

ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ
ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΤΟΤΕΕ

**Αειφόρος κατασκευή, αποκατάσταση και συντήρηση
λιθόστρωτων επιστρώσεων στην ορεινή και νησιωτική
Ελλάδα**

Ιούνιος 2026

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΓΕΝΙΚΗ Δ/ΝΣΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΕΡΓΩΝ – ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΩΝ
ΘΕΜΑΤΩΝ

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ

ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ (ΤΟΤΕΕ)

**“Αειφόρος κατασκευή, αποκατάσταση και συντήρηση λιθόστρωτων
επιστρώσεων στην ορεινή και νησιωτική Ελλάδα”**

2

Ομάδα Εργασίας που συνέταξε την ΤΟΤΕΕ “Αειφόρος κατασκευή, αποκατάσταση και συντήρηση λιθόστρωτων επιστρώσεων στην ορεινή και νησιωτική Ελλάδα” σύμφωνα με την Αριθμό Πρωτοκόλλου ΤΥΟΔΠΕ/187/17-03-2025 Απόφαση της Διοικούσας Επιτροπής του ΤΕΕ:

Ίωνας Σκλαβούνος, Αρχιτέκτονας Μηχανικός
Γρηγόρης Κουτρόπουλος, Αρχιτέκτονας Μηχανικός
Γεωργία Κανελλοπούλου, Μηχανικός Ορυκτών Πόρων
Χριστόφορος Θεοχάρης, Πολιτικός Μηχανικός
Ιωάννα Ντούτση, Χημικός Μηχανικός

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος.....	4
1 ΣΚΟΠΟΣ.....	5
2 ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	7
2.1 Νομοθετικά κανονιστικά έγγραφα	7
2.2 Τεχνικές Προδιαγραφές και Πρότυπα	10
2.3 Απαιτήσεις.....	12
3 ΟΡΟΙ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ	15
4 ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΕΣ, ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ	18
4.1 Τα λιθόστρωτα ως «πράσινες υποδομές»	18
4.2 Υδρολογικές λειτουργίες	20
4.3 Θερμικές και κλιματικές λειτουργίες.....	23
4.4 Υλικά και βιωσιμότητα	25
4.5 Βιοποικιλότητα και ενδιαίτηματα	29
4.6 Πολιτισμική-χρονική διάσταση	32
4.7 Συμπεράσματα	35
5 ΤΕΧΝΙΚΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ.....	37
5.1 Κατασκευαστική διαδικασία (βήματα) και εργασίες προετοιμασίας.....	37
5.2 Κρίσιμα σημεία σχεδιασμού και κατασκευής.....	43
5.3 Εξειδικεύσεις ανά τύπο επέμβασης	46
5.4 Εξειδικεύσεις ανά περιβάλλον εφαρμογής	52
6 ΦΥΣΙΚΟΙ ΔΟΜΙΚΟΙ ΛΙΘΟΙ: ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ, ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	54
6.1 Γενικά κριτήρια επιλογής υλικών με βάση το Ευρωπαϊκό και εθνικό κανονιστικό πλαίσιο	54
6.2 Γεωλογικές έννοιες και παρατηρήσεις.....	59
6.3 Χαρακτηριστικά δομικών λίθων.....	63
6.4 Αναγνώριση και αξιολόγηση στο πεδίο	71
6.5 Συνήθεις τύποι λίθων σε ξερολιθικά καταστρώματα της Ελλάδας	72
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Αναλυτικός κατάλογος σχετιζόμενων αναφορών.....	80
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Γενικά στοιχεία	84
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: Περιγραφικά Τιμολόγια Εργασιών	87
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ: Καθεστώς προστασίας.....	96
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε: Πρακτικές προς αποφυγή	100
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ: Όροι και ορισμοί που σχετίζονται με την παρούσα ΤΟΤΕΕ	101

Πρόλογος

Τα λιθόστρωτα συγκαταλέγονται στις πλέον χαρακτηριστικές παραδοσιακές υποδομές του ελληνικού τοπίου. Αποτελούν καρπό μιας μακράς εμπειρικής τεχνογνωσίας, που συνδυάζει την υψηλή μηχανική αντοχή με τη συνετή διαχείριση του νερού και του εδάφους. Σχεδιασμένα ώστε να ακολουθούν τις κλίσεις του εδάφους και να διοχετεύουν τα όμβρια ύδατα μέσω της διήθησης και της φυσικής αποστράγγισης —περιορίζοντας την επιφανειακή απορροή και αποτρέποντας τη διάβρωση— και κατασκευασμένα με τοπικά υλικά και την τεχνική της ξερολιθικής δόμησης, συγκροτούν μια υδατοπερατή υποδομή που εναρμονίζεται με το τοπίο και αντέχει στον χρόνο.

Στην Ελλάδα, η μορφολογία του εδάφους, η γεωγραφική απομόνωση μεγάλων περιοχών και η βραδεία επέκταση του σύγχρονου οδικού δικτύου διαμόρφωσαν μια χώρα όπου το λιθόστρωτο αποτελούσε, επί αιώνες, τη ραχοκοκαλιά της χερσαίας μετακίνησης — για τους ανθρώπους, τα ζώα και τα κοπάδια. Από τη δεκαετία του 1960, ο εκσυγχρονισμός και η επέκταση του οδικού δικτύου ανέτρεψαν αυτή τη συνθήκη. Η μαζική ασφαλτόστρωση άλλοτε επικάλυψε τους παλιούς ημιονικούς δρόμους και άλλοτε διέκοψε τη συνέχειά τους· πολλά χιλιόμετρα λιθόστρωτων εγκαταλείφθηκαν και χάθηκαν σταδιακά μέσα στη βλάστηση, τις κατολισθήσεις, τις επιχωματώσεις και τη διάβρωση.

Τις τελευταίες δεκαετίες, η αναζωπύρωση του ενδιαφέροντος για τον τουρισμό της υπαίθρου, αλλά και η ευρύτερη επανεκτίμηση της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς, ανέδειξαν την ανάγκη αποκατάστασης και συντήρησης των λιθόστρωτων — τόσο στα μονοπάτια της υπαίθρου όσο και εντός των οικισμών. Ωστόσο, οι παρεμβάσεις αυτές πραγματοποιούνται συχνά χωρίς προδιαγραφές προσαρμοσμένες στην τοπική τεχνοτροπία και στα παραδοσιακά υλικά, με αποτέλεσμα να αλλοιώνεται η ιστορική και αρχιτεκτονική φυσιογνωμία εκείνου ακριβώς του στοιχείου που επιχειρούν να αναδείξουν. Η ανάγκη ενός κοινού πλαισίου αναφοράς, που να κατοχυρώνει την ορθή πρακτική, καθίσταται έτσι επιτακτική.

Παράλληλα με την αξία τους ως κληρονομιά, τα λιθόστρωτα ενσωματώνουν εμπειρικές αρχές που η σύγχρονη επιστήμη επανεκτιμά ως θεμέλια του βιώσιμου σχεδιασμού. Η επιτόπια διήθηση και διαχείριση των ομβρίων υδάτων, η αξιοποίηση τοπικών πόρων με ελάχιστη μεταφορά και η επανάχρηση του υλικού προεικονίζουν έννοιες που αποδίδουμε πλέον με όρους όπως η γαλάζια-πράσινη υποδομή και η κυκλική οικονομία. Συγχρόνως, η υδατοπερατότητα και η θερμική συμπεριφορά των φυσικών λίθων προσφέρουν απαντήσεις σε σύγχρονες κλιματικές προκλήσεις, από τη διαχείριση των έντονων βροχοπτώσεων έως τον μετριασμό της υπερθέρμανσης των κοινόχρηστων χώρων. Σε αυτό το πλαίσιο, η παρούσα ΤΟΤΕΕ εμβαθύνει σε τεχνικά και κατασκευαστικά ζητήματα, στις οικολογικές, περιβαλλοντικές και κλιματικές λειτουργίες των λιθόστρωτων, καθώς και σε ζητήματα κοστολόγησης, χρήσης τοπικών υλικών και επανάχρησης.

Με βάση τις παραπάνω αρχές, η παρούσα Τεχνική Οδηγία επιδιώκει να λειτουργήσει ως ένα κοινό πλαίσιο αναφοράς για την αποκατάσταση, τη συντήρηση και την κατασκευή λιθόστρωτων επιστρώσεων. Η τήρηση των κατευθύνσεων της μπορεί να εξασφαλίσει ότι κάθε παρέμβαση —αποκατάσταση παλαιού ή κατασκευή νέου λιθόστρωτου— δεν θα εισάγει ένα ξένο στοιχείο στο τοπίο, αλλά θα εντάσσεται οργανικά στην τοπική παράδοση και θα διατηρεί ζωντανή την εμπειρική γνώση που τη γέννησε.

1 ΣΚΟΠΟΣ

Η παρούσα Τεχνική Οδηγία ΤΕΕ (ΤΟΤΕΕ) έχει ως κύριο σκοπό την παροχή κατευθυντήριων οδηγιών αναφορικά με την αποκατάσταση και συντήρηση υφιστάμενων, αλλά και την κατασκευή νέων λιθόστρωτων επιστρώσεων. Λειτουργεί ως ένας συνοπτικός οδηγός Καλών Πρακτικών, ο οποίος συνιστά κατευθύνσεις και παραθέτει παραδείγματα ορθής εφαρμογής και περιπτώσεων προς αποφυγή, χωρίς να επιβάλλει υποχρεωτικές ρυθμίσεις πέραν όσων ήδη προβλέπονται από το ισχύον κανονιστικό και νομοθετικό πλαίσιο.

Το πεδίο εφαρμογής της παρούσας ΤΟΤΕΕ προσδιορίζεται κατά προτεραιότητα από τις ακόλουθες κατηγορίες, οι οποίες ορίζουν αλλά δεν εξαντλούν το εύρος της:

α) **Χαρακτηρισμένοι (κηρυγμένοι) παραδοσιακοί οικισμοί και προστατευόμενα παραδοσιακά οικιστικά σύνολα**, ανεξαρτήτως αν εντοπίζονται στην ύπαιθρο ή εντός αστικού ιστού. Στην κατηγορία αυτή εμπίπτουν τόσο οικισμοί της ορεινής και νησιωτικής Ελλάδας όσο και προστατευόμενοι παραδοσιακοί πυρήνες πόλεων με ζωντανό παραδοσιακό χαρακτήρα και κατά βάση πεζή κίνηση, στον βαθμό που οι παρεμβάσεις σε αυτούς αφορούν λιθόστρωτες επιστρώσεις παραδοσιακού χαρακτήρα.

β) **Ιστορικοί τόποι**, όπως ορίζονται στη νομοθεσία για την προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς, ιδίως για τα λιθόστρωτα μονοπάτια και τις διαδρομές της υπαίθρου που εκτείνονται πέραν του κατοικημένου χώρου.

Επιπροσθέτως, η παρούσα ΤΟΤΕΕ μπορεί να αποτελέσει χρήσιμη αναφορά για παρεμβάσεις σε **οικισμούς που, παρότι δεν τελούν υπό ειδικό καθεστώς προστασίας, διαθέτουν αξιόλογα στοιχεία πολιτιστικής κληρονομιάς** — μεταξύ των οποίων και λιθόστρωτα — όπως, χαρακτηριστικά, οι οικισμοί με πληθυσμό κάτω των δύο χιλιάδων (2.000) κατοίκων και οι προϋφιστάμενοι του 1923 οικισμοί. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η τήρηση των κατευθύνσεων της παρούσας Οδηγίας συμβάλλει στη διατήρηση της φυσιογνωμίας τους.

Η παρούσα ΤΟΤΕΕ δεν αφορά παρεμβάσεις στον σύγχρονο αστικό χώρο μεγάλων πόλεων (όπως αναπλάσεις, πεζοδρομήσεις και έργα διαμόρφωσης κοινόχρηστων χώρων εντός μητροπολιτικών κέντρων), ακόμη και όταν αυτές αφορούν ιστορικές περιοχές ή γειτονιές τους. Στα περιβάλλοντα αυτά, ο σχεδιασμός υπεισέρχεται σε παραμέτρους διαφορετικής φύσης και κλίμακας — όπως η διαχείριση της κυκλοφορίας, τα υπόγεια δίκτυα, η προσβασιμότητα και η εξυπηρέτηση οχημάτων — οι οποίες υπερβαίνουν το αντικείμενο της παρούσας Οδηγίας, που εστιάζει σε λιθόστρωτες επιστρώσεις παραδοσιακού χαρακτήρα με κυρίως πεζή χρήση.

Ως προς το αντικείμενο των επεμβάσεων, διευκρινίζεται περαιτέρω ότι η παρούσα Τεχνική Οδηγία αφορά τις επεμβάσεις μόνο σε λιθόστρωτες επιστρώσεις και όχι σε συνοδευτικές κατασκευές αναλημματικών τοίχων. Επίσης, δεν συμπεριλαμβάνει τα καταστρώματα γεφυριών, καθώς αυτά αντιμετωπίζονται ως ενιαία έργα κατά την αποκατάσταση και συντήρησή τους, ούτε τις ειδικές κατασκευές προσβασιμότητας για Άτομα με Αναπηρία (ΑμεΑ).

Η ΤΟΤΕΕ απευθύνεται ενδεικτικά και όχι περιοριστικά σε:

- Μηχανικούς, δασολόγους και γενικά μελετητές και εργολάβους/τεχνίτες προκειμένου να μελετήσουν, να προδιαγράψουν, να επιβλέψουν ή/και να υλοποιήσουν ένα τεχνικό έργο λιθόστρωτων επιστρώσεων με έμφαση στην αειφόρο δόμηση.
- Οργανισμούς Τοπικής Αυτοδιοίκησης Α' και Β' βαθμού, αρμόδιες υπηρεσίες για την αδειοδότηση έργων λιθόστρωτων μονοπατιών και τον Οργανισμό Φυσικού Περιβάλλοντος και Κλιματικής Αλλαγής (Ο.ΦΥ.ΠΕ.Κ.Α.) ως φορέα υλοποίησης του Εθνικού Δικτύου Μονοπατιών, προσφέροντας με έναν συνεκτικό τρόπο την

αποτύπωση κατευθυντήριων οδηγιών και παραδειγμάτων για την αποκατάσταση υφιστάμενων ή/και την κατασκευή νέων λιθόστρωτων μονοπατιών.

- Ιδιώτες που επιθυμούν να συμβάλλουν στη διατήρηση της πολιτισμικής κληρονομιάς μέσα από την αποκατάσταση υφιστάμενων ή/και την κατασκευή νέων λιθόστρωτων επιστρώσεων.

Πιο συγκεκριμένα, η παρούσα TOTEE περιλαμβάνει:

- Περιγραφή των δομικών συστατικών και των κατασκευαστικών στοιχείων των λιθόστρωτων επιστρώσεων.
- Περιγραφή των κατασκευαστικών βημάτων και λεπτομερειών των λιθόστρωτων επιστρώσεων, δίνοντας βαρύτητα στα κρίσιμα σημεία σχεδιασμού και κατασκευής τους.
- Αναφορά στα τεχνικά χαρακτηριστικά των δομικών λίθων και των μεθόδων δοκιμών τους.
- Αναλυτική περιγραφή των οικολογικών λειτουργιών των λιθόστρωτων επιστρώσεων και τη συμβολή τους ως πράσινη υποδομή στη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος και στον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής.
- Ανασκόπηση του ισχύοντος κανονιστικού και νομοθετικού πλαισίου και ανάδειξη προτάσεων εμπλουτισμού, τόσο για την αποκατάσταση υφιστάμενων όσο και για την κατασκευή νέων λιθόστρωτων επιστρώσεων.
- Περιγραφή των παραγόντων που επηρεάζουν το κόστος τέτοιων έργων, λόγω των απαιτητικών συνθηκών υλοποίησής τους.

6

Βασίζεται (και δεν αντίκειται) στα Εθνικά Πρότυπα (Εθνικές Τεχνικές Προδιαγραφές) όπως ισχύουν σήμερα:

- ΕΛΟΤ EN 1341 – Πλάκες από φυσικούς λίθους για εξωτερική πλακόστρωση - Απαιτήσεις και μέθοδοι δοκιμής
- ΕΛΟΤ EN 1343 – Κράσπεδα από φυσικούς λίθους για εξωτερική πλακόστρωση - Απαιτήσεις και μέθοδοι δοκιμής
- ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-05-03-03-00 – Στρώσεις οδοστρώματος από ασύνδετα αδρανή υλικά
- ΕΛΟΤ 1501-02-08-00-00 – Αντιμετώπιση υπόγειων δικτύων κατά τις εκσκαφές
- ΕΛΟΤ 1501-02-04-00-00 – Εκσκαφές θεμελίων τεχνικών έργων
- ΕΤΕΠ 08-03-02-00 – Φίλτρα στραγγιστηρίων από διαβαθμισμένα αδρανή
- ΕΤΕΠ 03-02-01-00 – Λιθόκτιστοι τοίχοι

2 ΑΝΑΦΟΡΕΣ

2.1 Νομοθετικά κανονιστικά έγγραφα

Αναφορικά με την ελληνική νομοθεσία η παρούσα ΤΟΤΕΕ έχει βασιστεί:

- Στην [Υ.Α. 151344/165/18.01.2017 \(ΦΕΚ Β΄ 206/30.01.2017\)](#) “Καθορισμός τεχνικών προδιαγραφών χάραξης, σήμανσης, διάνοιξης και συντήρησης των ορειβατικών πεζοπορικών μονοπατιών” και τις σχετικές τροποποιήσεις της ([Υ.Α. 154551/1839/13.7.2017 \(Β΄ 2562\)](#), [Υ.Α. 169774/2784/10.05.2018 \(Β΄ 2004\)](#), [Υ.Α. 121389/6505/17.12.2021 \(Β΄ 6295\)](#), [Υ.Α. ΥΠΕΝ/ΔΠΔ/118445/7060/11.11.2022 \(Β΄ 6027\)](#), [Υ.Α. ΥΠΕΝ/ΔΠΔ/63757/4373/12.06.2024 \(Β΄ 3557\)](#)).
- Στο άρθρο 1 του [Ν. 2039/1992](#) (Σύμβαση για την Προστασία της Αρχιτεκτονικής Κληρονομιάς της Ευρώπης, Γρανάδα, 3 Οκτωβρίου 1985) και στο άρθρο 1 του [Ν. 1126/ 1981](#) (Σύμβαση της UNESCO για την προστασία της παγκόσμιας πολιτιστικής και φυσικής κληρονομιάς, Παρίσι 1972). Επιπλέον, η προστασία και ανάδειξη της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς αποτελεί υποχρέωση της Ελληνικής πολιτείας στα πλαίσια της επιταγής του [άρθρου 24 \(παράγραφος 6\) του Συντάγματος](#).

Επιπλέον, έχοντας υπόψη τις διατάξεις του άρθρου 6 (παρ. 3.α και 6.α) του [Ν. 4067/2012](#) «Νέος Οικοδομικός Κανονισμός» (Α΄ 79), όπως η παρ. 3α τροποποιήθηκε με την παρ. 2 του άρθρου 48 του [Ν. 4178/2013](#) (Α΄ 174), αναφορικά με την προστασία της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς σημειώνεται ότι μπορεί να χαρακτηρίζονται ως διατηρητέα, μεμονωμένα κτίρια ή τμήματα κτιρίων ή συγκροτήματα κτιρίων, ως και στοιχεία του περιβάλλοντος χώρου αυτών, όπως επίσης και στοιχεία του φυσικού ή και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος χώρου, όπως αυλές, κήποι, θυρώματα και κρήνες, καθώς και μεμονωμένα στοιχεία πολεοδομικού (αστικού ή αγροτικού) εξοπλισμού ή δικτύων, όπως πλατείες, κρήνες, διαβατικά, λιθόστρωτα, γέφυρες που βρίσκονται εντός ή εκτός οικισμών και να καθορίζονται ειδικοί όροι προστασίας και περιορισμοί δόμησης και χρήσης, κατά παρέκκλιση από τις διατάξεις του νόμου αυτού και από κάθε άλλη γενική ή ειδική διάταξη.

Σημαντική αναφορά αποτελεί το γεγονός ότι η τέχνη της ξερολιθιάς, ως άυλο πολιτιστικό στοιχείο, είναι εγγεγραμμένη στο [Εθνικό Ευρετήριο Άυλης Πολιτιστικής Κληρονομιάς](#) από το 2015, ενώ το 2018 εγγράφηκε στον [Αντιπροσωπευτικό Κατάλογο Άυλης Πολιτιστικής Κληρονομιάς της Ανθρωπότητας της UNESCO](#), από τις χώρες: Ελλάδα, Κροατία, Κύπρο, Γαλλία, Ιταλία, Σλοβενία, Ισπανία και Ελβετία. Ακολούθησε [διεύρυνση της εγγραφής](#) το 2024 προκειμένου να περιληφθούν επιπλέον οι χώρες: Ανδόρρα, Αυστρία, Βέλγιο, Ιρλανδία, Λουξεμβούργο και Ισπανία. Η ελληνική νομοθεσία για την προστασία της άυλης πολιτιστικής κληρονομιάς αναγνωρίζει την de facto σύμπληξη της υλικής και άυλης διάστασης της τέχνης της ξερολιθιάς ([Ν. 3521/2006](#)). Ρητά πλέον η Κύρωση Κώδικα νομοθεσίας για την προστασία των αρχαιοτήτων και εν γένει της πολιτιστικής κληρονομιάς ([Νόμος 4858/2021](#), ΦΕΚ 220/Α/19-11-2021) εντάσσει στο αντικείμενο προστασίας με το Άρθρο 5 “Προστασία άυλης πολιτιστικής κληρονομιάς” τις πρακτικές, αναπαραστάσεις, εκφράσεις, γνώσεις και τεχνικές, καθώς και τα εργαλεία, αντικείμενα, χειροτεχνήματα και τους πολιτιστικούς χώρους που συνδέονται με αυτές, και τις οποίες οι κοινότητες, οι ομάδες και, περιπτώσεως δοθείσης, τα άτομα αναγνωρίζουν ότι αποτελούν μέρος της πολιτιστικής κληρονομιάς τους.

Παράλληλα, στην προστασία των λιθόστρωτων μονοπατιών συμβάλλει και το καθεστώς προστασίας των παραδοσιακών οικισμών. Ο χαρακτηρισμός ενός οικισμού ως παραδοσιακού βασίζεται στην αξιολόγηση των ιστορικών, λαογραφικών, αρχιτεκτονικών και πολεοδομικών του χαρακτηριστικών, τα οποία τον καθιστούν ιδιαίτερα και αξιόλογο από πολιτισμική άποψη. Το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας παρέχει [ψηφιακό αρχείο](#) παραδοσιακών οικισμών. Για την κήρυξη ενός οικισμού ως παραδοσιακού, λαμβάνονται υπόψη παράγοντες όπως η ιδιαίτερη αρχιτεκτονική και η πολεοδομική του οργάνωση, η ενσωμάτωση τοπικών τεχνικών και υλικών, και η διατήρηση της ιστορικής συνοχής του. Η προστασία αυτής της πολιτιστικής κληρονομιάς είναι νομικά κατοχυρωμένη στο Σύνταγμα και διεθνείς συμβάσεις. Τα κριτήρια χαρακτηρισμού παρουσιάζονται παρακάτω:

- Αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά: Η αξιολόγηση περιλαμβάνει την αρχιτεκτονική αξία των κτιρίων και τη συνολική μορφολογία του οικισμού, η οποία μπορεί να είναι ιδιαίτερη λόγω της χρήσης τοπικών υλικών και τεχνικών.
- Πολεοδομικά χαρακτηριστικά: Λαμβάνεται υπόψη η οργάνωση των δρόμων, η κλίμακα των κτιρίων και η γενικότερη δομή του οικισμού που συνθέτει ένα ενιαίο σύνολο.
- Ιστορικοί και λαογραφικοί λόγοι: Η ιστορική σημασία και η σύνδεση με την τοπική παράδοση και λαογραφία συμβάλλουν στον χαρακτηρισμό του οικισμού ως παραδοσιακού.
- Μορφολογική και ενιαία αξία: Ακόμα και μεμονωμένα κτίρια μπορεί να χαρακτηριστούν ως παραδοσιακά αν εντάσσονται σε ένα σύνολο που πρέπει να προστατευτεί, όπως ένα μέτωπο δρόμου, ή αν έχουν ιδιαίτερη αρχιτεκτονική αξία που τα καθιστά σημείο αναφοράς για την περιοχή.

8

Αναφορικά με το περιβαλλοντικό αποτύπωμα, γίνεται ανασκόπηση της νομοθεσίας για τα Απόβλητα Εκσκαφών, Κατασκευών & Κατεδαφίσεων (ΑΕΚΚ), τα οποία αποτελούν ένα ρεύμα αποβλήτων, το οποίο αποτελεί την αιτία δημιουργίας χώρων ανεξέλεγκτης διάθεσης κυρίως στην ύπαιθρο και ως εκ τούτου η διαχείρισή τους είναι επιτακτική, καθώς και η εξέτασή τους στο πλαίσιο απόληψης υλικού για χρήση στην κατασκευή ή επιδιόρθωση των λιθόστρωτων μονοπατιών.

Το βασικό νομοθετικό πλαίσιο που διέπει τη διαχείριση και χρήση των ΑΕΚΚ είναι:

- [Νόμος 5151/2024](#) (ΦΕΚ 173/Α` 4.11.2024): Ρυθμίσεις για τον εκσυγχρονισμό της διαχείρισης αποβλήτων, τη βελτίωση του πλαισίου εξοικονόμησης ενέργειας, την ανάπτυξη των έργων ενέργειας και την αντιμετώπιση πολεοδομικών ζητημάτων.
- [Νόμος 4819/2021](#) (ΦΕΚ 129/Α` 23.7.2021): Ολοκληρωμένο πλαίσιο για τη διαχείριση των αποβλήτων - Ενσωμάτωση των Οδηγιών 2018/851 και 2018/852 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 30ής Μαΐου 2018 για την τροποποίηση της Οδηγίας 2008/98/ΕΚ περί αποβλήτων και της Οδηγίας 94/62/ΕΚ περί συσκευασιών και απορριμμάτων συσκευασιών, πλαίσιο οργάνωσης του Ελληνικού Οργανισμού Ανακύκλωσης, διατάξεις για τα πλαστικά προϊόντα και την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος, χωροταξικές - πολεοδομικές, ενεργειακές και συναφείς επείγουσες ρυθμίσεις.
- [Εγκύκλιος Αρ. Πρωτ. οικ. 4834/ 25.1.2013](#)): Διαχείριση περίσσειας υλικών εκσκαφών που προέρχονται από δημόσια έργα - Διευκρινίσεις επί των απαιτήσεων της ΚΥΑ 36259/1757/Ε103/2010 (ΦΕΚ 1312 Β).

- [Υ.Α. 36259/1757/Ε103/2010](#) (ΦΕΚ 1312/Β' 24.8.2010): Μέτρα, όροι και προγράμματα για την εναλλακτική διαχείριση των αποβλήτων από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις (ΑΕΚΚ).

Η διαχείριση των ΑΕΚΚ στην Ελλάδα περιλαμβάνει την αλληλεπίδραση ενός ευρέος φάσματος φορέων από τον δημόσιο και τον ιδιωτικό τομέα. Η δημιουργία συλλογικών συστημάτων εναλλακτικής διαχείρισης (ΣΣΕΔ) ΑΕΚΚ βασίζεται στην αρχή της διευρυμένης ευθύνης παραγωγού (ΔΕΠ), η οποία χρησιμοποιεί οικονομικά κίνητρα για να ενθαρρύνει τους παραγωγούς να σχεδιάσουν πιο φιλικά προς το περιβάλλον προϊόντα και να τους καταστήσει υπεύθυνους για το κόστος της διαχείρισης προϊόντων στο τέλος του κύκλου ζωής. Τα ατομικά ή συλλογικά συστήματα (ΣΣΕΔ) εγκρίνονται, παρακολουθούνται και ελέγχονται από τον [ΕΟΑΝ](#).

Οι διαγωνισμοί που διενεργούνται στο πλαίσιο Τεχνικών Έργων των Δήμων και αφορούν θέματα Εναλλακτικής Διαχείρισης αποβλήτων εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων (ΑΕΚΚ), καθώς και η σύνταξη του Τεχνικού αντικειμένου των Μελετών τους από τις Δ/νσεις των Τεχνικών τους Υπηρεσιών, οφείλουν να βρίσκονται σε πλήρη συμφωνία με το νέο νομοθετικό πλαίσιο (ν. 4819/2021), ο οποίος εισάγει ουσιαστικές αλλαγές στην εναλλακτική διαχείριση των ΑΕΚΚ. Αυτό σημαίνει ότι στα τεχνικά έργα που εκτελούν οι Δήμοι με ίδια μέσα, μέσω των τεχνικών τους υπηρεσιών, χωρίς αναδοχή, οι Δήμοι καθίστανται «Διαχειριστές ΑΕΚΚ», τόσο σύμφωνα με το Άρθρο 11 παρ. 1γ του παρόντος νόμου, όσο και βάση της ΚΥΑ 36259/2010 (Άρθρο 8 παρ. 2.1), και ως εκ τούτου οι Δήμοι ως «Διαχειριστές ΑΕΚΚ», υποχρεούνται να συμβληθούν οι ίδιοι με κάποιο Συλλογικό Σύστημα Εναλλακτικής Διαχείρισης (ΣΣΕΔ) ΑΕΚΚ.

9

Ένας σημαντικός παράγοντας που απαιτείται να οριστεί είναι η ανάπτυξη ενός Σχεδίου Διασφάλισης Ποιότητας (ΣΔΠ) για όλα τα στάδια της παραγωγής δευτερογενών υλικών με στόχο τη βελτίωση της ποιότητάς τους, ώστε να πληρούν τις προδιαγραφές που έχουν οριστεί για τις διαφορετικές χρήσεις αυτών. Σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής κατασκευής και κατεδάφισης, τα απόβλητα πρέπει να ταξινομούνται με βάση της φύση και τα χαρακτηριστικά τους, προκειμένου να διαχωριστούν τα ανακυκλώσιμα υλικά δυνητικά υψηλής ποιότητας από εκείνα χαμηλής ποιότητας (εργασίες επιλεκτικής κατεδάφισης και αποσυναρμολόγησης). Με αυτόν τον τρόπο, μια μεγάλη γκάμα ανακυκλωμένων προϊόντων με μεταβλητή, αλλά πιστοποιήσιμη, ποιότητα μπορεί να διατίθεται στο εμπόριο και να χρησιμοποιηθεί για τις καταλληλότερες εφαρμογές. Στην περίπτωση των λιθόστρωτων απαιτείται ο διαχωρισμός στην πηγή κατά τη διαδικασία κατεδάφισης λίθων προκειμένου να χρησιμοποιηθούν για πλήρωση ή για ενισχυμένη ζώνη καθώς και σκύρων απαλλαγμένα από πρόσμικτα σκυροδέματος τσιμέντου για τη χρήση ως βάση λιθόστρωσης και στερέωσης.

Η δημιουργία οικονομικών κινήτρων, όπως οι Πράσινες Δημόσιες Συμβάσεις ΠΔΣ, είναι ίσως ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για να καταστεί η χρήση δευτερογενών προϊόντων πιο αποτελεσματική και οικονομική. Η χρήση των δευτερογενών υλικών από την Επεξεργασία ΑΕΚΚ στα Δημόσια Έργα αποτελεί ένα από τα σύγχρονα ζητήματα ενδιαφέροντος του Υπουργείου Υποδομών και Μεταφορών. Στο [σχέδιο δράσης για τις Πράσινες Δημόσιες Συμβάσεις](#) που εγκρίθηκε το 2021, μεταξύ άλλων, αναγνωρίζεται ότι η παραγωγή αποβλήτων από εκσκαφές, κατεδαφίσεις και κατασκευές, αποτελεί μια από τις πιο σημαντικές κατηγορίες αποβλήτων από πλευράς όγκου. Επίσης η ανάκτηση και η χρήση ανακυκλωμένων υλικών, όπως αδρανών προσιμιγμάτων από απόβλητα εκσκαφών, κατασκευών και κατεδαφίσεων

συμβάλει στην ανάπτυξη της αγοράς δευτερογενών υλικών, η οποία αποτελεί βασική κατεύθυνση της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας του Ευρωπαϊκού Σχεδίου Δράσης για την κυκλική οικονομία και των εθνικών στόχων της Ελλάδας για την κυκλική οικονομία. Τέλος αναφέρεται ότι αποτελεί καίρια επιδίωξη τα αδρανή υλικά που χρησιμοποιούνται για τα δημόσια έργα και τα δημόσια κτίρια να προέρχονται σε ένα μικρό αρχικά ποσοστό της τάξης του 15% από ανακτώμενα αδρανών υλικών των ΑΕΚΚ το οποίο βαθμιαία θα αυξάνεται όσο βελτιώνεται η οικονομία. Για την επίτευξη του στόχου αυτού είναι απαραίτητη η θέσπιση των τεχνικών προδιαγραφών αδρανών υλικών, τα οποία εξέρχονται των μονάδων επεξεργασίας ΑΕΚΚ σε εθνικό επίπεδο, ώστε τα απόβλητα ΑΕΚΚ να αποτελούν προϊόντα ειδικών προδιαγραφών. Στο πλαίσιο υλοποίησης των δράσεων και του Εθνικού Σχεδίου Δράσης για τις Πράσινες Δημόσιες Συμβάσεις, προτείνεται η διερεύνηση τεχνικών προδιαγραφών για χρήση ανακτώμενων αδρανών από μονάδες ΑΕΚΚ για τα δημόσια έργα.

Επιπλέον στο πλαίσιο υλοποίησης της εθνικής στρατηγικής για τις δημόσιες συμβάσεις 2021-2025 και σχετικά με τις δράσεις του Υπουργείου Υποδομών και Μεταφορών προβλέπεται η εκπόνηση υποδειγμάτων τευχών τεχνικού περιεχομένου, ειδικές συγγραφές υποχρεώσεων, τεχνικές συγγραφές υποχρεώσεων σε συνεργασία με το Υπουργείο Περιβάλλοντος. Προτείνεται στο πλαίσιο αυτών των τευχών να καταχωρηθούν και οι σχετικές απαιτήσεις για τα ΑΕΚΚ και να περιληφθούν και οι απαιτήσεις του νέου νομοθετικού πλαισίου του Ν.4819/21 περί του ολοκληρωμένου πλαισίου για τη διαχείριση των αποβλήτων αλλά και ως πράσινων κριτηρίων η χρήση ποσοστού ανακτώμενων αδρανών από τα ΑΕΚΚ. Αντίστοιχες ενέργειες πρέπει να επιταχυνθούν αναφορικά με την επικαιροποίηση των περιγραφικών τιμολογίων εργασιών συγκεκριμένα για τα λιθόστρωτα μονοπάτια.

10

2.2 Τεχνικές Προδιαγραφές και Πρότυπα

Αναφορικά με τις Ελληνικές Τεχνικές Προδιαγραφές και Πρότυπα και για κατασκευή λιθόστρωτων μονοπατιών σημειώνεται ότι οι Υπουργικές Αποφάσεις (ΥΑ) έγκρισης των Ελληνικών Τεχνικών Προδιαγραφών (ΕΤΕΠ) για την υποχρεωτική τους εφαρμογή στα δημόσια έργα και μελέτες είναι οι ακόλουθες:

- ΥΑ 70969/7-3-2024 ([ΦΕΚ 1890 Β'/2024](#)), Έγκριση της πρώτης αναθεώρησης εβδομήντα εννέα (79) και της δεύτερης αναθεώρησης δεκαοκτώ (18) Ελληνικών Τεχνικών Προδιαγραφών (ΕΤΕΠ), με υποχρεωτική εφαρμογή σε όλα τα Δημόσια Έργα και Μελέτες.
- ΥΑ 244140/9-8-2023 ([ΦΕΚ 5115/Β'/2023](#)), Έγκριση ογδόντα (80) Ελληνικών Τεχνικών Προδιαγραφών (ΕΤΕΠ), με υποχρεωτική εφαρμογή σε όλα τα Δημόσια Έργα και Μελέτες.
- ΥΑ 367126/22-11-2022 ([ΦΕΚ 6366/Β'/2022](#)), Έγκριση εκατόν πενήντα τεσσάρων (154) Ελληνικών Τεχνικών Προδιαγραφών (ΕΤΕΠ), με υποχρεωτική εφαρμογή σε όλα τα Δημόσια Έργα και Μελέτες.
- ΥΑ Δ22/4193 /22-11-2019 ([ΦΕΚ 4607/Β'/2019](#)), Έγκριση εβδομήντα (70) Ελληνικών Τεχνικών Προδιαγραφών (ΕΤΕΠ), με υποχρεωτική εφαρμογή σε όλα τα Δημόσια Έργα και Μελέτες.
- ΥΑ ΔΙΠΑΔ/οικ.273/17-7-2012 ([ΦΕΚ 2221/Β/2012](#)), Έγκριση τετρακοσίων σαράντα (440) ελληνικών τεχνικών προδιαγραφών (ΕΤΕΠ) με υποχρεωτική εφαρμογή σε όλα τα δημόσια έργα.

Με βάση τις [442 Ελληνικές Τεχνικές Προδιαγραφές \(ΕΤΕΠ\)](#) που είναι σε ισχύ και εφαρμόζονται υποχρεωτικά στα Δημόσια Έργα και Μελέτες παρακάτω παρουσιάζονται

εκείνες που αναφέρονται στα Περιγραφικά Τιμολόγια που χρησιμοποιούνται στις μελέτες λιθόστρωτων μονοπατιών (Πίνακας 2.1).

Κωδικός ΕΤΕΠ ΕΛΟΤ ΤΠ Τίτλος	Ενσωμάτωση μέσω παραπομπών
1501	
03-07-03-00	Επιστρώσεις με φυσικούς λίθους
05-02-02-00	Πλακοστρώσεις – εξωτερική πλακόστρωση - Απαιτήσεις και μέθοδοι δοκιμής
03-02-01-00	Λιθοστρώσεις πεζοδρομίων και πλατειών
02-01-01-00	Λιθόκτιστοι τοίχοι
08-03-02-00	Καθαρισμός, εκχέρωση και κατεδαφίσεις στη ζώνη εκτέλεσης των εργασιών
02-04-00-00	Φίλτρα στραγγιστηρίων από διαβαθμισμένα αδρανή
02-07-02-00	Εκσκαφές θεμελίων τεχνικών έργων
02-02-01-00	Επανεπιχώσεις σκαμμάτων θεμελίων τεχνικών έργων
08-01-01-00	Γενικές εκσκαφές οδοποιίας και υδραυλικών έργων
	Εκσκαφές τάφρων και διωρύγων

Πίνακας 2.1 Οι ΕΤΕΠ που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή και αποκατάσταση λιθόστρωτων.

Το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 1341 - Πλάκες από φυσικούς λίθους για εξωτερικές πλακοστρώσεις - Απαιτήσεις και μέθοδοι δοκιμής καλύπτει διάφορες φυσικές και μηχανικές ιδιότητες που πρέπει να πληρούν οι πλάκες. Οι βασικές απαιτήσεις περιλαμβάνουν:

- **Ανοχές Διαστάσεων:** Καθορίζει τα επιτρεπόμενα όρια απόκλισης στις διαστάσεις, το πάχος, την επιπεδότητα και την ορθότητα των ακμών των πλακών.
- **Αντοχή σε Κάμψη:** Ορίζει την ελάχιστη απαιτούμενη αντοχή θραύσης (breaking load) ανάλογα με την κατηγορία χρήσης (π.χ., πεζόδρομοι, οδοί οχημάτων).
- **Υδατοαπορρόφηση:** Καθορίζει το μέγιστο επιτρεπτό ποσοστό απορρόφησης νερού σε ατμοσφαιρική πίεση.
- **Αντίσταση σε Παγετό:** Απαιτεί οι πλάκες να αντέχουν σε συγκεκριμένους κύκλους ψύξης-απόψυξης χωρίς να υφίστανται ζημιές (π.χ., 56 κύκλοι).
- **Αντίσταση σε Τριβή/Ολίσθηση:** Περιλαμβάνει μεθόδους για τον προσδιορισμό της αντοχής σε ολίσθηση/ολισθηρότητα, ιδιότητα κρίσιμη για την ασφάλεια των πεζών.

Το πρότυπο EN 1341 παραπέμπει σε άλλα ευρωπαϊκά πρότυπα (EN) για τις λεπτομερείς μεθόδους εργαστηριακών δοκιμών, διασφαλίζοντας την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων:

- EN 1936: Προσδιορισμός της πραγματικής πυκνότητας, της φαινόμενης πυκνότητας και του συνολικού πορώδους.
- EN 12371: Μέθοδος δοκιμής για τον προσδιορισμό της αντοχής στον παγετό.
- EN 12372: Μέθοδος δοκιμής για τον προσδιορισμό της αντοχής σε κάμψη υπό συγκεντρωμένο φορτίο.
- EN 13755: Μέθοδος δοκιμής για τον προσδιορισμό της υδατοαπορρόφησης σε ατμοσφαιρική πίεση.
- EN 14157: Μέθοδος δοκιμής για τον προσδιορισμό της αντίστασης στην τριβή.

Το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 1343 - Κράσπεδα από φυσικούς λίθους για εξωτερική πλακόστρωση - Απαιτήσεις και μέθοδοι δοκιμής καθορίζει τις απαιτήσεις απόδοσης, καθώς και τις αντίστοιχες μεθόδους δοκιμών. Δεν ισχύει για πλάκες ή κυβόλιθους πλακόστρωσης, οι οποίοι καλύπτονται από άλλα πρότυπα (EN 1341 και EN 1342 αντίστοιχα). Οι απαιτήσεις αφορούν:

- Συνολικές διαστάσεις: μήκος, πλάτος και ύψος.
- Γεωμετρικά χαρακτηριστικά: ανομοιομορφία όψης, απόκλιση όψης, λοξότμηση, κλίση και ακτίνα.
- Αντοχή στις καιρικές συνθήκες: Το υλικό πρέπει να αντέχει σε εξωτερικές συνθήκες, όπως αλλαγές θερμοκρασίας, βροχή, πάγο και αέρα.
- Αντοχή και διάρκεια: Το υλικό πρέπει να είναι ανθεκτικό για να παρέχει μακροζωία στην εξωτερική πλακόστρωση.

Οι μέθοδοι δοκιμών που καθορίζονται στο EN 1343 περιλαμβάνουν:

- Μέτρηση διαστάσεων και γεωμετρικών ανοχών: Χρησιμοποιούνται διάφορες μετρήσεις και εργαλεία, όπως μετρητές προφίλ και ευθείες ακμές, για τον έλεγχο των διαστάσεων, της ευθύτητας των ακμών και της καθετότητας.
- Προσδιορισμός φαινόμενης πυκνότητας και ανοικτού πορώδους: Σύμφωνα με το πρότυπο EN 1936.
- Προσδιορισμός υδαταπορρόφησης: Σύμφωνα με το πρότυπο EN 13755.
- Προσδιορισμός αντοχής σε θλίψη: Σύμφωνα με το πρότυπο EN 1926.
- Προσδιορισμός αντοχής σε κάμψη: Σύμφωνα με το πρότυπο EN 12372.
- Προσδιορισμός αντοχής σε κρούση: Σύμφωνα με το πρότυπο EN 14158.
- Προσδιορισμός αντίστασης σε τριβή: Σύμφωνα με το πρότυπο EN 14157.
- Προσδιορισμός αντίστασης σε παγετό: Σύμφωνα με το πρότυπο EN 12371.

12

2.3 Απαιτήσεις

Η προέλευση των λίθων (τόπος εξόρυξης - πέτρωμα), ο βαθμός επεξεργασίας, τα σχήματα, τα μεγέθη και η υφή των επιφανειών τους, τα σχήματα και τα μεγέθη των τοίχων πρέπει να προσδιορίζονται στα σχέδια και τις περιγραφές του έργου. Τα ενσωματούμενα υλικά στις λιθοδομές από φυσικούς λίθους πρέπει να ικανοποιούν τις απαιτήσεις του εναρμονισμένου Προτύπου ΕΛΟΤ EN 771-6: λιθοσώματα από φυσικούς λίθους και υποχρεωτικά:

(α) να φέρουν σήμανση CE

(β) να συνοδεύονται από δήλωση επιδόσεων που καταρτίζει ο παραγωγός σύμφωνα με τον κατ' εξουσιοδότηση κανονισμό (ΕΕ) 574/2014 (ΟJ EEL159/41/28.05.2014).

Τα φυσικά λιθοσώματα χαρακτηρίζονται από τις ιδιότητες του πετρώματος από το οποίο αποκόπτονται, από τον τρόπο αποκοπής και τον τρόπο επεξεργασίας τους. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να επιλέγεται λατομείο, στο οποίο χρησιμοποιούνται σύγχρονες μέθοδοι εξόρυξης, κοπής και επεξεργασίας των λίθων, ώστε τα λιθοσώματα να διατηρούν κατά το δυνατό τις ιδιότητες του πετρώματος από το οποίο προέρχονται. Οι λίθοι που χρησιμοποιούνται πρέπει να προέρχονται από ομοιόμορφα και υγιή πετρώματα, να διαθέτουν τις απαραίτητες αντοχές, να είναι ομοιογενείς, χωρίς ρωγμές, αυλακώσεις και κηλίδες και χωρίς ξένες προσμίξεις. Λίθοι που δεν παρουσιάζουν αυτές τις ιδιότητες πρέπει να απορρίπτονται από την Αρμόδια Αρχή.

Τα φυσικά λιθοσώματα ανήκουν στην ομάδα 1 και κατατάσσονται στην κατηγορία II σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 1996-1-1. Πέραν των νεοεξορυσσομένων και για πρώτη φορά χρησιμοποιούμενων λιθοσωμάτων, είναι δυνατό να επαναχρησιμοποιηθούν λιθοσώματα που προέρχονται από κατεδάφιση. Τα λιθοσώματα αυτά πρέπει να είναι ελεγμένα ότι δεν έχουν υπόλοιπα κονιαμάτων, χώματα ή παιπάλη στις επιφάνειές τους, ρήγματα από φορτία, παγετό ή τις μεταφορές και καλύπτουν κατά τα λοιπά τις απαιτήσεις μεγέθους, μορφής και βαθμού επεξεργασίας των επιφανειών όπως παραπάνω.

