείται ενίοτε, έφερε διάφορους πολύτιμους λίθους και μέταλλα: χρυσό, ασήμι, λάπις λάζουλι, τρκουάζ και καρνεόλη. Στο κέντρο του όμως βρισκόταν ένας σκαραβαίος, σκαλισμένος από μια διαφανή, κίτρινη πέτρα στο χρώμα του καναρινιού. Οι υπόλοιποι λίθοι ήταν λίγο πολύ γνωστοί: την εποχή όμως που ανακαλύφθηκε ο τάφος, στις αρχές του 20ού αιώνα, κανείς δεν είχε ξαναδει αυτό το κίτρινο υλικό. Γιατί; Τι ήταν; Κι από πού είχε προέλθει; Οι εξερευνητές άρχισαν να βρίσκουν απαντήσεις μόνο όταν τόλμησαν να περιπλανηθούν βαθιά μέσα στην έρημο.

Η Μεγάλη Αμμώδης Θάλασσα χρωσάει το όνομά της στον Γκέρχαρντ Ρολφς, έναν Γερμανό εξερευνητή ο οποίος το 1873 ηγήθηκε μιας αποστολής με κατεύθυνση τη δύση, στην περιοχή που αποκαλούνταν Βασίλειο των Νεκρών τις φαραωνικές εποχές. Εκατόν εξήντα χιλιόμετρα μετά την όαση Ντάκλα, και χωρίς να έχει δει σημάδι ανθρώπινης ζωής εδώ κι εβδομάδες, ο Ρολφς βρέθηκε ξαφνικά μπροστά σ' ένα απροσπέλαστο εμπόδιο.

«Αμμοθίνες, και άμμος ακόμα παραπέρα, ένας πραγματικός ωκεανός άμμου» έγραψε. Προσπάθησε να διασχίσει τις αμμοθίνες: ήταν αδύνατον. Ήταν πάρα πολύ ψηλές, τα πόδια του βούλιαζαν στην άμμο, ακόμα και οι καμήλες δυσκολεύονταν να πατήσουν σταθερά. Προσπάθησε να τις παρακάμψει: ήταν αδύνατον, διότι εκτεινόταν από τον βορρά προς τον νότο ως τον ορίζοντα κι ακόμα παραπέρα. Οδήγησε την ομάδα του παράλληλα με τις αμμοθίνες επί εβδομάδες χωρίς να καταφέρει να βρει πέρασμα ανάμεσά τους. Τελικά, αποφάσισε να στραφεί ξανά προς τον βορρά, προς τη Σίβα, την πλησιέστερη όαση. Μαζί με την ομάδα του, έγραψαν ένα μήνυμα και το έκλεισαν σ' ένα μπουκάλι, για την περίπτωση που δεν θα επιβίωναν από το ταξίδι της επιστροφής, και πάνω από το μπουκάλι στοίβαξαν πέτρες. Αν ταξιδέψετε σήμερα στη Μεγάλη Αμμώδη Θάλασσα και περάσετε από το σημείο εκείνο, το έθιμο λέει πως πρέπει να αφήσετε κι εσείς το δικό σας μήνυμα σ' ένα μπουκάλι.

Ο Ρολφς επιβίωσε από το ταξίδι της επιστροφής με την ψυχή στο

στόμα. Μάλιστα, θα είχε σίγουρα πεθάνει αν η τύχη δεν του είχε χαμογελάσει. Κατά την επιστροφή, καθώς περνούσε από την πιο άνυδρη περιοχή του πλανήτη, όπου μπορεί να μη σημειωθεί βροχόπτωση για δεκαετίες ολόκληρες, οι ουρανοί άνοιξαν αναπάντεχα, κι εκείνος και η ομάδα του κατάφεραν να αναπληρώσουν τις προμήθειές τους σε νερό. Μερικές εβδομάδες αργότερα, ο τυχερός Γερμανός και η κατάκοπη ομάδα του βρήκαν ασφάλεια. Και οι αναφορές τους για το ταξίδι ήταν τόσο τρομακτικές ώστε κανείς δεν το αποτόλμισε τα επόμενα πενήντα χρόνια.

Αρκεί μια ματιά στις εικόνες που μεταδίδουν οι δορυφόροι για να καταλάβουμε τι συνάντησε στην περιοχή εκείνη: μακριές, παράλληλες αμμοθίνες από τον βορρά προς τον νότο, που χωρίζονταν μεταξύ τους από επίπεδους διαδρόμους, ευθείς σαν ρωμαϊκές οδούς. Οι κάθετοι αυτοί σχηματισμοί, αποτέλεσμα των επικρατούντων ανέμων, αποκαλούνται επιμήκεις αμμοθίνες –*seif dunes*, που στα αραβικά σημαίνει *σπαθί*– και κάποιοι έχουν μήκος πάνω από εκατόν πενήντα χιλιόμετρα. Υπάρχει μια ομοιομορφία, μια συμμετρία ανάμεσά τους. Το μόνο πρόβλημα είναι πως τη στιγμή που θα δεις τη φωτογραφία τους θα είναι ήδη παρωχημένα.

Οι αμμοθίνες μετακινούνται συνεχώς και κατατρώνε ό,τι βρουν στον δρόμο τους. Ο Ηρόδοτος έγραψε κάποτε για έναν Πέρση βασιλιά που έστειλε έναν στρατό να διασχίσει την έρημο. Λίγο αφότου αυτός μπήκε στη Μεγάλη Αμμώδη Θάλασσα, τον έπληξε μια αμμοθύελλα και κανείς δεν τον ξαναείδε ποτέ. Κάθε τόσο, οι αρχαιολόγοι παρουσιάζουν ευρήματα που υποτίθεται ότι προέρχονται από τον χαμένο αυτό στρατό.

Αλλά η θέα των εν λόγω αμμοθινών από ψηλά δεν αποδίδει την πραγματική αίσθηση του να στέκεσαι στη βάση τους. Υπάρχει λόγος που πολλοί από τους πρώτους εξερευνητές τις περιέγραψαν ως ζωντανούς οργανισμούς.

«Μεγαλώνουν» έγραψε ο Ραλφ Μπάγκνολντ, Βρετανός που εξερεύνησε τη Σαχάρα τη δεκαετία του 1930. «Κάποιες... ζουν ανεξάρτητες, διατηρούν το σχήμα τους καθώς μετακινούνται και μπορούν ακόμα και να αναπαραχθούν».⁵

Μερικές φορές, οι αμμοθίνες πέφτουν σε γκρεμούς και σχηματίζουν

αμμόλοφους ημισελανοειδούς σχήματος – που λέγονται *barchans*. Άλλοτε πάλι, μια αμμοθίνα μπορεί να καβαλήσει μια άλλη, και μαζί να σχηματίσουν κάτι σαν ράχη φάλαινας, ή *mega-barchan*.

Ο τρόπος που οι κόκκοι αυτοί αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, με τον άνεμο και το περιβάλλον τους μοιάζει μυστηριώδης και απρόβλεπτος, στην πραγματικότητα όμως αυτό οφείλεται στο ότι οι νόμοι της φυσικής που διέπουν την άμμο είναι απλώς εξαιρετικά περίπλοκοι. Από τότε που γνώρισε τις αμμοθίνες αυτές στα ταξίδια του στην έρημο, ο Μπάγκνολντ αφιέρωσε την υπόλοιπη ζωή του στην προσπάθεια να τις καταλάβει.

Οποιοσδήποτε μελετάει σήμερα τους αμμόλοφους, το κάνει υπό τη μακρά σκιά του Μπάγκνολντ. Το έργο του ήταν τόσο σημαντικό ώστε, όταν η NASA προσπάθησε να καταλάβει πώς λειτουργούσαν οι αμμοθίνες στον Άρη, κατέφυγε στα βιβλία του. Εάν μάλιστα παρακολουθήσατε την εξέλιξη της αποστολής *Curiosity*, ίσως θυμάστε πως επί δύο χρόνια εξερευνούσε τις Αμμοθίνες Μπάγκνολντ στον Άρη.

Ο Μπάγκνολντ και μια χούφτα συνάδελφοι εξερευνητές ήταν οι πρώτοι άνθρωποι που διέσχισαν την έρημο αυτή στις αρχές της δεκαετίας του '30, ολοκληρώνοντας το ταξίδι που ο Ρολφς είχε αφήσει στη μέση πενήντα χρόνια νωρίτερα. Διέσχισαν τις επιμήκεις αμμοθίνες με μηχανοκίνητα οχήματα, ξεφουσκώνοντας τα λάστιχα στα Ford Model A για να οδηγήσουν πάνω και να σερφάρουν στην άμμο των θινών. Ένας από τους συναδέλφους του Μπάγκνολντ, ένας Ιρλανδός ονόματι Πατ Κλείτον, οδηγούσε στην άκρη ενός τέτοιου αμμόλοφου τον Δεκέμβριο του 1932, όταν άκουσε ένα κρακ κάτω από τα λάστιχά του. Κατέβηκε απ' το όχημα για να διερευνήσει τι είχε προκαλέσει τον ήχο, και ανακάλυψε ότι η έρημος καλυπτόταν από μεγάλα φύλλα κίτρινου γυαλιού.

Χρειάστηκε να φτάσουμε στα τέλη της δεκαετίας του '90 μέχρι οι επιστήμονες να επιβεβαιώσουν πως ο καναρινί σκαρβαβίος στο κέντρο του περιδέραιου του Τουταγχαμών είχε σκαλιστεί με το ίδιο υλικό που ο Πατ Κλείτον είχε συνθλίψει με το όχημά του, σχεδόν οκτακόσια χιλιόμετρα μακριά, στη Μεγάλη Αμμώδη Θάλασσα. Ο Αιγύπτιος έφηβος βασιλιάς είχε ταφεί στην Κοιλιάδα των Θεών με έναν πολύτιμο λίθο

που προερχόταν από το Βασίλειο των Νεκρών. Η λαμπρή αυτή πέτρα δεν είχε σχηματιστεί όπως σχηματίζονται τα διαμάντια, τα ζαφείρια κι άλλοι τέτοιοι λίθοι, από την υψηλή θερμοκρασία και την πίεση μέσα στον φλοιό της γης επί χιλιάδες χρόνια. Απεναντίας, είχε σχηματιστεί εν ριπή οφθαλμού από την έκρηξη ενός κομήτη. Ο μετεωρίτης εκείνος, πριν από 29 εκατομμύρια χρόνια, είχε μετατρέψει την άμμο σε ένα είδος γυαλιού – το γυαλί της Λιβυκής Ερήμου.

Υπάρχουν κι άλλες μορφές γυαλιού που σχηματίζονται στη φύση. Ο οψιδιανός, ένα κατάμαυρο πέτρωμα που οι πρόγονοί μας το χρησιμοποιούσαν ως εργαλείο, είναι στην πραγματικότητα ένα είδος ηφαιστειακού γυαλιού που σχηματίζεται από μάγμα, καθώς αυτό παγώνει γρήγορα και μετατρέπεται σε πέτρα. Υπάρχουν επίσης οι τεκτίτες: γυάλινα βότσαλα που δημιουργήθηκαν από την πρόσκρουση μετεωριτών ή κομητών πάνω στην επιφάνεια της γης, και τα κομμάτια των οποίων σχηματίζουν λαμπερά πετρώματα. Ένα άλλο είδος είναι οι κεραυνίτες: αγκαθωτοί, κοίλοι σωλήνες που μπορεί κανείς να τους βρει σε παραλίες ή αμμόλοφους μετά το χτύπημα ενός κεραυνού. Αυτό όμως που καθιστούσε ξεχωριστό το γυαλί που ο Κλέιτον βρήκε στην έρημο ήταν η απίστευτη καθαρότητά του.