Τα ουσιώδη χαρακτηριστικά των φυσικών λιθοσωμάτων σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 771-6 είναι τα εξής:

- α) Διαστάσεις και διαστασιακές ανοχές
- β) μορφοποίηση
- γ) Θλιπτική αντοχή
- δ) Αντοχή πρόσφυσης
- ε) Αντίδραση στη φωτιά (κλάσεις)
- στ) Υδατοαπορροφητικότητα
- ζ) Διαπερατότητα υδρατμών
- η) Άμεση μόνωση έναντι αερομεταφερόμενου ήχου
- θ) Θερμική αγωγιμότητα
- ι) Αντοχή στις καιρικές συνθήκες και τον παγετό (κύκλοι ψύξης - απόψυξης)
- κ) Απελευθέρωση επικίνδυνων ουσιών

Οι επιδόσεις που αναγράφονται στη σήμανση CE και στη δήλωση επιδόσεων για τα φυσικά λιθοσώματα πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις της Μελέτης και τις προδιαγραφές του Έργου. Οι απαιτήσεις της Μελέτης και οι προδιαγραφές του Έργου πρέπει να συνάδουν με τις επιδόσεις των ουσιωδών χαρακτηριστικών του παραρτήματος ΖΑ του προτύπου ΕΛΟΤ EN 776-5. Για τα φυσικά λιθοσώματα πρέπει να προσκομίζονται οπωσδήποτε δείγματα και αν είναι πρακτικό σε φυσικό μέγεθος. Τα δείγματα πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικά του χρώματος, του σχήματος, του βαθμού και του είδους επεξεργασίας των επιφανειών και των τυχόν απαιτούμενων υποδοχών για συνδέσμους. Τα δείγματα πρέπει να συνοδεύονται από τη δήλωση επιδόσεων του παραγωγού τους. Στην περίπτωση εμφανών λιθοδομών ο Ανάδοχος πρέπει να επιλέγει παραγωγό που είναι σε θέση να παραδώσει ολόκληρη την απαιτούμενη ποσότητα λιθοσωμάτων για την κατασκευή τους στους προβλεπόμενους από το χρονοδιάγραμμα χρόνους. Καθ' όλη τη διάρκεια των εργασιών, τα υλικά πρέπει να προέρχονται από την ίδια πηγή, εκτός αν συναινέσει η Αρμόδια Αρχή σε αλλαγή ή πολλαπλότητα παραγωγών, και αφού ακολουθηθεί η ίδια ως άνω διαδικασία δειγμάτων κ.λπ. για τους παραγωγούς.

Τονίζεται ότι σε περίπτωση αναθεώρησης ή αντικατάστασης ενός Νόμου/Κανονισμού θα πρέπει να γίνεται ανασκόπηση του νέου κειμένου και οποιοδήποτε εδάφιο της παρούσας ΤΟΤΕΕ αντίκειται σε αυτό, καθίσταται αυτόματα άκυρο.

3 ΟΡΟΙ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

Στο πλαίσιο της παρούσας ΤΟΤΕΕ ισχύουν οι όροι και ορισμοί που παρατίθενται στα Ελληνικά Πρότυπα ΕΛΟΤ EN 1341, ΕΛΟΤ EN 1343, ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-05-03-03-00, ΕΛΟΤ 1501-02-08-00-00, ΕΛΟΤ 1501-02-04-00-00, ΕΤΕΠ 08-03-02-00, ΕΤΕΠ 03-02-01-00.

Επιπλέον, ισχύουν οι όροι, οι ορισμοί και οι τεχνικές προδιαγραφές που παρατίθενται στην [Υ.Α. 151344/165/18.01.2017 \(ΦΕΚ Β' 206/30.01.2017\)](#) "Καθορισμός τεχνικών προδιαγραφών χάραξης, σήμανσης, διάνοιξης και συντήρησης των ορειβατικών πεζοπορικών μονοπατιών" και τις σχετικές τροποποιήσεις της ([Υ.Α. 154551/1839/13.7.2017 \(Β' 2562\)](#)), ([Υ.Α. 169774/2784/10.05.2018 \(Β' 2004\)](#)), ([Υ.Α. 121389/6505/17.12.2021 \(Β' 6295\)](#)), ([Υ.Α. ΥΠΕΝ/ΔΠΔ/118445/7060/11.11.2022 \(Β' 6027\)](#)), ([Υ.Α. ΥΠΕΝ/ΔΠΔ/63757/4373/12.06.2024 \(Β' 3557\)](#)).

Ακόμη, υιοθετούνται οι όροι και ορισμοί σχετικοί με την έννοια της αιφόρου δόμησης, από Διεθνή και Ευρωπαϊκά Πρότυπα, όπως παρατίθενται στο Παράρτημα Β της ΤΟΤΕΕ0.

Στη συνέχεια ακολουθούν ενδεικτικοί πίνακες Συντομογραφιών, Συμβολισμών και Μεγεθών για την αποσαφήνιση των όρων που χρησιμοποιούνται στα κείμενα της ΤΟΤΕΕ.

Συντομογραφίες

Συντομογραφία	Ερμηνεία
ΤΟ	Τεχνική Οδηγία
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση

15

Σύμβολα

Σύμβολο	Ερμηνεία
CaCO_3	Ανθρακικό ασβέστιο
HCl	Υδροχλωρικό οξύ
$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	Όξινο ανθρακικό ασβέστιο
CaO	Οξειδίο του ασβεστίου
CO_2	Διοξείδιο του άνθρακα

Μεγέθη

Σύμβολα	Μονάδες	Ερμηνεία
ρ	$[\text{Kg}/\text{m}^3]$	Φαινόμενη πυκνότητα λίθου
σ	$[\text{MPa}]$	Αντοχή σε μηχανική τάση (θλίψη, εφελκυσμός, διάτμηση κλπ)

Ακολουθούν οι περιγραφές των όρων που είναι κεντρικής σημασίας για το περιεχόμενο της παρούσας TOTEE:

Επιστρώσεις μονοπατιών (με βάση την Υ.Α./165/18.01.2017): Στα ορειβατικά μονοπάτια οι σκληρές επιστρώσεις επιτρέπονται είτε σε εξαιρετικές περιπτώσεις, όπως σε μόνιμα κάθυγρα ή ολισθηρά εδάφη που λασπώνουν και δεν είναι δυνατή η βελτίωση της βατότητας με στραγγιστικά έργα, ή σε περιπτώσεις διατήρησης της πολιτιστικής κληρονομιάς (π.χ. λιθόστρωτα μονοπάτια της Ηπείρου, μαρμαρόστρωτα μονοπάτια Τήνου κ.ά.).

Λιθόστρωτα μονοπάτια (σύμφωνα με τον Μιχαήλ (2009) και επεξεργασία των συντακών της παρούσας ΤΟ): Τα λιθόστρωτα μονοπάτια αποτελούν τμήματα ενός ευρύτερου δικτύου μετακίνησης και συγκροτούν ένα στοιχείο της πολιτιστικής και αρχιτεκτονικής κληρονομιάς ενός τόπου. Προκύπτουν από την επίστρωση μιας οριζόντιας ή υπό κλίση επιφάνειας με φυσικούς λίθους (καλντερίμια) ή λιθόπλακες. Η τοπική παράδοση διαμορφώνει τεχνοτροπίες όπου σε συνδυασμό με την πρώτη ύλη αποδίδει πολιτισμικά χαρακτηριστικά στο λιθόστρωτο μονοπάτι καθιστώντας το ένα αναπόσπαστο στοιχείο της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς.

Λιθόσωμα: Κατά τον Ευρωκώδικα 6 (ΕΛΟΤ EN 1996-1-1) λιθόσωμα είναι ένα στοιχείο κατάλληλα διαμορφωμένο ώστε να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή τοιχοποιίας. Αναλόγως της προέλευσής τους τα λιθοσώματα διακρίνονται σε φυσικά όταν προέρχονται από φυσικούς λίθους, τα οποία αποτέλεσαν το πρώτο δομικό υλικό, και σε τεχνητά, τα οποία είναι βιομηχανικά προϊόντα.

16

Ονοματολογία φυσικών λίθων κατά ΕΛΟΤ EN 771-6, παρ. 3 (εντός της ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-03-02-01-00:2023):

- (1) Τυχαίοι λίθοι (rubble stones): λιθοσώματα γωνιασμένα ή μη, οποιουδήποτε σχήματος, με επεξεργασμένη ή ανεπεξέργαστη όψη
- (2) Γωνιασμένοι λίθοι (squared rubble stones): λιθοσώματα με σαφή διαμόρφωση γωνιών
- (3) Λίθοι κανονικού σχήματος (regular shaped masonry units): πλήρως επεξεργασμένα λιθοσώματα σε σχήμα ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο
- (4) Λίθοι ειδικής μορφής (specially shaped masonry units): πλήρως επεξεργασμένα λιθοσώματα μορφών διαφορετικών από ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο
- (5) Γωνιόλιθοι ή ακρογωνιαίοι λίθοι: είναι οι λίθοι που χρησιμοποιούνται στις γωνίες και είναι λαξευτοί για την καλύτερη στήριξη της κατασκευής
- (6) Λιθοσώματα με σταθερές διαστάσεις (dimensioned stones): λιθοσώματα στις δηλωνόμενες από τον παραγωγό διαστάσεις
- (7) Λιθοσώματα Κατηγορίας I: λιθοσώματα με δηλωνόμενη θλιπτική αντοχή, βαθμού εμπιστοσύνης τουλάχιστον 95%
- (8) Λιθοσώματα Κατηγορίας II: λιθοσώματα που δεν απαιτείται η θλιπτική αντοχή τους να είναι βαθμού εμπιστοσύνης 95%.

Επίσης, ακολουθούν οι ορισμοί που εστιάζουν στο πεδίο εφαρμογής των λιθόστρωτων:

Παραδοσιακός οικισμός (κατά το π.δ. της 19.10–13.11.1978, ΦΕΚ Δ' 594, και τις μεταγενέστερες κανονιστικές πράξεις χαρακτηρισμού): Οικισμός ή τμήμα οικισμού που έχει χαρακτηριστεί (κηρυχθεί) ως παραδοσιακός, λόγω της ιδιαίτερης ιστορικής, πολεοδομικής, αρχιτεκτονικής, λαογραφικής, κοινωνικής και αισθητικής φυσιογνωμίας και αξίας του, και ο

οποίος υπάγεται σε ειδικό καθεστώς όρων και περιορισμών δόμησης για την προστασία του χαρακτήρα του. Ο χαρακτηρισμός αποσκοπεί στη διατήρηση του οικισμού στην πραγματική του κατάσταση, ως ενιαίου συνόλου του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος.

Ιστορικός τόπος (κατά τον Ν. 3028/2002, άρθρο 2 περ. δ' και άρθρο 16): Έκταση στην ξηρά, στη θάλασσα, σε λίμνες ή ποταμούς, η οποία αποτέλεσε ή πιθανολογείται ότι αποτέλεσε τον χώρο εξαίρετων ιστορικών ή μυθικών γεγονότων, ή που περιέχει μνημεία μεταγενέστερα του 1830, καθώς και σύνθετα έργα του ανθρώπου και της φύσης μεταγενέστερα του 1830 που συνιστούν χαρακτηριστικούς και ομοιογενείς χώρους δυνάμενους να οριοθετηθούν τοπογραφικά, των οποίων επιβάλλεται η προστασία λόγω της λαογραφικής, εθνολογικής, κοινωνικής, τεχνικής, αρχιτεκτονικής, βιομηχανικής ή εν γένει ιστορικής, καλλιτεχνικής ή επιστημονικής σημασίας τους. Η κήρυξη ιστορικού τόπου γίνεται με απόφαση του Υπουργού Πολιτισμού, ύστερα από γνώμη του αρμόδιου Συμβουλίου και συνοδεύεται από διάγραμμα οριοθέτησης. Στην έννοια αυτή δύναται να εντάσσονται και δίκτυα ή διαδρομές της υπαίθρου, όπως τα λιθόστρωτα μονοπάτια, ως φορείς ιστορικής και τεχνικής σημασίας.

Οικισμοί κάτω των 2.000 κατοίκων / προϋφιστάμενοι του 1923 (κατά το Π.Δ. 129/2025, που ενοποίησε τα προγενέστερα κανονιστικά πλαίσια οριοθέτησης των π.δ. της 2.3.1981 και της 24.4.1985): Οικισμοί με πληθυσμό κάτω των δύο χιλιάδων (2.000) κατοίκων που φέρονται απογεγραμμένοι ως αυτοτελείς πριν από το 1983, περιλαμβανομένων και των προϋφιστάμενων του 1923 οικισμών, για τους οποίους προβλέπεται διαδικασία οριοθέτησης και καθορισμός γενικών όρων και περιορισμών δόμησης και χρήσεων γης. Η κατηγορία αυτή, αν και δεν συνιστά καθεστώς προστασίας αρχιτεκτονικής κληρονομιάς αντίστοιχο εκείνου των παραδοσιακών οικισμών, περιλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος των οικισμών της χώρας, πολλοί εκ των οποίων διαθέτουν αξιόλογα στοιχεία κληρονομιάς, μεταξύ των οποίων και λιθόστρωτα.

4 ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΕΣ, ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ

4.1 Τα λιθόστρωτα ως «πράσινες υποδομές»

4.1.1 Οι αφανείς περιβαλλοντικές λειτουργίες των παραδοσιακών λιθόστρωτων

Τα παραδοσιακά λιθόστρωτα είναι ευρέως αντιληπτά ως στοιχεία αρχιτεκτονικής κληρονομιάς: η ιστορική συνέχεια που καταμαρτυρούν, η λαϊκή οικοδομική γνώση ή η εξειδικευμένη τεχνογνωσία που φανερώνει η κατασκευή τους, η συμβολή τους στη διαμόρφωση του χαρακτήρα ιστορικών οικισμών και τοπίων, είναι ορισμένα από τα στοιχεία της καθιερωμένης αντίληψης γύρω από τα λιθόστρωτα μονοπάτια και την αξία τους. Από τη σκοπιά της διατήρησης και της προστασίας της κληρονομιάς, τα λιθόστρωτα αντιμετωπίζονται επίσης ως δομικά συστήματα που απαιτούν συγκεκριμένες τεχνικές κατασκευής και μεθόδους συντήρησης. Αυτές οι καθιερωμένες προσλήψεις, ωστόσο, τείνουν να παραβλέπουν μία κρίσιμη διάσταση: τις σύνθετες περιβαλλοντικές λειτουργίες που ενσωματώνονται σε αυτά τα συστήματα.

Τα παραδοσιακά λιθόστρωτα παρουσιάζουν κατασκευαστικές λογικές που ανταποκρίνονται σε θεμελιώδεις περιβαλλοντικές λειτουργίες και προκλήσεις: διήθηση και αποστράγγιση υδάτων, θερμική ρύθμιση σε ποικίλα κλίματα, χρήση ανθεκτικών υλικών, ενσωμάτωση στις τοπικές οικολογικές συνθήκες. Αυτά τα χαρακτηριστικά δεν είναι τυχαία· είναι εγγενή στοιχεία των λιθόστρωτων επιστρώσεων που έχουν προκύψει μέσα από τις μακροχρόνιες διαδικασίες της ιστορικής τους εξέλιξης, μέσα από τη διαγενεακή εμπειρία συγκεκριμένων περιβαλλόντων και τη διαχρονική προσπάθεια των ανθρώπινων κοινοτήτων να ανταποκριθούν σε αυτά αναπτύσσοντας συγκεκριμένους οικοδομικούς και κατασκευαστικούς τύπους.

18

Τα λιθόστρωτα που απαντώνται ακόμη σήμερα σε ιστορικούς τόπους κατάφεραν να επιβιώσουν μέσα από αιώνες χρήσης (και εγκατάλειψης), ακριβώς στον βαθμό που διαχειρίστηκαν επιτυχώς περιβαλλοντικές δυνάμεις και πιέσεις, διοχετεύοντας τα όμβρια ύδατα, ρυθμίζοντας τις επιφανειακές θερμοκρασίες, διατηρώντας τη δομική τους ακεραιότητα μέσα σε ακραίες κλιματικές συνθήκες. Η κατανόηση αυτών των συστημάτων ως περιβαλλοντικών υποδομών, και όχι αποκλειστικά ως πολιτισμικών τεχνουργημάτων ή τεχνικών έργων, ανοίγει νέες προοπτικές τόσο για τη συντήρηση και την προστασία τους όσο και για τη σύγχρονη κατασκευαστική πρακτική.

4.1.2 Μεταξύ κληρονομιάς και περιβαλλοντικής επιστήμης

Παρά την αυξανόμενη αναγνώριση των παραδοσιακών κατασκευαστικών συστημάτων ως δυνητικών προτύπων για το σύγχρονο βιώσιμο σχεδιασμό, η βιβλιογραφία που συνδέει ευθέως τα παραδοσιακά λιθόστρωτα με σύγχρονα περιβαλλοντικά πλαίσια παραμένει περιορισμένη. Στο ευρύτερο πεδίο της προστασίας της κληρονομιάς, η έρευνα επικεντρώνεται στην τεκμηρίωση παραδοσιακών τεχνικών και υλικών λιθόστρωσης, εστιάζοντας περισσότερο σε μεθοδολογίες συντήρησης παρά σε περιβαλλοντικές λειτουργίες, οι οποίες συνήθως θίγονται περιφερειακά. Από την άλλη, η σύγχρονη περιβαλλοντική έρευνα επικεντρώνεται κυρίως σε σύγχρονα διαπερατά συστήματα οδοστρωμάτων ή, όταν στρέφεται σε ιστορικά παραδείγματα, αυτά αφορούν κυρίως παραδοσιακές κατασκευές όπως ξερολιθικοί τοίχοι και αναβαθμίδες, με τα λιθόστρωτα ως επί το πλείστον να απουσιάζουν. Αυτό το βιβλιογραφικό κενό παρουσιάζει μία πρόκληση, με την οποία το παρόν κεφάλαιο αναμετρείται, συνθέτοντας διαθέσιμα στοιχεία από τα δύο πεδία και αναγνωρίζοντας παράλληλα την ανάγκη για περαιτέρω συστηματική έρευνα.

Από την υπάρχουσα έρευνα στο ευρύτερο πεδίο της κληρονομιάς, οι περιβαλλοντικές λειτουργίες των ξερολιθικών κατασκευών γενικά εντοπίζονται κυρίως: α) στο πώς αυτές αποτελούν μέρος ολοκληρωμένων συστημάτων διαχείρισης νερού, β) στην παροχή ενδιαιτημάτων για τη χλωρίδα και την πανίδα και γ) στο μειωμένο περιβαλλοντικό αποτύπωμα της κατασκευής τους χάρη στη χρήση τοπικών υλικών. Από την πλευρά της σύγχρονης περιβαλλοντικής έρευνας, η έμφαση δίνεται στο πώς τα οδοστρώματα μπορούν να επαναπροσδιοριστούν, από συμβατική τεχνική υποδομή σε δυνητική πράσινη υποδομή, ικανή να συμβάλλει σε περιβαλλοντικούς και κλιματικούς στόχους. Στις ευρύτερες περιβαλλοντικές λειτουργίες περιλαμβάνονται η διαχείριση των ομβρίων υδάτων και ο εμπλουτισμός του υδροφόρου ορίζοντα, η υγεία του εδάφους κάτω από διαπερατές επιφάνειες, η υποστήριξη της βιοποικιλότητας μέσω μικρο-ενδιαιτημάτων και η βελτίωση της ποιότητας του νερού μέσω διήθησης. Στις ειδικότερα κλιματικές λειτουργίες η έρευνα γύρω από τα οδοστρώματα εστιάζει στον μετριασμό φαινομένων θερμικής νησίδας μέσω της επιλογής των κατάλληλων υλικών και της ρύθμισης της ανακλαστικότητας, σε διαδικασίες εξατμιστικής ψύξης από διαπερατούς αρμούς και σε ζητήματα κλιματικής προσαρμογής και ανθεκτικότητας.

4.1.3 Οργάνωση κεφαλαίου

Το παρόν κεφάλαιο οργανώνει την περιβαλλοντική λειτουργία των παραδοσιακών λιθόστρωτων σε πέντε άξονες:

- Υδρολογικές λειτουργίες (ενότητα 4.2)
- Θερμικές και κλιματικές λειτουργίες (ενότητα 4.3)
- Υλικά και βιωσιμότητα (ενότητα 4.4)
- Βιοποικιλότητα και ενδιαιτήματα (ενότητα 4.5)
- Πολιτισμική-χρονική διάσταση (ενότητα 4.6)

19

Κατά αυτόν τον τρόπο, το κεφάλαιο θεμελιώνει το οικολογικό και κλιματικό σκεπτικό της παρούσας Τεχνικής Οδηγίας: με ποιους συγκεκριμένους τρόπους οι λιθόστρωτες επιστρώσεις μπορούν να γίνουν κατανοητές ως πράσινες υποδομές. Το κεφάλαιο λειτουργεί συμπληρωματικά με το Κεφάλαιο 5 (Τεχνικά και κατασκευαστικά ζητήματα) και το Κεφάλαιο 6 (Φυσικοί δομικοί λίθοι: κριτήρια επιλογής, γεωλογικά και τεχνικά χαρακτηριστικά), στα οποία παραπέμπει για μία πληρέστερη ανάπτυξη των αντίστοιχων θεμάτων.

Παράλληλα, το κεφάλαιο εντάσσεται οργανικά στο πλαίσιο που θέτει η TOTEE 0 και ειδικότερα στις απαιτήσεις της παραγράφου 18 «Συνυπολογισμός κλιματικής αλλαγής, περιβαλλοντικών ζητημάτων και παραμέτρων αειφορίας στα κείμενα των TOTEE Αειφόρου Δόμησης». Η ανάλυση των πέντε αξόνων αναγνωρίζει την υδρολογική, τη θερμική, την υλική, τη βιολογική και την πολιτισμική-χρονική διάσταση των παραδοσιακών λιθόστρωτων ως πεδία στα οποία αυτά εκπληρώνουν —συχνά υποδειγματικά— τις αρχές που η TOTEE 0 θέτει για το σύνολο των αειφόρων κατασκευών. Στο πλαίσιο αυτό, οι αναφορές στην TOTEE 0 και στα Πρότυπα που αυτή απαριθμεί γίνονται σε δύο επίπεδα: στην εισαγωγή κάθε άξονα, με ρητή σύνδεση των κατηγοριών λειτουργίας με τις αντίστοιχες παραγράφους της TOTEE 0, και εντός των ενοτήτων τεχνικών αρχών και κατευθυντήριων γραμμών σχεδιασμού, με ειδικότερες αναφορές σε σχετικά Ευρωπαϊκά και Διεθνή Πρότυπα.

4.2 Υδρολογικές λειτουργίες

Η διαχείριση υδάτων αποτελεί μία θεμελιώδη περιβαλλοντική λειτουργία των παραδοσιακών λιθόστρωτων. Οι σύγχρονες μη-διαπερατές επιφάνειες εμποδίζουν τη διήθηση, αυξάνοντας τον όγκο και την ταχύτητα της επιφανειακής απορροής, ενώ παράλληλα εξαντλούν τα υπόγεια ύδατα. Αντίθετα, τα παραδοσιακά λιθόστρωτα συνεργάζονται με τη φυσική κίνηση του νερού: η διαπερατή κατασκευή τους επιτρέπει στη βροχή να διηθηθεί, να διαπεράσει το υπόστρωμα και είτε να εμπλουτίσει τα υπόγεια ύδατα είτε να αποστραγγιστεί με τρόπους που μετριάζουν τις αιχμές ροής. Αυτή η υδρολογική λειτουργία ήταν ουσιαστική τόσο για τη λειτουργικότητα όσο και για τη μακροπρόθεσμη δομική ακεραιότητα των λιθόστρωτων μονοπατιών.

Οι λειτουργίες αυτές αντιστοιχούν άμεσα σε δύο κεντρικές απαιτήσεις της TOTEE 0. Πρώτον, στην §18.1.3.1 «Απόκτηση και χρήση υλικών», όπου η υδατοπερατότητα και η διαχείριση υγρασίας ορίζονται ρητά ως βασικά κριτήρια επιλογής υλικών για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή· δεύτερον, στην §18.1.3.2 «Σχεδιασμός και κατασκευή», που εντοπίζει τον «αποδοτικό σχεδιασμό υδάτινων συστημάτων» ως μία από τις βασικές αρχές σχεδιασμού.

4.2.1 Διήθηση και διαπέραση υδάτων στα παραδοσιακά συστήματα

Η παραδοσιακή κατασκευή επιτυγχάνει διαπερατότητα μέσω μιας σειράς χαρακτηριστικών. Οι ανοιχτοί αρμοί μεταξύ των λίθων δημιουργούν διαδρομές για τη διέλευση του νερού: σε αντίθεση με τους σύγχρονους σφραγισμένους αρμούς, τα παραδοσιακά συστήματα διατηρούσαν διαπερατούς αρμούς γεμισμένους με χώμα, άμμο, ψιλό χαλίκι, ή μερικώς ανοιχτούς. Τοποθετημένοι σε τέτοιες στρώσεις έδρασης αντί για βάση σκυροδέματος, οι λίθοι επιτρέπουν την κατακόρυφη κίνηση του νερού. Η κοκκομετρική διαβάθμιση της στρώσης έδρασης διευκολύνει την προσωρινή αποθήκευση του νερού, καθώς και τη συνεχή και σταδιακή του διέλευση. Τέλος, η προετοιμασία του υποστρώματος συνεχίζει την υδραυλική διαδρομή, συνδέοντας τη διήθηση του καταστρώματος με το φυσικό έδαφος και τον εμπλουτισμό των υπογείων υδάτων. Αν και η σχετική έρευνα σε ελληνικά παραδοσιακά λιθόστρωτα παραμένει περιορισμένη, μελέτες σε παραδοσιακούς οικισμούς σε μη-ευρωπαϊκά πλαίσια έχουν καταδείξει την αποτελεσματικότητα των διαπερατών λίθινων καταστρωμάτων στη μείωση του όγκου απορροής και των αιχμών ροής (Li, Zhou, & Tao, 2024), επιβεβαιώνοντας αρχές που έχουν ενσωματωθεί εδώ και αιώνες και στις μεσογειακές παραδόσεις λιθόστρωσης.

20

4.2.2 Συγκράτηση ομβρίων, διαχείριση ροής και ποιότητα νερού

Πέρα από τη διήθηση, τα παραδοσιακά συστήματα παρέχουν πολλαπλές υδρολογικές υπηρεσίες:

- Η συγκράτηση ομβρίων υδάτων συμβαίνει στους διαπερατούς χώρους αρμών, στρώσης έδρασης και υποστρώματος: το νερό αποθηκεύεται προσωρινά και απελευθερώνεται σταδιακά, αντί να συμβάλλει άμεσα στην απορροή. Αυτή η κατανομημένη αποθήκευση γίνεται σημαντική όταν αθροίζεται σε εκτεταμένες επιστρωμένες περιοχές παραδοσιακών οικισμών.
- Η εξομάλυνση της ροής προκύπτει από την ικανότητα συγκράτησης σε συνδυασμό με την πιο αργή κίνηση του νερού μέσω διαπερατών στρωμάτων, μειώνοντας τις αιχμές ροής που προκαλούν πλημμύρες και διάβρωση. Αυτό αποδεικνύεται ιδιαίτερα πολύτιμο σε απότομο έδαφος—χαρακτηριστικό πολλών ελληνικών ορεινών οικισμών—όπου αδιαπέρατες επιφάνειες μπορούν να δημιουργήσουν καταστροφικές

συγκεντρωμένες ροές. Η λαϊκή πρακτική ανέπτυξε συγκεκριμένα κατασκευαστικά στοιχεία για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων. Σε απότομα τμήματα, λίθοι τοποθετημένοι κατακόρυφα εγκάρσια στη ροή—γνωστοί στην παραδοσιακή ορολογία ως *ρίχτια* ή *ούγιες*—εξυπηρετούν μία διπλή λειτουργία: βοηθούν την κίνηση πεζών και ζώων σε κλίσεις, ενώ ταυτόχρονα λειτουργούν ως μικρά φράγματα συγκράτησης που διακόπτουν τη ροή του νερού, κατευθύνοντάς το πλευρικά προς αποχετευτικά κανάλια ή παρακείμενο φυσικό έδαφος και αποτρέποντας τη διάβρωση του ίδιου του μονοπατιού. Στους υπόσκαφους οικισμούς του αρχιπελάγους της Θήρας και της Θηρασίας, ψηλές ξερολιθιές κατά μήκος εποχιακών ρεμάτων ορίζουν τόσο τις διαδρομές κίνησης των ανθρώπων όσο και τη διαχείριση των ομβρίων, διοχετεύοντας το νερό της βροχής προς αρδευτικά συστήματα ή ενσωματωμένες στέρνες για συλλογή (Περιοδεύον Εργαστήριο, 2022). Αυτά τα παραδείγματα καταδεικνύουν πώς η παραδοσιακή κατασκευή επιτυγχάνει ολοκληρωμένη διαχείριση υδάτων μέσω μιας ενιαίας, ολιστικής λογικής—και όχι μέσω ξεχωριστών αποχετευτικών υποδομών.

- Ο εμπλουτισμός υπόγειων υδάτων διατηρεί τα επίπεδα του υδροφόρου ορίζοντα, υποστηρίζοντας τόσο την υδροδότηση—ιδιαίτερα σημαντική σε νησιωτικές και ορεινές περιοχές—όσο και τις οικολογικές λειτουργίες.
- Η βελτίωση ποιότητας νερού επιτυγχάνεται μέσω διήθησης: καθώς τα όμβρια ύδατα διέρχονται από τις στρώσεις του καταστρώματος, η άμμος και το χαλίκι συγκρατούν ιζήματα και ορισμένους ρύπους.

4.2.3 Τεχνικές αρχές που επιτρέπουν την υδρολογική λειτουργία

21

Η ικανότητα ενός λιθόστρωτου να επιτελεί τις υδρολογικές του λειτουργίες εξαρτάται από έναν περιορισμένο αριθμό κατασκευαστικών παραμέτρων, τις οποίες οι μελετητές/τριες καλούνται να σταθμίσουν.

- Η διαμόρφωση των αρμών παρέχει τις κύριες διαδρομές εισόδου του επιφανειακού νερού. Το πλάτος, το βάθος και το υλικό πλήρωσης των αρμών επηρεάζουν τη διηθητική ικανότητα—δηλαδή την ικανότητα διέλευσης του νερού μέσω του καταστρώματος. Τα παραδοσιακά συστήματα εξισορροπούσαν αυτές τις παραμέτρους μέσω αρμών που κυμαίνονταν τυπικά από μερικά χιλιοστά έως πάνω από ένα εκατοστό, ανάλογα με τον τύπο λίθου, τα φορτία κυκλοφορίας πεζών και ζώων, και την τοπική βροχόπτωση. Τα υλικά πλήρωσης—χώμα, άμμος, ψιλό χαλίκι ή μερικώς ανοιχτοί αρμοί—καθορίζουν τους ρυθμούς διήθησης.
- Η επεξεργασία επιφανείας του λίθου επηρεάζει την αλληλεπίδραση του νερού με τις επιφάνειες. Οι τραχιές, αδρές επιφάνειες μειώνουν την ταχύτητα απορροής και ενθαρρύνουν την είσοδο του νερού στους αρμούς. Η παραδοσιακή πρακτική χρησιμοποιούσε τυπικά ελάχιστα επεξεργασμένους λίθους, παρέχοντας υφή που ενισχύει τόσο την πρόσφυση όσο και την υδρολογική λειτουργία.
- Η κοκκομετρική διαβάθμιση της στρώσης έδρασης καθορίζει την κίνηση του νερού από τους επιφανειακούς αρμούς στην υπόβαση. Η παραδοσιακή έδραση από χώμα, άμμο ή χαλίκι παρέχει τόσο δομική στήριξη όσο και υδραυλική αγωγιμότητα. Η κοκκομετρία επηρεάζει τους ρυθμούς διήθησης, απαιτώντας ισορροπία μεταξύ υδρολογικής λειτουργίας και δομικής απόδοσης.

- Η ενσωμάτωση υποστρώματος αποστράγγισης επεκτείνει τη λειτουργία κάτω από το ορατό κατάστρωμα. Τα παραδοσιακά συστήματα ενσωμάτων εγκάρσια κλίση για πλευρική αποστράγγιση, υπόγεια κανάλια και σύνδεση με τις γύρω μη επιστρωμένες περιοχές.

4.2.4 Κατευθυντήριες γραμμές σχεδιασμού

Πέραν των κατασκευαστικών παραμέτρων που εξετάστηκαν παραπάνω, οι μελετητές/τριες καλούνται να συνεκτιμήσουν τα ακόλουθα, σε αναφορά με την εξειδίκευση της TOTEE 0 για τη διαχείριση υδάτων:

- Ενσωμάτωση με την υδρολογία του τόπου: ο σχεδιασμός απαιτεί κατανόηση των προτύπων βροχόπτωσης, της διηθητικής ικανότητας του εδάφους, του βάθους του υπόγειου νερού και του ευρύτερου υδρολογικού πλαισίου. Τόποι με υψηλή στάθμη υπόγειων υδάτων ή αδιαπέρατα υποστρώματα μπορεί να απαιτούν υπόγεια αποστράγγιση για την αποφυγή συσσώρευσης νερού. Η αξιοποίηση κλιματικών και υδρογεωλογικών δεδομένων στον σχεδιασμό αντιστοιχεί στις αρχές της §18.1.2.3 της TOTEE 0 για την ενσωμάτωση κλιματικών δεδομένων· για την κατανόηση του υδρολιθολογικού υποβάθρου της περιοχής παρέμβασης, εξάλλου, μπορεί να αξιοποιείται και ο υδρολιθολογικός χάρτης της Ελλάδας στον οποίο γίνεται αναφορά στο Κεφάλαιο 6.
- Εξισορρόπηση διαπερατότητας με δομικές απαιτήσεις: η μέγιστη διαπερατότητα και η μέγιστη δομική αντοχή μπορεί να μην συμπίπτουν. Ο σχεδιασμός πρέπει να προσαρμόζει τα υδρολογικά μέτρα στις πραγματικές απαιτήσεις—μονοπάτια που εξυπηρετούν κυκλοφορία πεζών και ζώων μπορούν να υιοθετήσουν εντατικά μέτρα διαπερατότητας.
- Πρόβλεψη αναγκών συντήρησης: με τον χρόνο, οι αρμοί ξεπλένονται ή φράζουν, οι στρώσεις έδρασης συμπιέζονται και οι λίθοι μετατοπίζονται ανομοιόμορφα. Η πρόβλεψη αυτών των φαινομένων κατά τον σχεδιασμό διασφαλίζει τη μακροπρόθεσμη λειτουργικότητα του έργου, σε συμφωνία με τις κατευθύνσεις της §18.1.3.3 της TOTEE 0 για τον δυναμικό σχεδιασμό συντήρησης. Σχετικά, μπορεί να ληφθεί υπόψη η σειρά προτύπων ISO 15686 για την προβλεπόμενη διάρκεια ζωής στις δομικές κατασκευές.
- Προσαρμογή στις κλιματικές συνθήκες της περιοχής: οι κλιματικοί παράγοντες επηρεάζουν τον σχεδιασμό διαφορετικά σε ξηρά, υγρά και ψυχρά κλίματα. Σε ξηρές περιοχές και νησιά, η μεγιστοποίηση της διήθησης βοηθά ώστε η βροχόπτωση να συμβάλει στον εμπλουτισμό των υπογείων υδάτων. Σε περιοχές με έντονη βροχόπτωση, η διαχείριση του ρυθμού διήθησης αποτρέπει τον κορεσμό του υποστρώματος. Σε ορεινές περιοχές με κύκλους ψύξης-απόψυξης, η επαρκής αποστράγγιση αποτρέπει τον καταστροφικό σχηματισμό πάγου. Οι αρχές αυτές αντιστοιχούν στις κατευθύνσεις της §18.1.3.2 της TOTEE 0 για την προσαρμογή των κατασκευών σε ακραία καιρικά φαινόμενα.
- Σχετικά, οι μελετητές/τριες μπορούν να ανατρέξουν στις κατευθύνσεις του CEN-CENELEC Guide 32 για την ενσωμάτωση της προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή, καθώς και στα Πρότυπα EN 15978:2011 και ISO 4931-1:2024 για τον σχεδιασμό ανθεκτικότητας σε κτίρια και έργα πολιτικού μηχανικού.

4.3 Θερμικές και κλιματικές λειτουργίες

Τα παραδοσιακά λιθόστρωτα επηρεάζουν τις θερμικές συνθήκες τόσο σε επίπεδο επιφάνειας όσο και μικροκλίματος—λειτουργίες που αποκτούν ιδιαίτερη σημασία σε πυκνούς ιστορικούς οικισμούς και κατά τους θερινούς μήνες σε ευρύτερες δομημένες περιοχές, καθώς τα φαινόμενα θερμικής νησίδας εντείνονται με την κλιματική αλλαγή. Τα λίθινα οδοστρώματα προσφέρουν διακριτά θερμικά χαρακτηριστικά σε σύγκριση με την ασφαλτο και το σκυρόδεμα, που προκύπτουν από τις ιδιότητες των υλικών, τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά και τις αλληλεπιδράσεις με το τοπικό κλίμα. Η σύγχρονη έρευνα καταδεικνύει ολοένα και πιο καθαρά τα θερμικά και κλιματικά οφέλη που μπορούν να προκύψουν από τη χρήση λίθων, ενισχύοντας έτσι τον ρόλο των λίθινων οδοστρωμάτων στον βιώσιμο και κλιματικά προσαρμοσμένο σχεδιασμό.

Οι λειτουργίες αυτές διασταυρώνονται με ρητές κατευθύνσεις της TOTEE 0. Η §18.1.2.3 «Ενσωμάτωση κλιματικών δεδομένων στον σχεδιασμό» κατονομάζει ρητά τη θερμική νησίδα ως ζητούμενο μετριασμού· η §18.1.3.2 «Σχεδιασμός και κατασκευή» περιλαμβάνει τον βιοκλιματικό σχεδιασμό και την προσαρμογή σε ακραία καιρικά φαινόμενα μεταξύ των βασικών αρχών· η §18.3.1 εισάγει την υποχρέωση υπολογισμού του Δυναμικού Υπερθέρμανσης του Πλανήτη καθ' όλο τον κύκλο ζωής των κατασκευών μέσω του EN 15978 και του πλαισίου Level(s), του οποίου ο πέμπτος γενικός στόχος αφορά την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή και την ανθεκτικότητα.

4.3.1 Ρύθμιση επιφανειακής θερμοκρασίας στους παραδοσιακά χρησιμοποιούμενους λίθους

Οι λίθοι παρουσιάζουν θερμικές ιδιότητες θεμελιωδώς διαφορετικές από την ασφαλτο και το σκυρόδεμα:

- Η θερμοχωρητικότητα και η θερμική αγωγιμότητα χαρακτηρίζουν τον τρόπο με τον οποίο τα υλικά αποθηκεύουν και μεταφέρουν θερμότητα. Οι λίθοι διαθέτουν σημαντική θερμοχωρητικότητα—για κάθε μονάδα θερμότητας που απορροφούν, η θερμοκρασία τους αυξάνεται λιγότερο από ό,τι σε υλικά χαμηλότερης θερμοχωρητικότητας—σε συνδυασμό με μέτρια θερμική αγωγιμότητα. Έτσι, οι λίθινες επιφάνειες θερμαίνονται πιο αργά κατά τη διάρκεια της ημέρας από την ασφαλτο και απελευθερώνουν την αποθηκευμένη θερμότητα πιο σταδιακά τη νύχτα, μετριάζοντας τις ακραίες επιφανειακές συνθήκες.
- Η ανακλαστικότητα ποικίλλει σημαντικά ανάλογα με τον τύπο λίθου, κυμαινόμενη από περίπου 0,10-0,20 για σκουρόχρωμους λίθους έως 0,35-0,50 ή υψηλότερα για ανοιχτόχρωμα υλικά. Αυτή η μεταβλητότητα είναι ιδιαίτερα σχετική στα ελληνικά πλαίσια, όπου οι τοπικά διαθέσιμοι λίθοι κυμαίνονται από σκουρόχρωμα υλικά έως τους χαρακτηριστικά ανοιχτόχρωμους ασβεστόλιθους πολλών περιοχών. Ο ανοιχτόχρωμος ασβεστόλιθος και το μάρμαρο μπορούν να μειώσουν σημαντικά την απορρόφηση ηλιακής θερμότητας σε σύγκριση με τη σκούρα ασφαλτο (τυπική ανακλαστικότητα 0,05-0,15). Μελέτες σε ρωμαϊκά sampietrini έχουν τεκμηριώσει μέτριες μειώσεις θερμοκρασίας αέρα σε σύγκριση με την ασφαλτο (Moretti κ.ά., 2021), αποδίδοντας τα οφέλη στις ιδιότητες του υλικού του λίθου και την εξατμιστική ψύξη από τους διαπερατούς αρμούς.

Για τις φυσικές και πετρογραφικές ιδιότητες των ελληνικών λίθων, καθώς και για τις μεθόδους πειραματικού προσδιορισμού τους, οι μελετητές/τριες παραπέμπονται στο Κεφάλαιο 6 της παρούσας Τεχνικής Οδηγίας.

4.3.2 Εξατμιστική ψύξη μέσω διαπερατών αρμών

Οι υδρολογικές και θερμικές λειτουργίες συνδυάζονται και αλληλεπιδρούν μέσω της εξατμιστικής ψύξης. Οι διαπερατοί αρμοί και οι στρώσεις έδρασης συγκρατούν υγρασία μετά τη βροχή. Καθώς η θερμοκρασία αυξάνεται και η υγρασία πέφτει, αυτή η υγρασία εξατμίζεται, αποσπώντας θερμότητα από τα γύρω υλικά και τον αέρα, μειώνοντας τόσο τις επιφανειακές θερμοκρασίες όσο και τις θερμοκρασίες αέρα κοντά στην επιφάνεια. Το μέγεθος του αποτελέσματος εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα υγρασίας, τις ατμοσφαιρικές συνθήκες και την επιφάνεια εξάτμισης. Στα ξηρότερα κλίματα που χαρακτηρίζουν πολλά ελληνικά νησιά και ηπειρωτικές περιοχές, η δυνατότητα εξατμιστικής ψύξης είναι σημαντική όταν υπάρχει διαθέσιμη υγρασία. Αυτή η συνέργεια καταδεικνύει πώς η διαπερατή κατασκευή εξυπηρετεί ταυτόχρονα πολλαπλούς περιβαλλοντικούς στόχους: τα ίδια χαρακτηριστικά που επιτρέπουν τη διήθηση ομβρίων υδάτων διευκολύνουν επίσης την εξατμιστική ψύξη.

4.3.3 Τεχνικές αρχές για τη θερμική-κλιματική λειτουργία

Η ικανότητα ενός λιθόστρωτου να επιτελεί τις θερμικές και κλιματικές του λειτουργίες εξαρτάται από τους ακόλουθους παράγοντες:

- Η επιλογή του υλικού —του συγκεκριμένου τύπου λίθου— αποτελεί τον καθοριστικό θερμικό παράγοντα. Η συγκεκριμένη λιθολογία έχει σημασία: ασβεστόλιθος, μάρμαρο και άλλοι τύποι λίθων συνήθεις στα ελληνικά γεωλογικά πλαίσια παρουσιάζουν διαφορετικές θερμικές αγωγιμότητες, θερμοχωρητικότητες και ανακλαστικότητες. Το χρώμα επηρεάζει έντονα την ηλιακή ανάκλαση: οι ανοιχτόχρωμοι ασβεστόλιθοι και τα μάρμαρα απορροφούν πολύ λιγότερη ηλιακή ενέργεια από τους σκουρόχρωμους λίθους. Ο σχεδιασμός πρέπει να εξισορροπεί τη θερμική βελτιστοποίηση με τη δομική καταλληλότητα, καθώς και με άλλες μέριμνες όπως η διαθεσιμότητα του υλικού, η συμβατότητα με την τοπική οικοδομική παράδοση και το κόστος. Η μέριμνα για ανθεκτικότητα σε ακραίες θερμοκρασίες αποτελεί επίσης ρητό κριτήριο επιλογής υλικών κατά την §18.1.3.1 της TOTEE 0.
- Το μέγεθος λίθου και η θερμοχωρητικότητα επηρεάζουν τη θερμική συμπεριφορά σε κλίμακα καταστρώματος. Μεγαλύτεροι, παχύτεροι λίθοι παρέχουν μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα ανά μονάδα επιφάνειας, μετριάζοντας αποτελεσματικότερα τις διακυμάνσεις θερμοκρασίας.
- Η διαμόρφωση αρμών που επηρεάζει την εξατμιστική ψύξη επικαλύπτεται με τον υδρολογικό σχεδιασμό. Ευρύτεροι αρμοί παρέχουν μεγαλύτερη επιφάνεια για αποθήκευση υγρασίας και εξάτμιση· διαπερατά υλικά πλήρωσης με υψηλό δείκτη κενών προσφέρουν μεγαλύτερη συγκράτηση νερού.
- Η υφή και η τραχύτητα επιφανείας επηρεάζουν τόσο την ανακλαστικότητα όσο και τη μεταφορά θερμότητας με συναγωγή. Η παραδοσιακή πρακτική αποδεχόταν τυπικά φυσικές ή ελάχιστες επεξεργασμένες επιφάνειες, επιτυγχάνοντας μέτρια τραχύτητα που εξισορροπεί πολλαπλά κριτήρια.

4.3.4 Κατευθυντήριες γραμμές σχεδιασμού για θερμική-κλιματική απόδοση

Πλάι στις τεχνικές παραμέτρους που εξετάστηκαν, οι μελετητές/τριες καλούνται να συνεκτιμήσουν τα ακόλουθα:

- Αποτελέσματα μικροκλίματος σε κλίμακα οικισμού: τα μετρήσιμα οφέλη αναδύονται όταν τα λιθόστρωτα καλύπτουν σημαντικές περιοχές. Η στρατηγική χρήση ανοιχτόχρωμου λίθου σε δημόσιους χώρους μπορεί να προσφέρει αξιόλογες βελτιώσεις θερμικής άνεσης, ειδικά σε συνδυασμό με σκίαση δέντρων και υδάτινα στοιχεία.
- Κλιματική ανθεκτικότητα: η μακροζωία των λίθινων καταστροφμάτων σημαίνει ότι οι σχεδιαστικές αποφάσεις επηρεάζουν τις θερμικές συνθήκες για δεκαετίες ή αιώνες· η επιλογή υλικών με καλή απόδοση σε θερμότερες συνθήκες συμβάλλει στη μακροπρόθεσμη προσαρμογή. Η προσέγγιση αυτή αντιστοιχεί στον πέμπτο γενικό στόχο του πλαισίου Level(s) και στο Πρότυπο ISO 4931-1:2024 για τον σχεδιασμό ανθεκτικότητας (resilience design).
- Ενσωμάτωση με τη βλάστηση: η θερμική απόδοση του καταστροφάτος αλληλεπιδρά με τα δέντρα. Η σκίαση κόμης μειώνει το ηλιακό φορτίο, ενώ η διαπερατή κατασκευή υποστηρίζει την υγεία των δέντρων μέσω εδαφικής υγρασίας και ανταλλαγής αερίων. Η συναρμογή αυτή αποτελεί συγκεκριμένη εφαρμογή της αρχής της ολιστικής αντιμετώπισης του εγγύς οικοσυστήματος που αναπτύσσεται και στον άξονα 4.5 του παρόντος κεφαλαίου.
- Συνεκτίμηση των απαιτήσεων του Δυναμικού Υπερθέρμανσης του Πλανήτη: αν και η σχετική κατεύθυνση της §18.3.1 της TOTEE 0 αφορά πρωτίστως τα κτίρια, η λογική του υπολογισμού καθ' όλο τον κύκλο ζωής μέσω του EN 15978:2011 και του πλαισίου Level(s) προσφέρει ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο που μπορεί να αξιοποιηθεί και για τα λιθόστρωτα. Σχετικά με τον σχεδιασμό με γνώμονα την περιβαλλοντική απόδοση μπορούν να ληφθούν υπόψη τα Πρότυπα ISO 14006:2020 (κατευθύνσεις ενσωμάτωσης οικολογικού σχεδιασμού) και ISO 14009:2020 (κατευθύνσεις ενσωμάτωσης κυκλικότητας υλικών στον σχεδιασμό).

25

4.4 Υλικά και βιωσιμότητα

Οι επιλογές των συγκεκριμένων υλικών επηρεάζουν καθοριστικά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις: ενσωματωμένη ενέργεια και άνθρακας, εξάντληση πόρων, διατάραξη οικοσυστημάτων από εξόρυξη, εκπομπές μεταφοράς, παραγωγή αποβλήτων. Τα παραδοσιακά λιθόστρωτα ενσωμάτωναν εξ ανάγκης αρχές υλικής οικολογίας: τοπικά υλικά, ελάχιστη επεξεργασία, κατασκευή προορισμένη να διαρκέσει, δυνατότητα επισκευής και επαναχρησιμοποίησης.

Ο παρών άξονας εστιάζει στην οικολογική και αειφορική διάσταση των αποφάσεων αυτών, παραπέμποντας στο Κεφάλαιο 6 της παρούσας Τεχνικής Οδηγίας για τα γεωλογικά, φυσικοχημικά και φυσικομηχανικά χαρακτηριστικά των φυσικών δομικών λίθων. Οι αρχές που αναπτύσσονται εδώ αντιστοιχούν ευθέως στις κατευθύνσεις της TOTEE 0 — ειδικότερα της §18.1.3.1, που θέτει τα κριτήρια επιλογής υλικών για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή (ανθεκτικότητα, υδατοπερατότητα, μειωμένο περιβαλλοντικό αποτύπωμα, δυνατότητα

επαναχρησιμοποίησης), και της §18.4.2, που εξειδικεύει τις «πτυχές προϊόντων» τις οποίες εισάγει ο Κανονισμός (ΕΕ) 2024/3110 για τα δομικά προϊόντα (ανθεκτικότητα, δυνατότητα επισκευής, ανακυκλωσιμότητα, περιεκτικότητα σε ανακυκλωμένο υλικό, μειωμένο ανθρακικό αποτύπωμα). Συμπληρωματικά, για την αναλυτική περιβαλλοντική αποτίμηση των επιλογών υλικών μπορεί να αξιοποιηθεί το μεθοδολογικό πλαίσιο υπολογισμού του Δυναμικού Υπερθέρμανσης του Πλανήτη καθ' όλο τον κύκλο ζωής που εισάγει η §18.3.1 της TOTEE 0 (μέσω του Προτύπου EN 15978 και του πλαισίου Level(s))· η λογική του κύκλου ζωής στα λιθόστρωτα εξετάζεται ειδικότερα στην ενότητα 4.4.2 που ακολουθεί.

Επιπρόσθετα, αξίζει να σημειωθεί ότι, σε αντιδιαστολή με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που η §18.2.2 της TOTEE 0 αναγνωρίζει ως κρίσιμες για τις σύγχρονες κατασκευαστικές πρακτικές, εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, ατμοσφαιρική ρύπανση από σωματίδια και τοξικά αέρια, εξάντληση μη ανανεώσιμων πόρων, η κατασκευή και λειτουργία των λιθόστρωτων με τη μέθοδο της ξερολιθικής δόμησης δεν παράγει εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, δεν εισάγει στην ατμόσφαιρα σωματίδια ή τοξικά αέρια, και δεν εξαντλεί μη ανανεώσιμους πόρους. Παράλληλα, η πρακτική αυτή είναι εξαιρετικά συμβατή με την αρχή της πρόληψης της ρύπανσης που η §18.2.1.1 της TOTEE 0 ιεραρχεί ως πρωταρχική: η στοιχειακή λογική της κατασκευής έχει ιστορικά διευκολύνει την επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση λίθων στην ίδια ή σε άλλη κατασκευή και διατηρεί ως δυνατότητα τη συστηματικότερη αξιοποίηση αυτής της αρχής στη σύγχρονη πρακτική, υπό κατάλληλες συνθήκες μελέτης και προετοιμασίας (κατευθύνσεις περιλαμβάνονται στο Κεφάλαιο 6 της παρούσας Τεχνικής Οδηγίας). Έτσι, τα παραδοσιακά λιθόστρωτα δεν αποτελούν απλώς μία ουδέτερη ως προς το περιβάλλον επιλογή, αλλά, όταν κατασκευάζονται και συντηρούνται με τον κατάλληλο τρόπο, μπορούν να συνιστούν θετικό περιβαλλοντικό παράδειγμα: σημείο αναφοράς για τη βαθύτερη ενσωμάτωση αρχών αειφορίας στη σύγχρονη πρακτική.

26

4.4.1 Τοπική προμήθεια υλικών στην παραδοσιακή πρακτική

Η παραδοσιακή κατασκευή λειτουργούσε υπό έναν βασικό περιορισμό: η μεταφορά υλικών ήταν δαπανηρή και, κατά κανόνα, περιορισμένης εμβέλειας. Το γεγονός αυτό οδηγούσε σε εξάρτηση από τοπικά λατομημένο λίθο, συνήθως από την ίδια περιοχή ή τα άμεσα περίχωρα. Η τοπική, περιφερειακή κλίμακα της κατασκευής ελαχιστοποιούσε την ενσωματωμένη ενέργεια, δηλαδή την ενέργεια που καταναλώνεται κατά την εξόρυξη, την επεξεργασία και τη μεταφορά του υλικού. Οι λίθοι που εξορύσσονταν κοντά στην τοποθεσία του έργου απαιτούσαν λιγότερη ενέργεια μεταφοράς, ενώ η ελάχιστη επεξεργασία, σχιστοί ή αδρά διαμορφωμένοι λίθοι, μείωνε περαιτέρω την ενεργειακή κατανάλωση. Την ίδια στιγμή, τα οφέλη από τη χρήση τοπικών υλικών εκτείνονται πέρα από την ενέργεια: μειωμένες εκπομπές μεταφοράς, περιορισμένη διατάραξη οικοσυστημάτων, διατήρηση τοπικών οικονομικών κύκλων και αρμονική ένταξη στο τοπίο.

Η σύγχρονη ευρωπαϊκή και εθνική στρατηγική για την αειφόρο δόμηση συγκλίνει με αυτήν την παραδοσιακή λογική και την επικαιροποιεί, θεσπίζοντας τη χρήση τοπικών πρώτων υλών και την αξιοποίηση των ιδιαίτερων πολιτισμικών και γεωπεριβαλλοντικών χαρακτηριστικών κάθε τόπου ως κεντρικές αρχές. Πιο συγκεκριμένα, οι κατευθύνσεις περιλαμβάνουν τη χρήση φυσικών πρώτων υλών που παράγονται με τη βέλτιστη διαχείριση τοπικών οικοσυστημάτων, τη βελτίωση της παραγωγικής διαδικασίας μέσω αποκεντρωμένων μονάδων μικρότερης κλίμακας, την ενσωμάτωση πρακτικών ανακύκλωσης και επανάχρησης, και τον σχεδιασμό με βάση τη φέρουσα ικανότητα κάθε τόπου. Οι αρχές αυτές αποκτούν πρόσθετη επικαιρότητα σε μία συγκυρία αυξανόμενων τιμών καυσίμων και πιέσεων για περιορισμό των εκπομπών

άνθρακα από τη μεταφορά υλικών, που καθιστά τη στροφή σε ένα τοπικά οργανωμένο μοντέλο παραγωγής και προμήθειας πρώτων υλών (αντίστροφη εφοδιαστική αλυσίδα, reverse supply chain) όλο και πιο επιτακτική.

Η σχετική νομοθεσία και τα ζητήματα μικρής κλίμακας εξόρυξης λίθων για έργα αποκατάστασης μνημείων και ιστορικών οικισμών, όπως το παράδειγμα της αναστήλωσης του ιστορικού λίθινου γεφυριού της Πλάκας στον ποταμό Άραχθο, αναπτύσσονται διεξοδικά στο Κεφάλαιο 6 της παρούσας Τεχνικής Οδηγίας. Στο επίπεδο των αρχών, η τοπική προμήθεια αντιστοιχεί άμεσα στις στρατηγικές προμήθειας υλικών της §18.1.3.1 της TOTEE 0, που προτείνει ρητά την «ενίσχυση της τοπικής παραγωγής με στόχο τη μείωση των εκπομπών άνθρακα από τη μεταφορά μέσω της χρήσης υλικών από κοντινές πηγές». Σχετικό για την αξιοποίηση των αρχών αυτών σε επίπεδο προμηθειών είναι το Πρότυπο ISO 20400:2017 για την αιφορική προμήθεια.

4.4.2 Ανθεκτικότητα και απόδοση κύκλου ζωής

Τα άρτια κατασκευασμένα λίθινα καταστρώματα μπορούν να επιβιώσουν για 100, 200 ή ακόμη και 500 χρόνια, υπερβαίνοντας κατά πολύ τη διάρκεια ζωής των σύγχρονων οδοστρωμάτων, εξαιρετικά παραδείγματα ιστορικών λίθινων οδοστρωμάτων ρωμαϊκής εποχής παραμένουν λειτουργικά σε αρκετές ευρωπαϊκές πόλεις (Garilli, Autelitano, Roncella, & Giuliani, 2020^{**}; ^{**} Moretti κ.ά., 2021^{**}; ^{**} Wasserman & Shohet, 2024). Αυτό μεταφράζεται σε περιβαλλοντικά οφέλη μέσω της μειωμένης κατανάλωσης υλικών και των χαμηλότερων συσσωρευτικών επιπτώσεων κύκλου ζωής. Για να γίνει κατανοητή η διαφορά: τα ασφαλικά οδοστρώματα απαιτούν τυπικά μείζονα παρέμβαση κάθε 15-25 χρόνια και πλήρη αντικατάσταση επιφανείας σε χρονικό ορίζοντα 25 ετών, ενώ τα σκυροδετημένα οδοστρώματα συμβατικού σχεδιασμού έχουν τυπική διάρκεια ζωής 30-50 ετών. Σε έναν αιώνα, η ασφαλτος μπορεί να αντικατασταθεί 4-6 φορές, ενώ το λίθινο κατάστρωμα που κατασκευάστηκε μία φορά συνεχίζει να λειτουργεί. Κάθε αντικατάσταση περιλαμβάνει εξόρυξη υλικών, παραγωγή, μεταφορά, εγκατάσταση και απόρριψη, επιπτώσεις που συσσωρεύονται σε κύκλους.

Οι μηχανισμοί που επιτρέπουν την ανθεκτικότητα περιλαμβάνουν: την εγγενή σκληρότητα και αντίσταση του λίθου στις καιρικές συνθήκες, τη στοιχειακή κατασκευή (modular) που επιτρέπει εντοπισμένη επισκευή, την εγκατάσταση εν ξηρώ που ανέχεται κίνηση υποστρώματος, και την ικανότητα συντήρησης μέσω αντικατάστασης μεμονωμένων λίθων. Οι σχετικές φυσικοχημικές και φυσικομηχανικές ιδιότητες των λίθων, καθώς και τα Ευρωπαϊκά Πρότυπα δοκιμών (EN 1926 για τη μονοαξονική θλίψη, EN 12372 για την κάμψη, EN 1936 για την πυκνότητα και το πορώδες, EN 13755 για την υδαταπορρόφηση, EN 12371 για την αντίσταση σε παγετό, EN 14157 για την αντίσταση σε τριβή, EN 13501-1 για την αντίδραση σε φωτιά), εξετάζονται διεξοδικά στο Κεφάλαιο 6 της παρούσας Τεχνικής Οδηγίας.

Σε επίπεδο μεθοδολογίας κύκλου ζωής, η §18.3.1 της TOTEE 0 ορίζει ως πλαίσιο αναφοράς το Πρότυπο EN 15978:2011 (Βιωσιμότητα κατασκευαστικών έργων – Αξιολόγηση του περιβαλλοντικού αντικτύπου των κτιρίων), σε συνδυασμό με το πλαίσιο Level(s) της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Η μέθοδος του EN 15978 χωρίζει τον κύκλο ζωής σε τέσσερις φάσεις (προϊόντα και κατασκευή, λειτουργία, τέλος ζωής, επανεκκίνηση πέραν του κύκλου ζωής), μία λογική που μπορεί κατ' αναλογία να εφαρμοστεί και στα λιθόστρωτα, με τη διαφορά ότι, όπως σημειώνεται και στο Κεφάλαιο 6, στην παραδοσιακή ξερολιθική δόμηση η φάση της παραγωγής αντικαθίσταται από εκείνη της επεξεργασίας λόγω της αμιγώς φυσικής προέλευσης των πρώτων υλών. Στις πτυχές προϊόντων που η §18.4.2 της TOTEE 0 παραπέμπει από τον Κανονισμό (ΕΕ) 2024/1781, η ανθεκτικότητα, η αξιοπιστία και η

δυνατότητα συντήρησης κατέχουν εξέχουσα θέση, χαρακτηριστικά που τα λιθόστρωτα ικανοποιούν εξ ορισμού. Σχετικά, μπορούν να ληφθούν υπόψη και τα Πρότυπα ISO 21930:2017 (αειφορικότητα δομικών προϊόντων) και η σειρά ISO 15686 (προβλεπόμενη διάρκεια ζωής).

4.4.3 Κυκλικότητα υλικών: επαναχρησιμοποίηση, συντήρηση και ανακύκλωση

Τα παραδοσιακά συστήματα ενσωματώνουν αρχές κυκλικής οικονομίας μέσω της δυνατότητας μερικής επισκευής, της επαναχρησιμοποίησης επιμέρους στοιχείων ή τμημάτων και της ανακύκλωσης υλικών:

- Η στοιχειακή (modular) λογική που διέπει την κατασκευή τους, μεμονωμένοι λίθοι που μπορούν να αφαιρεθούν, να καθαριστούν, να εγκατασταθούν εκ νέου, επιτρέπει συντήρηση χωρίς πλήρη ανακατασκευή.
- Η συντήρηση και επισκευή πραγματοποιούνται με επιλεκτικές επεμβάσεις: αντικατάσταση κατεστραμμένων λίθων, επαναοριζοντίωση καθιζηγμένων περιοχών, επαναπλήρωση αρμών, αντιμετώπιση προβλημάτων του υποστρώματος. Αυτή η λογική αντιτίθεται εμφανώς στα μονολιθικά οδοστρώματα, όπου η εντοπισμένη αστοχία συχνά απαιτεί μεγαλύτερες παρεμβάσεις.
- Η επαναχρησιμοποίηση υλικών που προέρχονται από άλλες κατασκευές ή δραστηριότητες (όπως είναι για παράδειγμα ο εποχιακός καθαρισμός των χωραφιών) εφαρμόζεται εδώ και αιώνες στην κατασκευή και τη συντήρηση των λιθόστρωτων. Η σύγχρονη πρακτική μπορεί να αναπτύξει περαιτέρω τη λογική της ενσωμάτωσης συστηματικά ανακτημένων λίθων, αξιοποιώντας ροές υλικών που σήμερα κατατάσσονται στα Απόβλητα Εκσκαφών, Κατασκευών & Κατεδαφίσεων (ΑΕΚΚ)· οι σχετικές νομοθετικές προβλέψεις της εθνικής και της κοινοτικής νομοθεσίας παρουσιάζονται διεξοδικά στα Κεφάλαια 2 και 6 της παρούσας Τεχνικής Οδηγίας.
- Η ανακύκλωση στο τέλος ζωής επιτρέπει τη χρήση θρυμματισμένου λίθου ως αδρανούς – σε βάση καταστρώματος ή άλλες εφαρμογές.

Οι παραπάνω πρακτικές αντιστοιχούν με ακρίβεια στις «πτυχές προϊόντων» που η §18.4.2 της TOTEE 0 ανακαλεί από τον Κανονισμό (ΕΕ) 2024/1781—ιδίως τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης, τη δυνατότητα επισκευής, τη δυνατότητα συντήρησης, την ανακυκλωσιμότητα και τη δυνατότητα ανάκτησης υλικών. Παράλληλα, εμπίπτουν στην ιεραρχική αρχή της πρόληψης της ρύπανσης που η §18.2.1.1 της TOTEE 0 περιγράφει, η οποία προάγει την πρόληψη στην πηγή και θέτει μεταξύ των επιλογών την εσωτερική επαναχρησιμοποίηση ή ανακύκλωση υλικών. Σχετικά για τον σχεδιασμό με γνώμονα την κυκλικότητα είναι το Πρότυπο ISO 14009:2020 (κατευθύνσεις ενσωμάτωσης κυκλικότητας υλικών στον σχεδιασμό), καθώς και τα Πρότυπα της σειράς ISO 14040/14044 για την Ανάλυση Κύκλου Ζωής (LCA), στα οποία παραπέμπει η §18.1.2.1 της TOTEE 0.

4.4.4 Τεχνικές αρχές και κατευθυντήριες γραμμές σχεδιασμού

Στο επίπεδο των αρχών και των κατευθυντηρίων γραμμών σχεδιασμού, οι μελετητές/τριες καλούνται να συνεκτιμήσουν:

- Κριτήρια επιλογής λίθου με ολοκληρωμένο περιβαλλοντικό περιεχόμενο: δείκτες ανθεκτικότητας (σκληρότητα, αντίσταση σε τριβή, αντίσταση σε παγετό, χημική σταθερότητα) πρέπει να σταθμίζονται παράλληλα με τη γεωγραφική προέλευση

(προτίμηση σε τοπικά υλικά) και τη συμβατότητα με την τοπική οικοδομική παράδοση. Η πλήρης τεχνική αξιολόγηση των διαθέσιμων λίθων και τα αντίστοιχα Ευρωπαϊκά Πρότυπα δοκιμών αναπτύσσονται στο Κεφάλαιο 6 της παρούσας Τεχνικής Οδηγίας.

- Έμφαση στη στοιχειακή (modular) λογική της κατασκευής: η αποφυγή αρμών με κονίαμα διασφαλίζει την ικανότητα μη καταστροφικής αποσυναρμολόγησης και αντικατάστασης λίθων. Η αρχή αυτή αποτελεί προαπαιτούμενο για όλες τις άλλες αρχές κυκλικότητας.
- Σχεδιασμός για μελλοντική επαναχρησιμοποίηση: η αποφυγή συνδετικών υλικών χημικής σύστασης διατηρεί τη δυνατότητα επιλογής κάθε μεμονωμένου λίθου για μελλοντική ενσωμάτωση σε άλλη κατασκευή. Η συγκεκριμένη αρχή έχει ιδιαίτερη σημασία για την προστασία ιστορικών υλικών.
- Συνεκτίμηση του πλήρους κύκλου ζωής κατά τη μελέτη: το αρχικό κόστος αποτελεί μόνο ένα στοιχείο, παράλληλα με τη συντήρηση, τη διάρκεια ζωής και τις επιπτώσεις τέλους ζωής. Η συνεκτίμηση αυτή αντιστοιχεί στην προσέγγιση του EN 15978:2011 και του πλαισίου Level(s), και ευθυγραμμίζεται με τη μέθοδο Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (LCA) που περιγράφει η σειρά ISO 14040/14044.
- Τεκμηρίωση περιβαλλοντικών επιδόσεων και αρχές αειφορικής προμήθειας: όπου το έργο προμηθεύεται εμπορικά υλικά, η επιλογή προϊόντων με δηλωμένες περιβαλλοντικές επιδόσεις (Environmental Product Declarations – EPDs, σύμφωνα με τα Πρότυπα EN 15804:2012+A2:2019 και ISO 14025:2006) επιτρέπει τη συγκριτική αξιολόγηση και την τεκμηριωμένη επιλογή υλικών με χαμηλότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Επιπλέον, σε έργα που εκτελούνται από φορείς του δημόσιου τομέα, οι αρχές της αειφορικής προμήθειας που περιγράφει το Πρότυπο ISO 20400:2017 μπορούν να ενσωματώσουν συστηματικά την προτίμηση σε τοπικά υλικά, σε υλικά με χαμηλό ενσωματωμένο άνθρακα και σε υλικά που πληρούν περιβαλλοντικά κριτήρια από τις πρώτες φάσεις του σχεδιασμού.
- Προδιαγραφές για επανάχρηση λιθοσωμάτων από άλλες κατασκευές: σχετικές κατευθύνσεις περιλαμβάνονται στην ΕΤΕΠ 03-02-01-00 και αναπτύσσονται διεξοδικά στο Κεφάλαιο 6 της παρούσας Τεχνικής Οδηγίας. Από οικολογική σκοπιά, η επανάχρηση συνιστά την πλέον αποδοτική μορφή κυκλικότητας, καθώς αποφεύγει τόσο τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της εξόρυξης όσο και εκείνες της θρυμμάτισης σε αδρανές.

29

4.5 Βιοποικιλότητα και ενδιαιτήματα

Ο άξονας βιοποικιλότητας και ενδιαιτημάτων λαμβάνει τη λιγότερη προσοχή στην υπάρχουσα βιβλιογραφία για τα λιθόστρωτα—με το μεγαλύτερο μέρος της σχετικής έρευνας να αφορά ξερολιθικούς τοίχους και αναβαθμίδες. Τα λιθόστρωτα είναι πρωτίστως σκληρές επιφάνειες για κυκλοφορία πεζών και ζώων· η βιολογική τους συνεισφορά είναι πιο περιορισμένη από τις κατακόρυφες ξερολιθικές κατασκευές. Σε αντίθεση με τους τοίχους που διαθέτουν βαθιές σχισμές και μπορούν έτσι να παρέχουν καταφύγιο για ζώα, οι αρμοί των λιθόστρωτων είναι γεμισμένοι με άμμο ή χώμα, και η πυκνή συναρμογή της κατασκευής περιορίζει την κίνηση της πανίδας. Παρόλα αυτά, τα λιθόστρωτα μονοπάτια μπορούν να υποστηρίξουν την ανάπτυξη χλωρίδας στους αρμούς και τα άκρα τους, ενθαρρύνουν την ανάπτυξη ζωής

εδάφους κάτω από τις διαπερατές τους επιφάνειες και συμβάλλουν στη διατήρηση της συνδεσιμότητας για εδαφικούς οργανισμούς. Αυτές οι λειτουργίες συμπληρώνουν, και ενισχύουν περαιτέρω, την αξία ενδιαιτήματος των ξερολιθικών τοίχων, των αναβαθμών και των φυτεύσεων που συνδέονται με τα λιθόστρωτα, συμβάλλοντας έτσι στην ενδυνάμωση του ευρύτερου ανθρωπογενούς οικοσυστήματος στο οποίο εντάσσονται.

Ο άξονας αντιστοιχεί στενά σε μία από τις πιο συγκεκριμένες απαιτήσεις της TOTE 0: η §18.4.4 ορίζει ρητά ως ειδικό θέμα σε οποιοδήποτε έργο αειφόρου δόμησης τη «διασφάλιση του εγγύς οικοσυστήματος», παραπέμποντας στα Πρότυπα EN 17680:2023, ISO/DTR 7016, ISO/TS 12720:2024 και ISO 15392:2019. Επιπλέον, ο πέμπτος γενικός στόχος του πλαισίου Level(s) (προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή και ανθεκτικότητα) έχει ευρύτερες εφαρμογές που περιλαμβάνουν την υποστήριξη της βιοποικιλότητας.

4.5.1 Υγεία εδάφους και βιολογική δραστηριότητα κάτω από διαπερατά καταστρώματα

Τα μη-διαπερατά καταστρώματα δημιουργούν εχθρικές συνθήκες για τα εδαφικά οικοσυστήματα, αποστειρώνοντας ουσιαστικά το έδαφος που βρίσκεται κάτω τους: αποκλείουν τον αέρα, το νερό και παρεμποδίζουν τις βιολογικές αλληλεπιδράσεις. Αντίθετα, τα διαπερατά καταστρώματα, διατηρώντας το πορώδες και επιτρέποντας την κίνηση του νερού και του αέρα, διασφαλίζουν τις συνθήκες που είναι απαραίτητες για την ανάπτυξη εδαφικής βιολογικής δραστηριότητας. Σύγχρονη συγκριτική έρευνα τεκμηριώνει ότι τα εδάφη κάτω από διαπερατές και ιδίως πορώδεις επιφάνειες διατηρούν θερμοκρασίες, υγρασία και ροές διοξειδίου του άνθρακα συγκρίσιμες με εκείνες των ακάλυπτων εδαφών, σε αντιδιαστολή με τα εδάφη κάτω από άσφαλτο και αδιαπέρατο σκυρόδεμα, τα οποία εμφανίζουν σημαντική υπερθέρμανση, μειωμένη βιολογική δραστηριότητα και συσσώρευση CO₂ (Fini, Frangi, Mori, Donzelli, & Ferrini, 2017^{*,**}; Scholz & Grabowiecki, 2007). Ιδιαίτερα σε παραδοσιακά λιθόστρωτα με στρώση έδρασης από άμμο ή χαλίκι πάνω σε στοιχειωδώς επεξεργασμένα υποστρώματα, η βιολογική λειτουργία μπορεί να υπερβαίνει εκείνη των σύγχρονων διαπερατών συστημάτων σκυροδέματος με υψηλά συμπιεσμένες βάσεις.

30

4.5.2 Παροχή μικρο-ενδιαιτημάτων και οικολογική συνδεσιμότητα

Οι επιφάνειες καταστρώματος μπορούν να παρέχουν περιορισμένα μικρο-ενδιαιτήματα σε αρμούς και κενά μεταξύ λίθων. Αυτοί οι χώροι, μερικώς γεμισμένοι με κοκκώδη υλικά και εκτεθειμένοι σε βροχόπτωση, μπορούν να υποστηρίξουν βρύα, λειχήνες, μικρά φυτά και ασπόνδυλα. Αν και από τη σκοπιά της μηχανικής αυτές οι κοινότητες συχνά θεωρούνται ανεπιθύμητες, η συμβολή τους στη βιοποικιλότητα σε κλίμακα οικισμού οφείλει να λαμβάνεται υπόψη. Μελέτη περίπτωσης που πραγματοποιήθηκε στην Ιρλανδία ανέδειξε την οικολογική αξία των τοίχων από ξερολιθιά, οι οποίοι υποστηρίζουν την αποίκιση διακριτών συγκροτημάτων φυτών που διαφέρουν από τους γύρω οικοτόπους, λειτουργώντας ως δυνητικά καταφύγια βιοποικιλότητας (Hollingsworth & Collier, 2020).

Η δέσμευση άνθρακα αποτελεί ένα επιπλέον όφελος του βιολογικού αποικισμού, αν και σε ό,τι αφορά τα καταστρώματα τα στοιχεία παραμένουν περιορισμένα. Έρευνα σε εδάφη καλυμμένα με βρύα τεκμηριώνει σημαντική απορρόφηση άνθρακα σε παγκόσμια κλίμακα: περίπου 6,43 δισεκατομμύρια τόνους άνθρακα ετησίως, νούμερο συγκρίσιμο με τις συνολικές εκπομπές μεγάλων βιομηχανικών χωρών (Eldridge κ.ά., 2023). Μελέτες ξερολιθικών τοίχων επιβεβαιώνουν ότι κοινότητες βρύων και λειχήνων σε λίθινες κατασκευές συμβάλλουν σημαντικά σε αυτή τη διαδικασία. Το κατά πόσο μπορεί να επιτευχθεί μία συγκρίσιμη δέσμευση σε οριζόντιες επιστρωμένες επιφάνειες, υποκείμενες σε κυκλοφορία πεζών,

καιρικές συνθήκες και περιοδική συντήρηση, απαιτεί περαιτέρω έρευνα. Το όφελος είναι πιθανόν μέτριο σε λειτουργικά μονοπάτια, όπου ο αποικισμός συγκεντρώνεται σε αρμούς, άκρα και τμήματα χαμηλής κυκλοφορίας παρά στις επιφάνειες βάδισης. Παρόλα αυτά, η οικολογική συνέχεια μεταξύ ξερολιθικών τοίχων και λιθόστρωτων εν ξηρώ υποδεικνύει ότι αυτός είναι ένας υποσχόμενος τομέας για μελλοντική έρευνα, που μπορεί να αποκαλύψει υποτιμημένες κλιματικές συνεισφορές.

Σημαντικό είναι επίσης να σημειωθεί ότι η οικολογική λειτουργία εξαρτάται από το πλαίσιο χρήσης. Σε περιβάλλοντα εντατικής χρήσης και διαχείρισης, ο βιολογικός αποικισμός μπορεί να είναι ελάχιστος. Σε πλαίσια χρήσης χαμηλότερης έντασης, χαρακτηριστικά πολλών παραδοσιακών ελληνικών οικισμών, όπως αγροτικά μονοπάτια, ιστορικοί δρόμοι χωριών, τόποι κληρονομιάς, οι αρμοί των λιθόστρωτων μπορούν να φιλοξενούν ποικίλες κοινότητες εξειδικευμένων οργανισμών.

Επιπλέον, η συνδεσιμότητα αποτελεί μία ακόμη λειτουργία, εφόσον τα διαπερατά καταστρώματα μπορούν να επιτρέψουν την κίνηση εδαφικών οργανισμών διαμέσου ευρύτερων αφιλόξενων επιστρωμένων περιοχών.

Τέλος, η υποστήριξη ριζικών ζωνών δέντρων παρέχει ίσως τη σημαντικότερη λειτουργία ενδιαίτηματος, αφού η διαπερατή κατασκευή γύρω από δέντρα δρόμου διατηρεί τη διήθηση νερού και την ανταλλαγή αερίων με το λιγότερο συμπιεσμένο υπόστρωμα, υποστηρίζοντας την υγεία των δέντρων και την άγρια ζωή που τα υγιή δέντρα με τη σειρά τους συντηρούν (Morgenroth, 2011; Fini κ.ά., 2017).

4.5.3 Τεχνικές αρχές και κατευθυντήριες γραμμές σχεδιασμού

31

Για την υποστήριξη της βιολογικής λειτουργίας των λιθόστρωτων, οι μελετητές/τριες καλούνται να συνεκτιμήσουν:

- Μεγιστοποίηση της διαπερατότητας: εξυπηρετεί τόσο υδρολογικούς όσο και βιολογικούς στόχους και μπορεί να επιτευχθεί μέσω της χρήσης διαπερατών υλικών πλήρωσης και υποστρώματος που διατηρεί πορώδες.
- Διασφάλιση οικολογικής συνδεσιμότητας με το περιβάλλον έδαφος: τα θεμέλια σκυροδέματος και τα φράγματα γεωυφάσματος διακόπτουν τη βιολογική σύνδεση μεταξύ καταστρώματος και υποκείμενων εδαφικών οικοσυστημάτων. Η παραδοσιακή κατασκευή εν ξηρώ σε στρώση άμμου ή χαλικιού διατηρεί αυτή τη σύνδεση. Κατά την ανακατασκευή, η διατήρηση ή επαναχρησιμοποίηση υφιστάμενων λίθων—που τυπικά υποστηρίζουν εγκατεστημένες κοινότητες λειχήνων και βρύων—επιταχύνει τον βιολογικό επαναποικισμό. Η βιολογική δυνατότητα κάθε καταστρώματος εξαρτάται από το περιβάλλον πλαίσιο: μονοπάτια παρακείμενα σε πλούσια βλάστηση προσφέρουν μεγαλύτερες δεξαμενές ειδών για αποικισμό.
- Επιλογή υλικών πλήρωσης αρμών με βάση τις συνθήκες συντήρησης: η άμμος μόνη παρέχει ελάχιστο οργανικό περιεχόμενο, αλλά άμμος αναμεμιγμένη με λεπτή οργανική ύλη μπορεί να υποστηρίξει μικροβιακές κοινότητες. Η καταλληλότητα εξαρτάται από την ένταση συντήρησης: τυπικά περιβάλλοντα απαιτούν καθαρούς αρμούς· αγροτικά μονοπάτια ή τόποι κληρονομιάς μπορεί να ανέχονται τον αποικισμό.
- Ενσωμάτωση με τη βλάστηση: ο σχεδιασμός απαιτεί τον συντονισμό της ανάπτυξης του καταστρώματος με σχέδια φύτευσης. Κοντά σε δέντρα, το υπόστρωμα του

καταστρώματος μπορεί να συνδεθεί με έδαφος φύτευσης, επιτρέποντας την ανάπτυξη ριζών πέρα από τυπικά φρεάτια φύτευσης.

- Προσεγγίσεις συντήρησης: επηρεάζουν σημαντικά τη βιολογική λειτουργία, με την επιθετική συντήρηση να ελαχιστοποιεί τη βιολογική δραστηριότητα και τη λιγότερο εντατική συντήρηση να ανέχεται τον αποικισμό, εγείροντας εντούτοις λειτουργικά ζητήματα τα οποία οφείλουν να λαμβάνονται υπόψη κατά τον σχεδιασμό.
- Σχετικά Πρότυπα: για την ενσωμάτωση της προστασίας του εγγύς οικοσυστήματος στη μελέτη, οι μελετητές/τριες παραπέμπονται στα Πρότυπα που η §18.4.4 της TOTEE 0 ονομάζει ρητά: EN 17680:2023 (αιφορικότητα κατασκευαστικών έργων— αξιολόγηση δυνατότητας ανακαίνισης κτιρίων), ISO 15392:2019 (γενικές αρχές αιφορικότητας κατασκευών), ISO/TS 12720:2024 και ISO/DTR 7016.

4.6 Πολιτισμική-χρονική διάσταση

Η πολιτισμική-χρονική διάσταση διακρίνει θεμελιωδώς τα παραδοσιακά συστήματα από τις σύγχρονες τεχνολογίες διαπερατών οδοστρωμάτων. Ο σύγχρονος σχεδιασμός τυπικά εκκινεί από αφηρημένες αρχές που υλοποιούνται μέσω τυποποιημένων-βιομηχανικών διαδικασιών· τα παραδοσιακά συστήματα, αντίθετα, ενσωματώνουν γνώση που έχει οικοδομηθεί μέσα από αιώνες χρήσης και κατασκευής, μεταδιδόμενη από γενιά σε γενιά και σε διαρκή αλληλεπίδραση με τις τοπικές συνθήκες. Η προσέγγιση της έννοιας του Ιστορικού Αστικού Τοπίου από την UNESCO (2018) αναγνωρίζει τα παραδοσιακά αστικά πρότυπα ως ζωντανά συστήματα που ενσαρκώνουν προσαρμοστική ικανότητα και τοπική σοφία, συμβάλλοντας έτσι στη διατήρηση της πολιτισμικής συνέχειας, τη μετάδοση της τεχνικής γνώσης, την ενίσχυση της περιφερειακής ταυτότητας, και μέσω όλων των παραπάνω, επιδεικνύοντας κατασκευαστικές και σχεδιαστικές προσεγγίσεις ανθεκτικές στο πέρασμα των αιώνων.

Η TOTEE 0 αναγνωρίζει ρητά τη σημασία της διάστασης αυτής: στην §18.4.3 περιλαμβάνει την ανάγκη συνεκτίμησης «όλων των σχετικών διαγενεακών, διαπεριφερειακών και ενδοκοινωνικών παραγόντων», ενώ στην §18.4.1 εισάγει μία ακριβή ορολογική διάκριση μεταξύ των όρων «αιφόρος» (επίθετο που περιγράφει κατάσταση, στόχο ή ιδιότητα που διατηρείται διαχρονικά) και «αιφορικός» (επίθετο που περιγράφει δράση, διαδικασία ή προσέγγιση που προάγει ή εφαρμόζει την αιφορία). Η διάκριση αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την κατανόηση της διπλής φύσης των λιθόστρωτων: ως αιφόρων αντικειμένων αφενός, λόγω της μακροζωίας, της κυκλικότητας και της οικολογικής τους ενσωμάτωσης, και ως φορέων αιφορικών πρακτικών αφετέρου, καθώς η κατασκευή, η συντήρηση και η επισκευή τους ενσωματώνουν συγκεκριμένες κοινωνικές και πολιτισμικές διαδικασίες.

4.6.1 Προσαρμοστική ικανότητα στον χρόνο

Η παραδοσιακή κατασκευή ενσαρκώνει οικολογική γνώση που υπάρχει πρωτίστως ως πρακτική παρά ως γραπτή θεωρία. Οι τεχνικές πτυχές αυτής της γνώσης εντοπίζονται στους τεχνίτες και τις τεχνίτριες, τόσο ως ενσώματη δεξιότητα όσο και ως ευρεία εμπειρική κατανόηση γύρω από το σύνολο των ζητημάτων που εγείρει η κατασκευή ενός λιθόστρωτου σε μία συγκεκριμένη περιοχή: πώς συμπεριφέρονται οι λίθοι, πώς αποδίδουν στο τοπικό πλαίσιο τα υλικά αρμών, πώς μπορούν να αξιολογηθούν υποστρώματα και να διαγνωστούν προβλήματα. Αυτή η άρρητη γνώση (tacit knowledge), που είναι ταυτόχρονα ενσώματη, υλική και τοπικά εξειδικευμένη, κινδυνεύει να χαθεί καθώς οι παραδοσιακές τέχνες φθίνουν.

Όπως ήδη εξηγήθηκε, τα παραδοσιακά συστήματα επιδεικνύουν αξιοσημείωτη ικανότητα προσαρμογής μέσω συντήρησης, τροποποίησης και εξέλιξης: τα λιθόστρωτα μπορούν να ευθυγραμμιστούν εκ νέου καθώς το υπόστρωμα μετατοπίζεται, μεμονωμένοι λίθοι να αντικατασταθούν όταν καταστρέφονται, η αποστράγγιση να τροποποιηθεί, όλα χωρίς πλήρη ανακατασκευή. Αυτή η ανθεκτικότητα που προκύπτει χάρη στη στοιχειακή λογική της κατασκευής παρέχει στα λιθόστρωτα μία προσαρμοστική ικανότητα που λειτουργεί σε πολλαπλές χρονικές κλίμακες. Πέρα όμως από τις ίδιες τις κατασκευαστικές λογικές, η ιστορική προσαρμοστική ικανότητα των λιθόστρωτων ενσαρκώνεται και σε ένα ευρύτερο πλέγμα κοινοτικών πρακτικών: η κατασκευή, η συντήρηση και η επισκευή τους εντάσσονταν παραδοσιακά σε θεσμοθετημένες ή ημι-θεσμοθετημένες πρακτικές αλληλοβοήθειας, συλλογικής εργασίας και πρωτοβουλίας των κατοίκων. Αυτές οι πρακτικές δεν αποτελούσαν απλό συμπλήρωμα της τεχνικής διαδικασίας· ήταν αναπόσπαστο μέρος της και αυτές που εξασφάλιζαν τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα της υποδομής.

Στη σύγχρονη πραγματικότητα, μια ανάλογη συλλογική διάσταση παραμένει εφικτή όσο και ουσιαστική, παρότι λαμβάνει διαφορετικές εκφράσεις από εκείνες του παρελθόντος. Σε αντίθεση με τις τυποποιημένες μορφές εκτέλεσης έργων όπου κυριαρχεί η κάθετη ανάθεση και η μηχανιστική υλοποίηση, στην Ελλάδα όσο και διεθνώς, αναπτύσσονται εγχειρήματα κατασκευής, αποκατάστασης και συντήρησης λιθόστρωτων με συμμετοχικό χαρακτήρα, εργαστήρια εφαρμοσμένης κατάρτισης, εκπαιδευτικές δράσεις και προγράμματα πρακτικής άσκησης που εμπλέκουν τοπικές κοινωνίες, εθελοντές και εθελόντριες από άλλους τόπους, καθώς και ειδικούς από διαφορετικά πεδία γνώσης και πρακτικής. Πέρα από την προσοχή που εξ ορισμού αποδίδουν σε τεχνικά και οικολογικά ζητήματα, οι προσεγγίσεις αυτού του τύπου ενεργοποιούν τις τοπικές κοινότητες και ενισχύουν τη σχέση τους με τα έργα, συμβάλλοντας ουσιαστικά στις κοινωνικές και πολιτισμικές διαστάσεις της αειφορίας. Πρόσφατα εγχειρήματα στον ελληνικό χώρο (Moudopoulos-Athanasίου & Sklavounos, 2022) όσο και διεθνείς εμπειρίες (Bocci & Bocco, 2024) τεκμηριώνουν τη σκοπιμότητα και την παιδαγωγική αξία τέτοιων εγχειρημάτων.

33

Η παρούσα Τεχνική Οδηγία αναγνωρίζει αυτή τη διπλή φύση των λιθόστρωτων — ως «αιεφόρων» υλικών κατασκευών αφενός και ως φορέων «αιεφορικών» πρακτικών αφετέρου. Αυτό που η αναγνώριση αυτή προσφέρει στους μελετητές και τις μελετήτριες είναι μία σαφέστερη κατανόηση των ορίων μιας αμιγώς τεχνικής προσέγγισης: η αειφορία ενός λιθόστρωτου δεν εξαρτάται μόνο από τις φυσικές του ιδιότητες, αλλά και από τις κοινωνικές και πολιτισμικές διαδικασίες μέσα από τις οποίες το έργο παράγεται και στη συνέχεια διατηρείται στον χρόνο — διαδικασίες με τις οποίες η μελέτη και ο σχεδιασμός μπορούν να εμπλέκονται όπου και όταν αυτό είναι εφικτό.

Στην Ελβετία, από τις αρχές της δεκαετίας του 1990, μία συλλογική προσπάθεια που περιλαμβάνει την Ελβετική Ένωση Ξερολιθοδόμων (SVTSM), το ίδρυμα Stiftung Umwelteinsatz, περιβαλλοντικές οργανώσεις και ερευνητές έχει επανατοποθετήσει την ξερολιθική κατασκευή ως εργαλείο για την αντιμετώπιση της απώλειας βιοποικιλότητας και την κλιματική προσαρμογή (Gowlland, 2024). Κεντρικό στοιχείο της προσπάθειας είναι η ενσωμάτωση οικολογικής γνώσης στην εκπαίδευση τεχνιτών: τα προγράμματα κατάρτισης έχουν αναθεωρηθεί ώστε οι μαθητευόμενοι και οι μαθητευόμενες να γνωρίζουν όχι μόνο τις παραδοσιακές κατασκευαστικές τεχνικές αλλά και τις οικολογικές επιπτώσεις της δουλειάς τους. Παρότι η ελβετική εμπειρία αφορά πρωτίστως τοίχους και αναβαθμίδες παρά λιθόστρωτα, η υποκείμενη αρχή, η συστηματική ενσωμάτωση μιας σύγχρονης οικολογικής

επίγνωσης στην παραδοσιακή κατασκευαστική πρακτική, προσφέρει ένα δοκιμασμένο μοντέλο σχετικό με τους ευρύτερους στόχους της παρούσας Τεχνικής Οδηγίας.

Παράλληλα, η κοινοτική φροντίδα την οποία προσκαλούν τα λιθόστρωτα στον βαθμό που αναγνωρίζονται ως στοιχεία κληρονομιάς και ταυτότητας, περιγράφει έναν επιπλέον παράγοντα ανθεκτικότητας που μία αμιγώς ωφελιμιστική υποδομή σπάνια διαθέτει, θέμα που εξετάζεται διεξοδικότερα στην ενότητα που ακολουθεί.

4.6.2 Τοπική ταυτότητα και πρακτικές συντήρησης-επισκευής

Ενώ η συνεχιζόμενη έρευνα στο ευρύτερο πεδίο της κληρονομιάς επιτρέπει να κατανοήσουμε πώς τα παραδοσιακά λιθόστρωτα συμβάλλουν στη διαμόρφωση τοπικών ταυτοτήτων και την αίσθηση της πολιτισμικής συνέχειας, οι συγκεκριμένοι τρόποι με τους οποίους αυτές οι διαστάσεις συνδέονται με τη βιώσιμη ανάπτυξη και την περιβαλλοντική ανθεκτικότητα συχνά παραμένουν ανεξερεύνητοι.

Τα παραδοσιακά μοτίβα, παραλλαγές τεχνικής τοποθέτησης, γεωμετρικές διατάξεις, αναπαραστατικά θέματα, δεν συνιστούν μόνο πολιτισμικές μορφές που δίνουν στη βιωσιμότητα μία αναγνωρίσιμη, νοηματοδοτημένη έκφραση ριζωμένη σε συγκεκριμένους τόπους. Πέρα από τη λειτουργία τους ως φορέων τοπικής ταυτότητας, τα μοτίβα λειτουργούν ενδεχομένως ακόμη πιο ουσιαστικά ως καταλύτες πρακτικών φροντίδας και συντήρησης από τις ίδιες τις τοπικές κοινωνίες: εκείνοι και εκείνες που αναγνωρίζουν στις διατάξεις και τα σχήματα την εικόνα ενός κοινού πολιτισμικού εαυτού, αναπτύσσουν επίσης την έγνοια για τη διατήρησή τους. Έτσι, τα μοτίβα ενσωματώνουν ταυτόχρονα κατασκευαστικές λογικές, έννοιες τοπικής ταυτότητας και, μέσω αυτών, προσκαλούν τη συντήρηση και τη φροντίδα: αποτελούν, δηλαδή, υλικούς πυκνωτές πρακτικών συντήρησης που υπερβαίνουν τους τυπικούς θεσμικούς μηχανισμούς και ριζώνουν στις κοινότητες που οικειοποιούνται τις κατασκευές αυτές ως μέρος του εαυτού τους. Η αναγνώριση της δραστηριότητας αυτής από τους μελετητές και τους εμπλεκόμενους φορείς αποτελεί βασικό συστατικό μιας ριζωμένης στρατηγικής διατήρησης και αναδεικνύει τη συμβολή που μπορεί να έχει η ενεργοποίηση των τοπικών κοινοτήτων στην πραγμάτωση της αειφορίας ως διαδικασίας και όχι μόνο ως ιδιότητας.

Η ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής και πολιτισμικής κληρονομιάς αντανακλά την πραγματικότητα ότι αυτές οι διαστάσεις δεν μπορούν να διαχωριστούν καθαρά: ένα παραδοσιακό λιθόστρωτο είναι ταυτόχρονα λειτουργική υποδομή, περιβαλλοντικό σύστημα, πολιτισμικό τεχνούργημα και στοιχείο κληρονομιάς.

4.6.3 Τεχνικές αρχές και κατευθυντήριες γραμμές σχεδιασμού

Για τη συνεκτίμηση της πολιτισμικής-χρονικής διάστασης κατά τη μελέτη και τον σχεδιασμό, οι μελετητές/τριες καλούνται να λάβουν υπόψη τους εξής παράγοντες:

- Σεβασμός των παραδοσιακών μοτίβων παράλληλα με την ανταπόκριση στις σύγχρονες ανάγκες: απαιτεί επαρκή κατανόηση του ποια στοιχεία φέρουν πολιτισμική σημασία και ποια μπορούν να προσαρμοστούν. Το υλικό λίθου, τα μοτίβα τοποθέτησης και οι κύριες ορατές λεπτομέρειες συχνά φέρουν πολιτισμικό νόημα· οι προδιαγραφές υποστρώματος και οι λιγότερο ορατές τεχνικές λεπτομέρειες μπορούν ενδεχομένως να δεχτούν τροποποιήσεις. Κρίσεις που διακρίνουν «ουσιώδη» από «προσαρμοσίμα» χαρακτηριστικά εξαρτώνται θεμελιωδώς από το εκάστοτε πλαίσιο και οφείλουν, παράλληλα με τους μηχανικούς, να εμπλέκουν ειδικούς από το ευρύτερο πεδίο της κληρονομιάς.