Το κύριο συστατικό στα περισσότερα είδη άμμου είναι το πυρίτιο – διοξείδιο του πυριτίου ή και χαλαζίας. Και, με δεδομένο ότι το γυαλί, ελλείψει κάποιας ακριβέστερης περιγραφής, είναι *λιωμένη άμμος*, το πυρίτιο είναι επίσης το βασικό συστατικό και του γυαλιού. Η περιεκτικότητα όμως σε πυρίτιο μπορεί να διαφέρει αρκετά. Το γυαλί που χρησιμοποιούμε στα ποτήρια και στα παράθυρά μας περιέχει περίπου 70% πυρίτιο. Η περιεκτικότητα του οψιδιανού και των περισσότερων τεκτιτών κυμαίνεται σε γενικές γραμμές από το 65% ως το 80%. Απεναντίας, η περιεκτικότητα του γυαλιού της Λιβυκής Ερήμου σε πυρίτιο φτάνει το συγκλονιστικό 98%. Αυτό δεν το καθιστούσε απλώς το καθαρότερο φυσικό γυαλί που είχε βρεθεί στον κόσμο, αλλά και καθαρότερο από καθετί που η ανθρωπότητα μπορούσε να δημιουργήσει – μέχρι τότε, τουλάχιστον.⁶

Η άμμος είναι το μεγάλο αίνιγμα του Υλικού Κόσμου.

Τη διαθέτουμε σε αφθονία. Αν σκαρφαλώσουμε στην κορυφή των αμμόλοφων και αγναντέψουμε τη Μεγάλη Αμμώδη Θάλασσα γύρω μας, το μόνο που θα δούμε είναι απέραντες εκτάσεις πυρίτιου. Πυρίτιο στους κόκκους της άμμου κάτω από τα πόδια μας, πυρίτιο στους διαδρόμους που χωρίζουν τις επιμήκεις αμμοθίνες, πυρίτιο στους παλαιοζωικούς ψαμμίτες του Γκιλφ Αλ Κεμπέρ μακριά στον ορίζοντα. Μετά το οξυγόνο, που μπορεί να προσκολλάται σε καθετί στον κόσμο, το πυρίτιο είναι μακράν το πιο διαδεδομένο στοιχείο στον φλοιό της γης.

Με δεδομένη την πανταχού παρουσία του, δεν είναι και τόσο περίεργο το ότι έχουμε βρει αμέτρητους τρόπους να το χρησιμοποιήσουμε. Το υλικό που σκάβουμε, εξορύσσουμε και ανατινάζουμε περισσότερο από κάθε άλλο στη γη είναι η άμμος. Εντούτοις, ο οικονομικός γρίφος της άμμου είναι ότι κάποιες μορφές της είναι εξαιρετικά πολύτιμες, τόσο που η Ευρωπαϊκή Ένωση θεωρεί τις καθαρότερες, πιο στοιχειώδεις μορφές της πρώτη ύλη με κρίσιμη σημασία.

Η γη η ίδια αποτελείται από άμμο – κι όμως, κάθε τόσο ακούμε ιστορίες για μεγάλες ελλείψεις. Σε κάποιες γωνιές του πλανήτη υπάρχουν μαφίες της άμμου που πολεμούν και σκοτώνονται αναμεταξύ τους για να ελέγξουν κόκκους πυρίτιου. Τις νύχτες, συμμορίες ανασκάβουν παραλίες και όχθες ποταμών για να εξαγάγουν λαθραία άμμο και να την πουλήσουν στη μαύρη αγορά.

Κάποια είδη άμμου έχουν μεγάλη οικονομική αξία, ενώ άλλα τα θαυμάζουμε για την ομορφιά τους, το σχήμα των κόκκων ή την καθαρότητά τους. Στη Σαρδηνία, οι αρχές επιβάλλουν πρόστιμα στους πολίτες που αφαιρούν την εμβληματική λευκή άμμο από τις παραλίες της. Στην παραλία Κλεοπάτρα, στα νοτιοανατολικά της Τουρκίας, η ασυνήθιστα λευκή άμμος είναι τόσο πολύτιμη που πρέπει να πλύνεις τα πόδια σου φεύγοντας, ώστε να μην πάρεις μαζί σου ούτε κόκκο κατά λάθος. Σε κάποιες χώρες της Ασίας, τα οικοσυστήματα των ποταμών απειλούνται από την υπερβολική βυθοκόρπση, καθώς οι αμωρύχοι προσπαθούν να καλύψουν τη φαινομενικά ακόρεστη δίψα για την οικοδομική άμμο και τα αδρανή υλικά. Ζωές ολόκληρες έχουν καταστρα-

φεί και το περιβάλλον διατρέχει μεγάλο κίνδυνο εξαιτίας μιας πρώτης ύλης που μοιάζει να βρίσκεται παντού.

Δεν έχει όμως νόημα να λέμε ότι βρίσκεται παντού, διότι υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι άμμου και ο καθένας έχει τα δικά του χαρακτηριστικά. Ενώ η περισσότερη άμμος αποτελείται από πυρίτιο, κάποια είδη, και ειδικά αυτά με το λευκό χρώμα στις τροπικές παραλίες, αποτελούνται κυρίως από κάτι άλλο: τα απομεινάρια κοχυλιών και κοραλλιών. Αν μάλιστα βρεθείτε σε μια ανέγγιχτη παραλία της Καραϊβικής ή της Χαβάης, οι πιθανότητες λένε πως πατάτε με τα πόδια σας πάνω στα περιττώματα παπαγαλόψαρων: τα ψάρια αυτά τρώνε τα κοράλλια, απομυζούν τα θρεπτικά στοιχεία και αφοδεύουν το εναπομείναν ανθρακικό ασβέστιο στον βυθό. Σε γενικές γραμμές, όσο λευκότερη και θερμότερη είναι η παραλία, τόσο πιο πιθανόν είναι να έχει μεταβολιστεί από παπαγαλόψαρα.

Το ζήτημα της σύστασης της άμμου δεν έχει μόνο θεωρητική σημασία. Οι γεωλόγοι διαθέτουν μια κλίμακα ονόματι Ούντεν-Γουέντγουερθ, η οποία ορίζει ότι κάθε στέρεος κόκκος με δεδομένη διάμετρο (μεταξύ 0,0625 και 2 χιλιοστών) είναι τύπος άμμου. Παραδόξως, αυτό σημαίνει ότι ακόμα και το αλάτι και η ζάχαρη είναι είδη άμμου. Ας αγνοήσουμε όμως τις επιταγές της κλίμακας Ούντεν-Γουέντγουερθ και ας ασχοληθούμε με το 70% της άμμου που αποτελείται από πυρίτιο.