- Εξισορρόπηση του αιτήματος της αυθεντικότητας με τις απαιτήσεις απόδοσης: αντιπροσωπεύει μία διαρκή ένταση. Η αυστηρή αναπαραγωγή της παραδοσιακής τεχνικής μπορεί να μην πληροί σύγχρονα πρότυπα· η πλήρης αγνόησή της, από την άλλη, υπονομεύει την αξία και τα οφέλη που αυτή ενέχει ως κληρονομιά. Η κατάλληλη ισορροπία εξαρτάται από το πλαίσιο: οι προστατευόμενοι τόποι δικαιολογούν μέγιστη διατήρηση· οι ζωντανές ιστορικές γειτονιές μπορούν να δεχτούν περισσότερη προσαρμογή· ο σχεδιασμός σε σύγχρονα πλαίσια προσκαλεί την επιλεκτική εφαρμογή αρχών χωρίς να απαιτείται η αυστηρή αναπαραγωγή ιστορικών τεχνικών και μεθόδων.
- Έμφαση στην τεκμηρίωση και την υπάρχουσα γνώση: διασφαλίζει ότι η κατανόηση των παραδοσιακών συστημάτων ενημερώνει τη μελλοντική πρακτική. Η λεπτομερής τεκμηρίωση υφιστάμενων λιθόστρωτων πριν από επεμβάσεις συντήρησης καθώς και πριν την κατασκευή νέων, η καταγραφή της υπάρχουσας τεχνικής γνώσης μέσα από αρχεία και ζωντανές συνομιλίες με τοπικούς μάστορες και κατοίκους, και η έρευνα περιβαλλοντικής απόδοσης οικοδομούν μία στέρεη βάση για τους μελετητές μηχανικούς.
- Συμμετοχική προσέγγιση των τοπικών κοινοτήτων: η αναγνώριση συγκεκριμένων κατασκευαστικών στοιχείων και μοτίβων ως φορέων τοπικής ταυτότητας ενεργοποιεί διαθέσιμες φροντίδας που υπερβαίνουν τους θεσμικούς μηχανισμούς. Η συμμετοχή τοπικών μαστόρων, κατοίκων και πολιτιστικών φορέων στις φάσεις σχεδιασμού, υλοποίησης και συντήρησης ενός έργου αναγνωρίζεται ως κρίσιμη παράμετρος επιτυχίας.
- Συνεκτίμηση της διπλής φύσης των λιθόστρωτων ως αειφόρων αντικειμένων και αειφορικών διαδικασιών: η αξιολόγηση ενός έργου οφείλει να εξετάζει τόσο τις ιδιότητες (αειφόρες) του τελικού αντικειμένου όσο και τη φύση (αειφορική) των διαδικασιών κατασκευής, συντήρησης και κοινωνικής χρήσης του.
- Σχετικά Πρότυπα: για την ενσωμάτωση των κοινωνικών και πολιτισμικών διαστάσεων της αειφορίας μπορούν να ληφθούν υπόψη τα Πρότυπα EN 15643:2021 (αειφορικότητα κατασκευαστικών έργων-πλαίσιο αξιολόγησης), ISO 15392:2019 (γενικές αρχές αειφορικότητας) και IWA 48:2024, καθώς και ο ISO Guide 82 για την αντιμετώπιση ζητημάτων αειφορίας στα πρότυπα.

35

4.7 Συμπεράσματα

Οι πέντε άξονες που αναπτύχθηκαν στο παρόν κεφάλαιο, υδρολογικές λειτουργίες, θερμικές και κλιματικές λειτουργίες, υλικά και βιωσιμότητα, βιοποικιλότητα και ενδιαίτηματα, πολιτισμική-χρονική διάσταση, δεν συνιστούν παράλληλες ή ανταγωνιστικές λειτουργίες, αλλά αμοιβαία ενισχυόμενα χαρακτηριστικά ενός ενιαίου συστήματος. Τα ίδια κατασκευαστικά στοιχεία που επιτρέπουν τη διήθηση των ομβρίων υδάτων διευκολύνουν την εξατμιστική ψύξη και υποστηρίζουν τη βιολογική δραστηριότητα του υποκείμενου εδάφους· η ίδια στοιχειακή λογική που επιτρέπει την επιδιόρθωση και την κυκλικότητα των υλικών είναι αυτή που εξασφαλίζει την προσαρμοστική ικανότητα των λιθόστρωτων στον χρόνο· η ίδια χρήση τοπικών υλικών που μειώνει το ανθρακικό αποτύπωμα διατηρεί τα μορφολογικά χαρακτηριστικά που συγκροτούν τοπική ταυτότητα.

Στο πλαίσιο της TOTEE 0, αυτή η πολυλειτουργικότητα ευθυγραμμίζει τα παραδοσιακά λιθόστρωτα με τις βασικές αρχές της αειφόρου δόμησης, προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή, ολιστική προσέγγιση του κύκλου ζωής, διασφάλιση του εγγύς οικοσυστήματος, σε βαθμό που, σε πολλές πτυχές, τα παραδοσιακά συστήματα προηγούνται των σύγχρονων κατασκευαστικών πρακτικών παρά υστερούν έναντί τους.

Η ορολογική διάκριση που εισάγει η §18.4.1 της TOTEE 0 ανάμεσα στο «αειφόρο» και το «αειφορικό» προσφέρει το πιο ακριβές διπλό κλειδί για την ανάγνωση των λιθόστρωτων: ως αειφόρα αντικείμενα, δηλαδή ως υλικές κατασκευές με ιδιότητες ανθεκτικότητας, κυκλικότητας και οικολογικής λειτουργίας που διατηρούνται διαχρονικά, και ταυτόχρονα ως φορείς αειφορικών διαδικασιών, δηλαδή πρακτικών κατασκευής, συντήρησης και επισκευής που ενσωματώνουν συγκεκριμένα πολιτισμικά και κοινωνικά χαρακτηριστικά. Η ευρύτερη συμβολή των παραδοσιακών λιθόστρωτων στη σύγχρονη πρακτική έγκειται ακριβώς σε αυτή τη διπλή ανάγνωση: όχι μόνο ως πρότυπα τεχνικής λύσης, αλλά και ως υπενθύμιση ότι η αειφορία ενός κατασκευαστικού έργου δεν εξαντλείται στις ιδιότητες του ίδιου του έργου, εκτείνεται και στις διαδικασίες που το παράγουν και το διατηρούν στον χρόνο.

5 ΤΕΧΝΙΚΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ

5.1 Κατασκευαστική διαδικασία (βήματα) και εργασίες προετοιμασίας

Η διαδικασία κατασκευής ενός λιθόστρωτου περιλαμβάνει μια διαδοχική σειρά σταδίων ή βημάτων, τα οποία συνοψίζονται στις εργασίες προετοιμασίας του εδάφους, στη διαμόρφωση του υποστρώματος, στην κατασκευή του δομικού πλαισίου, στη συμπλήρωση του καταστρώματος και στην πλήρωση των αρμών. Τα επιμέρους αυτά στάδια αναλύονται στη συνέχεια διεξοδικά. Ωστόσο, η συγκεκριμένη διαδικασία οφείλει σε κάθε περίπτωση να εξετάζεται, να μελετάται και να εφαρμόζεται ως ειδική περίπτωση, ώστε να προσαρμόζεται στις ιδιαίτερες συνθήκες και απαιτήσεις κάθε μεμονωμένου έργου.

Πριν από την έναρξη των εργασιών κατασκευής, απαιτείται ένα στάδιο γενικής προετοιμασίας, το οποίο περιλαμβάνει, πέραν της εγκατάστασης του εργοταξίου και την λήψης όλων απαραίτητων μέτρων ασφαλείας, την προμήθεια και μεταφορά της πρώτης ύλης, την εξασφάλιση του απαραίτητου εξοπλισμού και των αναλωσίμων, καθώς και τη μεταφορά τους στον χώρο του έργου. Καθοριστικό βήμα για την ομαλή και απρόσκοπτη εξέλιξη των εργασιών αποτελεί η κατεργασία της πρώτης ύλης και η προκαταρκτική διαμόρφωση των λίθων, ώστε να είναι κατάλληλα προετοιμασμένοι για τοποθέτηση. Η επεξεργασία και προετοιμασία των λίθων, ανάλογα με το μέγεθος και τον ρυθμό υλοποίησης του έργου, μπορεί να οργανωθεί και παράλληλα με την εξέλιξη της κατασκευής, υπό την προϋπόθεση ότι έχει προηγηθεί η προετοιμασία επαρκούς ποσότητας υλικού για την ομαλή εκκίνηση των εργασιών.

37

Προκαταρκτικό στάδιο των εργασιών κατασκευής αποτελεί ο καθαρισμός της περιοχής επέμβασης από εποχιακή βλάστηση, φερτά υλικά και απορρίμματα, ώστε ο χώρος να διαμορφωθεί κατάλληλα και να είναι ασφαλής για την υλοποίηση του έργου.

5.1.1 Εξυγίανση του εδάφους και διαμόρφωση υποστρώματος

Η κατασκευή ενός λιθόστρωτου προϋποθέτει την εξυγίανση του εδάφους, ώστε να εξασφαλιστούν οι κατάλληλες συνθήκες για την ορθή εφαρμογή της λιθόστρωσης. Αρχικά, η γεωμετρία του λιθόστρωτου σημαίνεται με τη χρήση οικοδομικού ράμματος, το οποίο δένεται σε χαμηλούς πασσάλους που τοποθετούνται στα όρια και στα χαρακτηριστικά σημεία της κατασκευής.

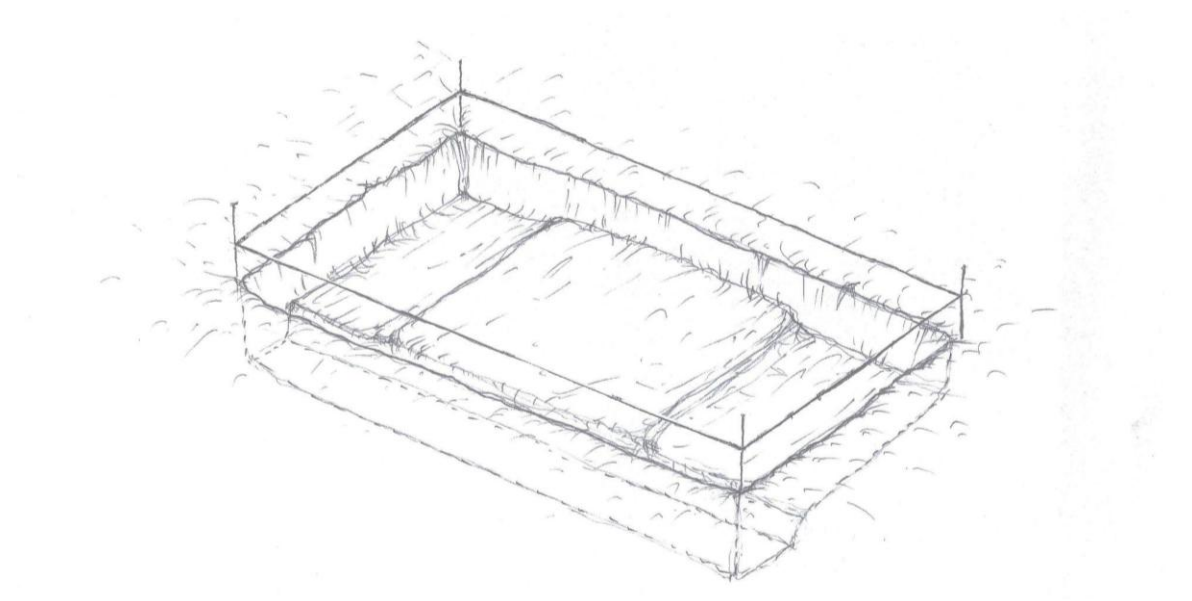
Στη συνέχεια, το έδαφος διαμορφώνεται σε στάθμη χαμηλότερη κατά μερικά εκατοστά από την τελική επιφάνεια του λιθόστρωτου, ώστε να δημιουργηθεί το κατάλληλο υπόστρωμα. Το υπόστρωμα αυτό αποτελείται από στρώση χαλικιού ή άμμου πάχους περίπου 10-15 εκ. και συμπυκνώνεται είτε με μηχανικά μέσα είτε με τη χρήση κυλίνδρου. Η τελική στάθμη του υποστρώματος καθορίζεται τόσο από το προβλεπόμενο τελικό ύψος της κατασκευής, όπως αυτό έχει σημειωθεί με το οικοδομικό ράμμα, όσο και από το πάχος και τα χαρακτηριστικά του υλικού που θα χρησιμοποιηθεί στη λιθόστρωση. Οι κλίσεις του υποστρώματος διαμορφώνονται με ακρίβεια σύμφωνα με τις προβλεπόμενες κλίσεις του καταστρώματος, με κύριο στόχο την αποτελεσματική απορροή των ομβρίων υδάτων.



Εικόνα 5.1 Διαμόρφωση του εδάφους με μεγαλύτερο βάθος των πλευρικών ορίων σε προς κατασκευή λιθόστρωτο στην Αρίστη Ζαγορίου. (Φωτογραφία: Ελένη Μητροπούλου)

38

Τα πλευρικά όρια, οι εγκάρσιες ενισχύσεις, οι αναβαθμοί, καθώς και κάθε άλλο στοιχείο του δομικού πλαισίου που απαιτεί λίθους μεγαλύτερων διαστάσεων σε σχέση με αυτούς του καταστρώματος, διαμορφώνονται αντίστοιχα στο έδαφος, ώστε να δημιουργείται ο επιπλέον απαιτούμενος χώρος για τη λίθινη κατασκευή. Σημειώνεται ότι η κατασκευή υποστρώματος δεν είναι απαραίτητη σε περιπτώσεις βραχιδών ή ήδη σταθεροποιημένων εδαφών, όπου η λιθόστρωση μπορεί να εφαρμοστεί απευθείας επί του φυσικού υποβάθρου.



Σχέδιο 5.1 Εξυγίανση του εδάφους και κατασκευή υποστρώματος. (Σχέδιο: Γρηγόρης Κουτρόπουλος)

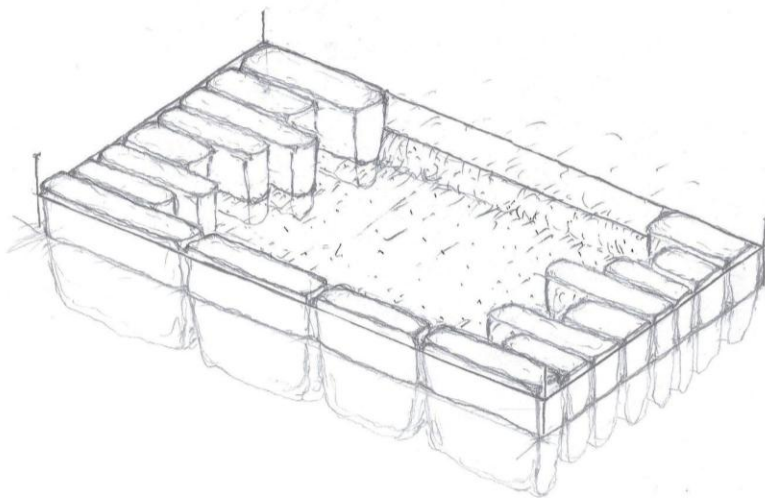
5.1.2 Κατασκευή του δομικού πλαισίου

Το αρχικό στάδιο κατασκευής περιλαμβάνει την τοποθέτηση των λίθων που σχηματίζουν τα δομικά πλαίσια του μονοπατιού. Η ακριβής γεωμετρία και το τελικό ύψος κάθε πλαισίου έχει οριστεί με χρήση οικοδομικού ράμματος (Σχέδιο 5.1) και με βάση τη μελέτη που έχει εκπονηθεί και εγκριθεί πριν την υλοποίηση του έργου. Τα πλευρικά όρια ακολουθούν όλο το μήκος του μονοπατιού και τα εγκάρσια ποικίλουν συνήθως ανάλογα με την κλίση του εδάφους. Στα οριζόντια εδάφη οι εγκάρσιες ζώνες τοποθετούνται ανά 3 μέτρα περίπου και πυκνώνουν όσο αυξάνεται η κλίση του μονοπατιού.

Στα ελεύθερα πλευρικά όρια γίνεται επιλογή των κατάλληλων λίθων, οι οποίοι έχουν προετοιμαστεί -γωνιόλιθοι ή αγκωνάρια- και ακολουθεί η τοποθέτησή τους ώστε να υλοποιείται το όριο της γεωμετρίας και να επιτρέπεται η διαπλοκή των λίθων του καταστρώματος. Για το σκοπό αυτό, οι λίθοι τοποθετούνται κατακόρυφα και εγκάρσια στον άξονα του μονοπατιού με εναλλαγή μεγέθους (ολόκληρος και μισός) ώστε να αποφεύγεται η δημιουργία γραμμικού αρμού μεταξύ των λίθων του πλευρικού ορίου και του καταστρώματος. Οι λίθοι ανάλογα και με τα φυσικά τους χαρακτηριστικά θα πρέπει να έχουν ελάχιστες διαστάσεις ύψος 40 εκ., μήκος 40 εκ. και πάχος 8 εκ. οι ολόκληροι και ύψος 40 εκ., μήκος 20 εκ. και πάχος 8 εκ. οι μισοί. Ελάχιστες αποκλίσεις σε κάποια από τις διαστάσεις είναι αποδεκτές υπό προϋποθέσεις. Λίθοι μεγαλύτερων διαστάσεων ενισχύουν το δομικό πλαίσιο και εφόσον είναι διαθέσιμοι θα πρέπει να αξιοποιούνται.

Στις εγκάρσιες ζώνες, τις ούγιες επιλέγεται μια σειρά λίθων με όμοιο μέγεθος και ίδιο πάχος και τοποθετούνται κατακόρυφα ως μια σειρά ακολουθώντας τη γεωμετρία της μελέτης. Οι λίθοι θα πρέπει να έχουν ελάχιστες διαστάσεις ύψος 40εκ., μήκος 40 εκ. και πάχος 7 εκ. Η τελική στάθμη κάθε ούγιας είναι συνήθως 2-3 εκ. ψηλότερα από τη στάθμη του καταστρώματος και για αυτό το λόγο συνήθως κατασκευάζουμε στο στάδιο της δημιουργίας του κατασκευαστικού πλαισίου δύο σειρές καταστρώματος εκατέρωθεν κάθε ούγιας τόσο για να δημιουργηθεί μια σημαντική μάζα κατασκευής για τη δημιουργία της ενισχυμένης ζώνης όσο και για την δημιουργία κλειστού περιμετρικού πλαισίου με την τελική στάθμη του καταστρώματος για τον ευκολότερο έλεγχο της στάθμης της κατασκευής του υπόλοιπου καταστρώματος εντός του πλαισίου (Σχέδιο 5.2).

Σημαντικό σημείο της γεωμετρίας των πλαισίων είναι ο έλεγχος των κλίσεων της κατασκευής που καταστρώματος που θα γίνει με βάση το τελικό ύψος των πλευρικών ορίων. Αυτό επιτυγχάνεται με χρήση πήχης και αλφαδιού και έλεγχο προς κάθε διεύθυνση των προς υλοποίηση κλίσεων.



Σχέδιο 5.2 Κατασκευή του δομικού πλαισίου. (Σχέδιο: Γρηγόρης Κουτρόπουλος)

5.1.3 Κατασκευή του καταστρώματος

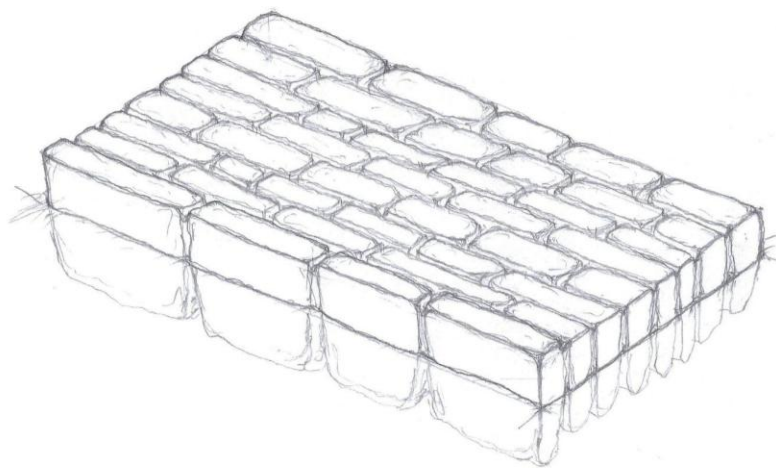
Για τη συμπλήρωση του καταστρώματος, της εσωτερικής επιφάνειας μεταξύ των ήδη κατασκευασμένων δομικών πλαισίων γίνεται επιλογή και χρήση λίθων με ελάχιστες διαστάσεις: ύψος 15 εκ., μήκος 20 εκ. και πάχος 7 εκ. Η συμπλήρωση του καταστρώματος γίνεται σε σειρές με λίθους ίδιου πάχους εκκινώντας από τη εφαπτόμενη σειρά της μιας ούγκιας μέχρι να συμπληρωθεί και η τελευταία σειρά εντός του πλαισίου.

Η τοποθέτησή τους γίνεται εν ξηρώ και σε κατακόρυφη διάταξη. Η πιο επίπεδη από τις επιφάνειες κάθε λίθου-το πρόσωπο-τοποθετείται έτσι ώστε να διαμορφώνεται η βαθιά επιφάνεια του καταστρώματος. Κάθε λίθος αφού τοποθετηθεί στη θέση του χτυπιέται κατακόρυφα με τη βοήθεια ξύλινου τάκου και βαριοπούλας ώστε να πακτωθεί στο υπόστρωμα. Σε αντιστοιχία με τους λίθους του δομικού πλαισίου, σε αυτούς του καταστρώματος που έχουν μικρότερο ή μεγαλύτερο ύψος από το ύψος της κατασκευής, γίνεται τοπική αφαίρεση ή συμπλήρωση του υποστρώματος ώστε η τελική στάθμη να είναι η επιθυμητή. Το τελικό ύψος των λίθων κάθε σειράς ελέγχεται με ξύλινο πήχη και συνήθως λίθοι που προεξέχουν χτυπιούνται εκ νέου με χρήση ξύλινου τάκου ώστε η συνολική στάθμη της σειράς και του καταστρώματος να είναι ομοιόμορφη (Εικόνα 5.2).



Εικόνα 5.2 Τοποθέτηση του καταστρώματος στα ήδη διαμορφωμένα πλευρικά όρια λιθόστρωτου στην Πλάκα Τζουμέρκων. (Φωτογραφία: Ίωνας Σκλαβούνος)

Κατά την τοποθέτηση του καταστρώματος αλλά και αφού ολοκληρωθεί η τοποθέτηση γίνεται σε περιορισμένο βαθμό η χρήση μικρότερου μεγέθους λίθων, οι λεγόμενες σφήνες, κυρίως για τη σταθεροποίηση των λίθων που παρουσιάζουν ελλιπή συναρμογή αλλά και το σφράγισμα αρμών που έχουν διάσταση μεγαλύτερη από 5 εκ. (Σχέδιο 5.3). Κρίσιμο σημείο του καταστρώματος είναι η διαπλοκή των λίθων με τα πλευρικά όρια ώστε να αποφεύγονται οι γραμμικοί αρμοί και ως αποτέλεσμα οι δύο κατασκευαστικές φάσεις να λειτουργούν ως σύνολο με την ολοκλήρωση τοποθέτησης του καταστρώματος.



Σχέδιο 5.3 Συμπλήρωση του καταστρώματος. (Σχέδιο: Γρηγόρης Κουτρόπουλος)

5.1.4 Αρμολόγημα

Οι αρμοί ανάμεσα στους λίθους γεμίζονται με μίγμα άμμου και χώματος σε αναλογία 1/1. Η διαδικασία περιλαμβάνει την ανάμιξη των δύο υλικών στο σημείο που βρίσκονται οι πρώτες ύλες και στη συνέχεια τη μεταφορά και διάστρωσή του μίγματος στο κατάστρωμα. Το υλικό απλώνεται με σκούπες στην επιφάνεια του λιθόστρωτου ώστε να σφραγιστούν πλήρως οι αρμοί (Εικόνα 5.3). Στη διαδικασία η οποία απαιτεί λεπτομερή επιμέλεια γίνεται διαβροχή κατά τη σταδιακή πλήρωση των αρμών σε στρώσεις και ασκείται πίεση με εργαλεία χειρός ώστε να αποφευχθεί η δημιουργία κενών και το τελικό αποτέλεσμα της αρμολόγησης να είναι ένα υδατόπηκτο σκυρωτό που αυξάνει την ακαμψία του λιθόστρωτου.

42



Εικόνα 5.3 Αρμολόγηση λιθόστρωτου στην Αρίστη Ζαγορίου. (Φωτογραφία: Ελένη Μητροπούλου)

5.2 Κρίσιμα σημεία σχεδιασμού και κατασκευής

Το λιθόστρωτο μονοπάτι, μολονότι χωρικά περιορίζεται σε μια στενή λωρίδα επιφάνειας που συνήθως εκτείνεται σε μεγάλο μήκος, ενσωματώνει μια σύνθετη και πολύπλοκη διαδικασία σχεδιασμού και κατασκευής. Τα σημαντικότερα σημεία αυτής της διαδικασίας αφορούν τον τρόπο δόμησης, τη διαχείριση των ομβρίων υδάτων και την επιλογή κάθε λίθου της κατασκευής ξεχωριστά. Στη συνέχεια ακολουθεί διεξοδική ανάλυση των παραπάνω παραμέτρων.

Ο τρόπος δόμησης αποτελεί το πλέον κρίσιμο στοιχείο κάθε λιθόστρωτου. Η ξερολιθική δόμηση, η οποία εφαρμόζεται κατά βάση στα παραδοσιακά λιθόστρωτα, διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην υδρολογική λειτουργία της υποδομής, καθώς επιτρέπει τη διέλευση του νερού μέσω των αρμών των λιθοσωμάτων. Παράλληλα, ο δομικός ρόλος της λίθινης κατασκευής, ο οποίος αποτυπώνεται στο πάχος του λιθόστρωτου, σε συνδυασμό με τον τρόπο λιθοπλοκής, την επιμέλεια της συναρμογής των λίθων και τα χαρακτηριστικά του ίδιου του υλικού, συμβάλλει στην αντοχή της κατασκευής στον χρόνο, στην προσαρμογή σε αλλαγές χρήσης και κινητών φορτίων, καθώς και στον περιορισμό των αναγκών συντήρησης.

Ο ξερολιθικός τρόπος δόμησης διαθέτει επιπλέον ένα σημαντικό τεχνικό πλεονέκτημα, το οποίο ενισχύει την επιλογή του τόσο σε νέες κατασκευές όσο και σε επεμβάσεις σε υφιστάμενα λιθόστρωτα, ιδίως σε κατοικημένες περιοχές όπου αναπτύσσονται εκτενή υπόγεια δίκτυα κοινής ωφέλειας. Η ευκολία επισκευασιμότητας του ξερολιθικού λιθόστρωτου επιτρέπει την αποξήλωση τμήματος του καταστρώματος για εργασίες συντήρησης ή εγκατάστασης υπόγειων δικτύων (Εικόνα 5.4). Μετά την ολοκλήρωση των εργασιών, οι λίθοι επανατοποθετούνται, χωρίς ουσιαστική μεταβολή στο τελικό αποτέλεσμα της κατασκευής. Παράλληλα, η δυνατότητα ανακύκλωσης και επανάχρησης του ίδιου υλικού μετά την αποσυναρμολόγηση καθιστά την επέμβαση ιδιαίτερα αποδοτική ως προς τη μείωση των αναγκών σε νέες πρώτες ύλες, καθώς και του ενεργειακού και οικονομικού κόστους που σχετίζεται με τη μεταφορά τους στο σημείο της επέμβασης.

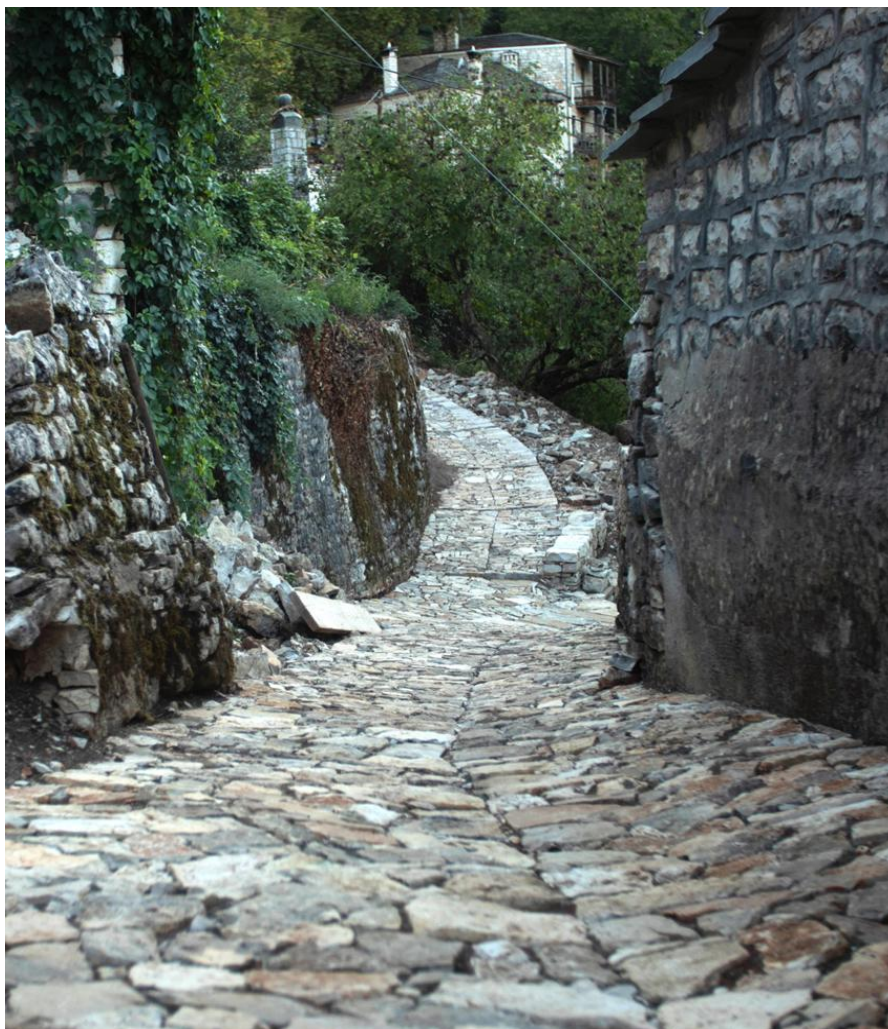
43



Εικόνα 5.4 Εγκατάσταση δικτύων κοινής ωφέλειας σε λιθόστρωτο στην Αγριλιά της Θηρασίας.
(Φωτογραφία: Γρηγόρης Κουτρόπουλος)

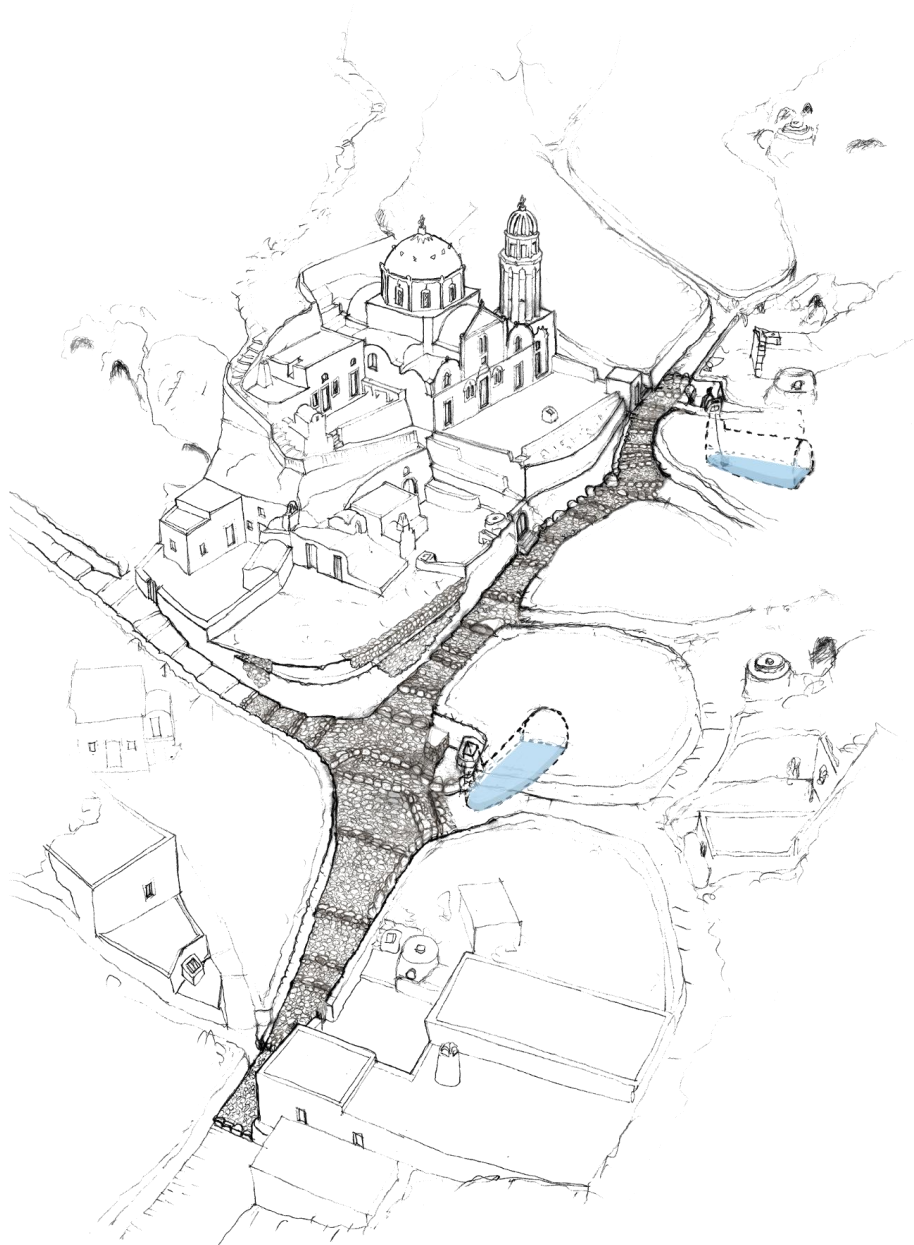
Η διαχείριση των ομβρίων υδάτων στις επιφάνειες των λιθόστρωτων αποτελεί κρίσιμη και αναγκαία παράμετρο, τόσο για τη μακροχρόνια αντοχή της κατασκευής όσο και για τη λειτουργικότητα της υποδομής κατά τη διάρκεια έντονων καιρικών φαινομένων, καθώς και για την αποφυγή πλημμυρικών φαινομένων. Η διαχείριση αυτή επιτυγχάνεται κυρίως με δύο βασικούς τρόπους. Ο πρώτος και συνηθέστερος αφορά την εφαρμογή εγκάρσιας κλίσης της τάξης του 2–5% στο κατάστρωμα, ώστε τα όμβρια να οδηγούνται σε πλευρικό αύλακα ή απευθείας στο φυσικό έδαφος. Ο δεύτερος τρόπος βασίζεται στην εφαρμογή αντικριστών ρύσεων 5–7% στις δύο πλευρές του καταστρώματος, οι οποίες κατευθύνουν το νερό προς τον άξονα του λιθόστρωτου (Εικόνα 5.5).

Στον άξονα αυτό διαμορφώνεται το ρεΐθρο, το οποίο σε ορισμένες περιπτώσεις έχει απλή μορφή και κατασκευή, ενώ σε άλλες εξελίσσεται σε αυλάκι απορροής. Στην απλούστερη εκδοχή του, το ρεΐθρο κατασκευάζεται ως τμήμα του δομικού πλαισίου μέσω της διαμόρφωσης κατασκευαστικού αρμού στον άξονα του λιθόστρωτου (Εικόνα 5.2). Υπάρχουν σπανιότερα παραδείγματα όπου ο αρμός αυτός δεν είναι συνεχής· σε αυτές τις περιπτώσεις, προκειμένου να διασφαλιστεί η διαπλοκή των λίθων των δύο κεκλιμένων επιφανειών, λαξεύονται λίθοι με αντικριστές κλίσεις και τοποθετούνται εναλλάξ, δύο κάθε φορά, ένας σε κάθε πλευρά του καταστρώματος.



Εικόνα 5.5 Λιθόστρωτο μονοπάτι στην Αρίστη Ζαγορίου με αξονικό ρεΐθρο για τη διαχείριση των ομβρίων. (Φωτογραφία: Ελένη Μητροπούλου)

Υπάρχουν και πιο σύνθετα παραδείγματα όπως το κεντρικό λιθόστρωτο του οικισμού της Αγγιλιάς στη Θηρασιά όπου η διαμόρφωση των κλίσεων στο μονοπάτι οδηγεί μέρος των όμβριων υδάτων σε μια σειρά από υπόσκαφες στέρνες για τη συλλογή και αποθήκευση του νερού που είναι εξαιρετικά πολυτιμο σε αυτά τα άνυδρα περιβάλλοντα. (Σχέδιο 5.4)



45

Σχέδιο 5.4 Λιθόστρωτο που οδηγεί μέρος των όμβριων σε υπόσκαφες υπόγειες δεξαμενές στην Αγγιλιά της Θηρασίας. (Σχέδιο: Γρηγόρης Κουτρόπουλος)

Σε κάθε στάδιο της κατασκευής είναι απολύτως κρίσιμη η συστηματική διαλογή και αξιολόγηση κάθε λίθου, προκειμένου να εξασφαλίζεται η ορθολογική χρήση της πρώτης ύλης. Βασική αρχή της διαδικασίας αυτής αποτελεί η καταγραφή των αναγκών του έργου, ώστε η διαλογή να οργανώνεται με σαφή και κατάλληλα κριτήρια. Συνήθως το μέγεθος του λίθου αποτελεί το

βασικό κριτήριο διαλογής, ωστόσο και η γεωμετρία του μπορεί να επηρεάσει καθοριστικά τόσο την ταξινόμησή του όσο και την τελική του τοποθέτηση. Για παράδειγμα, πλακοειδείς λίθοι μεγάλων διαστάσεων ομαδοποιούνται και προορίζονται ως κύρια πρώτη ύλη για τις ούγιες του δομικού πλαισίου. Αντίστοιχες διαδικασίες εφαρμόζονται για κάθε επιμέρους κατασκευαστική ανάγκη, όπως τα αγκωνάρια των πλευρικών ορίων ή τα λιθοσώματα του καταστρώματος.

Κατά το τελικό στάδιο της εφαρμογής και της τοποθέτησης, απαιτείται ακόμη λεπτομερέστερη αξιολόγηση των ειδικών απαιτήσεων κάθε λίθου ή κάθε ομάδας λίθων που πρόκειται να τοποθετηθούν. Στο στάδιο αυτό επενδύεται ο αναγκαίος χρόνος για την επιλογή της καταλληλότερης πέτρας μεταξύ διαθέσιμων εναλλακτικών, ώστε να ανταποκρίνεται πλήρως στα μορφολογικά, δομικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης κατασκευαστικής απαίτησης.

5.3 Εξειδικεύσεις ανά τύπο επέμβασης

Η προσέγγιση για την κατασκευή λιθοστρώτων διαφοροποιείται ουσιαστικά ανάλογα με τον τύπο της επέμβασης. Πιο συγκεκριμένα, η δημιουργία νέων λιθοστρώτων και οι επεμβάσεις σε υφιστάμενα παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις τόσο ως προς τη μεθοδολογία όσο και ως προς το πλαίσιο μέσα στο οποίο προγραμματίζεται και υλοποιείται το έργο.

Οι επεμβάσεις σε υφιστάμενα λιθόστρωτα απαιτούν μια σειρά από εξειδικευμένες διαδικασίες, οι οποίες σχετίζονται κυρίως με την αναλυτική τεκμηρίωση της υφιστάμενης κατάστασης και με τη δυσκολία ένταξης της νέας επέμβασης στο ήδη διαμορφωμένο ιστορικό, κατασκευαστικό και τοπιακό πλαίσιο. Η τεκμηρίωση αυτή περιλαμβάνει την κατανόηση των αρχών σχεδιασμού του λιθόστρωτου, τη λεπτομερή έρευνα για την προέλευση της πρώτης ύλης, την αποκωδικοποίηση της κατασκευαστικής τεχνικής και των επιμέρους λεπτομερειών της, καθώς και τη χαρτογράφηση της παθολογίας και των αιτιών που οδήγησαν στις φθορές και στην ανάγκη επισκευής. Παράλληλα, εξετάζονται και άλλα κρίσιμα ζητήματα που συμβάλλουν στη λήψη ασφαλέστερων και τεκμηριωμένων αποφάσεων εκ μέρους των μελετητών κατά τον σχεδιασμό των επεμβάσεων.

Η διαδικασία της τεκμηρίωσης είναι καθοριστικής σημασίας τόσο στο στάδιο της μελέτης όσο και στο στάδιο της εφαρμογής. Οι επεμβάσεις σε υφιστάμενα λιθόστρωτα, ιδίως όταν αυτά εντάσσονται σε ιστορικό περιβάλλον, απαιτούν διαφορετική προσέγγιση και αυξημένη προσοχή, κυρίως κατά τα στάδια της προετοιμασίας και της εξυγίανσης του εδάφους. Στις περιπτώσεις αυτές είναι αυξημένη η πιθανότητα εντοπισμού πρόσθετων καταλοίπων του ίδιου του λιθόστρωτου, αλλά και άλλων ευρημάτων παλαιότερων φάσεων κατασκευών, τα οποία ενδέχεται να βρίσκονται θαμμένα πλησίον του προς αποκατάσταση ή επισκευή τμήματος (Εικόνα 5.6, Σχέδιο 5.5). Σε περίπτωση εντοπισμού τέτοιων καταλοίπων, αυτά οφείλουν να αποκαλυφθούν, να καθαριστούν και να τεκμηριωθούν, και, υπό συγκεκριμένες προϋποθέσεις, είτε να επιχωθούν είτε να ενταχθούν στον σχεδιασμό και στη μεθοδολογία της επέμβασης αποκατάστασης. Η συμπλήρωση νέων τμημάτων λιθόστρωτου που είτε αποξηλώνονται λόγω κακής κατάστασης διατήρησης είτε δεν διατηρούνται λόγω απώλειας ανακατασκευάζονται με το ίδιο τρόπο που περιγράφηκε παραπάνω η διαδικασία κατασκευής (Σχέδιο 5.6 και Σχέδιο 5.7).