Η περιεκτικότητα της άμμου σε πυρίτιο έχει σημασία επειδή σε τελική ανάλυση ορίζει τι μπορείς να κάνεις με δαύτη. Κάποια είδη άμμου, συμπεριλαμβανομένης της άμμου της Μεγάλης Αμμώδους Θάλασσας, έχουν σχετικά μεγάλη περιεκτικότητα σε πυρίτιο – πράγμα που εν μέρει εξηγεί την αγνότητα του γυαλιού της Λιβυκής Ερήμου. Ωστόσο, η περισσότερη άμμος που πατάτε εσείς ή εγώ διαθέτει πολύ λίγο πυρίτιο και πάρα πολλές προσμείξεις, κι έτσι δεν μπορεί να μετατραπεί σε διαφανές γυαλί, πόσω μάλλον σε τσιπ πυριτίου. Και πάλι: ένα μέρος του μυστηρίου που περιβάλλει την άμμο έχει να κάνει με το γεγονός πως, εκεί έξω στη φύση, καμία χούφτα άμμου δεν είναι ίδια με μια άλλη.

Το πυρίτιο είναι κι αυτό ένας γρίφος της χημείας: μεταλλικό μεν, όχι ακριβώς μέταλλο δε, αγωγίμο αλλά με τον δικό του, ιδιαίτερο τρόπο. Μπορεί να μετατραπεί σε πολυμερές, σε πλαστικό. Η άμμος

είναι απίστευτα μαλακή στο άγγιγμα, μα ο κάθε της κόκκος είναι εξαιρετικά σκληρός, και αυτή η ανθεκτικότητα εξηγεί γιατί χρησιμοποιείται στις οικοδομές του 21ου αιώνα. Αποτελεί ταυτόχρονα το βασικό συστατικό των παλιότερων και των πιο σύγχρονων προϊόντων που η ανθρωπότητα έχει μάθει να κατασκευάζει. Είναι η αρχή και το τέλος του πολιτισμού.

Η άμμος, βλέπετε, είναι η παλιότερη και ταυτόχρονα η πιο μοντέρνα ουσία. Η αρχή της εποχής του *Homo faber* –του ανθρώπου κατασκευαστή– σηματοδοτείται από τη μετατροπή του πυριτίου σε χάντρες και ποτήρια και κοσμήματα. Αλλά χρησιμοποιούμε ακριβώς την ίδια ουσία για να δημιουργήσουμε τα έξυπνα τηλέφωνα και τα σύγχρονα όπλα του 21ου αιώνα.

Βρίσκουμε τον πρώτο από τους πρωταγωνιστές μας στις παραλίες και τις ερήμους του πλανήτη. Οι χημικοί προσπαθούσαν επί αιώνες να εντοπίσουν το κλειδί της αλχημείας – έναν τρόπο να μετατρέψουν ταπεινά μέταλλα όπως ο μόλυβδος σε χρυσάφι. Η απόπειρα αυτή απέτυχε – έτσι μας λείπει η συμβατική σοφία. Είναι άραγε αλήθεια; Σήμερα, δεν το έχουμε σε τίποτα να μετατρέψουμε το πυρίτιο σε προϊόντα που αξίζουν κυριολεκτικά το βάρος τους σε χρυσάφι. Κατασκευάζουμε θαυματουργά πράγματα από τη χρυσή άμμο.

Με δεδομένο ότι έχουμε μάθει να μετατρέπουμε μια φτηνή, αδρανή ουσία σε τόσο πολύτιμα αντικείμενα, μάλλον δεν αποτελεί έκπληξη που η ικανότητα αυτή έχει τόσο μεγάλη αξία. Η άμμος έχει βρεθεί πολύ συχνά στο επίκεντρο εμπορικών πολέμων που ξέσπασαν στη διάρκεια της ιστορίας. Σήμερα, η ικανότητα της Κίνας να παράγει δικά της τσιπς πυριτίου, ίδιας ποιότητας με αυτά της Ταϊβάν και της Κορέας, δημιουργεί μεγάλο προβληματισμό στην Ουάσινγκτον. Θα αναπτύξει άραγε κβαντικούς υπολογιστές γρηγορότερα και πιο εύκολα από τις ΗΠΑ;

Μιας και, τα τελευταία χρόνια, το Πεκίνο έχει ξεπεράσει τους αντίζηλους του σε τόσα οικονομικά πεδία, η κινεζική υπεροχή στο πυρίτιο μοιάζει κι αυτή αναπόφευκτη – την εποχή όμως που γράφονται αυτές οι γραμμές, μια τέτοια υπεροχή απέχει ακόμη πολύ από το να γίνει πραγματικότητα. Κι αν έχει κυριαρχήσει παγκοσμίως στο ασάλι, στις οικοδομές, στην παραγωγή μπαταριών και έξυπνων τηλεφώνων, ακό-

μα και στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης τελευταία. Αποτελεί πρωτοπόρο παραγωγό ημιαγωγών; Όχι ακόμη.

Γιατί; Εν μέρει, όπως θα δούμε, επειδή η διαδικασία μετατροπής της άμμου σε τσιπ πυριτίου είναι μια από τις πιο αδιανότες επιτυχίες της μηχανικής. Μάλιστα, πολλές από τις τεχνικές που χρησιμοποιούμε για να παράγουμε τρανζίστορ, τόσο μικρά που μετριούνται σε άτομα, ακούγονται τόσο εξωφρενικές ώστε ξεπερνούν και την πιο πυρετώδη φαντασία. Ένας άλλος λόγος είναι ότι η Δύση θα κάνει ό,τι περνάει από το χέρι της για να εμποδίσει την Κίνα να αποκτήσει προβάδισμα σε αυτή την τεχνολογία. Είναι αποφασισμένη να κρατήσει ζηλότυπα στα χέρια της τα πνευματικά δικαιώματα, τα εργαλεία της αλχημείας του 21ου αιώνα. Σε κάθε περίπτωση, όσο σύγχρονα κι αν ακούγονται όλα αυτά, η άμμος βρισκόταν πάντα στην καρδιά κάθε ριζοσπαστικής τεχνολογίας, πολύ προτού υποψιαστούμε καν την ύπαρξη των τσιπς πυριτίου.