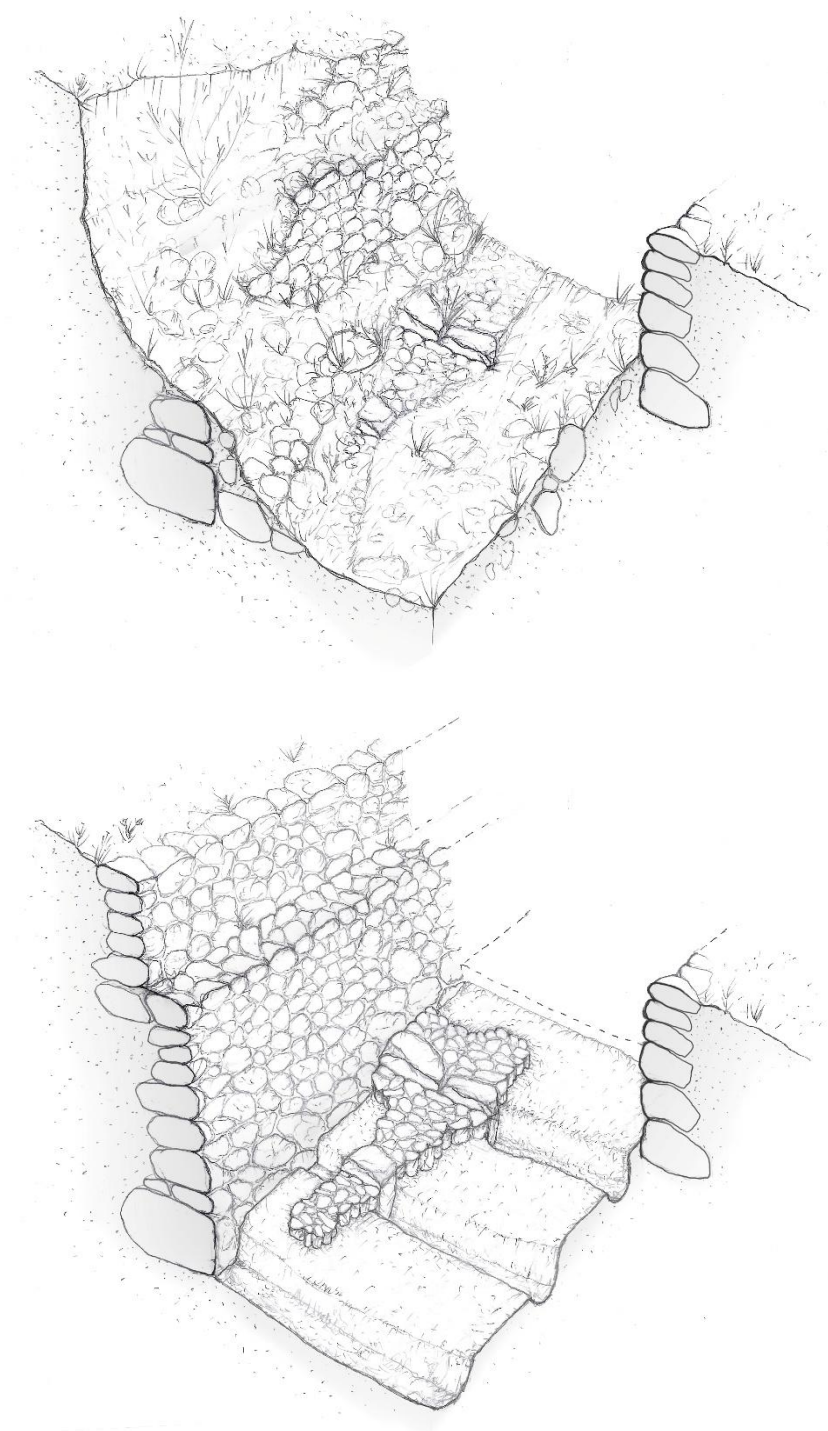


Εικόνα 5.6 Προσεκτικός καθαρισμός και αποκάλυψη τμημάτων λιθόστρωτου στην Αρίστη Ζαγορίου.
(Φωτογραφία: Κώστας Ζήσης)

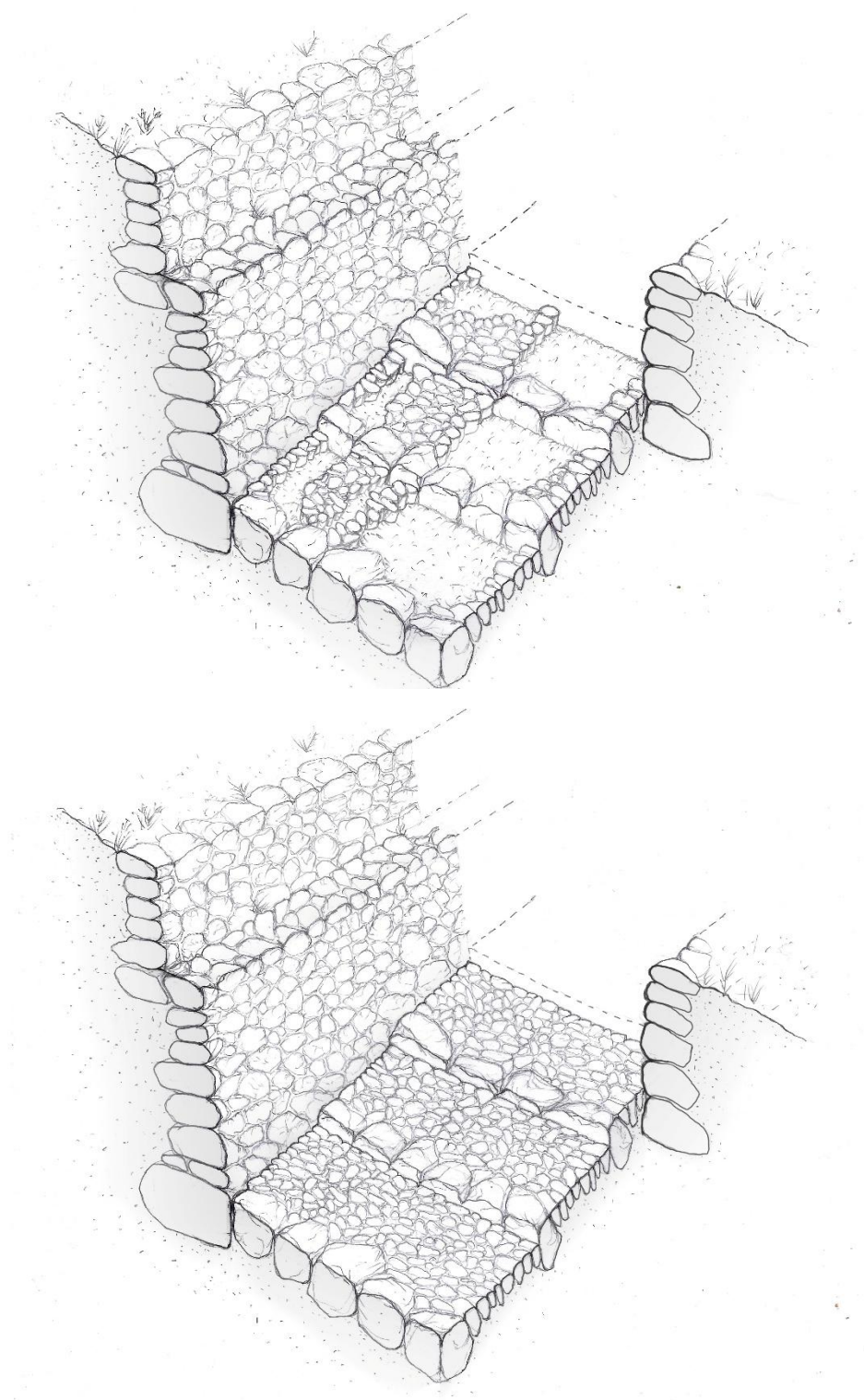
47



Σχέδιο 5.5 Τεκμηρίωση της υφιστάμενης κατάστασης των καταλοίπων που εντοπίστηκαν σε έργο αποκατάστασης λιθοστρώτου. (Σχέδιο: Γρηγόρης Κουτρόπουλος)



Σχέδιο 5.6 Καθαρισμός και αποκάλυψη τμήματος λιθόστρωτου που διατηρείται *in situ* πριν τη συμπλήρωση και αποκατάστασή του στην Αγριλιά της Θηρασίας. (Σχέδιο: Γρηγόρης Κουτρόπουλος)



Σχέδιο 5.7 Συμπλήρωση των ορίων και των εγκάρσιων ζωνών και στη συνέχεια του καταστρώματος λιθόστρωτου στην Αγριλιά της Θηρασίας. (Σχέδιο: Γρηγόρης Κουτρόπουλος)

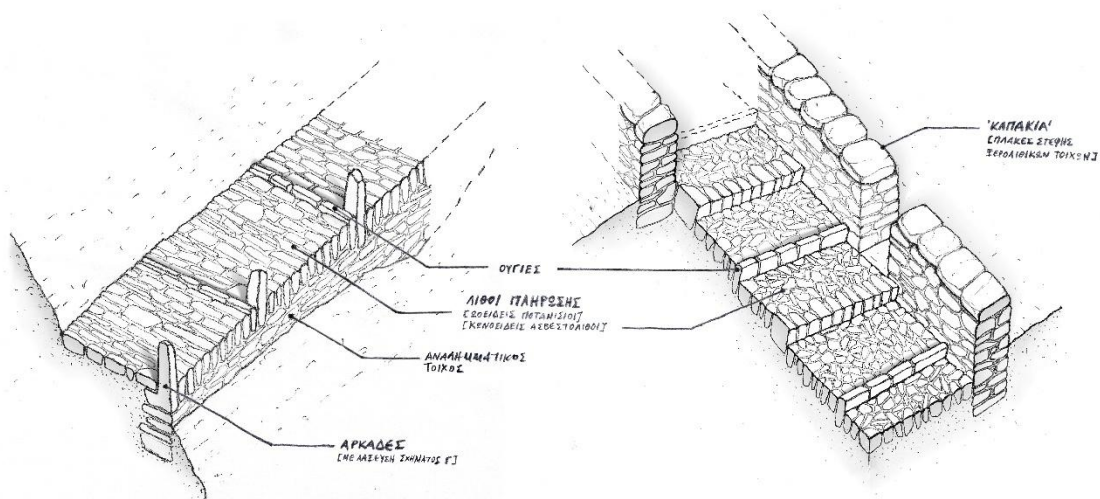
Αντίθετα, τα νέα λιθόστρωτα απαιτούν ένα επιπλέον στάδιο μελέτης σε σχέση με τις επεμβάσεις σε υφιστάμενα, το οποίο αφορά τη χάραξη και την επιλογή της διαδρομής, καθώς και των σημείων που θα συνδέει το νέο μονοπάτι. Το στάδιο αυτό είναι καθοριστικό και οφείλει να λάβει υπόψη δύο βασικές παραμέτρους. Η πρώτη αφορά το γεγονός ότι τόσο η ορεινή όσο και η νησιωτική χώρα διαθέτουν ένα εκτεταμένο και πυκνό δίκτυο παραδοσιακών μονοπατιών, μεγάλο μέρος του οποίου έχει εγκαταλειφθεί, καταπατηθεί ή αλλάξει χρήση. Κατά τη διαδικασία χάραξης ενός νέου μονοπατιού, είναι απαραίτητο να διερευνηθεί πρωτίστως η δυνατότητα αξιοποίησης τμημάτων αυτού του υφιστάμενου δικτύου, με ό,τι αυτό συνεπάγεται για τον χαρακτήρα και την κλίμακα της επέμβασης.

Η δεύτερη κρίσιμη παράμετρος στον σχεδιασμό της νέας χάραξης αφορά την αξιολόγηση της εφαρμογής των βασικών αρχών σχεδιασμού των παραδοσιακών μονοπατιών. Κεντρική θέση μεταξύ αυτών κατέχει η αρχή της ελάχιστης επέμβασης, ο περιορισμός των περιβαλλοντικών μεταβολών και επιπτώσεων, η προσαρμογή στο φυσικό ανάγλυφο του εδάφους, καθώς και η ελαχιστοποίηση των κλίσεων με στόχο την ευκολότερη και ασφαλέστερη ανάβαση, σε συνδυασμό με άλλα λειτουργικά και μορφολογικά κριτήρια.

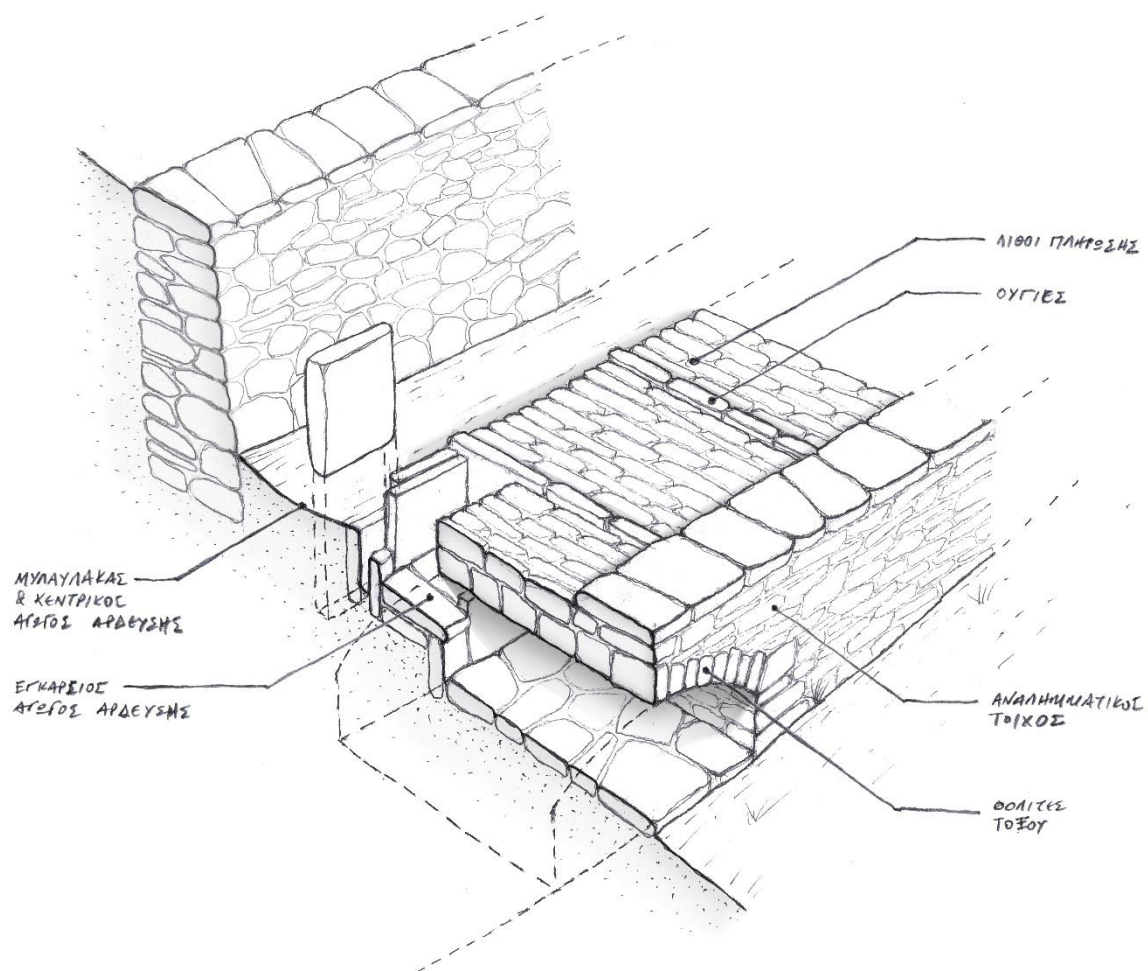
Η κλίση του εδάφους αποτελεί εξαιρετικά καθοριστικό στοιχείο το οποίο διαμορφώνει τον τύπο της κατασκευής αλλά και το υλικό που θα χρησιμοποιηθεί.

- Σε κλίσεις εδάφους από 0-10% οι περισσότερες λιθοστρώσεις είναι πλακόστρωτες. Η πλακόστρωση είναι η πιο ευπαθής κατασκευή, γιατί παρουσιάζει μικρή επιφάνεια ενσφήνωσης λόγω του μικρού βάθους πάκτωσης και ως εκ τούτου προτιμώνται σε εδάφη με μηδενική ή μικρή έστω κλίση ώστε να ελαχιστοποιούνται οι πλάγιες δυνάμεις που προκαλεί η άνωθεν σε αυτές κίνηση. Η μεγάλη επιφάνεια έδρασης του κάθε στοιχείου της πλακόστρωσης προϋποθέτει προετοιμασμένο έδαφος, δηλαδή ένα καλό υπόβαθρο, που επιτρέπει στην πλάκα πλήρη έδραση χωρίς δημιουργία κενών από κάτω, σχετική ομοιογένεια και ανελαστικότητα ως προς την εφαρμογή κάθετων στην επιφάνεια του καταστρώματος δυνάμεων.
- Σε κλίσεις μεγαλύτερες (10-35%) οι κατασκευές είναι συνήθως λιθόστρωτα (καλντερίμια) με ενίσχυση των εγκάρσιων ζωνών του όσο αυξάνει η κλίση.
- Τέλος σε κλίσεις μεγαλύτερες του 35% το λιθόστρωτο μετατρέπεται σε κλίμακα (κλιμακωτό λιθόστρωτο) ή κλιμακωτή ράμπα (Σχέδιο 5.8).

Συνολικά, ενώ η κατασκευαστική αρχή είναι απλή και κοινή για όλα τα είδη λιθόστρωτων ο πλούτος των διαφορετικών όψεων των λιθοστρώσεων είναι αποτέλεσμα κατά κύριο λόγο της προσπάθειας επίλυσης προβλημάτων όπως η διαχείριση της πρώτης ύλης και των κατασκευαστικών λεπτομερειών που απαιτεί η διαμόρφωση των κλίσεων, των ορίων της κατασκευής αλλά και η συνύπαρξη-διαπλοκή με άλλα στοιχεία του άμεσου περιβάλλοντος (Σχέδιο 5.8 και Εικόνα 5.7).



Σχέδιο 5.8 Λιθόστρωτα με διαφορετικές τυπολογίες καταστρώματος που προσαρμόζονται στο ανάγλυφο και τις κλίσεις στην Πλάκα Τζουμέρκων. (Σχέδιο: Γρηγόρης Κουτρόπουλος)



Σχέδιο 5.8 Λιθόστρωτο που διαπλέκεται με υποδομές διαχείρισης νερού στην Πλάκα Τζουμέρκων. (Σχέδιο: Γρηγόρης Κουτρόπουλος)



Εικόνα 5.7 Λιθόστρωτο στην Πλάκα Τζουμέρκων με ποικιλία τυπολογιών καταστρώματος.
(Φωτογραφία: Γιώργος Δημητρακόπουλος)

5.4 Εξειδικεύσεις ανά περιβάλλον εφαρμογής

Το περιβάλλον εφαρμογής ενός λιθόστρωτου διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στη μεθοδολογία της επέμβασης, καθώς διαφοροποιείται σημαντικά ανάλογα με το πλαίσιο μέσα στο οποίο θα δημιουργηθεί ένα νέο λιθόστρωτο μονοπάτι ή θα αποκατασταθεί ένα υφιστάμενο. Κηρυγμένοι παραδοσιακοί οικισμοί, ιστορικοί τόποι, φυσικά τοπία και αγροτικές διαδρομές, καθώς και σύγχρονες αστικές και τοπιακές παρεμβάσεις, αποτελούν διαφορετικά περιβάλλοντα στα οποία συναντώνται υφιστάμενα λιθόστρωτα, ενώ στο μέλλον αναμένεται να προκύψουν ανάγκες διεύρυνσης ή επέκτασης αυτών των δικτύων.

Το πλαίσιο μέσα στο οποίο υλοποιείται κάθε τέτοιο έργο μπορεί να επηρεάσει σε πολύ μεγάλο βαθμό τον σχεδιασμό και την εφαρμογή του. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η κείμενη νομοθεσία που ισχύει σε κάθε περίπτωση, ανάλογα με το είδος του περιβάλλοντος, όπως παρουσιάζεται και στο Κεφάλαιο 2. Επιπλέον, όπως έχει ήδη αναφερθεί, η εφαρμογή ενός έργου λιθόστρωτου σε ιστορικό περιβάλλον και ιδίως σε αρχαιολογικό χώρο απαιτεί σαφείς απαντήσεις ως προς τη διάκριση ή μη της νέας επέμβασης, καθώς και ιδιαίτερη προσοχή κατά την κατασκευή, λόγω του πλούσιου σε αρχαιολογικά κατάλοιπα υποβάθρου.

Το αστικό περιβάλλον και η δυνατότητα εφαρμογής σε αυτό του παραδοσιακού λιθόστρωτου έχουν απαντηθεί με αρκετά παραδείγματα όπως της διαμόρφωσης για την είσοδο σε κηρυγμένο διατηρητέο κτήριο στην ιστορική πόλη της Κόνιτσας (Εικόνα 5.8) καθώς και στο παράδειγμα της μικρής επαρχιακής πόλης της Ναυπάκτου. Εκεί, κατά τη δεκαετία του 1960, υλοποιήθηκε έργο κατασκευής παραδοσιακών λιθόστρωτων εντός του ιστορικού κέντρου της

πόλης, τα οποία λόγω της ορθής επιλογής της πρώτης ύλης, της ορθής διαστασιολόγησης και της άρτιας κατασκευής ανταποκρίνονται πλήρως στις σύγχρονες λειτουργικές ανάγκες, ιδίως σε ό,τι αφορά τη διέλευση βαρέων οχημάτων (Εικόνα 5.9).



Εικόνα 5.8 Νέα λιθόστρωτη ραμπόσκαλα στην είσοδο κηρυγμένου διατηρητέου κτηρίου στην Κόνιτσα. (Φωτογραφία: Γρηγόρης Κουτρόπουλος)

53



Εικόνα 5.9 Εφαρμογή παραδοσιακού λιθόστρωτου στο ιστορικό κέντρο της πόλης της Ναυπάκτου. (Φωτογραφία: Γρηγόρης Κουτρόπουλος)

6 ΦΥΣΙΚΟΙ ΔΟΜΙΚΟΙ ΛΙΘΟΙ: ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ, ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

6.1 Γενικά κριτήρια επιλογής υλικών με βάση το Ευρωπαϊκό και εθνικό κανονιστικό πλαίσιο

Η επιλογή των δομικών λίθων που θα χρησιμοποιηθούν σε ένα έργο αποκατάστασης ή κατασκευής νέου ξερολιθικού καταστρώματος βασίζεται στη διαθεσιμότητά τους και στην αξιολόγηση των τεχνικών τους χαρακτηριστικών, όπως αυτά αποτυπώνονται στα συνοδευτικά έγγραφα πληροφόρησης και τεκμηρίωσης, που πρέπει να ακολουθούνται σε ευρωπαϊκό επίπεδο βάσει του Κανονισμού (ΕΕ) 2024/3110, όταν πρόκειται για εμπορικά υλικά.

Ο νέος κανονισμός για τα δομικά προϊόντα δίνει έμφαση στις επιδόσεις βιωσιμότητας και στην αξιολόγηση του κύκλου ζωής τους. Αυτό ισχύει τόσο για τα νέα προϊόντα όσο και για τα μεταχειρισμένα ή ανακατασκευασμένα. Η αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και η υιοθέτηση πρακτικών κυκλικής οικονομίας αποτελούν βασικά στοιχεία για την εκτίμηση της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας των δομικών υλικών, και την αντίστοιχη εναρμόνιση των τεχνικών προδιαγραφών τους ανά εφαρμογή. Αντίστοιχα, η TOTEE 0 τονίζει την ανάγκη ενσωμάτωσης στον συνολικό σχεδιασμό των κατασκευών, τις απαιτήσεις προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή.

54

Ο Κανονισμός (ΕΕ) 2024/3110 αφορά τους «οικονομικούς φορείς», όπως ορίζονται στο άρθρο 3, σημείο 9, για την παραγωγή, διακίνηση, προμήθεια και διαχείριση παραγγελιών σχετικά με τα οικοδομικά υλικά, και όχι τον μελετητή/τρια μηχανικό ή τεχνικό επαγγελματία χρήσης/εφαρμογής των δομικών προϊόντων. Είναι ωστόσο ένα απαραίτητο εργαλείο για τον σχεδιασμό ενός κατασκευαστικού έργου, καθώς και για την κατανόηση και ερμηνεία της αξιολόγησης των δομικών προϊόντων μέσω:

- της **δήλωσης επιδόσεων και συμμόρφωσης** (Declaration of Performance and Conformity) όπως αυτή προδιαγράφεται από τα Άρθρα 13, 15 και 16 του Κανονισμού, και παρατίθεται στα σχετικά Παραρτήματα IV και V.
- της **σήμανσης CE**, όπως αυτή επεξηγείται στα Άρθρα 17 και 18 του Κανονισμού.

Επιπλέον, στο Παράρτημα III του Κανονισμού ορίζονται οι απαιτήσεις που αφορούν τη λειτουργία, τις επιδόσεις, την ασφάλεια και την περιβαλλοντική απόδοση των δομικών προϊόντων. Ο/Η μελετητής/τρια οφείλει να λαμβάνει υπόψη αυτές τις απαιτήσεις κατά τον σχεδιασμό ενός δομικού έργου, αξιολογώντας ποιες είναι σχετικές και εφαρμόσιμες στην περίπτωση της ξερολιθικής δόμησης, η οποία αποτελεί το αντικείμενο της παρούσας Τεχνικής Οδηγίας.

Είναι σημαντικό να γίνει αναφορά και στον [Κανονισμό \(ΕΕ\) 2024/1781](#) (ESPR - Ecodesign for Sustainable Products Regulation), ο οποίος θεσπίζει αυστηρότερο πλαίσιο οικολογικού

σχεδιασμού για τη βελτίωση της κυκλικότητας, της ενεργειακής απόδοσης και της συνολικής περιβαλλοντικής βιωσιμότητας των προϊόντων στην ΕΕ. Ο κανονισμός αυτός δεν περιορίζεται στα δομικά προϊόντα, και ενσωματώνεται στον 2024/3110, ωστόσο οι απαιτήσεις του άρθρου 5 πρέπει να συνεξετάζονται για την καλύτερη κατανόηση της έννοιας της αειφορίας στον σχεδιασμό.

Η προτεινόμενη μεθοδολογία για τον/την μηχανικό ή μελετητή/τρια, που αφορά τον σχεδιασμό και την προδιαγραφή των υλικών σε έργα αποκατάστασης και νέας κατασκευής λιθόστρωτων καταστρωμάτων, βασίζεται στην Ολιστική Προσέγγιση Κύκλου Ζωής (Life Cycle Thinking - LCT). Αυτή η προσέγγιση είναι απαραίτητη για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με τα υλικά του έργου, η οποία περιλαμβάνει τα παρακάτω:

1. Επιλογή και προμήθεια δομικών λίθων και λοιπών πρώτων υλών
2. Επεξεργασία
3. Χρήση και συντήρηση/επισκευή
4. Τέλος κύκλου ζωής/τελική διάθεση

Δεδομένου ότι οι πρώτες ύλες της ξερολιθικής δόμησης είναι αμιγώς φυσικές (λίθοι, αδρανή, εδαφικό υλικό), το στάδιο της παραγωγής, το οποίο συνήθως αποτελεί το δεύτερο σε μια προσέγγιση Κύκλου Ζωής, παραλείπεται και αντικαθίσταται από το στάδιο της επεξεργασίας.

55

Από τα στάδια της LCT, το πρώτο, που αφορά την επιλογή και προμήθεια των πρώτων υλών, και κυρίως των λίθων, κρίνεται ως το πλέον κρίσιμο για τον επιτυχή σχεδιασμό του έργου και αναλύεται διεξοδικά παρακάτω. Στοιχεία από τα λοιπά στάδια της μεθοδολογίας LCT εξετάζονται σε άλλα σημεία της παρούσας ΤΟ.

6.1.1 Επιλογή και Προμήθεια Πρώτων Υλών

Οι κύριες πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται στα λιθόστρωτα περιλαμβάνουν:

- **Αδρανή υλικά:**

- χονδρόκοκκα θραυστά αδρανή από πετρώματα στο υπόστρωμα του καταστρώματος (συνήθως χρησιμοποιούνται θραυσμένα τεμάχια που προκύπτουν από την επεξεργασία των λίθων)
- λεπτόκοκκη άμμος που χρησιμοποιείται ως υλικό πλήρωσης των αρμών στο τελικό στάδιο κατασκευής (συνήθως σε συνδυασμό με χώμα που προκύπτει από τις εργασίες εκσκαφής για τη διαμόρφωση του επιπέδου του λιθόστρωτου και άλλες συναφείς χωματουργικές εργασίες)

- **Δομικοί λίθοι**, οι οποίοι αποτελούν και το βασικό αντικείμενο του κεφαλαίου.

Σημειώνεται ότι αναλυτικές πληροφορίες σχετικά με τις ιδιότητες και τον ρόλο των αδρανών στα επιμέρους τεχνικά έργα δίνονται στον σχετικό [οδηγό δομικών υλικών του ΤΕΕ](#).

Η επιλογή των δομικών λίθων σε μια ξερολιθική κατασκευή καθορίζεται άμεσα από τις ειδικές απαιτήσεις του τεχνικού έργου, το περιβάλλον ένταξής του, καθώς και παράγοντες όπως η προσβασιμότητα, η ανθεκτικότητα, η βατότητα και η λειτουργικότητα της κατασκευής.

Στο πλαίσιο συγγραφής της παρούσας ενότητας της τεχνικής οδηγίας, αντλήθηκαν στοιχεία κυρίως από δύο συναφείς ΕΤΕΠ (Ελληνικές Τεχνικές Προδιαγραφές) σχετικά με τα βασικά χαρακτηριστικά που αξιολογούνται και προδιαγράφονται για την χρήση φυσικών λίθων σε δομικές εφαρμογές.

- Βάσει της ΕΤΕΠ: **03-07-03-00**, για επιστρώσεις με φυσικούς λίθους σε εσωτερικά και εξωτερικά δάπεδα, τα βασικά χαρακτηριστικά των λίθων που πρέπει να εξετάζονται απαραίτητως περιλαμβάνουν:
 - την αντοχή σε θλίψη και κάμψη,
 - την υδαταπορρόφηση και το ειδικό βάρος
 - το χρώμα και την υφή των πετρωμάτων
 - τον τρόπο κατεργασίας της επιφάνειάς τους και το τελείωμα (χτενιστό, χτυπητό, φυσικό κ.α.).

56

Αν και η συγκεκριμένη τεχνική προδιαγραφή αφορά την επένδυση τοίχων με φυσικούς λίθους και όχι τη συμπαγή δόμηση, ωστόσο κρίνεται σκόπιμη η άντληση στοιχείων σχετικά με τον έλεγχο ποιότητας των δομικών υλικών και πληροφοριών για συνήθη διακοσμητικά υλικά επιστρώσεων, μάρμαρα και γρανίτες.

- Η ΕΤΕΠ **03-02-01-00** για την κατασκευή τοίχων με φυσικούς λίθους αναφέρει μεταξύ άλλων τις παρακάτω ιδιότητες:
 - σκληρότητα (αντίσταση σε επιφανειακή φθορά)
 - εργασιμότητα (βαθμός ευκολίας επεξεργασίας)
 - αντοχή σε καιρικές συνθήκες και παγετό
 - αντοχή σε οξεία
 - αντίδραση σε φωτιά
 - απουσία επικίνδυνων ουσιών.

Άλλα ουσιώδη χαρακτηριστικά που αναφέρονται ξεφεύγουν των απαιτήσεων για τα ξερολιθικά καλντερίμια, π.χ. θερμική αγωγιμότητα, άμεση μόνωση έναντι αερομεταφερόμενου ήχου. Η συγκεκριμένη ΕΤΕΠ παρουσιάζει χρήσιμες πληροφορίες για τον χειρισμό των δομικών λίθων, καθώς και για τα μέτρα ασφάλειας των εργαζομένων.

Πέραν των δύο βασικών ΕΤΕΠ αναφοράς, επιπλέον κριτήρια τίθενται υπό το πρίσμα της αύξησης της ανθεκτικότητας των κατασκευών απέναντι στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, με βάση την παράγραφο 18.1.3 της TOTEE0:

- η ανθεκτικότητα σε ακραίες θερμοκρασίες,
- η υδατοπερατότητα και διαχείριση υγρασίας,
- η συνολική μείωση περιβαλλοντικού αποτυπώματος,
- η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης, και η
- αντοχή σε φυσικές καταστροφές.

Τα περισσότερα από αυτά τα χαρακτηριστικά εξετάζονται παρακάτω στην ενότητα 6.3 σε σχέση με την καταλληλότητα και τον τρόπο χρήσης των διαφορετικών λίθων στα ξερολιθικά καταστρώματα και τα λιθόστρωτα, εμπλουτίζονται και με άλλες παραμέτρους που θεωρούνται χρήσιμες και παρουσιάζονται λαμβάνοντας υπόψη την σύνδεση και με την γεωλογική προέλευσή τους. Κάποιες από αυτές σχολιάζονται και σε άλλα κεφάλαια της παρούσας ΤΟ, όπως η σύνδεση της υδατοπερατότητας με την υδρολογική λειτουργία του λιθόστρωτου, ή/και η ευκολία επιδιορθώσεων που επιφέρει μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος της κατασκευής.

57

Στο πλαίσιο της πράσινης μετάβασης του κατασκευαστικού τομέα, όπως αυτή καθορίζεται από την Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία (European Green Deal), το ζήτημα της **προμήθειας των δομικών λίθων** για αρχιτεκτονικά έργα είναι κομβικής σημασίας. Η αξιοποίηση τοπικών πόρων, εφόσον γίνεται με σύνεση και υπό την τήρηση αυστηρών περιβαλλοντικών προδιαγραφών, μπορεί να συμβάλλει καθοριστικά στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που προκύπτουν από τη μεταφορά υλικών.

Η έλλειψη λατομείων δομικών λίθων σε πολλές περιοχές της χώρας, ειδικότερα κοντά σε ιστορικούς οικισμούς και πολιτισμικά τοπία, καθιστά συχνά απαραίτητη την εισαγωγή υλικών από άλλες περιοχές και γειτονικές χώρες, με αποτέλεσμα την αλλοίωση των τοπικών οικοδομικών χαρακτηριστικών, αλλά συχνά και την φυσικοχημική και φυσικομηχανική ασυμβατότητα με το περιβάλλον εφαρμογής.

Στο πλαίσιο της παρούσας ΤΟ διακρίνονται τρεις περιπτώσεις προμήθειας δομικών λίθων:

- Η προμήθεια εμπορικού υλικού που πληρεί τις προδιαγραφές του (ΕΕ) 2024/3110.

Οι επιδόσεις που αναγράφονται στη σήμανση CE και στη δήλωση επιδόσεων για τα φυσικά λιθосώματα πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις της Μελέτης και τις προδιαγραφές του Έργου.

- Η προμήθεια τοπικού υλικού, με έλεγχο των ουσιωδών χαρακτηριστικών που απαιτούνται με βάση την μελέτη του έργου.

Ο Κανονισμός (ΕΕ) 2024/3110 στο Άρθρο 14 προβλέπει **εξαιρέσεις από την κατάρτιση δήλωσης επιδόσεων και συμμόρφωσης**:

αν το δομικό προϊόν παράγεται με τρόπο που είναι αποκλειστικά κατάλληλος για τη διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς και σε εκτός σειράς διαδικασία, για την κατάλληλη αποκατάσταση δομικών έργων που τυγχάνουν επίσημης προστασίας ως τμήμα συγκεκριμένου περιβάλλοντος ή λόγω της ιδιαίτερης αρχιτεκτονικής ή ιστορικής αξίας τους, σύμφωνα με τους ισχύοντες εθνικούς κανόνες.

Η παραπάνω πρόβλεψη του Κανονισμού συνάδει με την θεσμική προστασία της ξερολιθικής δόμησης, όπως περιγράφεται στο Κεφάλαιο 4, στην παράγραφο 4.4 'Προστασία και ανάδειξη της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς.' Είναι σημαντικό, επίσης, να αναφερθεί ότι υπάρχει πρόβλεψη βάσει του Ν.4512/2018 και σχετικής ΚΥΑ των Υπουργών Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΥΠΕΝ) και Πολιτισμού και Αθλητισμού (ΥΠΠΟΑ), για μικρής κλίμακας εξόρυξη λίθων ιδιαίτερης ιστορικής και αρχαιολογικής αξίας για τις ανάγκες έργων αποκατάστασης μνημείων. Βάσει προσαρμογής του συγκεκριμένου θεσμικού πλαισίου, ήταν δυνατή η αδειοδότηση της «μικρής κλίμακας» εξόρυξης για χρήση τοπικού δομικού λίθου από θέση κοντινή με την ιστορική, στο παράδειγμα της αναστήλωσης του ιστορικού λίθινου γεφυριού της Πλάκας στον ποταμό Άραχθο (Τζουμέρκα), που είχε καταρρεύσει από το 2015 και ξαναχτίστηκε από πέτρα. Αυτή η προσέγγιση θα ήταν εφικτό να εφαρμόζεται τουλάχιστον σε λιθόστρωτα που έχουν χαρακτηριστεί μνημεία ή βρίσκονται στον περιβάλλον χώρο μνημείου.

Τα προαναφερθέντα σημεία από το θεσμικό/κανονιστικό πλαίσιο θα μπορούσαν να υποστηρίξουν ένα μοντέλο μικρής κλίμακας εξόρυξης/απόληψης λίθων για την κάλυψη αναγκών σε έργα αποκατάστασης ιστορικών κτιρίων ή/και για την κατασκευή νέων έργων όπως τα λιθόστρωτα, εντός πολιτιστικών τοπίων. Η θέσπιση κινήτρων για την επένδυση και τη διασφάλιση της αντικειμενικής βιωσιμότητας εξορυκτικών επιχειρήσεων δομικών υλικών εντός των ορίων πολιτιστικών τοπίων είναι απαραίτητο βήμα, με πολλαπλά κοινωνικά και οικονομικά οφέλη στην κατεύθυνση της αειφορίας, με όρους οικονομικούς, κοινωνικούς και περιβαλλοντικούς.

Σε κάθε περίπτωση, μια τέτοια προσέγγιση απαιτεί και την κατανόηση των ιδιοτήτων του δομικού λίθου και την εξέταση των ουσιαστών χαρακτηριστικών τους, όπως περιγράφεται στην παράγραφο 6.3 της παρούσας τεχνικής οδηγίας.

Η χρήση τοπικών υλικών μπορεί να συμβάλλει καθοριστικά τόσο στην ανάπτυξη μικρότερων εφοδιαστικών αλυσίδων (short supply chains) και την εφαρμογή της αρχής του zero-transport στα κατασκευαστικά έργα, ενώ παράλληλα συμβάλλει στη διατήρηση της πολιτισμικής ταυτότητας μιας περιοχής. Η εξασφάλιση πρώτων υλών, τοπικά διαθέσιμων, δύναται να προστατεύσει την οικοδομική δραστηριότητα από αδυναμίες της κεντριοποιημένης εφοδιαστικής αλυσίδας, όπως η έλλειψη πόρων, η αύξηση των τιμών καυσίμων και άλλες απρόοπτες συνθήκες.

Οι **ιστορικές οικοδομικές πρακτικές** συνδέονται άρρηκτα με την αξιοποίηση των τοπικών πρώτων υλών, συχνά προερχόμενων από κοντινές παραποτάμιες θέσεις ή γεωλογικές εμφανίσεις. Συνεπώς, η διατήρηση παραδοσιακών οικισμών και πολιτιστικών τοπίων δε μπορεί παρά να προβλέπει την χρήση υλικών, αντίστοιχων με αυτά που τα έχουν ιστορικά διαμορφώσει. Παράλληλα, η ανάγκη για μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των κατασκευαστικών έργων καθιστά επιτακτική τη μέγιστη, δυνατή αξιοποίηση τοπικών πόρων, για τη μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος από την μεταφορά υλικών.

- **Η προμήθεια υλικού από επανάχρηση οικοδομικών αποβλήτων**

Τέλος, ο Κανονισμός (ΕΕ) 2024/3110 αναφέρει την **επανάχρηση δομικών υλικών** ως απαραίτητο βήμα για την μετάβαση προς μια πιο κυκλική οικονομία και την μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος και του αποτυπώματος άνθρακα των δομικών προϊόντων, και αναγνωρίζει την ελλιπή ανάπτυξη της σχετικής αγοράς και την ανάγκη εξειδικευμένων τεχνικών προδιαγραφών. Αναφέρει, ωστόσο, ότι τα υλικά αυτά δεν υπόκεινται σε μέτρα δυνάμει του παρόντος κανονισμού. Αναλυτικά, η υφιστάμενη νομοθεσία για τα Απόβλητα Εκσκαφών, Κατασκευών & Κατεδαφίσεων (ΑΕΚΚ) παρουσιάζεται στην παράγραφο 4.5 του Κεφαλαίου 4.

Η εξέταση, λοιπόν, των ρών οικοδομικών αποβλήτων, από κατεδαφίσεις και ανακαινίσεις, καθώς και η χρήση υλικών που προκύπτουν από παράλληλες δραστηριότητες, π.χ. έργα οδοποιίας και διαμόρφωσης τοπίου, αποτελεί ένα πεδίο διερεύνησης για τους μελετητές.

Είναι ενδιαφέρον, τέλος, ότι και η ΕΤΕΠ 03-02-01-00 αναφέρει πως:

πέραν των νεοεξορυσσομένων και για πρώτη φορά χρησιμοποιούμενων λιθοσωμάτων, είναι δυνατό να επαναχρησιμοποιηθούν λιθοσώματα που προέρχονται από κατεδάφιση. Τα λιθοσώματα αυτά πρέπει να είναι ελεγμένα ότι δεν έχουν υπόλοιπα κονιαμάτων, χώματα ή παιπάλη στις επιφάνειές τους, ρήγματα από φορτία, παγετό ή τις μεταφορές και καλύπτουν κατά τα λοιπά τις απαιτήσεις μεγέθους, μορφής και βαθμού επεξεργασίας των επιφανειών

59

Είναι απαραίτητο να αναπτυχθεί μία μεθοδολογία ποιοτικού ελέγχου και προτυποποίησης των μεθοδολογιών ανακύκλωσης και επανάχρησης αρχιτεκτονικών στοιχείων, δομικών υλικών ή/και εξοπλισμού, καθώς αυτό συνιστά και πρακτική προστασίας και διατήρησης αξιόλογων μελών/αρχιτεκτονικών στοιχείων σε ιστορικά περιβάλλοντα, αστικά ή υπαίθρου, όπως αγκωνάρια, λαξευμένοι λίθοι κλπ. Παράλληλα, αποτελεί και πρακτική που εναρμονίζεται με την λογική της παραδοσιακής δόμησης, όπως για παράδειγμα η εκχέρσωση των χωραφιών έδινε το υλικό για την κατασκευή ξερολιθικών μονοπατιών ή τοίχων και πρακτικές επανάχρησης συνυφαίνονται με την ανώνυμη αρχιτεκτονική. Η περίπτωση των λιθοσωμάτων και των ξερολιθικών δομών ιδιαίτερα δημόσιου χαρακτήρα, όπως καλντερίμια, πλακοστρώσεις, πλατείες κλπ. αποτελεί ένα ευνοϊκό πεδίο ενσωμάτωσης των παραπάνω πρακτικών.

6.2 Γεωλογικές έννοιες και παρατηρήσεις

Απαραίτητο βήμα για την κατασκευή, αποκατάσταση και επιδιόρθωση κάθε λιθόστρωτου καταστρώματος αποτελεί η αναγνώριση/επιλογή του δομικού υλικού και η κατάλληλη χρήση του βάσει των φυσικομηχανικών και φυσικοχημικών ιδιοτήτων, οι οποίες σε μεγάλο βαθμό καθορίζονται από την γεωλογική προέλευση και τον σχηματισμό του μητρικού πετρώματος.

Πριν προχωρήσουμε σε περαιτέρω ανάλυση, κρίνεται σκόπιμο να δοθούν οι εξής βασικοί ορισμοί (Τριανταφύλλου, 2008):

Ορυκτά: στερεά με συγκεκριμένη χημική σύνθεση, τα οποία σχηματίστηκαν φυσικά, έχουν συγκεκριμένη κρυσταλλική δομή και σταθερές φυσικές ιδιότητες, σύμφωνες με την σύνθεση και τη δομή τους. Πάνω από 2.500 ορυκτά έχουν εντοπιστεί και ονομαστεί, ενώ γύρω στα 25 αποτελούν τα βασικά πετρογενετικά.

Πετρώματα: σχηματίζονται από ένα ή περισσότερα ορυκτά, τα οποία ενώνονται μεταξύ τους με σαφή διάταξη στο χώρο, η οποία καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τις φυσικές και χημικές ιδιότητες, την αντοχή, το χρώμα και την ανθεκτικότητα του πετρώματος.

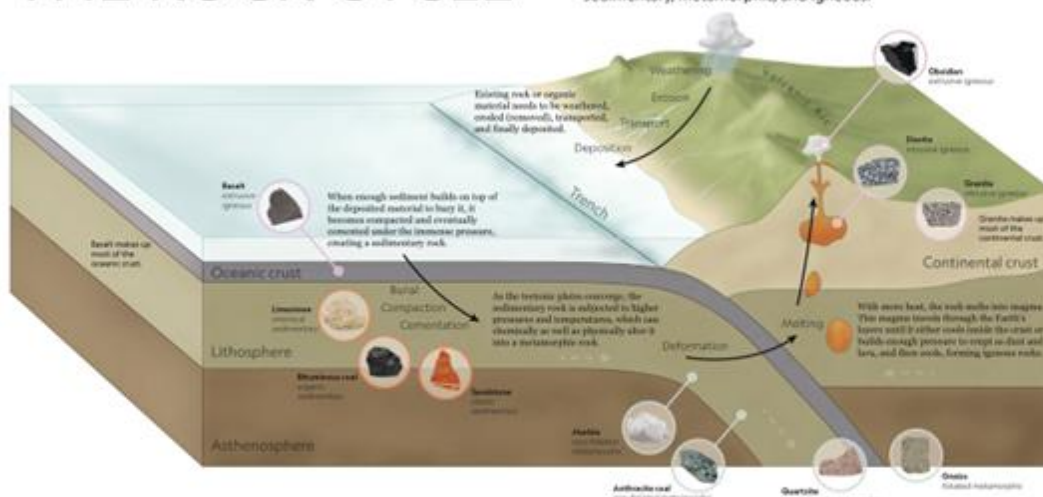
Λίθοι: προέρχονται από τα θραύσματα των πετρωμάτων του στερεού φλοιού της Γης, και ακολουθούν την ίδια κατάταξη με τα πετρώματα αυτά. Χαρακτηρίζονται ως φυσικά υλικά, αφού απαιτείται μόνο η μηχανική κατεργασία της μητρικής πρώτης ύλης, χωρίς αλλοίωση της αντίστοιχης χημικής και κρυσταλλικής σύστασης ή δομής τους.

Τα πετρώματα στη λιθόσφαιρα και στην επιφάνεια της γης δεν παραμένουν στατικά αλλά ανακυκλώνονται συνεχώς στον γεωλογικό χρόνο, μέσα από μια σειρά μεταβάσεων που αποτυπώνονται στον **κύκλο των πετρωμάτων** (Εικόνα 6.1). Η γεωλογική προέλευση και οι διεργασίες που οδηγούν σε αυτές τις μεταβάσεις είναι καθοριστικές για τις ιδιότητες, την συμπεριφορά και τους μηχανισμούς φθοράς των δομικών υλικών, άρα και την αισθητική και την ανθεκτικότητα μιας λίθινης κατασκευής. Ο κύκλος των πετρωμάτων καθορίζει την διάκριση των πετρωμάτων, κατ'επέκταση και των δομικών λίθων) σε τρεις κύριες κατηγορίες: τα **ιζηματογενή, τα μεταμορφωσιγενή ή μεταμορφωμένα** και τα **πυριγενή**. Ο κύκλος δεν κινείται πάντα προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση - τα πετρώματα μπορούν να μετατραπούν από τον ένα τύπο στον άλλο με πολλούς διαφορετικούς τρόπους. Η διαδικασία καθοδηγείται από την εσωτερική θερμότητα της Γης, τις τεκτονικές κινήσεις και τις επιφανειακές διεργασίες, όπως η διάβρωση και η αποσάθρωση.

- **Διάβρωση και Αποσάθρωση:** Όλα τα πετρώματα διαβρώνονται, σχηματίζοντας ιζήματα.
- **Μεταφορά και Απόθεση:** Τα ιζήματα μεταφέρονται, εναποτίθενται σε στρώματα και συμπαγοποιούνται, οδηγώντας στον σχηματισμό των *ιζηματογενών πετρωμάτων*, μέσα από μια διαδικασία που ονομάζεται διαγένεση.
- **Θερμότητα και Πίεση:** Με την έκθεση σε αυξημένες πιέσεις και θερμοκρασίες, στα υπάρχοντα πετρώματα δημιουργούνται νέα ορυκτά, ή ανακρυσταλλώνονται τα παλιά και σχηματίζονται τα *μεταμορφωμένα πετρώματα*.
- **Τήξη:** Τα μεταμορφωμένα πετρώματα του ηπειρωτικού φλοιού ή τα πετρώματα του μανδύα μπορεί να καταστούν τόσο θερμά ώστε να τακούν μερικώς και να σχηματίσουν μάγμα, το οποίο τελικά στερεοποιείται δημιουργώντας τα *πυριγενή πετρώματα*, επανεκκινώντας τον κύκλο.

THE ROCK CYCLE

The rock cycle is a series of processes that transform one rock type into another. These processes create three main types of rocks: sedimentary, metamorphic, and igneous.



Rock Subtypes	Sedimentary			Metamorphic		Igneous	
	Clastic Made of pre-existing rock and mineral grains	Organic Formed from carbon-rich, biological material	Chemical Formed by precipitation from chemical weathering	Foliated Multi-layered	Non-foliated Non-layered	Intrusive Formed inside the Earth	Extrusive Formed at Earth's surface

Εικόνα 6.1 Ο κύκλος σε δράση. Πηγή σχήματος: National Geographic

<https://education.nationalgeographic.org/resource/rock-cycle/>. (τελευταία επίσκεψη: 19/05/2026)

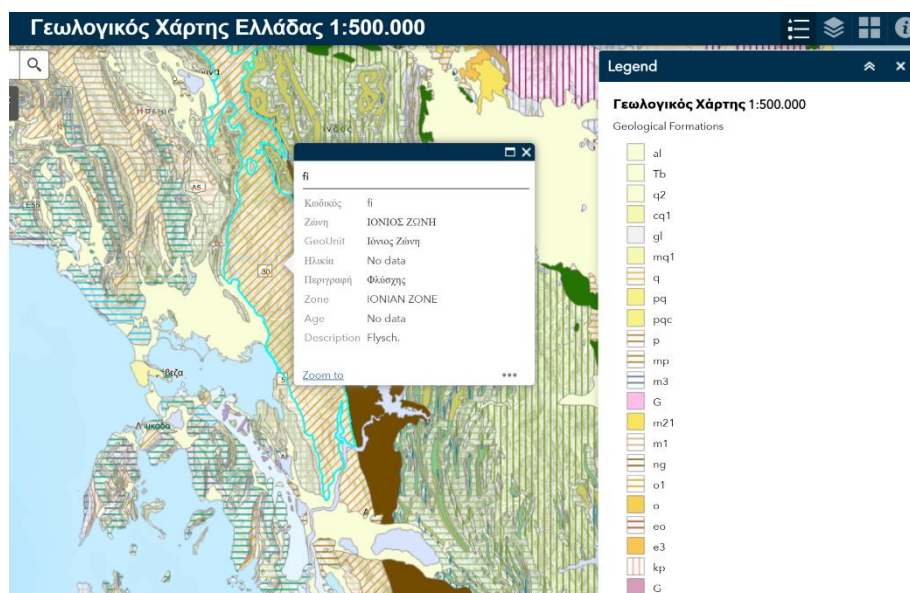
Τα κυριότερα ιζηματογενή πετρώματα, από τα οποία προέρχονται φυσικοί δομικοί λίθοι είναι **ο ασβεστόλιθος, ο δολομίτης, ο τραβερτίνης και οι ψαμμίτες**. Αντίστοιχα **το μάρμαρο, ο γνεύσιος και οι κρυσταλλικοί σχιστόλιθοι** αποτελούν τα κυριότερα μεταμορφωσιγενή πετρώματα, από τα οποία προέρχονται οι αντίστοιχοι λίθοι. Τέλος, **ο γρανίτης** αποτελεί μάλλον το πιο διαδεδομένο δομικό λίθο που προέρχεται από πυριγενές πέτρωμα. Στο Παράρτημα Ι, παρέχονται περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τον σχηματισμό και τις ιδιότητες των πετρωμάτων ανά κατηγορία, καθώς και πίνακες από την βιβλιογραφία με βασικούς δομικούς λίθους στην Ελλάδα.

6.2.1 Παρατηρήσεις για τη γεωλογία και τους δομικούς λίθους στην Ελλάδα

Η Ελλάδα παρουσιάζει μία σύνθετη γεωλογική δομή με μεγάλη ποικιλία γεωλογικών σχηματισμών, αποτέλεσμα της σύνθετης γεωλογικής ιστορίας και εξέλιξης της. Αναλυτική χαρτογράφηση των γεωλογικών σχηματισμών της χώρας δίνει [ο γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας 1:500.000 από την πύλη της ΕΑΓΜΕ](#), που δύναται να αποτελέσει χρήσιμο εργαλείο για την κατανόηση του γεωλογικού υποβάθρου κάθε περιοχής (Εικόνα 6.2).

Η Ελλάδα είναι σημαντική παραγωγός βιομηχανικών ορυκτών και δομικών πετρωμάτων, ορισμένων με μεγέθη αποθεμάτων και ύψη παραγωγής που κατέχουν υψηλή θέση στη παγκόσμια κατάταξη. Ο τομέας της δόμησης είναι άμεσα συνδεδεμένος ιστορικά με την εκμετάλλευση των ορυκτών πόρων, μέσω των λατομικών ορυκτών και πετρωμάτων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή δομικών λίθων, σκύρων και αδρανών υλικών, της χρήσης άλλων βιομηχανικών ορυκτών όπως ποζολάνες, περλίτης κλπ, και εν γένει της παραγωγής δομικών υλικών και συστημάτων. Η Ελλάδα έχει μεγάλη ποικιλία πετρωμάτων, όπως πυριγενή (π.χ. γρανίτης, βασάλτης), ιζηματογενή (π.χ. ασβεστόλιθος, κροκαλοπαγή) και μεταμορφωμένα πετρώματα. Ο πλούτος αυτός περιλαμβάνει κοιτάσματα βωξίτη,

μαγνησίτη, περλίτη, λευκόλιθου, ποζολανών και πολλών άλλων ορυκτών, τα οποία εξορύσσονται σε διάφορες περιοχές όπως η Χαλκιδική, η Μήλος, ο Παρνασσός και η Θάσος.



Εικόνα 6.2 Βασικό εργαλείο του μηχανικού η πλοήγηση στην ψηφιακή υπηρεσία του γεωλογικού χάρτη της Ελλάδας για την γενική κατανόηση των γεωλογικών σχηματισμών ανά περιοχή. Στιγμιότυπο από την γεωπύλη ΕΑΓΜΕ (τελευταία πρόσβαση 01/12/2025).

62

Η κατανόηση των διαφορετικών γεωτεκτονικών ζωνών στις οποίες διαιρείται η ελληνική επικράτεια μπορεί να δώσει μια πρώτη καλή εικόνα για τα είδη πετρωμάτων που μπορεί να συναντήσει κανείς ανά περιφέρεια. Αντίστοιχα, και ο [Άτλαντας Διακοσμητικών Πετρωμάτων και Δομικών Λίθων, τους Εργαστηρίου Λίθος της ΕΑΓΜΕ](#) εξετάζει αντιπροσωπευτικά πετρώματα ανά περιφέρεια, παρουσιάζοντας ιδιότητες που δεν συνδέονται απαραίτητα με θέση λατομικής/εξορυκτικής δραστηριότητας, αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εργαλείο για την κατανόηση αντιπροσωπευτικών λίθων μιας περιοχής. Σε κάθε περίπτωση, η χρήση των δομικών λίθων ανά περιοχή χρήζει εξέτασης συχνά και σε πολύ ειδικό επίπεδο, αφού πολλά διαφορετικά είδη συνυπάρχουν και χρησιμοποιούνται, πέρα από πιο συγκεκριμένα κοιτάσματα που αξιοποιούνται σε μεγαλύτερη εμπορική κλίμακα. Πιο συγκεκριμένα, στη δόμηση και ειδικότερα σε έργα λιθόστρωτων μονοπατιών χρησιμοποιούνται διαχρονικά οι παρακάτω κατηγορίες δομικών λίθων:

- πολλά ασβεστολιθικά πετρώματα κατάλληλης σκληρότητας σε όλες τις περιφέρειες
- γνεύσιοι, σχιστόλιθοι και μάρμαρα, στην Βόρεια Ελλάδα και νησιά του Αιγαίου, συχνά σε πλακοστρώσεις
- ψαμμίτες ή συναφή πυριτικά πετρώματα σε όλες τις περιφέρειες
- κατά τόπους πυριγενή υλικά, όπως λάβες, σκωρίες, ιγνιμβρίτες, π.χ. Στην Σαντορίνη και την Νίσυρο
- γρανίτες, σε νησιά του Αιγαίου και στην ΒΔ Ελλάδα

Παρατηρείται επίσης η χρήση μεικτών υλικών, ενώ εντοπίζονται, ακόμη, ιδιαίτερες τεχνικές λιθοστρώσεων και διαμόρφωσης εξωτερικών δαπέδων με την χρήση λατύπων και βοτσάλων, συλλεκτών από ποτάμια ή θαλάσσια, όπως τα βοτσαλωτά του νησιωτικού χώρου και άλλες διακοσμητικές τεχνοτροπίες, που ξεφεύγουν ως αντικείμενο της παρούσας τεχνικής οδηγίας. Οι κατασκευαστικές τεχνικές διαφοροποιούνται και προσαρμόζονται στα διαθέσιμα υλικά, σχηματίζοντας ένα πλούτο οικοδομικών παραδόσεων στα λιθόστρωτα (Εικόνα 6.3).



Εικόνα 6.3 Η λογική της διαφοροποίησης των κατασκευαστικών τεχνικών ανάλογα με το διαθέσιμο υλικό, υπακούοντας πάντα στη λειτουργικότητα των λιθόστρωτων. Οι ντουσεμέδες της Μυτιλήνης, φτιαγμένες με λευκές πλάκες ασβεστολιθικές (αριστερά) και οι ντουσεμέδες της Ικαρίας από τοπικό γνεύσιο. Πηγές φωτογραφιών: [τοπική ιστοσελίδα Μυτιλήνης](#)/ Γρηγόρης Κουτρόπουλος.

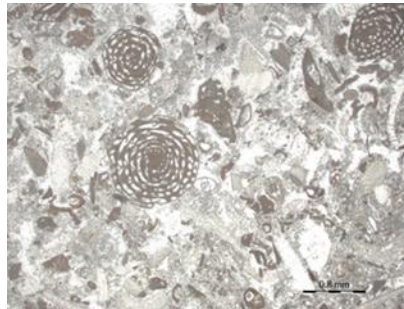
6.3 Χαρακτηριστικά δομικών λίθων

Οι δομικοί λίθοι παρουσιάζουν μια σειρά από φυσικομηχανικές και φυσικοχημικές ιδιότητες που είναι απαραίτητο να είναι κατανοητές στον/στην μελετητή/τρια και επιβλέπων/ουσα μηχανικό, για την ορθή εφαρμογή και την πρόβλεψη της συμπεριφοράς και απόδοσής τους. Ανεξάρτητα από την τελική πηγή προμήθειας του υλικού είναι χρήσιμο να υπάρχει κατανόηση των παρακάτω παραμέτρων σχετικά με την τεχνική συμπεριφορά του δομικού λίθου. Ο έλεγχος πρέπει να γίνεται σε διαπιστευμένα εργαστήρια, και σύμφωνα με τα αντίστοιχα ισχύοντα ευρωπαϊκά πρότυπα (ΕΝ).

6.3.2 Φυσικές ιδιότητες

6.3.2.1 Ορυκτολογικά και πετρογραφικά χαρακτηριστικά

Η πετρογραφική ανάλυση συνοδευόμενη από ορυκτολογική ή/και χημική ανάλυση προσδιορίζουν την φύση του πετρώματος, την ταξινόμησή του και τα αισθητικά χαρακτηριστικά του. Τα ορυκτολογικά και πετρογραφικά χαρακτηριστικά που καθορίζονται από τις μακροσκοπικές και μικροσκοπικές παρατηρήσεις σε λεπτές τομές δειγμάτων, αποτελούν θεμελιώδη παράγοντα για το χαρακτηρισμό ενός πετρώματος. Το πρότυπο EN 12407 περιγράφει τον τρόπο διεξαγωγής της πετρογραφικής εξέτασης. Η εξέταση αυτή αποτελεί απαραίτητο βήμα στην περίπτωση διερεύνησης του σημείου λατόμευσης δομικού υλικού για λόγους τεκμηρίωσης ή διερεύνησης επιλογών χρήσης τοπικών υλικών.

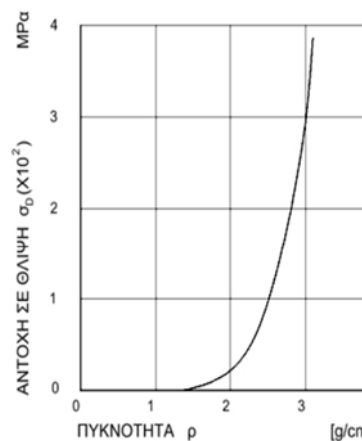


Εικόνα 6.4 Πετρογραφική εξέταση πλακώδους ασβεστόλιθου Ζαγορίου. Υπολείμματα θαλάσσιων οργανισμών ανασυνθέτουν το παλαιοπεριβάλλον σχηματισμού αυτού του ασβεστόλιθου (πετρογραφική εξέταση από ΕΑΓΜΕ και Δρ. Χρήστο Παπατρέχα).

64

6.3.2.2 Πυκνότητα, πορώδες και δείκτες υδρομετρικής συμπεριφοράς

Η πυκνότητα είναι ο λόγος της μάζας ενός υλικού προς τον όγκο του. Επειδή όμως τα πετρώματα έχουν πόρους, κοιλότητες και κενά, υπάρχουν 2 μετρούμενοι όγκοι: ο φαινόμενος, που είναι ο όγκος του πετρώματος μαζί με τα κενά και ο πραγματικός, που είναι χωρίς τα κενά. Αυτό που χαρακτηρίζει τα πετρώματα είναι η **φαινόμενη πυκνότητα ρ** που εκφράζεται σε Kg/m^3 , καθώς και το ειδικό βάρος που είναι αδιάστατο μέγεθος. Η πυκνότητα και το πορώδες των φυσικών λίθων επηρεάζουν καθοριστικά τις μηχανικές ιδιότητές τους. Ειδικότερα η αντοχή σε θλίψη αυξάνεται με την αύξηση της πυκνότητάς τους (Εικόνα 6.4), ενώ μειώνεται με την αύξηση του πορώδους τους.

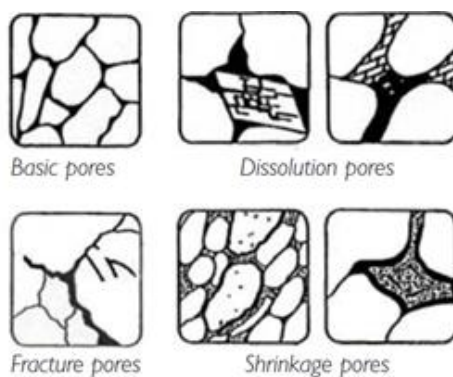


Εικόνα 6.4 Η αντοχή σε θλίψη σε συνάρτηση με την πυκνότητα για μια ομάδα ανθρακικών φυσικών λίθων. Διάγραμμα από Κορωνάιος (2006).

Μία από τις κυριότερες φυσικές ιδιότητες των πετρωμάτων και των δομικών λίθων είναι το πορώδες που αντιπροσωπεύει την παρουσία πόρων ή άλλων κενών χώρων μέσα στη μάζα των υλικών. Οι πόροι των πετρωμάτων μπορεί να έχουν διαφορετικά σχήματα, ακόμη μπορεί να είναι μεμονωμένοι/κλειστοί ή να επικοινωνούν μεταξύ τους (ανοιχτοί) και να επιτρέπουν την διέλευση ρευστών από την μάζα τους. Στην πράξη και για τις ανάγκες ποιοτικού ελέγχου των δομικών λίθων λαμβάνονται υπόψη οι ανοιχτοί πόροι που μπορούν να υπολογιστούν με εργαστηριακές δοκιμές και η βασική παράμετρος που εξετάζεται είναι το ανοιχτό πορώδες.

Ως **ανοιχτό ή ενεργό πορώδες** ορίζεται ως το ποσοστό του όγκου των ανοιχτών πόρων προς τον φαινόμενο όγκο του υλικού (δηλ. τον συνολικό όγκο μαζί με τα κενά). Η γνώση του ανοιχτού πορώδους των πετρωμάτων έχει μεγάλη σημασία για πολλά τεχνικά έργα, δεδομένου ότι οι τιμές του επηρεάζουν πολλές άλλες φυσικές και μηχανικές ιδιότητες π.χ. το μέτρο συμπίεστότητας, την υδροαπορροφητικότητα, τη διαπερατότητα, την αντοχή σε φθορά από παγετό κ.ά. Σημαντική παράμετρος δεν είναι μόνο το ολικό ανοιχτό πορώδες αλλά και η λεγόμενη κατανομή μεγέθους πόρων, δηλ. σε ποια μέση τιμή συγκεντρώνονται τα διαφορετικά μεγέθη πόρων του υλικού. Η παράμετρος αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική για την αξιολόγηση της φθοράς μέσα από την επαφή με το νερό και την επιδεκτικότητα του υλικού σε φαινόμενα τριχοειδούς αναρρίχησης, κρυστάλλωσης αλάτων, παγετού και την ανθεκτικότητά του στους κύκλους ύγρανσης-ψύξης κλπ.

- Το χαμηλό πορώδες των περισσότερων μαρμάρων και συμπαγών ασβεστολίθων τα καθιστά πετρώματα λιγότερα επιδεκτικά στη φθορά, καθώς το μέγεθος των πόρων τους δεν τα καθιστά επιρρεπή σε φαινόμενα τριχοειδούς αναρρίχησης.
- Υλικά με κλειστούς πόρους, ή μεγάλους και σχετικά ευθύγραμμους πόρους είναι λιγότερο ευαίσθητα στην δράση του παγετού, σε αντίθεση με υλικά με μικρούς και δαιδαλώδεις πόρους.
- Υπάρχουν διαφορετικά είδη πόρων όπως πόροι διάλυσης ασβεστολιθικών πετρωμάτων (dissolution pores), πόροι μηχανικής αστοχίας υλικού λόγω καταπόνησης ή εσωτερικής αστοχίας (fracture pores), πόροι που σχετίζονται με την γεωλογική διαδικασία σχηματισμού (basic pores), πόροι συρρίκνωσης (για την περίπτωση κονιαμάτων). (Εικόνα 6.5).



Εικόνα 6.5 Μέσα από τους ανοιχτούς πόρους το δομικό υλικό αλληλεπιδρά με το περιβάλλον του.
(Borelli, 1999)

Τέλος, υπάρχουν διαφορετικές παράμετροι που εξετάζουν την υδρομετρική συμπεριφορά ενός δομικού λίθου, ανάλογα με τους βασικούς μηχανισμούς επαφής και την φυσική κατάσταση του νερού (υγρό, υδρατμοί κλπ). Η υδαταπορρόφηση, η υδρατμοπερατότητα, ο συντελεστής διάχυσης, η υγροσκοπικότητα κλπ είναι όλες παράμετροι που πρέπει να εξετάζονται ανάλογα με την εφαρμογή.

Σε επίπεδο υλικού: η υδαταπορρόφηση μετριέται συνήθως με κύκλους εμβάπτισης του υλικού σε νερό και παρατήρηση του ρυθμού με τον οποίο απορροφά νερό. Η ιδιότητα αυτή εξαρτάται από την πυκνότητα, το πορώδες, το σχήμα και τον βαθμό επικοινωνίας των πόρων του υλικού.

Σε επίπεδο τοπίου και υδρογεωλογίας: Ο συντελεστής διαπερατότητας θα καθορίσει σε κλίμακα τοπίου πόσο τα διάφορα πετρώματα επιτρέπουν την διέλευση του νερού, στοιχείο σημαντικό και για την περίπτωση των λιθόστρωτων, για την χωροθέτησή τους και για την κατανόηση του υδρολιθολογικού υποβάθρου στην περιοχή παρέμβασης (βλέπε και [υδρολιθολογικό χάρτη Ελλάδας](#)).

Το EN 1936 περιγράφει τον προσδιορισμό της φαινόμενης πυκνότητας και του ανοικτού πορώδους και το EN 13755 αφορά στον προσδιορισμό της υδαταπορρόφησης σε ατμοσφαιρική πίεση.

6.3.2 Μηχανική συμπεριφορά

Τα πετρώματα είναι ανομοιογενή υλικά λόγω των διαφορετικών ορυκτών από τα οποία αποτελούνται και λόγω της παρουσίας κενών, πόρων και μικρορωγμών, και κατ' επέκταση χαρακτηρίζονται ως ανισότροπα υλικά. Οι ετερογένειες αυτές επιδρούν στις μακροσκοπικές παραμέτρους μηχανικής συμπεριφοράς του πετρώματος. Η συμπεριφορά των πετρωμάτων και κατ' επέκταση των δομικών λίθων σε μηχανικές καταπονήσεις αποτελεί σύνθετο πεδίο μελέτης και απαιτεί την αξιοποίηση αποτελεσμάτων από εργαστηριακές δοκιμές. Κάποιοι βασικοί όροι που χρησιμοποιούνται για το χαρακτηρισμό της μηχανικής απόκρισης των πετρωμάτων είναι:

- **Αντοχή ή μέγιστη αντοχή**, είναι η μέγιστη τάση που το πέτρωμα δύναται να αναλάβει για δεδομένες συνθήκες. Μετά την επίτευξη της μέγιστης τιμής το δοκίμιο μπορεί να εξακολουθεί να αναλαμβάνει κάποιο φορτίο. Η παραμένουσα αντοχή, όταν επιτυγχάνεται, συμβαίνει μετά από σημαντική παραμόρφωση. Υπάρχουν διαφορετικά είδη μηχανικών αντοχών που ανάλογα με την εφαρμογή θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη.
- **Ψαθυρή θραύση** είναι η διαδικασία κατά την οποία συμβαίνει ξαφνική απώλεια αντοχής με ελάχιστη ή μηδενική πλαστική παραμόρφωση.
- **Όλκιμη παραμόρφωση** ονομάζεται η διαδικασία κατά την οποία το πέτρωμα συνεχίζει να παραμορφώνεται χωρίς να χάνει τη φέρουσα ικανότητά του.
- **Αστοχία** είναι ένας γενικότερος όρος που άλλες φορές ταυτίζεται με την επίτευξη της μέγιστης αντοχής, άλλες φορές με την αδυναμία ανάληψης των δρώντων φορτίων, άλλοτε με υπερβολικές παραμορφώσεις, κ.α.

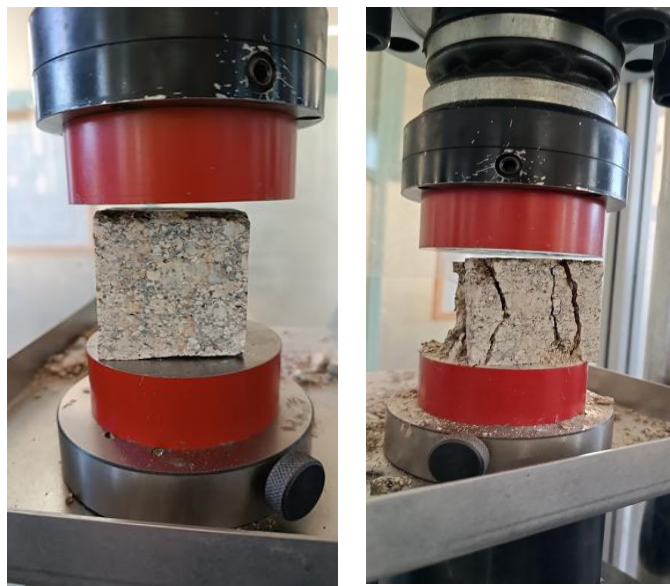
6.3.2.1 Μηχανικές αντοχές

Γενικά, η αντοχή ενός υλικού και κατ' επέκταση ενός κατασκευαστικού συστήματος ορίζεται ως η ικανότητά του να μεταφέρει φορτία. Το ίδιο το υλικό, η γεωμετρία της κατασκευής και ο τρόπος φόρτισης αποτελούν βασικές παραμέτρους για ενδεχόμενη αστοχία.

Βασικός παράγοντας σχεδιασμού για την επιλογή φυσικών δομικών λίθων σε έργα δόμησης είναι η **αντοχή σε θλίψη**, ενώ η τιμή της αντοχής σε εφελκυσμό χρησιμοποιείται ελάχιστα ως παράγοντας σχεδιασμού: τα πετρώματα είναι γενικά αδύναμα σε εφελκυσμό σε αντίθεση με την σημαντική τους αντοχή σε θλίψη (Εικόνα 6.4). Η **αντοχή σε εφελκυσμό** είναι βέβαια σημαντική παράμετρος για εφαρμογές στατικής μονοαξονικής εφελκυστικής καταπόνησης όπως στα τοιχώματα υπογείων ανοιγμάτων, όπως σήραγγες, γεωτρήσεις κλπ, ή για συνθήκες δυναμικής εφελκυστικής καταπόνησης, όπως κατά την διάτρηση, ανατίναξη, και κοπή των πετρωμάτων με μηχανικά μέσα. Οι ελαστικές σταθερές περιλαμβάνουν συνήθως το μέτρο ελαστικότητα (ή μέτρο Young) και τον λόγο Poisson (συντελεστής εγκάρσιας παραμόρφωσης). Γενικώς, οι δομικοί λίθοι είναι ανισότροπα υλικά, με ιδιότητες που αλλάζουν στις διαφορετικές κατευθύνσεις και άρα με περισσότερες από δύο ανεξάρτητες ελαστικές σταθερές. Στο EN 1926 περιγράφεται ο προσδιορισμός της αντοχής σε μονοαξονική θλίψη. Είναι ο λόγος του φορτίου που προκαλεί τη θραύση του δοκιμίου προς το εμβαδόν της εγκάρσιας (κάθετης προς τη διεύθυνση φόρτισης) διατομής του και εκφράζεται σε MPa ($= \text{N/mm}^2$). Το EN 12372 περιγράφει τον προσδιορισμό της αντοχής σε κάμψη υπό συγκεντρωμένο φορτίο (της λεγόμενης «τριών σημείων»). Η αντοχή εκφράζεται σε Mpa.

Άλλες σημαντικές μηχανικές φορτίσεις που πρέπει να εξετάζονται κατά περίπτωση περιλαμβάνουν την αντοχή σε κρούση/ενέργεια θραύσης, την αντοχή σε κάμψη, την κόπωση των υλικών λόγω εναλλασσόμενων δυναμικών φορτίσεων, το φορτίο θραύσης στην οπή αγκύρωσης κλπ. , ανάλογα με τις συνθήκες επεξεργασίας και εφαρμογής.

67



Εικόνα 6.4 Εργαστηριακές δοκιμές μηχανικών αντοχών. Η δοκιμή αντοχής σε μονοαξονική θλίψη είναι η συνηθέστερα εκτελούμενη εργαστηριακή δοκιμή για φυσικούς λίθους. Ακόμα και η παρατήρηση του τρόπου αστοχίας του υλικού είναι σημαντική για την κατανόησή του. (Φωτογραφίες: Νικηφόρος Μεϊμάρογλου) Δοκιμή σε γνεύσιο Ικαρίας.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η αντοχή δομικών λίθων με την ίδια γεωλογική ονομασία δύναται να διαφέρει σημαντικά. Για παράδειγμα, **η αντοχή του ψαμμίτη διαφέρει με το μέγεθος των κόκκων, την πυκνότητα, τη φύση και έκταση συγκόλλησης των κόκκων, και το βαθμό συμπίεσης και θερμοκρασίας που το πέτρωμα υπέστη μέχρι σήμερα.** Σε τέτοιους παράγοντες οφείλεται η μεγάλη διακύμανση των μηχανικών ιδιοτήτων γεωλογικά όμοιων δομικών λίθων. Για παρόμοια ορυκτολογική σύσταση του πετρώματος, η μονοαξονική θλιπτική αντοχή μειώνεται όσο αυξάνονται το πορώδες, ο βαθμός αποσάθρωσης, οι μικρορηγματώσεις, και η περιεκτικότητα σε νερό.

Η γεωλογική ονομασία δίνει χρήσιμα στοιχεία όπως για παράδειγμα ένας σχιστόλιθος αναμένεται να παρουσιάζει σχιστότητα και ένας χαλαζίτης θα είναι γενικά ένα σκληρό ψαθυρό υλικό. Η αντοχή σε κάμψη αποτελεί μία ακόμη βασική παράμετρο για την επιλογή δομικών λίθων σε εφαρμογές ξερολιθικών δαπέδων, επιστρώσεων και καλντεριμιών. Ο Άτλαντας της ΕΑΓΜΕ αποτελεί ένα χρήσιμο εγχειρίδιο για τον μελετητή, αποτυπώνοντας τις μηχανικές αντοχές για 87 διαφορετικά διακοσμητικά και δομικά πετρώματα, με βάση τα ισχύοντα ευρωπαϊκά πρότυπα, και αποτελώντας ενδεικτικά στοιχεία για κάθε περιοχή (δεν σχετίζονται με συγκεκριμένο λατομείο), επιτρέποντας μια γενικότερη εκτίμηση της μηχανικής συμπεριφοράς των σημαντικότερων λιθοτύπων ανά περιοχή.

6.3.2.2 Σκληρότητα - αντοχή σε τριβή και ολισθηρότητα

Η **σκληρότητα (hardness)** είναι μια έννοια που στην γεωλογία/ορυκτολογία αφορά στην αντίσταση στη χάραξη και λείανση, ενώ σε τεχνικές εφαρμογές μπορεί να αφορά στην αντίσταση του πετρώματος στη διείσδυση (indentation hardness ή microhardness), την τριβή ή την κοπή. Η πιο γνωστή μέθοδος προσδιορισμού της στην ορυκτοδιαγνωστική είναι η 10-βάθμια, εμπειρική, σκληρομετρική κλίμακα που ανέπτυξε ο Friedrich Mohs το 1812 (Mohs' hardness). Η μέθοδος βασίζεται στην εύρεση, με δοκιμές, 2 ορυκτών της κλίμακας από τα οποία το ένα χαράζει και το άλλο χαράζεται από το ορυκτό του οποίου θέλουμε να προσδιορίσουμε τη σκληρότητα (Εικόνα 20). Η κλίμακα Mohs δίνει και το εύρος σκληρότητας αντιπροσωπευτικών πετρωμάτων. Άλλες μέθοδοι μέτρησης, με μεγαλύτερη ακρίβεια και βάσει ASTM-standard tests, είναι η κλίμακα κατά Rossiwall, η μικροσκληρότητα χάραξης ορυκτών μετρούμενη στο μικροσκόπιο, ενώ για τα πετρώματα υπάρχουν στατικές δοκιμές διείσδυσης (Rockwell, Brinell, Knoop) και δυναμικές δοκιμές σκληρότητας (χρήση της σφύρας αναπήδησης Shore, μέθοδος Schmidt Hammer).

Ο χαλαζίας, από τα πιο σημαντικά πετρογενετικά ορυκτά που εντοπίζεται σε όλες τις κατηγορίες πετρωμάτων έχει μεγάλη σκληρότητα (7 στην κλίμακα Mohs) και είναι πολύ ανθεκτικός στην αποσάθρωση. Έτσι, τα πετρώματα που τον περιέχουν εμφανίζουν υψηλές τιμές αντοχής. Η σκληρότητα συνδέεται καθοριστικά με την ανθεκτικότητα των υλικών σε εφαρμογές όπως λιθόστρωτα, οδοστρώματα, δάπεδα κλπ.

Άλλες σημαντικές σχετικές ιδιότητες είναι η αντίσταση σε τριβή που μετριέται σε mm ή mm³ ανάλογα με την μέθοδο μέτρησης και θα πρέπει να εκτιμάται διαφορετικά ανάλογα αν μιλάμε για πλάκες επικάλυψης ή για σημαντικού πάχους πλάκες λιθόστρωσης. Το EN 14157 σχετίζεται με την αντίσταση σε τριβή και περιλαμβάνει τρεις μεθόδους προσδιορισμού, με τις αντίστοιχες συσκευές τριβής. Η συνεκτίμηση των παραπάνω ιδιοτήτων των δομικών υλικών, οι καιρικές συνθήκες εφαρμογής και οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες (κλίσεις κλπ) θα καθορίσουν σε σημαντικό βαθμό την ολισθηρότητα των λιθόστρωτων, και γενικά την ασφάλεια και άνεση διάβασης.

6.3.2.3 Ειδικά ζητήματα επεξεργασίας και εμφάνισης

Το **χρώμα** των ορυκτών επηρεάζεται από το είδος των χημικών στοιχείων που περιέχονται σε αυτά. Ορυκτά όπως ο χαλαζίας, οι άστριοι κι ο μοσχοβίτης, στα οποία επικρατεί πυρίτιο και αργίλιο, έχουν ανοιχτό ή λευκό χρώμα, ενώ ο ολιβίνης, η κεροσίλβη, ο βιοτίτης, στα οποία επικρατούν οι ενώσεις του σιδήρου και του μαγνησίου, έχουν χρώμα από πράσινο μέχρι μαύρο. Άλλο βασικό χαρακτηριστικό που σχετίζεται με την ευκολία και τον τρόπο επεξεργασίας των δομικών λίθων είναι ο σχισμός, δηλαδή η, υπό την επίδραση μιας μηχανικής καταπόνησης, διάσπαση σε επίπεδα πλήρως καθορισμένα και υπακούουν στη συμμετρία του κρυστάλλου.

6.3.3. Φθορά και Ανθεκτικότητα δομικών λίθων

Η φθορά (weathering) αναφέρεται στην απομείωση στον χρόνο των ιδιοτήτων (φυσικών, χημικών, μηχανικών κ.α.) και χαρακτηριστικών (ορυκτολογικών, υφής) των δομικών υλικών, με αποτέλεσμα την απώλεια της λειτουργικής ή/και αισθητικής τους αξίας. Η φθορά των δομικών υλικών ξεκινά ήδη από την επεξεργασία των αντίστοιχων μητρικών πρώτων υλών, για τη χρήση τους στην αρχιτεκτονική, γλυπτική κλπ (μετάλλευμα-μέταλλο, πέτρωμα-πέτρα). Όσο μεγαλύτερη είναι η κατεργασία της μητρικής πρώτης ύλης, και όσο μεγαλύτερη η διαφορά της από το δομικό υλικό, τόσο πιο έντονα θα είναι τα φαινόμενα φθοράς τους. Ήδη από την αρχαιότητα είχε διαπιστωθεί ότι ορισμένα υλικά είναι περισσότερο επιδεκτικά στη φθορά, και παρατηρούνται μέτρα προστασίας όπως η εφαρμογή επιχρισμάτων και μεθόδων προστασίας των επιφανειών από την ατμόσφαιρα. Με την βιομηχανική επανάσταση γίνεται καθοριστικός ο ρόλος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην φθορά των δομικών υλικών σε αστικές περιοχές. Στην Ελλάδα, και κυρίως στην Αθήνα, η έντονη εκβιομηχάνιση και επακόλουθα η έντονη φθορά των δομικών υλικών πολλών μνημείων ξεκινά μετά το 1950, και ανάγεται μεταξύ του 1955-1965. Οι παράγοντες φθοράς διακρίνονται σε ενδογενείς και εξωγενείς (Σκουληκίδης, 2000):.

Ενδογενείς Παράγοντες

- Το είδος του δομικού υλικού (πέτρες, κονιάματα, ξύλο, πολυμερή κλπ)
- Οι ιδιότητες του δομικού υλικού (φυσικές, χημικές, μηχανικές κλπ.)
- Η κατανομή της μάζας του σε επίπεδο μικροκλίμακας και μακροκλίμακας
- Η προέλευση και απόληψη του δομικού υλικού
- Η τεχνολογία διαμόρφωσής του στην τελική κατασκευή
- Η ιστορία του υλικού στις διάφορες κατασκευαστικές φάσεις του μνημείου και τις επεμβάσεις συντήρησης
- Η συμβατότητα των δομικών υλικών στην κατασκευή.

Εξωγενείς παράγοντες

- Το είδος των περιβαλλοντικών παραγόντων και φορτίσεων
- Τα γενικά χαρακτηριστικά του κλίματος (θερμοκρασιακές διακυμάνσεις, ηλιοφάνεια, υγρασία, γειννίαση με την θάλασσα, ρυπαντές)
- Οι ειδικές συνθήκες του υλικού του μνημείου (προσανατολισμός, θέση υλικού, μορφολογία επιφάνειας, βαθμός προστασίας από την βροχή)
- Οι χωροταξικές, πολεοδομικές, κυκλοφοριακές ρυθμίσεις γύρω από το μνημείο και οι συνθήκες του εσωτερικού χώρου
- Οι βιολογικοί παράγοντες, από την ανώτερη βλάστηση έως την δράση μικροοργανισμών.
- Οι μηχανικές φορτίσεις που επιδρούν στο μνημείο (κρυστάλλωση αλάτων, παγετός, διόγκωση μεταλλικών συνδέσμων, σεισμικές δονήσεις, θερμοκρασιακοί κύκλοι, εκτριβή)

Ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο για την κατανόηση των διαφορετικών μηχανισμών φθοράς των δομικών λίθων, τους τρόπους εμφάνισης και την σύνδεση τους με τον γεωλογικό σχηματισμό των πετρωμάτων είναι το [Illustrated Glossary on Stone Deterioration του ICOMOS](#).

6.3.3.1 Ανθεκτικότητα σε περιβαλλοντικά φορτία

Θερμοκρασιακές μεταβολές

Η **ανισοτροπία θερμικής διαστολής των ορυκτών** έχει μεγάλη σημασία για την κατανόηση της φυσικής αποσάθρωσης των πετρωμάτων. Τα δομικά υλικά που είναι πιο επιρρεπή στις θερμοκρασιακές μεταβολές του περιβάλλοντος, είναι τα μάρμαρα και οι ασβεστόλιθοι, δεδομένης της ανισοτροπίας του ασβεστίτη. Γενικά, σε λίθους κοκκώδους ή κρυσταλλικής δομής, (γρανίτες και μάρμαρα αντίστοιχα), οι τάσεις που αναπτύσσονται μεταξύ των κόκκων ή των κρυστάλλων, με διαφορετικό προσανατολισμό των κρυσταλλογραφικών αξόνων ή με διαφορά στο θερμικό συντελεστή, προκαλούν κόπωση και τελικά αστοχία στις διεπιφάνειες των κόκκων ή κρυστάλλων. Μακροπρόθεσμα, οι κρύσταλλοι μετατοπίζονται ελαφρώς από την αρχική τους θέση και σχηματίζουν ένα πιο ακανόνιστο κι αδύναμο σύστημα, γεγονός που οδηγεί στην αποσάθρωση και το χαλάρωμα των κόκκων ή αλλιώς στην *σακχαροειδή φθορά (sugaring)*. Ειδικότερα τα μάρμαρα και οι ασβεστόλιθοι, ενώ θεωρητικά δύναται να ανταποκριθούν ελαστικά σε θερμικές τάσεις, οι οποίες προκαλούνται από θερμοκρασίες πολύ μεγαλύτερες των 30°C, στην πραγματικότητα, η ύπαρξη ζωνών αδυναμίας ή επιπέδων ασυνέχειας διευκολύνει την εκκίνηση φθοράς, ακόμα και κατά τους συνήθεις θερμοκρασιακούς κύκλους του περιβάλλοντος (Μοροπούλου, 2012).

70

Αντίδραση και αντίσταση σε φωτιά

Οι φυσικοί λίθοι εμπίπτουν συνήθως στην κατηγορία Class I (χωρίς δοκιμή) κατά το EN 13501-1, καθώς, δεν συμβάλλουν ουσιαστικά στην ανάπτυξη φωτιάς, δεν παράγουν σημαντική θερμότητα και δεν θεωρούνται καύσιμο υλικό. Ωστόσο, θα πρέπει να γίνει διάκριση μεταξύ αντίδρασης στη φωτιά (reaction to fire) και της αντίστασης στην φωτιά (fire resistance). Η τελευταία ιδιότητα εξετάζει αν ένα δομικό στοιχείο από λίθο μπορεί να διατηρήσει για ορισμένο χρόνο την ακεραιότητα και φέρουσα ικανότητά του κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς και εξαρτάται από τον συνολικότερο σχεδιασμό. Γενικώς, τα διαφορετικά πετρώματα θα παρουσιάσουν διαφορετικά φαινόμενα φθοράς από φωτιά, με τα ασβεστοπικά πετρώματα να είναι περισσότερο επιρρεπή σε χημική αποσύνθεση σε σχέση με τα πετρώματα με πυριτικής φύσης συνδετικό υλικό.

Παγετός

Η φθορά που προκαλεί ο παγετός στα δομικά υλικά καθορίζεται από έναν αριθμό παραγόντων όπως η ορυκτολογική τους σύνθεση, το πορώδες τους και η τοποθεσία στην οποία βρίσκονται. Το είδος της φθοράς ποικίλλει και μπορεί να είναι ρηγμάτωση, αποφλοίωση και αποκόλληση. Η δημιουργία πάγου πραγματοποιείται όταν η θερμοκρασία πέσει αρκετά χαμηλότερα από τους 0°C. Η δημιουργία πάγου μέσα στους πόρους ή στις ρωγμές των δομικών υλικών είναι ιδιαίτερα επικίνδυνη διότι η στερεοποίηση του νερού προκαλεί μια αύξηση του όγκου του με αποτέλεσμα να αναπτύσσονται ισχυρές μηχανικές τάσεις στο εσωτερικό του υλικού.

Στο EN 12371 περιγράφεται η διαδικασία της δοκιμής αντίστασης σε παγετό, με κύκλους ψύξης / απόψυξης. Η δοκιμή προσομοιώνει την καταπόνηση που υφίσταται το πέτρωμα από

την έκθεσή του σε υγρασία και χαμηλές θερμοκρασίες. Η εν λόγω καταπόνηση αξιολογείται μέσω οπτικής παρατήρησης κάθε δοκιμίου (κατάταξη σε σχετικές κλάσεις), από τον υπολογισμό της απώλειας υλικού με μέτρηση βάρους και από την πιθανή μεταβολή του μέσου όρου της αντοχής του πετρώματος σε μονοαξονική θλίψη ή κάμψη.

Ρύποι

Η ρύπανση της ατμόσφαιρας συνίσταται στην παρουσία μη φυσιολογικών προσμείξεων, ή/και στην αυξημένη μη φυσιολογική συγκέντρωση προσμίξεων εγγενών στην ατμόσφαιρα, λόγω ανθρωπογενούς δραστηριότητας. Αναφέρεται, κυρίως, στη δράση των αέριων ρυπαντών, των σωματιδιακών ρυπαντών ή αερολυμάτων και ατμοσφαιρικών σωματιδίων (βαρέα μέταλλα, τέφρα και σωματίδια άνθρακα, ανάπιπτα κ.α.). Τα εν διαλύσει θειικά, νιτρικά και ανθρακικά οξέα στο νερό της βροχής, που σχηματίζονται από τους αντίστοιχους ρυπαντές (όξινη βροχή), προκαλούν διάφορες επιφανειακές φθορές και κρούστες στα δομικά υλικά των μνημείων. Η όξινη βροχή αποτελεί βασικό διαβρωτικό παράγοντα των δομικών υλικών των μνημείων και μία από τις σημαντικότερες μορφές ατμοσφαιρικής ρύπανσης, όχι μόνο για τα αστικά κέντρα, αφού οι ρύποι μπορούν να μεταφερθούν σε μεγάλες αποστάσεις από την πηγή τους (Σκουληκίδης, 2000).

6.4 Αναγνώριση και αξιολόγηση στο πεδίο

Για την αναγνώριση των λίθινων υλικών που έχουν χρησιμοποιηθεί σε μια αρχιτεκτονική κατασκευή ή την αναγνώριση των πετρωμάτων μιας περιοχής είναι απαραίτητο να πραγματοποιούνται μακροσκοπικές παρατηρήσεις, αρχικά: να παρατηρήσουμε οπτικές ιδιότητες, διαφάνεια, το χρώμα, την κρυσταλλικότητα. Σε επιφάνειες καθαρές και ει δυνατόν με φρέσκα σπασίματα, μπορούν να εντοπιστούν πληροφορίες σχετικά με τα ορυκτά του πετρώματος (Εικόνα 6.5).



Εικόνα 6.5 Διαβάζοντας διαφορετικούς γρανίτες στις κατασκευές της Δήλου (δεξιά). Ο γρανίτης από την Ρήνεια θεωρείται καλύτερης ποιότητας και ξεχωρίζει από αυτόν της Δήλου λόγω της ύπαρξης άστριων (mica), ορυκτών που λαμπυρίζουν. Φωτογραφία: Ιωάννα Ντούτση.

Στο πεδίο είναι απαραίτητο να καταλάβουμε στοιχεία της μηχανικής συμπεριφοράς, πώς σπάει, θραύεται ή σχίζεται/χωρίζεται σε επίπεδα το πέτρωμα ή το δομικό υλικό και το πώς χαράσσεται με βάση εμπειρικά τεστ. Άλλες παρατηρήσεις είναι σημαντικές, όπως, η ιδιότητα του αναβρασμού των ασβεστολιθικών πετρωμάτων με HCl που είναι παράγοντας διάκρισης από υλικά πυριτικής και αργιλικής φύσης (Εικόνα 6.6). Η χρήση απλών μη καταστρεπτικών τεχνικών για την εκτίμηση της συμπεριφοράς των δομικών λίθων μπορεί να προσφέρει αξιόπιστα δεδομένα, συνήθως συγκριτικής φύσης: για την εκτίμηση της επιφανειακής σκληρότητας και της θλιπτικής αντοχής πετρωμάτων και δομικών λίθων χρησιμοποιείται η σφύρα αναπήδησης Schmidt Hammer (Aydin & Basu, 2005), ενώ για την εκτίμηση του

συντελεστή υδατοαπορρόφησης χρησιμοποιείται η δοκιμή με Karsten tubes (Hendrickx, 2013), (Εικ. 6.7, 6.8). Η επιλογή συμβατών δομικών λίθων για την κατασκευή ενός λιθόστρωτου αποτελεί βασικό παράγοντα σχεδιασμού και απαιτεί καλή γνώση του υλικού από τον/την μηχανικό, μελετητή/τρια. Στον Πίνακα 3 δίνονται συγκεντρωτικά κάποια ενδεικτικά εύρη τιμών για δομικούς λίθους σε συχνή εφαρμογή σε λιθόστρωτα μονοπάτια, με βασική πηγή τον Άτλαντα της ΕΑΓΜΕ.



Εικόνα 6.6 Ο έντονος αναβρασμός με HCl υποδεικνύει ασβεστολιθικά πετρώματα, πιο ήπιος αναβρασμός παρατηρείται με λίθους ασβεστιτικής συνδετικής ύλης, όπως ασβεστιτικοί ψαμμίτες.
Φωτογραφία: Ιωάννα Ντούτση.



Εικόνα 6.7 Εκτίμηση της υγρομετρικής συμπεριφοράς δομικών λίθων στο πεδίο με σωλήνες Karsten tubes. Φωτογραφία: Ιωάννα Ντούτση.



Εικόνα 6.8 Μέτρηση με την σφύρα αναπήδησης Schmidt Hammer σε γνεύσιο στη Δήλο: ο βαθμός φθοράς θα επιδράσει στις μετρούμενες τιμές.
Φωτογραφία: Νικηφόρος Μείμαρογλου.

6.5 Συνήθεις τύποι λίθων σε ξερολιθικά καταστρώματα της Ελλάδας

6.5.1 Ο ασβεστόλιθος

Ο ασβεστόλιθος αποτελείται κυρίως από ένα ορυκτολογικό συστατικό, τον ασβεστίτη CaCO_3 και περιέχει αργιλικές προσμίξεις σε ποσοστό $< 5\%$. Αν και μονόμεικτο, παρουσιάζει μεγάλη ποικιλία ιστολογικής κατασκευής, χρωματισμού και μηχανικών χαρακτηριστικών, καθώς σχηματίζεται σε διαφορετικές γεωλογικές συνθήκες, ανακρυσταλλώνεται με μεγάλη ευκολία και οι διάφορες προσμίξεις σε μικρά ποσοστά επιδρούν στο χρώμα και την ανθεκτικότητά του. Το 75% των πετρωμάτων της Ελλάδας είναι ασβεστόλιθοι και άλλα ανθρακικά πετρώματα (δολομίτες).