Τα κράτη ανταγωνίζονταν μεταξύ τους επί αιώνες για να ελέγξουν μια άλλη καινοτομία με βασικό συστατικό την άμμο, μια τεχνολογία που προίκιζε με βιονικές δυνάμεις αυτούς που τη χρησιμοποιούσαν. Η τεχνολογία αυτή ήταν το γυαλί. Όπως οι σημερινές κυβερνήσεις προσπαθούν να αναπτύξουν τις βιομηχανίες ημιαγωγών και ηλεκτρικών αυτοκινήτων, οι πρόγονοί τους επιδίδονταν σε κάθε κόλπο που μπορούσαν, από τη βιομηχανική στρατηγική μέχρι τη βιομηχανική κλοπή, για να ελέγξουν το εμπόριο του γυαλιού. Με τον ίδιο τρόπο που οι σημερινοί Δυτικοί επιστήμονες απαγορεύεται να μεταδώσουν τα μυστικά τους στην Ασία, κάτι παρόμοιο ίσχυε και για τους τεχνίτες του Μουράνο, τους πρώτους που κατάφεραν να κατασκευάσουν πραγματικά διαφανές, λεπτό, πανέμορφο γυαλί. Τιμωρία τους, αν προσπαθούσαν να διαφύγουν από το νησί εκείνο στη λιμνοθάλασσα της Βενετίας, ήταν ο θάνατος.

Όταν ανακάλυψε το μυστικό πίσω από το όμορφο, κρυστάλλινο γυαλί, με τη βοήθεια τεχνιτών που έφυγαν κρυφά από το Μουράνο, ο Άγγλος υαουργός Τζορτζ Ρέιβενσκροφτ και οι εργάτες του αρνήθηκαν να αποκαλύψουν το μυστικό συστατικό (πράγμα που είχε μεν νόημα από εμπορικής πλευράς την εποχή εκείνη, αλλά εκ των υστέ-

ρων φαντάζει κάπως ανεύθυνο, διότι το μυστικό συστατικό ήταν ο μόλυβδος, ένα τοξικό μέταλλο που μπορεί να διαρρεύσει σε ποτά που θα τα αφήσουμε σε μια γυάλινη κανάτα). Στη διάρκεια των Ναπολεόντειων Πολέμων, η Βρετανία επιχείρησε να στερήσει το γυαλί από τη Γαλλία. Αμέσως μετά τη σύσταση των ΗΠΑ, απαγορεύτηκε στους Άγγλους υαλοουργούς η μετανάστευση στη χώρα, γιατί η κυβέρνηση ήταν αποφασισμένη να διαφυλάξει την εγχώρια βιομηχανία της μέσων ρυθμίσεων και φόρων. Γνωρίζουμε πόσο δυσάρεστη ήταν για τους Αμερικανούς εποίκους η φορολογία στο τσάι, αλλά είναι λιγότερο διαδεδομένη η δυσάρεσκέιά τους για τους φόρους που οι Βρετανοί επέβαλλαν στο γυαλί.

Δεν υπάρχει επομένως τίποτα καινούργιο στον πόλεμο της τεχνολογίας του πυριτίου. Είναι ο ίδιος πόλεμος που διεξάγεται εδώ και αιώνες, μεταξύ διαφορετικών υπερδυνάμεων σε πολλά μέτωπα και πλείρους. Είναι ο ίδιος πόλεμος που έλαβε χώρα στα πιο αναπάντεχα μέρη, στις ξεχασμένες εσχατιές των πιο ήσυχων χωρών, εκατοντάδες χιλιόμετρα μακριά από το μέτωπο.

Το γυαλί

Όταν οι οικονομικοί ιστορικοί μελετούν την πρόοδο της ανθρωπότητας, τείνουν να επικεντρώνονται στο γυαλί. Γιατί έλαβε χώρα η Βιομηχανική Επανάσταση στην Ευρώπη, και γιατί τον 18ο και τον 19ο αιώνα; Κυκλοφορούν πολλές θεωρίες – για τον ρόλο των πολιτικών θεσμών, ή για τα κοινωνικά και μορφωτικά ήθη, ή για τη γεωγραφία. Συζητούμε ενίοτε μερικές κρίσιμες καινοτομίες, όπως η ατμομηχανή ή η ψηκόμενος. Αν όμως κάποιος ισχυριστεί ότι το γυαλί ενδέχεται να έπαιξε κι αυτό κάποιο ρόλο, θα τον κοιτάζουν με βλέμμα αδιάφορο.

Οι γυάλινοι φακοί ήταν όμως εκείνοι που μας επέτρεψαν να κοιτάξουμε στο διάστημα, βοηθώντας τους πρώτους αστρονόμους, όπως τον Γαλιλαίο, να ανακαλύψουν ότι η Γη βρισκόταν σε τροχιά γύρω από τον Ήλιο. Ενίσχυσαν την οικονομία των χωρών επιτρέποντας στους ανθρώπους να δουλεύουν για περισσότερο· μέχρι την εφεύρεση των φα-

κών, εκείνοι που έχαναν την όρασή τους αναγκάζονταν να αποσυρθούν από την εργασία πιο νέοι, χάρη όμως στους αμφίκυρτους φακούς που τοποθετούνταν σε σκελετούς γυαλιών, εκατομμύρια άνθρωποι επιμήκυναν την εργασιακή τους ζωή. Κανείς δεν αμφισβητεί τη σημασία καινοτόμων τεχνολογιών όπως η τυπογραφία. Πολλοί όμως παραγνωρίζουν τη σημασία του γεγονότος πως η έλευσή της συνέπεσε με την καινούργια μαζική αγορά για γυαλιά όρασης, που επέτρεψαν σε μεγάλο ποσοστό του εγγράμματου πληθυσμού να διαβάσει.

Οι φακοί των γυαλιών όρασης και τα πρίσματα επέτρεψαν σε επιστήμονες όπως ο Ρόμπερτ Χουκ και ο Άντονι Βαν Λέβενχουκ να εφεύρουν τα πρώτα μικροσκόπια στον πλανήτη και να ανακαλύψουν έναν κόσμο που κανείς δεν γνώριζε ότι υπάρχει. Χάρη σε αυτά τα γυάλινα εργαλεία μάθαμε για την ύπαρξη των βακτηρίων και για την αναπαραγωγή των κυττάρων. Τα γυάλινα θερμοκήπια επέτρεψαν στους Ευρωπαίους καλλιερπητές να δαμάσουν τις εποχές του χρόνου.

Η έλευση των γυάλινων καθρεφτών –πριν από τους οποίους οι άνθρωποι ήταν αναγκασμένοι να χρησιμοποιούν γυαλισμένες μεταλλικές επιφάνειες, που αντανακλούσαν μόλις το ένα πέμπτο του φωτός– επέτρεψε ξαφνικά στους καλλιτέχνες της Αναγέννησης να δουν τον κόσμο από μια διαφορετική προοπτική. Αρκεί να διαβάσουμε τις αναμνήσεις των μεγαλύτερων αυθεντιών της εποχής, όπως του Λεονάρντο Ντα Βίντσι, και θα διαπιστώσουμε πόσο σημαντικό ρόλο έπαιξε το καινούργιο αυτό αντικείμενο. Ο καθρέφτης, έγραψε ο Λεονάρντο, ήταν ο «μάστορας των ζωγράφων», που χρησίμευε ως εργαλείο αναφοράς όταν ζωγράφιζαν αντικείμενα. Υπάρχει μάλιστα και μια σχολή σκέψης, με πιο γνωστό εκπρόσωπο τον ζωγράφο Ντέιβιντ Χόκνεί, που λέει πως πολλά από τα έργα των Παλιών Δασκάλων ήταν εφικτά μόνο χάρη σε οπτικά βοηθήματα όπως οι φακοί και οι κυρτοί καθρέπτες.⁷

Πρόκειται άραγε για σύμπτωση που η Αναγέννηση έλαβε χώρα στις ίδιες τοποθεσίες όπου διατίθεντο φτηνοί και αποτελεσματικοί καθρέφτες – δηλαδή στη βόρεια Ιταλία και την Ολλανδία; Πρόκειται για σύμπτωση που οι χώρες που ενστερνίστηκαν την υαλοουργία ήταν οι ίδιες στις οποίες πραγματοποιήθηκε ο Διαφωτισμός και κατόπιν η Βιομηχανική Επανάσταση, ενώ αντιθέτως οι περιοχές που εγκατέλειψαν ή αγνόησαν

την τεχνολογία αυτή, όπως η Κίνα και μεγάλο μέρος της Μέσης Ανατολής, έμειναν πίσω οικονομικά τους επόμενους αιώνες; Πριν από λίγα χρόνια, οι ιστορικοί Άλαν Μακφάρλεϊν και Τζέρι Μάρτιν μελέτησαν διεξοδικά είκοσι από τα σπουδαιότερα πειράματα που επέκτειναν την ανθρώπινη γνώση –από τη δημιουργία του θαλάμου κενού του Ρόμπερτ Μπόιλ και του Ρόμπερτ Χουκ μέχρι τη θεωρία του φωτός του Ισαάκ Νιούτον και τις έρευνες του Μάικλ Φαραντέι στον ηλεκτρισμό– και ανακάλυψαν πως όλα τους, εκτός από τέσσερα, όφειλαν σε κάποιο βαθμό την επιτυχία τους σε γυάλινα πρίσματα, δοχεία και συσκευές.⁸

Το γυαλί, με άλλα λόγια, ήταν μια ανατρεπτική καινοτομία, μια τεχνολογία γενικής χρήσης της ίδιας συνομοταξίας με τον τροχό, την ατμομηχανή και το τσιπ πυριτίου. Το μαγικό αυτό προϊόν δεν ήταν μόνο σημαντικό γι' αυτό που ήταν, αλλά και για αυτά που μας επέτρεψε να κάνουμε – τα άλματα στη φαντασία και στις εφευρέσεις. Εξακολουθεί μάλιστα ακόμα και σήμερα να παίζει αυτόν τον ρόλο. Το ίντερνετ είναι κατ' ουσίαν ένα πλέγμα πληροφοριών που μεταδίδεται μέσα από γυάλινα καλώδια, και μάλιστα, όπως θα δούμε αργότερα σε αυτό το κεφάλαιο, δεν θα μπορούσαμε να κατασκευάσουμε τους εγκεφάλους των πιο προηγμένων υπολογιστών μας χωρίς αυτό. Όχι κι άσχημα για ένα υλικό που κατά βάση είναι λιωμένη άμμος.

Το πρώτο κατασκευασμένο προϊόν του κόσμου

Κανείς δεν γνωρίζει με σιγουριά ποιος εφπύρε πρώτος το γυαλί. Η παλιότερη και γνωστότερη ιστορία για την ανακάλυψή του προέρχεται από τον Πλίνιο τον Πρεσβύτερο, τον Ρωμαίο στρατιώτη-φιλόσοφο που πέθανε στην έκρηξη του Βεζούβιου το 79 π.Χ. Η ιστορία του λέει πως, μερικούς αιώνες νωρίτερα, Φοίνικες ναύτες είχαν αποβιβαστεί σε μια παραλία του σημερινού Ισραήλ. Οι Φοίνικες, οι σπουδαιότεροι έμποροι της Αρχαιότητας, εισήγαν κομμάτια νάτρου με υψηλή περιεκτικότητα σε ανθρακικό νάτριο (το ορυκτό νάτρον είναι ο λόγος που το νάτριο, παρόλο που λέγεται *sodium* στα αγγλικά, έχει ως χημικό σύμβολο το Na). Προτού πέσουν για ύπνο, οι Φοίνικες άναψαν φωτιά

στην παραλία και, χωρίς να έχουν πουθενά αλλού να αποθέσουν τις χύτρες τους, τις ακούμπησαν πάνω στα τεμάχια του νάτρου. Κι όταν άναψαν τη φωτιά και τα κομμάτια του νάτρου θερμάνθηκαν, συνέβη κάτι απίστευτο. Γράφει ο Πλίνιος: «Όταν υποβλήθηκε στη δράση της φωτιάς, σε συνδυασμό με την άμμο της ακτής, είδαν να κυλούν διάφανα ρυάκια ενός υγρού που μέχρι τότε ήταν άγνωστο: έτσι, λένε, ανακαλύφθηκε το γυαλί».⁹