Οι ασβεστόλιθοι σχηματίζονται βιοχημικώς, και μπορεί να είναι είτε σχεδόν καθαρά χημικά ιζήματα (ωολιθικοί, τραβερίνες), είτε σχεδόν καθαρά βιογενή από την καθίζηση των κελυφών και των σκελετών φυτικών και ζωικών οργανισμών, μετά τον θάνατο τους, κυρίως στο βυθό της θάλασσας (κρητίδα, κοραλλιογενής ασβεστόλιθος, κογχυλιάτης λίθος. Συνήθως είναι μικτής προέλευσης. Ο βιοχημικός σχηματισμός του ωολιθικού ασβεστόλιθου γίνεται σε κλειστές, κυρίως, θάλασσες ή κλειστούς κόλπους, όπου υπάρχει σχηματισμός ανθρακικών ενώσεων και βιτουμενίων (φυσικοί ορυκτοί υδρογονανθρακες), λόγω σήψης οργανισμών. Στον σχηματισμό των ασβεστόλιθων, συμμετέχει και η απόθεση ιζημάτων CaCO_3 , που προέρχεται από το διαλυμένο $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, το οποίο μεταφέρεται από τους ποταμούς στις θάλασσες και τους ωκεανούς. Τα ανθρακικά άλατα αντιδρούν με το θαλασσίνο νερό και σχηματίζονται ανθρακικό ασβέστιο, θειικό αμμώνιο και θειικό νάτριο. Το ανθρακικό ασβέστιο καθιζάνει σαν κολλοειδές υπό μορφή σφαιριδίων, στο κέντρο των οποίων υπάρχει θραύσμα όστρακου ή κόκκοι άμμου. Το κολλοειδές υλικό κρυσταλλώνεται σε αραγωνίτη, το οποίο, μετά από ένα ορισμένο βάρος, πέφτει στον πυθμένα όπου συγκολλείται με ασβεστιτική ιλύ και μετατρέπεται σε ασβεστίτη.

Ο **τραβερίνης/το πωρί** είναι πορώδης ασβεστόλιθος που έχει αποτεθεί από πηγαία και, μερικές φορές, θερμά νερά, πλούσια σε $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, αμέσως μετά την έξοδο τους στην επιφάνεια της γης, όπου χάνουν μέρος του CO_2 . Φυτά που αναπτύσσονται στο νερό και δεσμεύουν από αυτά το διοξείδιο του άνθρακα οδηγούν στο ίδιο αποτέλεσμα. Γι' αυτό, πολλοί τραβερίνες έχουν πάρα πολλά αποτυπώματα φυτών. Στους σύγχρονους τραβερίνες εντοπίζεται κυρίως αραγωνίτης, ενώ στους παλαιότερους έχει μετατραπεί σε ασβεστίτης, λόγω της αστάθειας του. Στους τραβερίνες υπάγεται και το ονυχοειδές μάρμαρο. Ο **κογχυλιάτης λίθος** είναι ασβεστόλιθος που περιέχει σε αφθονία κογχύλια συγκολλημένα με ασβεστίτη ή μάργα. Η **κρητίς** είναι εύθρυπτο βιοχημικό ιζημα που σχηματίστηκε από μικροσκοπικά ασβεστιτικά κελύφη μικροοργανισμών και φύκη.

Οι **δολομιτικοί ασβεστόλιθοι και δολομίτες** αποτελούνται αντίστοιχα από δολομίτη και ασβεστίτη, ή κατά το πλείστον, από δολομίτη. Ασβεστόλιθος που περιέχει δολομίτη σε ποσοστό 5-10% ονομάζεται μαγνησιούχος ασβεστόλιθος. Ο δολομίτης μπορεί να έχει βιογενή προέλευση, ή να έχει σχηματιστεί από τη διέλευση διαλυμάτων πλούσιων σε μαγνήσιο μέσα από ασβεστολιθικούς σχηματισμούς, κατά την οποία πραγματοποιείται απομάκρυνση μέρους του ασβέστιο, από το πλέγμα του ασβεστίτη, και αντικατάσταση του με το μαγνήσιο. Έχουν συχνά σακχαροκοκκώδη εμφάνιση και είναι ελαφρά σκληρότεροι, βαρύτεροι και πιο εύθραυστοι από τους ασβεστόλιθους από τους οποίους έχουν προκύψει, ενώ διακρίνονται από αυτούς επειδή αναβράζουν ασθενέστερα υπό την επίδραση υδροχλωρικού οξέος.

Ο όρος **πωρόλιθος** χρησιμοποιείται ασαφώς για διάφορα μαλακά πετρώματα χωρίς να αποδίδει σαφή γεωλογικά χαρακτηριστικά στα υλικά. Μπορεί να αναφέρεται σε ασβεστολιθικά ή και ηφαιστειακά πετρώματα (τα πωριά στην Σαντορίνη είναι ηφαιστειακοί τόφφοι). Ως **πωρόλιθοι** αναφέρονται διαφορετικά είδη ασβεστόλιθων, όπως ο ωολιθικός ασβεστόλιθος και ο κογχυλιάτης λίθος. Ο τελευταίος χρησιμοποιείται ήδη στους προϊστορικούς χρόνους στον Ταφικό Κύκλο Α' των Μυκηνών. Κογχυλιάτης είναι επίσης ο λεγόμενος ακτίτης λίθος που εξορύσσεται στην Πειραϊκή ακτή, π.χ. για την κατασκευή του Θεμιστόκλειου τείχους και της Στοάς του Αττάλου. Επιχώριος κογχυλιάτης λίθος χρησιμοποιείται στο Ναό της Αφαίας στην Αίγινα, καθώς και στο Ναό του Διός στην Ολυμπία. Ωολιθικός ασβεστόλιθος εξορύσσεται ήδη από τους αρχαίους χρόνους στα Εξαμίλια, όπου υφίστανται εκτεταμένα αρχαία λατομεία. Χρησιμοποιείται στην Αρχαία Κόρινθο, στο Ασκληπιείο της Επιδαύρου (πωρόλιθος

ανωδομή) και τους Δελφούς για τους σπονδύλους του ναού του Απόλλωνα. Στην Αρχαία Αγορά των Αθηνών χρησιμοποιείται ερυθρό λατυποπαγές, ο αρουραίος λίθος, που εξορύσσεται μεταξύ Ιλισού και Υμηττού και στο Θριάσιο πεδίο. Επιχώριος πωρόλιθος χρησιμοποιείται στα θεμέλια ναών ή στούν, δηλαδή σε θέσεις που δεν ήταν ορατές. Σημειώνεται ότι τα αρχιτεκτονικά μέλη από πωρόλιθο επιχρίονται με κονίαμα, για να στεγανοποιηθούν οι πόροι του πετρώματος και να προστατευθεί το υλικό από την ατμοσφαιρική διάβρωση. Το γεγονός αυτό υποδεικνύει ότι δεν ενδείκνυται αυτού του είδους ο ασβεστόλιθος για κατασκευές όπως καλντερίμια και δάπεδα.



Εικόνα 6.9 Συμπαγείς ασβεστόλιθοι: (πάνω) βιογενής ασβεστόλιθος Ζαγορίου με χαρακτηριστική πορτοκαλί επιφανειακή κρούστα. Τα ασβεστολιθικά πετρώματα εμφανίζουν συχνά τέτοιες επιφάνειες είτε στην κατασκευή είτε σε γεωλογικές θέσεις εμφάνισης.

(κάτω) Διαφορετικές διαδικασίες απόθεσης και διαγένεσης σε ιζηματογενή ασβεστόλιθο της Λαυρεωτικής Αττικής.

(Φωτογραφίες: Ιωάννα Ντούτση, Αθηνά Αποστόλου)

Η τεχνική συμπεριφορά των ασβεστόλιθων (Εικόνα 6.9) ποικίλλει σημαντικά ανάλογα με τις συνθήκες σχηματισμού, και άρα εξαιτίας του μεγέθους των κόκκων, της ύπαρξης θραυσμάτων ή κογχυλίων, της παρουσίας προσμείξεων κλπ. Οι διάφορες προσμίξεις που περιέχει ο ασβεστόλιθος επιδρούν στα τεχνικά του χαρακτηριστικά: για παράδειγμα η παρουσία αργιλικών ορυκτών τους κάνουν λιγότερο ανθεκτικούς στην αποσάθρωση και περισσότερο επιρρεπείς στη διόγκωση. Τα πυρίτια σε λεπτό καταμερισμό μπορεί να αυξήσουν τη σκληρότητα και την μηχανική αντοχή του πετρώματος, ενώ ο αιματίτης, ο λειμωνίτης, ενώσεις του άνθρακα ή του μαγγανίου, θα δώσουν διάφορες αποχρώσεις. Οι συμπαγείς καθαροί ασβεστόλιθοι, παρά την υψηλή διαλυτότητα του ασβεστίτη, είναι γενικά ανθεκτικά στην αποσάθρωση. Κάποιες εγγενείς ανομοιογένειες του πετρώματος θα αποτελέσουν τα σημεία έναρξης της φθοράς και θα μειώσουν την αντοχή του σε θλίψη: αργιλικά υμένια, ραφές, φλεβώσεις ή ρωγμές κατά την εξόρυξη και επεξεργασία τους ως δομικά υλικά. Τα ασβεστολιθικά πετρώματα λειαίνονται και σπιλβώνονται συνήθως εύκολα, δεν έχουν μεγάλο πορώδες και ανήκουν στα μαλακά πετρώματα. Σε αντίθεση με τα μάρμαρα, οι ασβεστόλιθοι

δεν μπορούν να σμιλευθούν σε λεπτά σχήματα, γιατί έχουν σε μεγάλο βαθμό ανεπτυγμένη την ιδιότητα της θραύσεως, που κατά την επεξεργασία του με τη σμίλη, προκαλεί αποσπάσεις θραυσμάτων ακανόνιστου μεγέθους και σχήματος και καθίστανται έτσι ακατάλληλα για την γλυπτική (Εικόνα 6.10 & 6.11)



75

Εικόνα 6.10 Η ιδιότητα της θραύσης είναι σημαντική και για την κατασκευή των ξερολιθικών καλντεριμιών (κάτω), όπου συνήθως χρησιμοποιούνται τα υπολείμματα της κατασκευής του συνοδευτικού ξερολιθικού τοίχου (πάνω), όπως σε αυτή την περίπτωση της αποκατάστασης του ξερολιθικού συνόλου εντός του οικισμού στην Αρίστη Ζαγορίου. (Φωτογραφίες: Γρηγόρης Κουτρόπουλος)



Εικόνα 6.11 (αριστερά) Η διαπλοκή των λίθων όπως καθορίζεται από την ακανόνιστη θραύση για αυτόν ασβεστόλιθο από την Κόνιτσα. (Φωτογραφία: Βαλεντίνα Βαγενά)
(δεξιά) Αποστρογγυλεμένα κομμάτια ασβεστόλιθου συλλέγονται από την εκχέρσωση των χωραφιών και χρησιμοποιούνται σε αυτό το καλντερίμι στα Τζουμέρκα. (Φωτογραφία: Γρηγόρης Κουτρόπουλος)

6.5.2 Το μάρμαρο

Από τους ρωμαϊκούς χρόνους μέχρι και σήμερα, ο τεχνολογικός και εμπορικός ορισμός του μαρμάρου περιλαμβάνει όλα τα πετρώματα που οι διακοσμητικές και τεχνικές τους ιδιότητες τα καθιστούν κατάλληλα για αρχιτεκτονικές και γλυπτικές χρήσεις: τα «γνήσια μάρμαρα», οι ασβεστόλιθοι, κροκαλοπαγή και λατυποπαγή πετρώματα, τα δολομιτικά πετρώματα, οι σερπεντινίτες και οι γρανίτες. Έτσι, για παράδειγμα, κάποια ιστορικά διάσημα 'μάρμαρα' είναι:

- Το μάρμαρο Τριπόλεως που είναι δολομιτικό λατυποπαγές πέτρωμα της περιοχής.
- Το πράσινο μάρμαρο Λάρισας είναι το σερπεντινιτικό λατυποπαγές πέτρωμα της Χασάμπαλης (verde antico).
- Ο κροκεάτης λίθος ή (Porfido verde antico) είναι ο πράσινος ανδεσίτης (ηφαιστειακό πέτρωμα) των Κροκεών Λακωνίας.
- Το μάρμαρο της Επιδαύρου είναι βιογενής ασβεστόλιθος με αμμωνίτες.

Η ιστορική χρήση του μαρμάρου αποτελεί μία από τις επιπλέον επιδραστικές στην εξέλιξη του δυτικού πολιτισμού και της αρχιτεκτονικής (Χιώτης, 2010). Στις Κυκλάδες, περίπου από τα τέλη της 5ης χιλιετίας π.Χ., σημειώνεται η απαρχή της συστηματικής εκμετάλλευσης του μαρμάρου για την κατασκευή αγγείων, σκευών και ειδωλίων, με τελετουργική και ταφική χρήση κυρίως. Σημαντικότερα κέντρα παραγωγής ήταν η Πάρος και η Νάξος. Κατά την αρχαϊκή περίοδο αρχίζουν να ενεργοποιούνται τα λατομεία της Αττικής, αρχικά του Υμηττού, και μετά της Πεντέλης. Κατά τους κλασικούς χρόνους, γινόταν οργανωμένη εξόρυξη μαρμάρου για τη χρήση του στην γλυπτική και την αρχιτεκτονική, όπως μαρτυρούν οι αρχαιολογικές ενδείξεις των λατομείων Πεντέλης, Θάσου, Πάρου κ.ά. Στους ρωμαϊκούς χρόνους, η χρήση των μαρμάρων αναπτύχθηκε περισσότερο με νέα λατομεία σε όλες σχεδόν τις μεσογειακές χώρες που κατακτούσαν. Χρησιμοποίησαν, επίσης, έγχρωμα μάρμαρα, όπως οι σιπολίτες Ευβοίας και ο rosso antico της Λακωνίας. Ιδιαίτερα δημοφιλές ήταν και το λευκό μάρμαρο Υμηττού, το οποίο εξορυσσόταν ήδη από τον 5ο αιώνα π.Χ.. Το λατομείο της Αλυκής της Θάσου, της Προκοννήσου στη Θάλασσα του Μαρμαρά, και της Αφροδισίας στη Μικρά Ασία αποτελούσαν, επίσης, πηγές προμήθειας μαρμάρου κατά τους ρωμαϊκούς χρόνους. Το πολύτιμο παριανό μάρμαρο εξακολουθεί να χρησιμοποιείται και να συνδέεται με την επίδειξη πολιτικής και οικονομικής δύναμης των ανώτερων στρωμάτων στη Ρώμη και τα επαρχιακά της κέντρα.

Η Προκόννησος διακινεί τεράστιες ποσότητες μαρμάρου κατά τη Βυζαντινή, περίοδο σχεδόν σε όλη τη Μεσόγειο για διακοσμητικά μέλη χριστιανικών εκκλησιών. Κατά τη ρωμαϊκή εποχή, παρατηρείται ενεργοποίηση των λατομείων της Καράρα, στην Ιταλία, τα οποία κυριάρχησαν σε εξαγωγή μαρμάρου στους επόμενους χρόνους στην κεντρική και δυτική Ευρώπη. Κατά τους πρώτους βυζαντινούς χρόνους, η εξόρυξη και η χρήση του μαρμάρου συνεχίστηκε. Σταδιακά, μειώθηκε και επικράτησε η χρήση «σπολίων» στη βυζαντινή οικοδομική, από την κατεδάφιση κτισμάτων της ελληνορωμαϊκής αρχαιότητας, ή περιορίστηκε στην κατασκευή περίτεχνων εκκλησιαστικών στοιχείων, όπως κιονόκρανα, κίονες, τέμπλα κλπ. Η επιρροή του μαρμάρου, ως υλικού και μέσου της γλυπτικής τέχνης, συνεχίζεται και στους χρόνους της Αναγέννησης και φτάνει στη σημερινή εποχή. Σήμερα, η ευρύτερη περιοχή Δράμας – Καβάλας

– Θάσου αποτελεί ένα από τα σπουδαιότερα κέντρα παραγωγής μαρμάρου της χώρας (με 5 ενεργά λατομικά κέντρα), με περισσότερους από 40 εμπορικούς τύπους, με περίπου 135 ενεργά λατομεία μαρμάρων.

Τα «**γνήσια μάρμαρα**» είναι αυτά που ανταποκρίνονται στον γεωλογικό ορισμό: πετρώματα που έχουν προέλθει από την περιοδική μεταμόρφωση ανθρακικών ιζηματογενών πετρωμάτων (ασβεστόλιθων και δολομιτών) και αποτελούνται σχεδόν αποκλειστικά από ανθρακικά ορυκτά (ασβεστίτη και δολομίτη). Συνυπάρχουν σε χαμηλότερα ποσοστά και άλλες προσμίξεις, όπως χαλαζίας, ανθρακούχες ενώσεις και μέταλλα.

Το κύριο ορυκτολογικό συστατικό του μαρμάρου, ο ασβεστίτης CaCO_3 σχηματίζει κρυστάλλους με τέλειο σχισμό σε τρεις διευθύνσεις, παράλληλες με τις έδρες ενός ρομβόεδρου. Κατά την μεταμόρφωση του ασβεστόλιθου, οι, αρχικά αόρατοι και με το μικροσκόπιο, κρύσταλλοι του ασβεστίτη συνενώνονται μέσω της ανακρυστάλλωσης σε μεγαλύτερους, ορατούς με το μικροσκόπιο αλλά ακόμη, και με το γυμνό μάτι. Η σκληρότητα Mohs του ασβεστίτη είναι 3 γεγονός που υποδηλώνει χαμηλή προς μέτρια σκληρότητα του μαρμάρου. Σε μικρό ή μεγάλο ποσοστό περιέχει και δολομίτη, ο οποίος παρουσιάζει μεγαλύτερη σκληρότητα (3,5-3 κατά mohs) αλλά μεγαλύτερη ευθραυστότητα. Οι διαφορές αυτές καθιστούν τα δολομιτικά μάρμαρα (για παράδειγμα το μάρμαρο της Απειράνθου Νάξου και μερικά μάρμαρα της Θάσου) δυσκολότερα στη στίλβωση και πιο επιρρεπή στη φθορά (Koroneos, 1980).

Το μάρμαρο παρουσιάζει γενικά μεγάλη αντοχή στη φθορά στις περιβαλλοντικές φορτίσεις λόγω της μικροδομής του (χαμηλό πορώδες περίπου 0,5-1,5%). Ακόμη, τα ασβεστιτικά μάρμαρα και οι ασβεστόλιθοι παρουσιάζουν χαμηλό συντελεστή υδαταπορρόφησης, ενώ τα μάρμαρα που δεν διαθέτουν τριχοειδείς πόρους, παρόλο που διαθέτουν πορώδες δεν εμφανίζουν φθορά λόγω τριχοειδούς αναρρίχησης του νερού. Ωστόσο, το μάρμαρο καταστρέφεται εύκολα από τη φωτιά όπως οι ασβεστόλιθοι, λόγω της διάσπασης του CaCO_3 σε CaO και CO_2 .

Κάποιες γενικές παρατηρήσεις που αφορούν στη συμπεριφορά των μαρμάρων στις διάφορες καταπονήσεις είναι οι εξής:

- Τα λευκά χονδρόκοκκα μάρμαρα που δεν έχουν προσμίξεις έχουν μικρότερη αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη και αντοχή σε τριβή και κρούση. Ακόμη, είναι περισσότερο επιδεκτικά στην επίδραση του διοξειδίου θείου και του διοξειδίου του άνθρακα της ατμόσφαιρας.
- Αυξημένη αντοχή σε τριβή και κρούση παρουσιάζουν τα ασβεστιτικά μάρμαρα με προσμίξεις οξειδίων και υδροξειδίων του σιδήρου.
- Μάρμαρα με σιδηρούχες και ανθρακούχες προσμίξεις παρουσιάζουν, συνήθως καλές αντοχές σε ανεμπόδιστη θλίψη.
- Τα δολομιτικά μάρμαρα παρουσιάζουν αυξημένη αντοχή σε τριβή και κρούση.
- Μάρμαρα συμπαγή με ομοιογενή σύσταση και χωρίς πόρους παρουσιάζουν μεγάλη ανθεκτικότητα στις ατμοσφαιρικές επιδράσεις.
- Γενικά, τα μονόμεικτα, λεπτοκρυσταλλικά μάρμαρα, όπως το πεντελικό μάρμαρο, παρουσιάζουν καλύτερες φυσικομηχανικές ιδιότητες.

Λιθόστρωτα κατασκευασμένα από μάρμαρο στην αρχαιότητα συνδέονταν με σημεία συμβολικού ενδιαφέροντος ή θρησκευτικού χαρακτήρα. Πολλά μαρμάρινα μονοπάτια εντοπίζονται σε νησιά των Κυκλάδων.

6.5.3 Ο ψαμμίτης

Πρόκειται για κλαστικό ιζηματογενές πέτρωμα που αποτελείται κυρίως από κόκκους χαλαζία ή/και αστρίων, οι οποίοι έχουν συγκολληθεί με φυσικά συνδετικά υλικά (π.χ. πυριτικό, ασβεστίτικο ή αργιλικό υλικό). Οι μηχανικές του ιδιότητες επηρεάζονται έντονα από:

- Τη σύσταση των κόκκων
- Το είδος και την ποσότητα του συνδετικού υλικού
- Τον βαθμό συμπίεσης/διαγένεση

Οι τιμές μηχανικών αντοχών των ψαμμιτικών πετρωμάτων μεταβάλλονται πολύ ανάλογα με τον τύπο του ψαμμίτη και παρουσιάζουν πολύ μεγάλο εύρος. Η συμπαγότητα (χαμηλή πορώδης, καλή συγκόλληση κόκκων) είναι καθοριστική: όσο πιο “καθαρός” και καλά συγκολλημένος ο ψαμμίτης (π.χ. χαλαζιακός ή με πυριτικό υλικό ως συνδετικό υλικό), τόσο υψηλότερη αντοχή και ανθεκτικότητα σε φθορά.

Η αντοχή σε κάμψη είναι σημαντικά μικρότερη από τη θλιπτική. Συχνά ο ψαμμίτης εμφανίζεται ως μέρος του γεωλογικού σχηματισμού φλύσχη, που αποτελείται από εναλλαγές λεπτόκοκκων (άργιοι, μάργα) και χονδρόκοκκων στρωμάτων (ψαμμίτες ή κροκαλοπαγή) (Εικόνα 6.12).



Εικόνα 6.12 Από την γεωλογική έκφραση του φλύσχη, στην ‘στρωσιγενή’ δομή των καλντεριμιών από συμπαγή ψαμμίτη στο καλντερίμι που οδηγεί στην Γέφυρα της Πλάκας, στα Τζουμέρκα.
(Φωτογραφίες: Γρηγόρης Κουτρόπουλος, Αθηνά Αποστόλου)

6.5.4 Ο γρανίτης

Σε περιοχές με φυσικές αποθέσεις γρανιτοειδών πετρωμάτων συναντάμε και τοπικά λιθόστρωτα που χαρακτηρίζονται από πολύ μεγάλη μηχανική αντοχή, υψηλή ανθεκτικότητα σε παγετό, υγρασία, τριβή, χαμηλή απορροφητικότητα φυσική αντιολισθητική επιφάνεια (Εικόνα 6.13).



Εικόνα 6.13 Λιθόστρωτο από γρανίτη στη Δήλο, Αιγαίο. (Φωτογραφία: Γρηγόρης Κουτρόπουλος)

6.5.5 Λάβες και άλλα ηφαιστειακά πετρώματα

Σε συγκεκριμένες περιοχές της Ελλάδας με ηφαιστειογενές υπόβαθρο, τα λιθόστρωτα κατασκευάζονται με αντίστοιχα σκληρά πετρώματα, λάβες, διαφορετικής σύστασης (ανδεσιτικές, δακτικές, ρυολιτικές κλπ.) που χαρακτηρίζονται από πολύ χαμηλό πορώδες, υψηλές μηχανικές αντοχές και δυσκολία στην κατεργασία κατά την κατασκευή. Η χρήση αυτών των υλικών στην τοπική τεχνική του *πλακωτού*, συνδυάζεται με τους ηφαιστειακούς ακανόνιστους βράχους στην πορεία των αγροτικών καλντεριμιών στη Σαντορίνη (Εικόνα 6.14).

79



Εικόνα 6.14 Λιθόστρωτο από ηφαιστειακές λάβες στην Θηρασιά Σαντορίνης. (Φωτογραφία: Γιώργος Κυβερνήτης)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Αναλυτικός κατάλογος σχετιζόμενων αναφορών

Ελληνικές αναφορές

1. Αναστασίου, Ι., Δεϊμέζης-Τσίκουτας, Α., Καψάλας, Γ., Παφίλης, Π., & Χριστόπουλος Α. (2020). Αναβαθμίδες και βιοποικιλότητα (Έργο LIFE16 CCA/GR/000050). Λευκωσία, Κύπρος: BROKEN HILL PUBLISHERS LTD. Ανακτήθηκε 28 Μαΐου, 2026, από <https://lifeterracescape.aegean.gr/img/c8fd8c011ac8b6705196abd3a5c76d98BookletTerracesAndBiodiveristy.pdf>
2. Κορωναίος, Γ., & Πουλάκος, Γ. Ι. (2006). *Τεχνικά Υλικά*. Αθήνα: Εκδόσεις Ε.Μ.Π.
3. Μιχαήλ, Γ. (2009). *Εγχειρίδιο ξερολιθικής δόμησης – Λιθοστρώσεις* (Ε. Παγκρατίου, Συντονισμός-Επιμ.). [Ιωάννινα]: Πρόγραμμα INTERREG IIIA Ελλάδα-Ιταλία 2000-2006.
4. Μιχαήλ, Γ., Σταθοπούλου, Ε., & Λαμπρής, Χ. (2013). *Τα μονοπάτια της Ηπείρου και της Αλβανίας ως μνημεία πολιτιστικής κληρονομιάς, και οι μέθοδοί επισκευής τους* (Ε. Παγκρατίου, Επιμ.). Ιωάννινα: IPA Cross-Border Programme Greece - Albania 2007-2013.
5. Μοροπούλου, Α. (2012). *Χαρακτηρισμός, έλεγχος ποιότητας, διάγνωση φθοράς και συντήρηση δομικών υλικών: Μεθοδολογία ενόργανων και μη καταστρεπτικών τεχνικών*. Αθήνα: Εκδόσεις Ε.Μ.Π.
6. Περιοδεύον Εργαστήριο για τις Παραδοσιακές Τεχνικές Δόμησης. (2022). *Εγχειρίδιο για τις θηραϊκές τεχνικές δόμησης* (Ι. Ντούτση, Επιμ.). Αθήνα: Συγγραφέας. Ανακτήθηκε 28 Μαΐου, 2026, από <https://boulouki.org/el/resources/handbook-on-theran-construction-techniques/>
7. Σκλαβούνος, Ι., Κωστούλας, Π., Κουτρόπουλος, Γ., Θεοχάρης, Χ., Κουβάρα, Μ., & Μουδόπουλος-Αθανασίου, Φ. (2021). Επιστροφές: Νέο καλντερίμι στην Αρτσίστα Ζαγορίου. Στο Φ. Μουδόπουλος-Αθανασίου (Επιμ.), *Εν Άρτσίστη τῇ: μια ορεινή κοινότητα ανάμεσα σε παρελθόν και μέλλον* (σσ. 359–386). Αθήνα: Εταιρία Σύγχρονης Ιστορίας.
8. Σκουληκίδης, Θ. Ν. (2000). *Διάβρωση και συντήρηση των δομικών υλικών των μνημείων*. Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
9. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας. (2025). *TOTEE 0: Κατευθυντήριες Οδηγίες για τη Σύνταξη και Αναθεώρηση των TOTEE που θα αναπτυχθούν στο πλαίσιο της Εθνικής Συμμαχίας Αειφόρου Δόμησης*. Αθήνα: Συγγραφέας. Ανακτήθηκε 28 Μαΐου, 2026, από <https://web.tee.gr/wp-content/uploads/TOTEE-2025-Nov.pdf>
10. Τριανταφύλλου, Α. (2008). *Δομικά Υλικά*. Πάτρα: Εκδόσεις Γκότσης.
11. Χιώτης, Χ. (2010). Ο ρόλος του λίθου κατά την εξέλιξη του πολιτισμού. Στο Ι. Λυριτζής & Ν. Ζαχαριάς (Επιμ.), *Αρχαιολογικά: Αρχαιολογικές, αρχαιομετρικές και πολιτισμικές προσεγγίσεις* (σσ. χχ–χχ). Αθήνα: Εκδόσεις Παπαζήση.

Ξενόγλωσσες αναφορές

12. Autelitano, F., Garilli, E., & Giuliani, F. (2020). Criteria for the selection and design of joints for street pavements in natural stone. *Construction and Building Materials*, 259, 119722. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119722>
13. Aydin, A., & Basu, A. (2005). The Schmidt hammer in rock material characterization. *Engineering Geology*, 81(1), 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2005.06.006>
14. Bărbulescu, A., & Hosen, K. (2025). Cement industry pollution and its impact on the environment and population health: A review. *Toxics*, 13(7), 587. <https://doi.org/10.3390/toxics13070587>
15. Bocci, M., & Bocco, A. (Επιμ.). (2024). *Rooting empowering reactivating: Rehabilitation of traditional heritage and local development*. Τορίνο, Ιταλία: Politecnico di Torino. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14534936>
16. Borelli, E., & International Centre for the Study of the Preservation and the Restoration of Cultural Property. (1999). *ARC laboratory handbook: Conservation of architectural heritage, historic structures and materials: 2. Porosity*. Rome: ICCROM. Ανακτήθηκε 28 Μαΐου, 2026, από https://www.iccrom.org/sites/default/files/publications/2021-04/iccrom_14_arclabhandbook00_en.pdf
17. Colagrande, S., & Quaresima, R. (2023). Natural cube stone road pavements: design approach and analysis. *Transportation Research Procedia*, 69, 37–44. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.02.142>
18. CTC & Associates LLC. (2004). *Pavement service life — Revision 2* (Transportation Synthesis Report). Madison, WI: Wisconsin Department of Transportation.
19. Eldridge, D. J., Guirado, E., Reich, P. B., Ochoa-Hueso, R., Berdugo, M., Sáez-Sandino, T., ... Delgado-Baquerizo, M. (2023). The global contribution of soil mosses to ecosystem services. *Nature Geoscience*, 16(5), 430–438. <https://doi.org/10.1038/s41561-023-01170-x>
20. European Commission. (2013). *Green Infrastructure (GI) — Enhancing Europe's Natural Capital* (COM(2013) 249 final). Ανακτήθηκε 28 Μαΐου, 2026, από [https://www.europarl.europa.eu/RegData/docs_autres_institutions/commission_euopeenne/com/2013/0249/COM_COM\(2013\)0249_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/docs_autres_institutions/commission_euopeenne/com/2013/0249/COM_COM(2013)0249_EN.pdf)
21. European Environment Agency. (2019). *Construction and demolition waste: challenges and opportunities in a circular economy* (Briefing no. 14/2019). Ανακτήθηκε 28 Μαΐου, 2026, από <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/construction-and-demolition-waste-challenges>
22. European Parliament and the Council of the European Union. (2008). *Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on*

waste and repealing certain Directives. Official Journal of the European Union.
Ανακτήθηκε 28 Μαΐου, 2026, από <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2008/98/oj/eng>

23. Federal Highway Administration. (2002). *Life-Cycle Cost Analysis Primer* (FHWA-IF-02-047). Washington, DC: U.S. Department of Transportation. Ανακτήθηκε 28 Μαΐου, 2026, από <https://www.fhwa.dot.gov/pavement/lcca/010621.pdf>
24. Fini, A., Frangi, P., Mori, J., Donzelli, D., & Ferrini, F. (2017). Nature based solutions to mitigate soil sealing in urban areas: Results from a 4-year study comparing permeable, porous, and impermeable pavements. *Environmental Pollution*, 226, 269–277. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.03.074>
25. Garilli, E., Autelitano, F., Roncella, R., & Giuliani, F. (2020). The influence of laying patterns on the behaviour of historic stone pavements subjected to horizontal loads. *Construction and Building Materials*, 258, 119657. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119657>
26. Gowlland, G. (2024). Rebuilding biodiversity one stone at a time. *Anthropological Journal of European Cultures*, 33(1), 72–84. <https://doi.org/10.3167/ajec.2024.330108>
27. Hendrickx, R. (2013). Using the Karsten tube to estimate water transport parameters of porous building materials: The possibilities of analytical and numerical solutions. *Materials and Structures*, 46(8), 1309–1320. <https://doi.org/10.1617/s11527-012-9975-2>
28. Hollingsworth, L., & Collier, M. (2020). Ground flora of field boundary dry stone walls in the Burren, Ireland. *British & Irish Botany*, 2(4), 352–376. <https://doi.org/10.33928/bib.2020.02.352>
29. Koroneos, E. G., Tassojannopoulos, Al., & Diamantopoulou, A. (1980). On the mechanical and physical properties of ten Hellenic marbles. *Engineering Geology*, 16, 263–290. [https://doi.org/10.1016/0013-7952\(80\)90019-8](https://doi.org/10.1016/0013-7952(80)90019-8)
30. Li, J., Zhou, W., & Tao, C. (2024). The value of traditional ecological knowledge in stormwater management: A case study of a traditional village. *Land*, 13(2), 242. <https://doi.org/10.3390/land13020242>
31. Loprencipe, G., Di Mascio, P., Moretti, L., & Zoccali, P. (2019). Analytical and numerical approaches for design of stone pavers in urban shared areas. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 471(6), 062030. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/471/6/062030>
32. Moretti, L., Cantisani, G., Carpiceci, M., D'Andrea, A., Del Serrone, G., Di Mascio, P., & Loprencipe, G. (2021). Effect of Sampietrini Pavers on Urban Heat Islands. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(24), 13108. <https://doi.org/10.3390/ijerph182413108>
33. Morgenroth, J. (2011). Root growth response of *Platanus orientalis* to porous pavements. *Arboriculture & Urban Forestry*, 37(2), 45–50. <https://doi.org/10.48044/jauf.2011.007>

34. Moudopoulos-Athanasίου, F., & Sklavounos, I. (2022). Walking the kalderimi: Embodied knowledge and heritage narratives in a participatory building workshop in Zagori (NW Greece). Στο D. Svensson, K. Saltzman, & S. Sörlin (Επιμ.), *Pathways: Exploring the routes of a movement heritage* (σσ. 295–315). Winwick, Cambridgeshire: The White Horse Press. Ανακτήθηκε 28 Μαΐου, 2026, από https://www.jstor.org/content/oa_chapter_edited/j.ctv2p5zn1t.22
35. Newcomb, D. E., Willis, R., & Timm, D. H. (2010). *Perpetual Asphalt Pavements: A Synthesis*. Lanham, MD: Asphalt Pavement Alliance. Ανακτήθηκε 28 Μαΐου 2026, από https://www.driveasphalt.org/uploads/documents/Perpetual_Pavement_Synthesis.pdf
36. Scholz, M., & Grabowiecki, P. (2007). Review of permeable pavement systems. *Building and Environment*, 42(11), 3830–3836. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.11.016>
37. Siegesmund, S., & Snethlage, R. (Επιμ.). (2014). *Stone in architecture: Properties, durability* (5η έκδ.). Berlin, Germany: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-45155-3>
38. UNESCO. (2018). *Decision of the Intergovernmental Committee: 13.COM 10.b.10, Art of dry stone walling, knowledge and techniques*. Ανακτήθηκε 28 Μαΐου, 2026, από <https://ich.unesco.org/en/Decisions/13.COM/10.b.10>
39. Vergès-Belmin, V. (2008). *Illustrated glossary on stone deterioration patterns* (Monuments and Sites XV). Paris, France: ICOMOS. Ανακτήθηκε 28 Μαΐου, 2026, από https://www.icomos.org/public/publications/monuments_and_sites/15/pdf/Monuments_and_Sites_15_ISCS_Glossary_Stone.pdf
40. Wasserman, I., & Shohet, I. M. (2024). Life Cycle Cost Analysis and Deterioration Patterns of Limestone Paving. *Applied Sciences*, 14(22), 10415. <https://doi.org/10.3390/app142210415>
41. Watson, A. (1989). Removal of Dry-Stone Walls on Some North-East Scottish Farms. *Landscape Research*, 14(2), 18–21. <https://doi.org/10.1080/01426398908706284>
42. Winkler, E. M. (2013). *Stone in architecture: Properties, durability* (3η έκδ.). Berlin, Germany: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-10070-7>
43. Zoccali, P., Moretti, L., Di Mascio, P., Loprencipe, G., D'Andrea, A., Bonin, G., . . . Caro, S. (2018). Analysis of natural stone block pavements in urban shared areas. *Case Studies in Construction Materials*, 8, 498–506. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2018.04.004>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Γενικά στοιχεία

Τα λιθόστρωτα μονοπάτια αποτελούν τμήματα ενός ευρύτερου δικτύου μετακίνησης και συγκροτούν ένα στοιχείο της πολιτιστικής και αρχιτεκτονικής κληρονομιάς ενός τόπου. Προκύπτουν από την επίστρωση μιας οριζόντιας ή υπό κλίση επιφάνειας με φυσικούς λίθους (καλντερίμια) ή λιθόπλακες. Με την λιθεπίστρωση εξασφαλίζεται μια ομοιόμορφη σε σκληρότητα και βατότητα επιφάνεια, απαραίτητη για την καλή κυκλοφορία πεζών και υποζυγίων παλιότερα. Εντάσσονται πλήρως στο περιβάλλον είτε αυτό είναι κτιστό είτε φυσικό λόγω του υλικού τους και της εν ξηρώ δόμησης. Από αισθητική άποψη τα λιθόστρωτα είναι κατασκευές με μεγάλη αξία και στο παρόν αναδεικνύονται ως πεζοπορικές διαδρομές, προσφέροντας στους επισκέπτες μια άμεση επαφή με τη φύση και την ιστορία του τόπου. Η τοπική παράδοση διαμορφώνει τεχνοτροπίες όπου σε συνδυασμό με την πρώτη ύλη αποδίδει πολιτισμικά χαρακτηριστικά στο λιθόστρωτο μονοπάτι καθιστώντας το ένα αναπόσπαστο στοιχείο της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς. Ωστόσο, στις αρχές του 20ου αιώνα τα λιθόστρωτα μονοπάτια και οι ημιονικοί δρόμοι υπέστησαν εξαιρετικές αλλοιώσεις από τη χάραξη των επαρχιακών δικτύων αμαξιτών δρόμων (Εικόνα Β.1 & Β.2).



Εικόνα Β.1. Κάλυψη λιθόστρωτου από τσιμεντοστρωμένο δρόμο, Αμοργός. (Φωτογραφία: Γεωργία Κανελλοπούλου)

Η χάραξη των επαρχιακών δικτύων πάνω σε λιθόστρωτα μονοπάτια και ημιονικούς δρόμους καταδεικνύει ότι οι παλαιότερες χαράξεις ακολουθούσαν την πιο εργονομική διαδρομή σε σχέση με το ανάγλυφο, ακολουθώντας παράλληλα την ασφαλέστερη πορεία. Επιπλέον, η αντοχή τους στο χρόνο δείχνουν επίσης ότι η ένταξη τους στο περιβάλλον έχει γίνει με τον κατάλληλο τρόπο, ο οποίος αντιστέκεται στη φθορά των καιρικών φαινομένων.



Εικόνα Β.2. Χάραξη επαρχιακού δρόμου πάνω σε λιθόστρωτη ημιονική οδό, Σύμη. (Φωτογραφία: Γεωργία Κανελλοπούλου)

Η αυθεντικότητα και η πολιτισμική αξία των λιθόστρωτων αναδεικνύεται από την ένταξη τους στο φυσικό τοπίο λόγω του υλικού κατασκευής τους και της ξερολιθικής δόμησης. Η επιλογή των υλικών βασίζεται άμεσα στη διαθεσιμότητα των τοπικών γεωλογικών πόρων και καθορίζεται από τη γεωγραφία της περιοχής. Αυτοί οι παράγοντες επηρεάζουν την ανθεκτικότητα, τη λειτουργικότητα και την αισθητική της κατασκευής. Οι τεχνίτες, ως φορείς της τοπικής λαϊκής αρχιτεκτονικής παράδοσης, πέραν από θέματα τεχνοτροπιών ήταν γνώστες των υλικών, των οποίων η συλλογή γινόταν επί τόπου για τις ανάγκες του έργου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η σκάλα του Βραδέτου στην Ήπειρο, η οποία διατηρείται σε πολύ καλή κατάσταση και αποτελεί Νεότερο Μνημείο. Πρόκειται για παλιό ελικοειδές μονοπάτι που από μακριά φαίνεται σαν κυκλική περιστρεφόμενη σκάλα. Διαμορφώνεται σε απότομο βράχο και καλύπτει υψομετρική διαφορά 450μ. με επίστρωση καλντερίμι και προστατευτικά πέτρινα στηθαία στις άκρες. Αποτελεί χαρακτηριστικό δείγμα τοπικής λαϊκής αρχιτεκτονικής και μαρτυρά τον τρόπο επιβίωσης και επικοινωνίας των κατοίκων της ορεινής αυτής περιοχής μέχρι το 1974 που κατασκευάστηκε ο σύγχρονος ασφαλτοστρωμένος δρόμος. Είναι σημαντική για τη μελέτη της ιστορίας της αρχιτεκτονικής καθώς έχει μήκος καλντεριμιού 1.200μ. Η εξόρυξη των υλικών γίνονταν επί τόπου και ο σκουρόχρωμος ψαμμίτης (μαύρη πέτρα όπως την αποκαλούν οι ντόπιοι) χρησιμοποιήθηκε στη μέση του καλντεριμιού στο αυλάκι λόγω της καλύτερης αντιστοίχησης που προσφέρει και ο ασβεστόλιθος (άσπρη πέτρα) στα υπόλοιπα μέρη της κατασκευής.



Εικόνα Β.3. Το ελικοειδές λιθόστρωτο, η Σκάλα Βραδέτου στο Ζαγόρι, Ήπειρος. (Φωτογραφία: Γεωργία Κανελλοπούλου)

Τα λιθόστρωτα αποτελούν τμήματα μη αμαξιτών διαδρομών και με βάση τη λειτουργία τους εντοπίζονται σε:

- *Αστικούς άξονες:* διαδρομές ενταγμένες εντός του πολεοδομικού ιστού των οικισμών. Στο παρόν, συναντώνται και λιθόστρωτα με περιορισμένη χρήση από αυτοκίνητα συνήθως μόνο των μόνιμων κατοίκων.
- *Αγροτοκτηνοτροφικούς άξονες:* διαδρομές που οδηγούν σε τόπους εργασίας, πηγές, βρύσες, καταφύγια, βοσκές.
- *Εμπορικούς και επικοινωνιακούς άξονες:* διαδρομές που συνδέουν οικιστικά συγκροτήματα μεταξύ τους για τη μετακίνηση ανθρώπων, ζώων, αγαθών. Μπορεί να είναι μεγάλων ή μικρότερων αποστάσεων.
- *Θρησκευτικούς και πολιτισμικούς άξονες:* διαδρομές που οδηγούν σε τόπους λατρείας, προσκυνήματος, αρχαιολογικούς χώρους και τοπώσημα.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: Περιγραφικά Τιμολόγια Εργασιών

Ο/η μελετητής/τρια έργων λιθόστρωτων μονοπατιών για την ανάλυση τιμών λαμβάνει υπόψη την ΦΕΚ 3557/Β/19-06-2024 (Απόφαση Αριθμ. ΥΠΕΝ/ΔΠΔ/63757/4373) τροποποίηση της Υ.Α. 151344/165/18.1.2017 υπουργικής απόφασης «Καθορισμός τεχνικών προδιαγραφών χάραξης, σήμανσης, διάνοιξης και συντήρησης των ορειβατικών - πεζοπορικών μονοπατιών» (Β' 206), και συγκεκριμένα το πρώτο εδάφιο της παρ. Ζ του ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ Ι του άρθρου 18 της Υ.Α. το οποίο αντικαθίσταται ως εξής:

- Η Ανάλυση τιμών, λαμβάνει υπόψη την υπό στοιχεία [Δ11 γ/0/9/7/7.2.2013](#) απόφαση ΥΠ.ΑΝ.ΑΝ.Υ.ΜΕ.ΔΙ. «Αναπροσαρμογή και Συμπλήρωση Ενιαίων Τιμολογίων έργων Οδοποιίας, Υδραυλικών, Λιμενικών, Οικοδομικών, Πρασίνου και ΗΜ» (Β' 363). Οι επιμέρους εργασίες Απομάκρυνσης της βλάστησης, Εκσκαφών και Επιστρώσεων Μονοπατιών των έργων συντήρησης και διάνοιξης μονοπατιών, δεν πρέπει να υπερβαίνουν το κόστος των 3.500,00€/χλμ (χωρίς ΦΠΑ), προσαυξημένο κατά 30% στις περιπτώσεις μονοπατιών σε μικρούς νησιωτικούς, μικρούς ορεινούς δήμους και δήμους παραμεθόριων περιοχών, όπως ορίζονται στην κείμενη νομοθεσία».

Αναλυτικότερα, για τα λιθόστρωτα μονοπάτια αξιοποιείται η κατηγορία Έργων Οδοποιίας και Οικοδομικών Έργων της Υπουργικής Απόφασης [ΔΝΣγ/οικ.35577/ΦΝ 466/2017](#), Κανονισμός Περιγραφικών Τιμολογίων Εργασιών για δημόσιες συμβάσεις έργων. Συγκεκριμένα:

10.01 Φορτοεκφόρτωση υλικών επί αυτοκινήτου ή σε ζώα

Φορτοεκφόρτωση πετρωδών υλικών και παρεμφερών, δηλαδή αργών λίθων γενικά, σκύρων, χαλίκων, άμμου, αμμοχάλικου, ασβέστου σε βώλους, θηραϊκής γης, κίσσης και σκωριών, επί οποιουδήποτε τροχοφόρου μεταφορικού μέσου ή ζώου.

Τιμή ανά τόνο (ton)

10.01.01 Φορτοεκφόρτωση με τα χέρια

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΙΚ-1101

10.01.02 Φορτοεκφόρτωση με μηχανικά μέσα

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΙΚ-1104

10.02 Φορτοεκφόρτωση με τα χέρια υλικών επί χειροκινήτων μεταφορικών μέσων

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΙΚ-1103

Φορτοεκφόρτωση με τα χέρια οποιουδήποτε υλικού επί μεταφορικού μέσου διακινούμενου με τα χέρια (π.χ. σε χειράμαξα, ζεμπίλια κλπ)

Τιμή ανά τόνο (ton)

10.03 Μεταφορά υλικών με τα χέρια

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΙΚ-1126

Μεταφορά με τα χέρια, κλπ, δηλ. με ζεμπίλι, τζιβιέρα και λοιπά παρεμφερή μέσα, ενός τόνου οποιουδήποτε υλικού ανά δεκάμετρο οριζοντίας αποστάσεως. Η απόσταση της καθ' ύψος μεταφοράς ανάγεται σε οριζόντια με συντελεστή προσαύξησης 2,0.

Τιμή ανά τόνο και δεκάμετρο (ton x 10 m)

10.04 Μεταφορά υλικών με μονότροχο

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΙΚ-1127

Μεταφορά με μονότροχο ενός τόνου οποιουδήποτε υλικού ανά δεκάμετρο αποστάσεως.