Δεν πρέπει να λάβουμε τη διήγηση αυτή πολύ στα σοβαρά. Στην πραγματικότητα, η υαλουργία είχε πιθανότατα ανακαλυφθεί ξανά και ξανά από αμέτρητες γενιές σε αμέτρητες περιστάσεις ανά τους αιώνες. Κάποιοι την αποδίδουν στους Σύριους, άλλοι στους Κινέζους, άλλοι πάλι στους Αιγύπτιους. Κάποιοι χρονολογούν την πρώτη εφεύρεση του γυαλιού στην εποχή της κεραμικής, πριν από περίπου 10.000 χρόνια. Άλλοι την τοποθετούν σε κάποιο σημείο μεταξύ της τρίτης και της δεύτερης χιλιετίας προ Χριστού. Σε κάθε περίπτωση, η ιστορία του Πλίνιου, είτε ήταν φανταστική είτε όχι, τονίζει το πιο σημαντικό μάθημα στη χημεία της υαλουργίας.

Η δυσκολία στην κατασκευή του γυαλιού έγκειται στο γεγονός ότι το βασικό συστατικό της άμμου, το πυρίτιο (ή διοξείδιο του πυριτίου), λιώνει σε εξαιρετικά υψηλές θερμοκρασίες –πάνω απ' τους 1.700 βαθμούς Κελσίου–, πολύ μεγαλύτερες απ' αυτές που μπορούμε να πετύχουμε με μια ανοιχτή φωτιά ή μια πρωτόγονη υψικάμινο. Αν όμως προσθέσουμε τη λεγόμενη «ροή» στο μείγμα, θα αναγκάσουμε το πυρίτιο να λιώσει και να ρεύσει σε πολύ χαμηλότερη θερμοκρασία. Με τη σωστή ροή, μάλιστα, δεν θα μειώσουμε μόνο τη θερμοκρασία στην οποία το πυρίτιο θα λιώσει, αλλά θα αφαιρέσουμε και τις ακαθαρσίες από το γυαλί, με αποτέλεσμα ένα καλύτερο τελικό προϊόν.

Όσο κι αν η ιστορία του Πλίνιου ακούγεται σαν παραμύθι, κάποιες της λεπτομέρειες πχούν αληθινές – αρχής γενομένης από την τοποθεσία. Σύμφωνα με τη διήγησή του, όλα αυτά συνέβησαν κοντά στις εκβολές του ποταμού Να'αμάν. Σύγχρονες μελέτες έχουν δείξει ότι οι κόκκοι της άμμου, εκεί που ο Να'αμάν εκβάλλει τα νερά του στον κόλπο της Χάιφα, έχουν περιεκτικότητα σε πυρίτιο που ξεπερνά το 80%, ενώ το υπόλοιπο αποτελείται κυρίως από θραύσματα κοχυλιών και

ασβεστόλιθο. Αυτές είναι μερικές από τις ακαθαρσίες που βρίσκει κανείς συχνά στην παραλιακή άμμο.

Όπως αποδεικνύεται, οι Φοίνικες είχαν ανακαλύψει τυχαία την τέλεια άμμο για την υαλουργία. Η αναλογία πυριτίου προς ασβέστιο ήταν τέτοια που, αν προσέθετες λίγο νάτρο στο μείγμα και το θέρμαινες αρκετά, το τελικό αποτέλεσμα θα ήταν αυτό που σήμερα αποκαλούμε κοινό γυαλί. Πέρα από το πυρίτιο, υπήρχε ανθρακικό νάτριο (το βασικό συστατικό του νάτρου) ως συλλίπασμα και μια μικροποσότητα ασβέστη, που ενδυνάμωσαν την τελική δομή.

Η δομή του γυαλιού είναι ειλικρινά ένα χάος. Όσο καθαρό και διαφανές κι αν φαίνεται στα μάτια μας, σε μοριακό επίπεδο το γυαλί μοιάζει περισσότερο με μια τυχαία μάζα από άτομα. Ο τεχνικός όρος για το χάος αυτό αλλάζει ανάλογα με το ποιον θα ρωτήσεις: για κάποιους επιστήμονες, το γυαλί είναι ένα «άμορφο στερεό», ενώ για άλλους είναι ένα «υπέρψυκτο υγρό». Θεωρητικά είναι τόσο υγρό όσο και στερεό, με δεδομένη όμως τη συμπεριφορά του στην πράξη, περισσότερο το δεύτερο παρά το πρώτο. Σε αντίθεση με τη συμβατική σοφία, όταν βρίσκεται σε θερμοκρασία δωματίου, το γυαλί δεν συμπεριφέρεται καθόλου σαν υγρό, έστω ιδιαίτερα παχύρρευστο, όσος χρόνος κι αν περάσει (αν και μπορεί να αρχίσει να «ιδρώνει» αν το μείγμα του δεν διαθέτει αρκετό ασβέστη). Τα στραβά εκείνα τζάμια που βλέπουμε στα παλιά βιτρό παράθυρα των εκκλησιών, πιο χοντρά στο κάτω μέρος τους απ' ό,τι στο πάνω, δεν γίνονται έτσι επειδή το γυαλί παθαίνει καθίζηση με το πέρασμα του χρόνου. Εκτός αν στην εκκλησία έχουν αναπτυχθεί θερμοκρασίες που ξεπερνούσαν τους 400 βαθμούς Κελσίου, το πιο πιθανόν είναι ότι η ασυμμετρία οφείλεται στο γεγονός πως έτσι φυσήθηκαν και στερεοποιήθηκαν εξ αρχής τα τζάμια. Επίπεδο γυαλί κατασκευάσαμε για πρώτη φορά τον 19ο αιώνα, και χρειάστηκε να φτάσουμε ως τα μέσα του 20ού για να φτιάξουμε πραγματικά επίπεδα, λεπτά παράθυρα.

Το παράδοξο είναι ότι, παρόλο που το γυαλί είναι ένα από τα παλιότερα τεχνητά υλικά, οι επιστήμονες δυσκολεύονται ακόμη να εξηγήσουν γιατί συμπεριφέρεται έτσι. Το γυαλί μοιάζει να αψηφά τους περισσότερους μοριακούς νόμους. Όπως το έθεσε ένας υαλουργός, το γυαλί δεν είναι υλικό· είναι κατάσταση. Είναι περισσότερο επίθετο

παρά ουσιαστικό. Ο Φίλιπ Άντερσον, που κέρδισε το βραβείο Νόμπελ Φυσικής του 1977, έγραψε δύο δεκαετίες αργότερα: «Το βαθύτερο και πιο ενδιαφέρον μυστήριο στη θεωρία της στερεής κατάστασης είναι μάλλον η θεωρία της φύσης του γυαλιού και της μετάβασης σε γυαλί». Το μυστήριο αυτό παραμένει ως τις μέρες μας.¹⁰

Θα μπορούσε κανείς να πει κάτι παρόμοιο για μεγάλο μέρος του Υλικού Κόσμου μας. Το είδος μας έχει επέμβει και επηρεάσει το φυσικό του περιβάλλον περισσότερο από κάθε άλλο στην ιστορία, όμως εξακολουθεί να μην καταλαβαίνει τι συμβαίνει σε αυτό καθώς πειραματίζεται μαζί του – καθώς καίει το ένα υλικό ή αναπλάθει το άλλο. Με τον ίδιο τρόπο που δεν κατανοούμε πλήρως τη φυσική του γυαλιού, δεν κατανοούμε πλήρως ούτε τι συμβαίνει στο τσιμέντο καθώς πήζει, ή τι συμβαίνει στην υψικάμινο όταν μετατρέπουμε τον χαλαζία σε μεταλλικό πυρίτιο. Τα μυστήρια αφθονούν.

Εντούτοις, το τελικό προϊόν, όσο μυστηριώδες κι αν είναι στα μάτια μας, ξεκινάει από τους κόκκους της άμμου. Μιλάμε συχνά για το ταλέντο των τεχνιτών του Μουράνο που κατασκεύαζαν εξαιρετικό γυαλί, αλλά πολύ σπανιότερα για το γεγονός ότι η Βενετία βρισκόταν στην ιδανική τοποθεσία για να συγκεντρώσει τις πρώτες ύλες που χρειαζόταν για να φτιάξει το γυαλί της. Η άμμος ενίοτε προερχόταν από το Λίντο –μια κοντινή αμμουδιά– ή από άλλες τοποθεσίες στις ακτές της· το ανθρακικό νάτριο έφτανε με πλοία από την Αίγυπτο ή το Αλικάντε· το ξύλο για τις υψικάμινους προερχόταν από τις ιταλικές Άλπεις· ο πηλός από τη Βιτσέντσα, το αλάτι από τη Δαλματία. Στην πορεία, οι τεχνίτες ανακάλυψαν ότι μπορούσαν να καθαρίσουν ακόμα περισσότερο την άμμο, ψήνοντας και αλέθοντας χαλίκια χαλαζία –που τα έλεγαν *cogoli*–, και τα καλύτερα προέρχονταν από την κοίτη του ποταμού Τιτσίνιο, ο οποίος ρέει από τις ελβετικές Άλπεις προς τη βόρεια Ιταλία. Ο αλεσμένος χαλαζίας που προέκυπε από τη διαδικασία αυτή αποτελούνταν κατά 98% από πυρίτιο. Χωρίς την άμμο αυτή, δεν θα είχε υπάρξει υαλοουργία στη Βενετία, διότι ήταν σπανιότατη. Πράγμα που μας φέρνει στο εξής ερώτημα: πού βρίσκουμε τέτοια άμμο σήμερα; Ή, για να το θέσουμε κάπως διαφορετικά, πού μπορούμε να βρούμε τους τέλειους κόκκους;¹¹

Άμμος, αλάτι, σίδηρος, χαλκός, πετρέλαιο και λίθιο: οι αφανείς ήρωες της σύγχρονης εποχής.

ΗΡΘΕ Η ΩΡΑ ΝΑ ΔΙΗΓΗΘΟΥΜΕ ΤΗΝ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥΣ.

Αυτά είναι τα έξι υλικά που έχτισαν τον κόσμο μας και θα μεταμορφώσουν το μέλλον μας. Τροφοδοτούν με ενέργεια τους υπολογιστές και τα κινητά τηλέφωνα, χτίζουν τα σπίτια και τα γραφεία, δημιουργούν σωτήρια φάρμακα. Ωστόσο, οι περισσότεροι τα θεωρούμε δεδομένα.

Στο βιβλίο αυτό, ο Ed Conway ταξιδεύει στην υφήλιο –από τους αποπνικτικούς διαδρόμους του βαθύτερου ορυχείου της Ευρώπης μέχρι τα εργοστάσια παραγωγής τσιπ πυριτίου στην Ταϊβάν και τις απόκοσμες πράσινες λίμνες με τα αποθέματα λιθίου– και παρουσιάζει έναν άγνωστο κόσμο. Απαριθμώντας τις θαυματουργές ιδιότητες των υλικών αυτών, φανερώνει τις διαδικασίες στις οποίες υποβάλλονται καθώς και τις άγνωστες εταιρείες που μετατρέπουν την ακατέργαστη ύλη σε προϊόντα που ξεπερνούν κάθε φαντασία.

Καθώς ερχόμαστε αντιμέτωποι με την κλιματική αλλαγή, τις ενεργειακές κρίσεις και την απειλή μιας νέας παγκόσμιας σύρραξης, ο Conway αποκαλύπτει γιατί τα υλικά αυτά έχουν περισσότερη σημασία από ποτέ και πώς ο μυστικός πόλεμος για τον έλεγχό τους θα επηρεάσει το μέλλον μας.

**Μια συναρπαστική ανάγνωση της ανθρώπινης ιστορίας,
των γεωπολιτικών εντάσεων του παρόντος
και των προκλήσεων του μέλλοντος,
από τα βάθη, κυριολεκτικά, της γης.**



ΣΕΙΡΑ ΟΞΥΓΟΝΟ₂

ISBN: 978-618-03-3978-9



9 786180 339789
ΒΟΗΘ. ΚΩΔ. ΜΗΧ/ΖΗΣ 83978

metaixmio.gr