Τιμή ανά τόνο και δεκάμετρο (ton x 10 m)

10.05 Μεταφορά υλικών με ζώα.

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΙΚ-1128

Μεταφορά με ζώο ενός τόνου οποιουδήποτε υλικού.

Τιμή ανά τόνο και εκατόμετρο (ton x 100 m)

10.07 Μεταφορές με αυτοκίνητο

Μεταφορά με αυτοκίνητο οποιουδήποτε υλικού, ανά χιλιόμετρο αποστάσεως.

Τιμή ανά τονοχιλιόμετρο (ton.km)

10.07.01 δια μέσου οδών καλής βατότητας

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΙΚ-1136

Επί οδού επιτρέπουσας ταχύτητα άνω των 40 km/h

10.07.02 διά μέσου οδών περιορισμένης βατότητας

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΙΚ-1137

Επί οδού μη επιτρέπουσας ταχύτητα άνω των 40 km/h.

20.01 Εκθάμνωση εδάφους

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΙΚ-2101

Εκθάμνωση εδάφους με την αποκόμιση και συσσώρευση των προϊόντων στις θέσεις φόρτωσης, σύμφωνα με την μελέτη και την ΕΤΕΠ 02-01-01-00 "Καθαρισμός, εκχέρσωση και κατεδαφίσεις στη ζώνη εκτέλεσης των εργασιών"

Τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο εκθάμνωσης (m²)

20.01.01 με δενδρύλια περιμέτρου κορμού μέχρι 0,25

20.01.02 με δενδρύλια περιμέτρου κορμού 0,26 - 0,40 m

20.04 Εκσκαφή θεμελίων και τάφρων χωρίς τη χρήση μηχανικών μέσων

88

Εκσκαφή θεμελίων και τάφρων χωρίς τη χρήση μηχανικών μέσων και εκρηκτικών, εκτός από αερόσφυρες, πλάτους βάσεως έως 3,00 m ή μεγαλύτερου των 3,00 m αλλά επιφανείας βάσεως έως 12,00 m², σε βάθος μέχρι 2,00 m από το χαμηλότερο χείλος της διατομής εκσκαφής, εν ξηρώ ή εντός ύδατος βάθους έως 0,30 m, του οποίου η στάθμη, είτε ηρεμεί είτε υποβιβάζεται με εφ' άπαξ ή συνεχή άντληση (η οποία πληρώνεται ιδιαίτερα), με την αναπέταση των προϊόντων, την μόρφωση των παρειών και του πυθμένα και την τυχόν αναγκαία σποραδική αντιστήριξη των παρειών, σύμφωνα με την μελέτη και την ΕΤΕΠ 02-04-00-00 "Εκσκαφές θεμελίων τεχνικών έργων"

Τιμή ανά κυβικό μέτρο (m³) επί ορύγματος, με την μεταφορά των προϊόντων εκσκαφών σε οποιαδήποτε απόσταση. Επιμέτρηση με λήψη διατομών προ και μετά την εκσκαφή.

20.04.01 σε εδάφη γαιώδη-ημιβραχώδη

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΙΚ-2122

20.04.02 σε εδάφη βραχώδη, εκτός από γρανιτικά-κροκαλοπαγή

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΙΚ-2125

20.04.03 σε εδάφη γρανιτικά-κροκαλοπαγή

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΙΚ-2126

20.10 Επίχωση με προϊόντα εκσκαφών, εκβραχισμών ή κατεδαφίσεων

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΙΚ-2162

Επίχωση με προϊόντα εκσκαφών, εκβραχισμών ή κατεδαφίσεων διαμορφωμένων χώρων ή τμημάτων αυτών, σε μέση απόσταση από την θέση εξαγωγής των άνω προϊόντων έως 10,00 m, με την έκριψη, διάστρωση κατά στρώσεις έως 30 cm, διαβροχή και συμπύκνωση, σύμφωνα με την μελέτη και την ΕΤΕΠ 02-07-02-00 "Επανεπιχώσεις σκαμμάτων θεμελίων τεχνικών έργων".

Τιμή ανά κυβικό μέτρο (m³) συμπυκνωμένου όγκου.

20.40 Χειρωνακτική διακίνηση προϊόντων εκσκαφών και κατεδαφίσεων

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΙΚ-2177

Χειρωνακτική διακίνηση προϊόντων εκσκαφών, εκβραχισμών και κατεδαφίσεων με ζεμπίλι, τζιβιέρα, μονότροχο και λοιπά παρεμφερή μέσα, ανά δεκάμετρο μέσης οριζόντιας απόστασης. Η απόσταση της καθ' ύψος μεταφοράς ανάγεται σε οριζόντια με συντελεστή προσαύξησης 2,0.

Τιμή ανά τόνο και δεκάμετρο (ton x 10 m)

20.41 Διακίνηση προϊόντων εκσκαφών και κατεδαφίσεων με διάφορα μέσα πλήν αυτοκινήτων

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΙΚ-2178

Διακίνηση προς απόρριψη πάσης φύσεως προϊόντων εκσκαφών, εκβραχισμών και κατεδαφίσεων με χρήση διτρόχου ή ελαφρών εργοταξιακών οχημάτων εμπροσθίας ανατροπής (mini dumpers), εντός του εργοταξίου ή μέχρι του ορίου που προβλέπεται από την μελέτη ή καθορίζεται από την Υπηρεσία. Η τιμή έχει εφαρμογή μόνον σε περιπτώσεις σημαντικής έκτασης πλαγίων μεταφορών, μετά από πλήρη τεκμηρίωση.

Τιμή ανά κυβικό μέτρο και εκατοντάμετρο ($m^3 \times 100 m$) σε όγκο ορύγματος

22.20 Καθαίρεση πλακοστρώσεων δαπέδων παντός τύπου και οποιουδήποτε πάχους

Καθαίρεση πλακοστρώσεων δαπέδων παντός τύπου και οποιουδήποτε πάχους (τσιμέντου, μαρμάρου, τύπου Μάλτας, πορσελάνης, μωσαϊκού, κεραμικών, σχιστολίθου, κλπ), με το κονίαμα στρώσεως αυτών, σε οποιαδήποτε στάθμη από το έδαφος, με την συσσώρευση των προϊόντων καθαιρέσεως προς φόρτωση.

Τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο (m^2)

22.20.01 Χωρίς να καταβάλλεται προσοχή για την εξαγωγή ακεραίων πλακών

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΙΚ-2236

22.20.02 Με προσοχή, για την εξαγωγή ακεραίων πλακών σε ποσοστό > 50%

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΙΚ-2237

Συμπεριλαμβάνεται ο καθαρισμός των ακεραίων χρησίμων πλακών από το κονίαμα, η μεταφορά τους σε απόσταση έως 40 m και η απόθεσή τους σε κανονικά σχήματα.

41.01 Λιθοπληρώσεις τάφρων και στραγγιστηρίων

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΙΚ 4104

Λιθοπληρώσεις τάφρων, στραγγιστηρίων κλπ, οποιονδήποτε διαστάσεων, με αργούς λίθους λατομείου, σύμφωνα με την μελέτη και την ΕΤΕΠ 08-03-02-00 "Φίλτρα στραγγιστηρίων από διαβαθμισμένα αδρανή".

Συμπεριλαμβάνεται η προμήθεια και μεταφορά των αργών λίθων επί τόπου του έργου, οι πλάγιες μεταφορές και η εργασία τοποθέτησης και τακτοποίησης εντός του ορύγματος, με ή χωρίς υποβοήθηση μηχανικών μέσων,

Τιμή ανά κυβικό μέτρο (m^3)

41.02 Κατασκευή λιθοστρώτων από ξηρολιθοδομή

Κατασκευή λιθοστρώτων από ξηρολιθοδομή σύμφωνα με την μελέτη και την ΕΤΕΠ 03-07-03-00 "Επιστρώσεις με φυσικούς λίθους". Συμπεριλαμβάνεται η προμήθεια και μεταφορά των

αργών λίθων επί τόπου του έργου, οι πλάγιες μεταφορές και η εργασία διαμόρφωσης της επιφανείας του προς κάλυψη εδάφους και η διαλογή και τοποθέτηση των αργών λίθων.

Τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο (m^2)

41.02.01 Λιθόστρωτα πάχους μέσου πάχους έως 25 cm

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΙΚ-4106

41.02.02 Λιθόστρωτα πάχους μέσου πάχους άνω των 25 cm

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΙΚ-4107

42.01 Αργολιθοδομές με ασβεστοκονίαμα

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΙΚ 4201

Αργολιθοδομές με ασβεστοκονίαμα 1:2 1/2, πάσης φύσεως τοίχων, οποιονδήποτε διαστάσεων, δύο ορατών όψεων, σε στάθμη μέχρι +4,00 m από το δάπεδο εργασίας, σύμφωνα με την μελέτη και την ΕΤΕΠ 03-02-01-00 "Λιθόκτιστοι τοίχοι".

Τιμή ανά κυβικό μέτρο (m^3)

42.26 Μόρφωση εξέχουσας ακμής αργολιθοδομών

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΙΚ 4226

Μόρφωση εξέχουσας ακμής αργολιθοδομών (γωνιών, παραστάδων, λαμπάδων κ.λπ.) με χρήση και κατεργασία ευμεγέθων λίθων.

Τιμή ανά τρέχον μέτρο (μμ)

42.51 Κοινές γωνιολιθοδομές

Κοινές γωνιολιθοδομές από φυσικούς γωνιόλιθους (τουλάχιστον ημιλαξευτούς) παντός είδους τμημάτων τοίχων από αργολιθοδομή, οποιονδήποτε διαστάσεων, σε στάθμη μέχρι +4,00 m από το δάπεδο εργασίας, σύμφωνα με την μελέτη και την ΕΤΕΠ 03-02-01-00 "Λιθόκτιστοι τοίχοι".

Τιμή ανά κυβικό μέτρο (m^3)

42.51.01 Κοινές γωνιολιθοδομές με ασβεστοκονίαμα 1:2 1/2

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΙΚ-42

42.51.02 Κοινές γωνιολιθοδομές με ασβεστοτσιμεντοκονίαμα των 150 kg τσιμέντου

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΙΚ-4257

42.51.03 Κοινές γωνιολιθοδομές με τσιμεντοασβεστοκονίαμα 400 kg τσιμέντου και 0,08 m3 ασβέστου

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΙΚ-4262

43.05 Λιθοδομές θεμελίων

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΙΚ 4305

Λιθοδομές θεμελίων από αργούς λίθους και των απαιτούμενων γωνιολίθων μεγάλων (αγκωναριών) και μικρών (παραγκωνίων) για τοίχους θεμελίων επαπτόμενους στις παριές εκσκαφής και σε οποιοδήποτε βάθος από την επιφάνεια του φυσικού εδάφους, σύμφωνα με την μελέτη και την ΕΤΕΠ 03-02-01-00 "Λιθόκτιστοι τοίχοι".

Τιμή ανά κυβικό μέτρο (m^3).

43.05.01 Λιθοδομές θεμελίων με ασβεστοτσιμεντοκονίαμα 1:2 1/2 των 150 kg τσιμέντου

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΙΚ-4305

45.01 Διαμόρφωση όψεων λιθοδομών χωρικού τύπου

Διαμόρφωση όψεων λιθοδομής χωρικού τύπου, σε οποιαδήποτε στάθμη από το δάπεδο εργασίας κατά την δόμηση των τοίχων με την διαλογή των λίθων που τοποθετούνται στην

ορατή επιφάνεια και την επεξεργασία τους με χονδροπελέκημα, με την κατεργασία του κονιάματος δόμησης των αρμών της πρόσοψης, την απόξεση του επιφανειακού κονιάματος με κατάλληλο εργαλείο πριν αποξηρανθεί για την εκβάθυνση των αρμών σε βάθος 2 - 4 cm, και τον καθαρισμό της επιφανείας από τα κονιάματα με λινάτσα, ψήκτρα ή άλλο κατάλληλο εργαλείο.

Τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο (m^2).

45.01.01 Διαμόρφωση όψεων λιθοδομών ανωμάλου χωρικού τύπου

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΙΚ-4501

Διαμόρφωση με λίθους επεξεργασμένους με το σφυρί (χονδροπελέκημα).

45.01.02 Διαμόρφωση όψεων λιθοδομών πλακοειδούς χωρικού τύπου

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΙΚ-4502

Διαμόρφωση κυρίως με επιλογή πλακοειδών λίθων διαφόρων διαστάσεων.

45.03 Διαμόρφωση όψεων ακανόνιστων (ημιεμπλέκτων) λιθοδομών

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΙΚ 4503

Διαμόρφωση όψεων ακανόνιστων (ημιεμπλέκτων) λιθοδομών σε οποιαδήποτε στάθμη από το δάπεδο εργασίας κατά την δόμηση των τοίχων. Συμπεριλαμβάνεται η διαλογή των λίθων που τοποθετούνται στην ορατή επιφάνεια ώστε να έχουν κατά το δυνατόν ισομεγέθεις διαστάσεις, η κατεργασία των προσώπων και των επιφανειών εδράσεως με χονδροπελέκημα, η προσαρμογή τους ώστε το πλάτος των αρμών να μην υπερβαίνει τα 2 1/2 cm με χρήση σφηνών (τσιβίκια), η απόξεση του κονιάματος των αρμών σε βάθος 2 - 4 cm και ο καθαρισμός της επιφανείας από τα κονιάματα με λινάτσα, ψήκτρα ή άλλο κατάλληλο εργαλείο.

Τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο (m^2).

91

73.11 Επιστρώσεις με χονδρόπλακες ακανόνιστες

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΙΚ 7311

Επιστρώσεις με χονδρόπλακες ακανόνιστες μέσου πάχους 5 cm και επιφανείας άνω των 0,10 m^2 , επί υποστρώματος από ασβεστοσιμεντοκονίαμα 1 : 2 1/2 των 150 kg τσιμέντου πάχους 3 cm, με αρμούς μέσου πάχους 2 cm αρμολογούμενους με τσιμεντοκονίαμα των 450 kg, με τα υλικά, πλάκες, τσιμεντοκονίαμα κλπ επί τόπου και την εργασία πλήρους κατασκευής, σύμφωνα με την μελέτη και την ΕΤΕΠ 03-07-03-00 "Επιστρώσεις με φυσικούς λίθους".

Τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο (m^2).

73.12 Επιστρώσεις με χονδρόπλακες ορθογωνισμένες

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΙΚ 7312

Επιστρώσεις με χονδρόπλακες ορθογωνισμένες, πλευράς άνω των 30 cm, με αρμούς πάχους το πολύ 1 cm με τα υλικά, πλάκες, τσιμεντοκονίαμα κλπ επί τόπου και την εργασία πλήρους κατασκευής, σύμφωνα με την μελέτη και την ΕΤΕΠ 03-07-03-00 "Επιστρώσεις με φυσικούς λίθους".

Τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο (m^2).

A-2 Γενικές εκσκαφές σε έδαφος γαιώδες-ημιβραχώδες

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΔΟ-1123Α

Γενικές εκσκαφές, με την μεταφορά σε οποιαδήποτε απόσταση, εδαφών γαιωδών και ημιβραχωδών οποιασδήποτε συστάσεως, ανεξαρτήτως βάθους, πλάτους και κλίσεως πρανών, σε νέο έργο ή για επέκταση ή συμπλήρωση ή διαπλάτυνση υπάρχοντος, ανεξαρτήτως της θέσης εργασίας και των δυσχερειών που προκαλεί (κοντά ή μακριά, χαμηλά ή υψηλά σχετικά με το υπάρχον έργο), για οποιοδήποτε σκοπό και με οποιοδήποτε

εκσκαπτικό μέσο, εν ξηρώ ή με παρουσία νερών, σύμφωνα με την ΕΤΕΠ 02-02-01-00 Γενικές εκσκαφές οδοποιίας και υδραυλικών έργων.

Με το άρθρο αυτό τιμολογούνται, επίσης, οι ακόλουθες εκσκαφές σε εδάφη ανάλογης σκληρότητας:

- ανοιχτών τάφρων για το τμήμα τους πλάτους μεγαλύτερου των 5,00 m μετά της μόρφωσης των πρανών και του πυθμένα τους,
- για τη δημιουργία αναβαθμών προς αγκύρωση των επιχωμάτων,
- τριγωνικών τάφρων μετά της μόρφωσης των πρανών, όταν αυτές κατασκευάζονται στη συνέχεια των γενικών εκσκαφών της οδού,
- για τον καθαρισμό οχτών ύψους και πλάτους μεγαλύτερου των 5,00 m,
- τεχνικών Cut and Cover μετά των μέτρων προσωρινής και μόνιμης αντιστήριξης των πρανών των εκσκαφών εφόσον δεν αποζημιώνονται με άλλο άρθρο αυτού του τιμολογίου
- για τη δημιουργία στομίων σηράγγων και Cut and Cover.

Στην τιμή μονάδας περιλαμβάνονται:

- η προσέγγιση μηχανημάτων και μεταφορικών μέσων, η εκσκαφή με οποιοδήποτε μέσο και υπό οποιοσδήποτε συνθήκες,
- η αποστράγγιση των υδάτων, η μόρφωση των παρειών, των πρανών και του πυθμένα της σκάφης και ο σχηματισμός των αναβαθμών
- η διαλογή, φύλαξη, φορτοεκφόρτωση σε οποιοδήποτε μεταφορικό μέσο και η μεταφορά των προϊόντων σε οποιαδήποτε απόσταση για τη χρησιμοποίηση των κατάλληλων στο έργο (π.χ. κατασκευή επιχωμάτων) ή για απόρριψη των ακατάλληλων ή πλεοναζόντων σε επιτρεπόμενες τελικές ή προσωρινές θέσεις
- η εναπόθεση σε τελικές ή ενδιάμεσες θέσεις, η επαναφόρτωση από τις θέσεις των προσωρινών αποθέσεων και η εκφόρτωση σε τελικές θέσεις, καθώς και η διάστρωση και διαμόρφωση των χώρων απόθεσης σύμφωνα με τους περιβαλλοντικούς όρους
- η αντιστήριξη των πρανών εκσκαφή όπου τυχόν αυτή απαιτείται, καθώς και η εκθάμνωση κοπή, εκρίζωση και απομάκρυνση δένδρων, ανεξαρτήτως περιμέτρου κορμού, σε οποιαδήποτε απόσταση.
- η αντιμετώπιση πάσης φύσεως δυσχερειών που προκύπτουν από τη σύγχρονη κυκλοφορία, όπως περιορισμένα μέτωπα και όγκοι εκσκαφών κλπ.
- η συμπίκνωση της σκάφης των ορυγμάτων κάτω από τη "στρώση έδρασης οδοστρώματος" μέχρι του βάθους που λαμβάνεται υπόψη στον καθορισμό της Φέρουσας Ικανότητας Έδρασης (Φ.Ι.Ε), όπως αυτή ορίζεται στην μελέτη, σε βαθμό συμπίκνωσης που να αντιστοιχεί σε ξηρά φαινόμενη πυκνότητα ίση κατ' ελάχιστον με το 90% της πυκνότητας που επιτυγχάνεται εργαστηριακά κατά την τροποποιημένη δοκιμή Proctor (Proctor Modified κατά ΕΛΟΤ EN 13286-2).
- οι πάσης φύσεως σταλίες του μηχανικού εξοπλισμού και των μεταφορικών μέσων
- η επανεπίχωση (με προϊόντα εκσκαφών) των θεμελίων και τάφρων εκτός του σώματος της οδού, που οι εκσκαφές τους αποζημιώνονται με το άρθρο αυτό, όταν δεν υπάρχει απαίτηση συμπίκνωσης.

Επισημαίνεται ότι η τιμή είναι γενικής εφαρμογής ανεξάρτητα από την εκτέλεση της εργασίας σε μια ή περισσότερες φάσεις που υπαγορεύονται από το πρόγραμμα εκτέλεσης του έργου ή άλλους τοπικούς περιορισμούς.

Η αποξήλωση ασφαλοταπήτων, στρώσεων οδοστρωσίας σταθεροποιημένων με τσιμέντο, πλακοστρώσεων, δαπέδων από σκυρόδεμα, κρασπεδορείθρων και στερεών έδρασης και εγκιβωτισμού τους, καθώς και πάσης φύσεως κατασκευών που βρίσκονται εντός του όγκου

των γενικών εκσκαφών, επιμετρώνται και τιμολογούνται ιδιαίτερα με βάση τα οικεία άρθρα του παρόντος τιμολογίου.

Επιμέτρηση με λήψη αρχικών και τελικών διατομών και μέχρι τα όρια εκσκαφής των εγκεκριμένων συμβατικών σχεδίων και σύμφωνα με το πρωτόκολλο χαρακτηρισμού. Διευκρινίζεται ότι ουδεμία αποζημίωση καταβάλλεται στον Ανάδοχο για τις επί πλέον των προβλεπόμενων από τη μελέτη εκσκαφές εκτός εάν έχει δοθεί ειδική εντολή από την Υπηρεσία.

Τιμή ανά κυβικό μέτρο.

A-3 Γενικές εκσκαφές σε έδαφος βραχώδες

Γενικές εκσκαφές, βραχωδών εδαφών, περιλαμβανομένων γρανιτικών και κροκαλοπαγών, ανεξαρτήτως βάθους, ύψους και κλίσεως πρανών, σε νέο έργο ή για επέκταση ή συμπλήρωση υπάρχοντος, ανεξαρτήτως της θέσης εργασίας και των δυσχερειών προσπέλασης, με οποιοδήποτε εκσκαπτικό μέσο, με ή χωρίς κανονική ή περιορισμένη χρήση εκρηκτικών (μετά από έγκριση της Υπηρεσίας και με ευθύνη του Αναδόχου, λαμβανομένων υπόψη των ισχυόντων περιορισμών ή και απαγόρευσης χρήσης εκρηκτικών λόγω γειννίας με κτίσματα, πυλώνες και υποσταθμούς της ΔΕΗ, εγκαταστάσεις Ο.Κ.Ω., στρατιωτικές εγκαταστάσεις κλπ), με την μεταφορά των προϊόντων σε οποιαδήποτε απόσταση, σύμφωνα με την ΕΤΕΠ 02-02-01-00 Γενικές εκσκαφές οδοποιίας και υδραυλικών έργων.

Με το άρθρο αυτό τιμολογούνται επίσης οι ακόλουθες βραχώδεις εκσκαφές:

- ανοιχτών τάφρων για το μήμα τους πλάτους μεγαλύτερου των 5,00 m, με την μόρφωση των πρανών και του πυθμένα τους,
- για τη δημιουργία αναβαθμών προς αγκύρωση των επιχωμάτων
- τριγωνικών τάφρων με την μόρφωση των πρανών, όταν αυτές διαμορφώνονται συγχρόνως με τις γενικές εκσκαφές της οδού
- τεχνικών Cut & Cover

Στην τιμή μονάδας περιλαμβάνονται:

- η όρυξη με οποιοδήποτε μέσο ή και υπό οποιεσδήποτε συνθήκες,
- η απομάκρυνση και αποστράγγιση των υδάτων, η μόρφωση των παρειών, των πρανών και του πυθμένα της σκάφης και ο σχηματισμός των αναβαθμών
- η διάνοιξη διατηρημάτων γόμωσης,
- η προμήθεια, μεταφορά, τοποθέτηση, πυροδότηση εκρηκτικών υλών με όλες τις απαιτούμενες εργασίες για ασφαλή έκρηξη και όλα τα απαιτούμενα υλικά (εκρηκτικές ύλες, θρυαλλίδες, πυροκροτητές, επιβραδυντές κ.λ.π.)
- η διαλογή, φύλαξη, φορτοεκφόρτωση σε οποιοδήποτε μεταφορικό μέσο και η μεταφορά των προϊόντων σε οποιαδήποτε απόσταση για τη χρησιμοποίησή τους στο έργο (π.χ. κατασκευή επιχωμάτων) ή για απόρριψη των πλεοναζόντων σε επιτρεπόμενες τελικές,
- η εναπόθεση σε τελικές ή ενδιάμεσες θέσεις, η επαναφόρτωση από τις θέσεις προσωρινών αποθέσεων και η εκφόρτωση σε τελικές θέσεις, καθώς και η διάστρωση και διαμόρφωση των αποθέσεων σύμφωνα με τους περιβαλλοντικούς όρους του έργου
- η καθαίρεση κατασκευών από άοπλο σκυρόδεμα που βρίσκονται εντός της ζώνης των γενικών εκσκαφών.
- η τυχόν απαιτούμενη αντιστήριξη των πρανών εκσκαφής καθώς και η εκθάμνωση, κοπή, εκρίζωση και απομάκρυνση δένδρων, ανεξαρτήτως περιμέτρου, σε οποιαδήποτε απόσταση.
- η αντιμετώπιση πάσης φύσεως δυσχερειών που προκύπτουν από τη σύγχρονη κυκλοφορία, όπως περιορισμένα μέτωπα και όγκοι εκσκαφών κλπ.

- η προσκόμιση, η αποκόμιση και οι πάσης φύσεως σταλίες του απαιτούμενου μηχανικού εξοπλισμού και μεταφορικών μέσων
- η επανεπίχωση (με προϊόντα εκσκαφών) θεμελίων και τάφρων εκτός του σώματος της οδού, που οι εκσκαφές τους αποζημιώνονται με το άρθρο αυτό, όταν δεν υπάρχει απαίτηση συμπίκνωσης

Επισημαίνεται ακόμη ότι η τιμή είναι γενικής εφαρμογής, ανεξάρτητα από την εκτέλεση της εργασίας σε μια φάση ή περισσότερες, που υπαγορεύονται από το πρόγραμμα εκτέλεσης του έργου ή άλλους τοπικούς περιορισμούς.

Χρήση εκρηκτικών επιτρέπεται υπό την προϋπόθεση ότι έχουν ληφθεί οι απαραίτητες εγκρίσεις για τη χρήση των εκρηκτικών και δεν απαγορεύεται η χρήση τους από τους περιβαλλοντικούς όρους του έργου.

Επιμέτρηση με λήψη αρχικών και τελικών διατομών και μέχρι τα όρια εκσκαφής των εγκεκριμένων συμβατικών σχεδίων και σύμφωνα με το πρωτόκολλο χαρακτηρισμού. Όπως και στην περίπτωση γενικών εκσκαφών γαιών-ημιβράχου, ουδεμία αποζημίωση καταβάλλεται στον Ανάδοχο για τις επί πλέον εκσκαφές εκτός εάν έχει δοθεί ειδική εντολή από την Υπηρεσία.

Τιμή ανά κυβικό μέτρο

A-3.1 Γενικές εκσκαφές σε έδαφος βραχώδες με χρήση εκρηκτικών

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΔΟ-1133Α

A-3.2 Γενικές εκσκαφές σε έδαφος βραχώδες με ελεγχόμενη χρήση εκρηκτικών

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΔΟ-1133Α

A-3.3 Γενικές εκσκαφές σε έδαφος βραχώδες χωρίς χρήση εκρηκτικών

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΔΟ-1133Α

94

A-4 Διάνοιξη τάφρων

A-4.1 Διάνοιξη τάφρου σε έδαφος γαιώδες - ημιβραχώδες

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΔΟ-1212

Διάνοιξη τάφρου τριγωνικής διατομής, που κατασκευάζεται μεμονωμένα και ανεξάρτητα από τις γενικές εκσκαφές της οδού, ή τραπεζοειδούς διατομής, και για τα τμήματά της πλάτους μικρότερου ή ίσου των 5,00 m, σε έδαφος γαιώδες ή ημιβραχώδες, περιλαμβανομένης και της αποξήλωσης ασφαλτοταπήτων, στρώσεων οδοστρώσας, πλακοστρώσεων, καθαίρεσης συρματοκιβωτίων, μανδρότοιχων κλπ, που βρίσκονται εντός του εύρους της τάφρου, μετά της μεταφοράς των προϊόντων εκσκαφής σε οποιαδήποτε απόσταση. Εκτέλεση εργασιών σύμφωνα με την ΕΤΕΠ 08-01-01-00 Εκσκαφές τάφρων και διωρύγων.

Στην τιμή μονάδας περιλαμβάνονται:

- η εκσκαφή με οιαδήποτε μηχανικά μέσα,
- η διαλογή των προϊόντων εκσκαφής, η φορτοεκφόρτωση και μεταφορά τους με σε οποιαδήποτε απόσταση, είτε για προσωρινή απόθεση είτε για απόρριψη, σε περίπτωση που κριθούν ακατάλληλα ή πλεονάζοντα, συμπεριλαμβανομένης της τυχόν εναπόθεσης ή των ενδιαμέσων φορτοεκφορτώσεων.
- η μόρφωση των πρανών και του πυθμένα της τάφρου.

Επιμέτρηση με λήψη αρχικών και τελικών διατομών και εντός των ορίων εκσκαφής των εγκεκριμένων συμβατικών σχεδίων, σύμφωνα με το πρωτόκολλο χαρακτηρισμού.

Τιμή ανά κυβικό μέτρο.

A-4.2 Διάνοιξη τάφρου σε έδαφος βραχώδες

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΔΟ-1220

Διάνοιξη τάφρου τριγωνικής διατομής, που κατασκευάζεται μεμονωμένα και ανεξάρτητα από τις γενικές εκσκαφές της οδού, ή τραπεζοειδούς διατομής και για τα τμήματά της πλάτους μικρότερου ή ίσου των 5,00 m, σε έδαφος βραχώδες ανεξαρτήτως σκληρότητας,

περιλαμβανομένης και της αποξήλωσης ασφαλοταπήτων και στρώσεων οδοστρωσίας και της αποσύνθεσης πλακοστρώσεων, την καθαίρεση άοπλων σκυροδεμάτων, εντός του εύρους της τάφρου, μετά της μεταφοράς των προϊόντων σε οποιαδήποτε απόσταση. Εκτέλεση εργασιών σύμφωνα με την ΕΤΕΠ 08-01-01-00.

Στην τιμή μονάδας περιλαμβάνονται:

- η εκσκαφή με οιαδήποτε μηχανικά μέσα, η χρήση εκρηκτικών και η λήψης μέτρων ασφαλείας
- η διαλογή των προϊόντων εκσκαφής, η φορτοεκφόρτωση και μεταφορά τους με σε οποιαδήποτε απόσταση, είτε για προσωρινή απόθεση είτε για απόρριψη, σε περίπτωση που κριθούν ακατάλληλα ή πλεονάζοντα, συμπεριλαμβανομένης της δαπάνης των τυχόν ενδιάμεσων φορτοεκφορτώσεων.
- η εργασία μόρφωσης των πρανών και του πυθμένα της τάφρου.

Η επιμέτρηση θα γίνει με λήψη αρχικών και τελικών διατομών και εντός των ορίων εκσκαφής των εγκεκριμένων συμβατικών σχεδίων και το πρωτόκολλο χαρακτηρισμού.

Τιμή ανά κυβικό μέτρο.

Αναθεώρηση άρθρων και ορθή κοστολόγηση

Για την αναθεώρηση των άρθρων που αφορούν την κατασκευή λιθοστρώτων (41.02 Κατασκευή λιθοστρώτων από ξηρολιθοδομή) προτείνεται η ανάλυση τιμών να προκύπτει όπου αυτό είναι εφικτό από καταγραφή πιλοτικής κατασκευής μιας μονάδας εν προκειμένω ενός τετραγωνικού μέτρου του έργου λαμβάνοντας υπόψη το χρόνο εργασίας που απαιτείται και την αντίστοιχη ποσότητα υλικού.

95

A.T... Κατασκευή λιθοστρώτων από ξηρολιθοδομή μέσου πάχους έως 25cm

N. 41.02.01

Κωδικός Αναθεώρησης ΟΙΚ-4106

Κατασκευή λιθοστρώτων από ξηρολιθοδομή σύμφωνα με την μελέτη και την ΕΤΕΠ 03-07-03-00 "Επιστρώσεις με φυσικούς λίθους". Συμπεριλαμβάνεται η προμήθεια και μεταφορά των αργών λίθων επί τόπου του έργου, οι πλάγιες μεταφορές και η εργασία διαμόρφωσης της επιφανείας του προς κάλυψη εδάφους και η διαλογή και τοποθέτηση των αργών λίθων. Τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο (m²)

Ανάλυση άρθρου

1. ΥΛΙΚΑ				
Λίθοι αργοί	(m ³)	...X...	=	...
2. ΕΡΓΑΣΙΑ				
α) Τεχνίτης ΑΤΟΕ 003	(h)	...X...	=	...
β) Εργάτης ΑΤΟΕ 001	(h)	...X...	=	...
Άθροισμα		...+...+...	=	...

Τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο (m²):

...€/ m²

Τιμή Μονάδος :

...€/ m²

(ολογράφως η τιμή)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ: Καθεστώς προστασίας

Λιθόστρωτες επιστρώσεις ως διατηρητέα

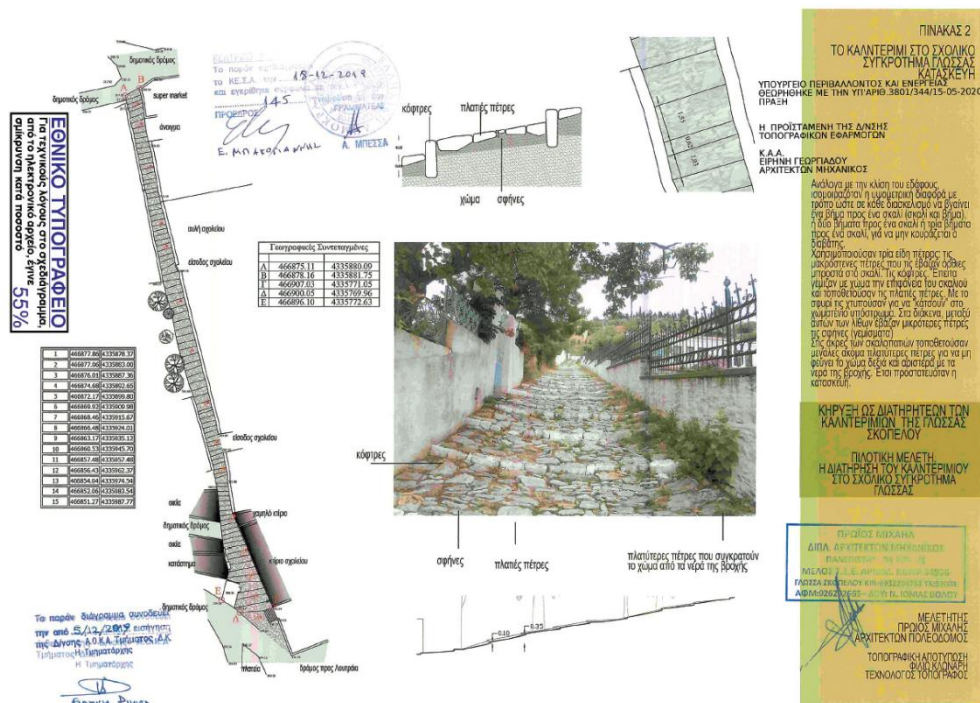
Παρατίθενται παραδείγματα εφαρμογής καθεστώτος προστασίας λιθόστρωτων οδών:

- Χαρακτηρισμός ως διατηρητέων, των λιθόστρωτων οδών (καλντεριμιών) του οικιστικού ιστού της Δημοτικής Κοινότητας Γλώσσας του Δήμου Σκοπέλου Νομού Μαγνησίας: α) Καλντερίμι Σχολείων Γλώσσας και β) Καλντερίμι μονοπατιού Γλώσσας-Λουτρακίου, αποκατάσταση αυτών, καθώς και καθορισμός ειδικών όρων και περιορισμών δόμησης (ΦΕΚ 302/Δ΄/06-06-2020).

Στα χαρακτηριζόμενα ως διατηρητέα, καλντερίμια απαγορεύεται κάθε αφαίρεση, αλλοίωση ή καταστροφή του συνόλου των επιμέρους κατασκευαστικών και διακοσμητικών στοιχείων τους, καθώς και των υλικών κατασκευής τους. Κατ' εξαίρεση, επιτρέπεται η αφαίρεση, αλλοίωση ή καταστροφή εκείνων που δεν εναρμονίζονται και δεν αποτελούν οργανικά στοιχεία των καλντεριμιών, εφόσον το οικείο Συμβούλιο Αρχιτεκτονικής υποβάλει σχετική σύμφωνη γνώμη. Επιτρέπονται, υπό την εποπτεία και ευθύνη των αρμοδίων υπηρεσιών ΟΤΑ, η επισκευή, η αποκατάσταση, η συντήρηση και η συμπλήρωση των διατηρητέων καλντεριμιών με όμοια και συμβατά υλικά, όπου απαιτείται, καθώς και ο εκσυγχρονισμός των εγκαταστάσεων για την απορροή των ομβρίων και για λόγους λειτουργικούς, όπως και η αποκατάσταση των δικτύων υποδομής των Οργανισμών Κοινής Ωφέλειας, εφόσον δεν αλλοιώνεται ο αρχιτεκτονικός χαρακτήρας των καλντεριμιών και δεν θίγονται τα διατηρητέα στοιχεία τους και ο περιβάλλων σε αυτά χώρος.

96

- Χαρακτηρισμός ως διατηρητέων των λιθόστρωτων των οδών (καλντεριμιών) Φιλοκλέους Γεωργιάδη, Γεωργίου Μωραΐτη, Αγίας Τριάδας και Αλέξανδρου Μωραϊτίδη που βρίσκονται στον οικισμό Σκιάθου του Δήμου Σκιάθου (Ν. Μαγνησίας) και καθορισμός ειδικών όρων και περιορισμών αποκατάστασης αυτών (ΦΕΚ 93/Α.Α.Π./26-05-2016, Τεύχος Αναγκαστικών Απαλλοτριώσεων και Πολεοδομικών Θεμάτων).



Εικόνα Γ.1. Απεικόνιση σχεδίων και φωτογραφιών από ΦΕΚ 302/Δ'06-06-2020.

Στα χαρακτηριζόμενα ως διατηρητέα καλντερίμια απαγορεύεται κάθε αφαίρεση, αλλοίωση ή καταστροφή των επί μέρους κατασκευαστικών και διακοσμητικών στοιχείων τους, των υλικών κατασκευής τους (λίθοι και συνδετικό υλικό) πλην των στοιχείων, που δεν αποτελούν οργανικά στοιχεία αυτών και για τα οποία το Συμβούλιο Αρχιτεκτονικής έχει γνωμοδοτήσει για την αφαίρεσή τους. Επιτρέπεται η επισκευή και η αποκατάσταση, η συντήρηση των καλντεριμιών και η συμπλήρωση όπου απαιτείται, με όμοια και συμβατά υλικά από το Δήμο, ο εκσυγχρονισμός των εγκαταστάσεων για την απορροή των ομβρίων, για λόγους λειτουργικούς, εφόσον δεν αλλοιώνεται ο αρχιτεκτονικός χαρακτήρας και δεν θίγονται τα διατηρητέα στοιχεία τους καθώς και διατηρητέα στοιχεία του περιβάλλοντος χώρου τους.

Λιθόστρωτα ως μνημεία

Σύμφωνα με τον ίδιο Νόμο και συγκεκριμένα με το Άρθρο 6 “Διακρίσεις ακινήτων μνημείων - Χαρακτηρισμός” Παρ.1 στα ακίνητα μνημεία περιλαμβάνονται:

- α) τα αρχαία που χρονολογούνται έως και το 1830,
- β) τα νεότερα πολιτιστικά αγαθά που είναι προγενέστερα των εκάστοτε τελευταίων εκατό ετών και χαρακτηρίζονται μνημεία λόγω της αρχιτεκτονικής, πολεοδομικής, κοινωνικής, εθνολογικής, λαογραφικής, τεχνικής, βιομηχανικής ή εν γένει ιστορικής, καλλιτεχνικής ή επιστημονικής σημασίας τους,
- γ) τα νεότερα πολιτιστικά αγαθά που ανάγονται στην περίοδο των εκάστοτε τελευταίων εκατό ετών και χαρακτηρίζονται μνημεία λόγω της ιδιαίτερης αρχιτεκτονικής, πολεοδομικής, κοινωνικής, εθνολογικής, λαογραφικής, τεχνικής, βιομηχανικής ή εν γένει ιστορικής, καλλιτεχνικής ή επιστημονικής σημασίας τους.

Τα αρχαία ακίνητα μνημεία προστατεύονται από τον νόμο χωρίς να απαιτείται η έκδοση οποιασδήποτε διοικητικής πράξης. Τα ακίνητα των περ. β) και γ) της Παρ. 1 χαρακτηρίζονται μνημεία με απόφαση του Υπουργού Πολιτισμού και Αθλητισμού, που εκδίδεται ύστερα από

εισήγηση της Υπηρεσίας και γνώμη του Συμβουλίου και δημοσιεύεται στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως.

Ως μνημείο μπορεί να χαρακτηριστεί και το επιβεβαιωμένο, βάσει των υπαρχουσών υλικών μαρτυριών και λοιπών ενδείξεων και τεκμηρίων, ίχνος της συλλογικής ή ατομικής δραστηριότητας του ανθρώπου, το οποίο έχει καλυφθεί από μεταγενέστερες επεμβάσεις. Ο χαρακτηρισμός μιας διαδρομής ως μνημείου και ως προς τα μη σωζόμενα τμήματα του μονοπατιού συνιστά μαρτυρία της διαδρομής του, η οποία συμβάλλει στη διατήρηση της ιστορικής μνήμης και ενισχύει την αυθεντικότητα των υπαρχουσών υλικών μαρτυριών ως προς την οργάνωση της οικονομικής και κοινωνικής ζωής των κατοίκων της περιοχής στο απώτερο παρελθόν.

Πιο συγκεκριμένα, η προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς της Χώρας συνίσταται κυρίως:

- στον εντοπισμό, την έρευνα, την καταγραφή, την τεκμηρίωση και τη μελέτη των στοιχείων της,
- στη διατήρηση και στην αποτροπή της καταστροφής, της αλλοίωσης και γενικά κάθε άμεσης ή έμμεσης βλάβης της,
- στην αποτροπή της παράνομης ανασκαφής, της κλοπής και της παράνομης εξαγωγής,
- στη συντήρηση και την κατά περίπτωση αναγκαία αποκατάστασή της,
- στη διευκόλυνση της πρόσβασης και της επικοινωνίας του κοινού με αυτήν,
- στην ανάδειξη και την ένταξή της στη σύγχρονη κοινωνική ζωή και
- στην παιδεία, την αισθητική αγωγή και την ευαισθητοποίηση των πολιτών για την πολιτιστική κληρονομιά.

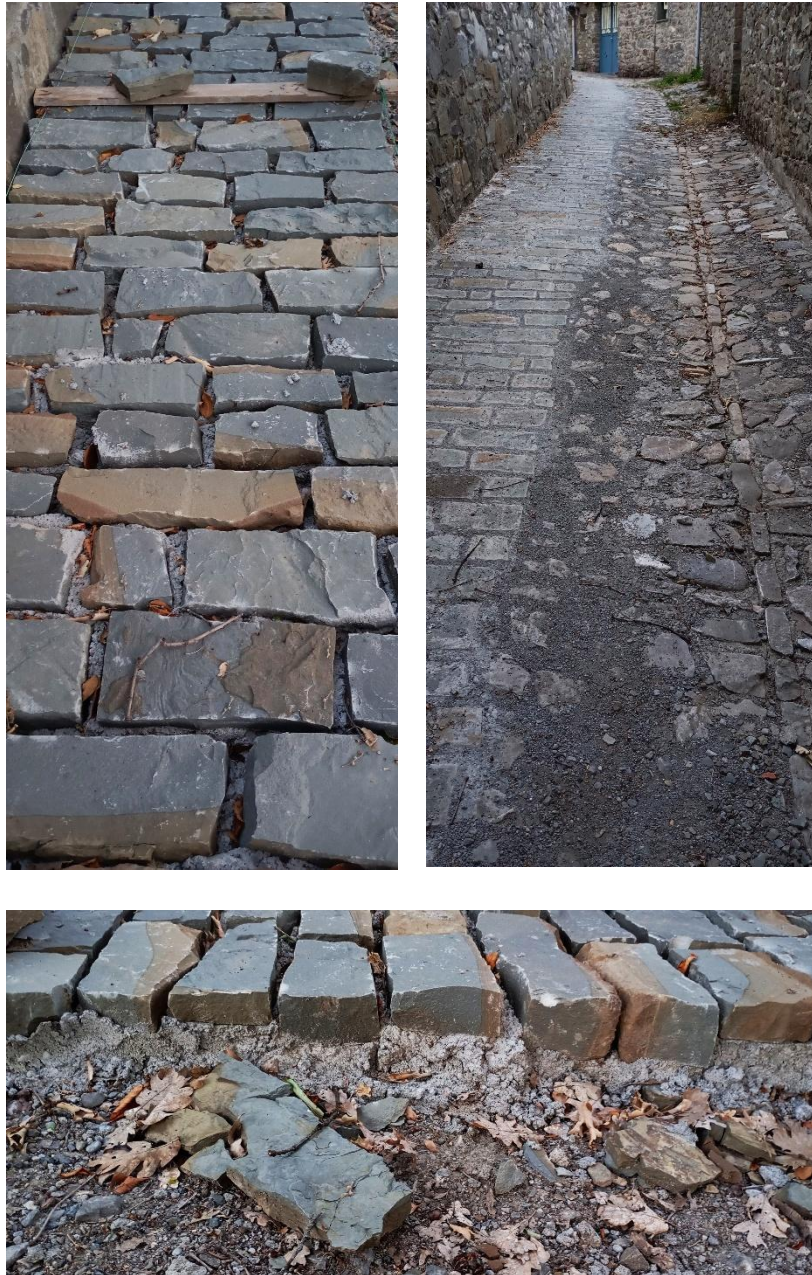
Η προστασία των μνημείων, αρχαιολογικών χώρων και ιστορικών τόπων περιλαμβάνεται στους στόχους οποιουδήποτε επιπέδου χωροταξικού, αναπτυξιακού, περιβαλλοντικού και πολεοδομικού σχεδιασμού ή σχεδίων ισοδύναμου αποτελέσματος ή υποκατάστατών τους. Βασικός παράγοντας για να προχωρήσει ένα καθεστώς διαφύλαξης ή προστασίας είναι η καταγραφή και η τεκμηρίωση που θα επιβεβαιώνει τη σημασία μιας ξερολιθικής κατασκευής ή ενός συνόλου ξερολιθικών κατασκευών με την εμπλοκή της τοπικής κοινότητας. Με βάση τις παραπάνω επισημάνσεις παρατίθεται παράδειγμα εφαρμογής καθεστώτος προστασίας λιθόστρωτου μονοπατιού:

- Χαρακτηρισμός ως μνημείου του παλιού λιθόστρωτου μονοπατιού το οποίο συνέδεε τους οικισμούς της Κάτω Βέργας, της Άνω Βέργας και τον Άγιο Γεώργιο, του Δήμου Καλαμάτας, Περιφερειακής Ενότητας Μεσσηνίας, Περιφέρειας Πελοποννήσου (ΦΕΚ 143/Α.Α.Π./09-07-2018, Τεύχος Αναγκαστικών Απαλλοτριώσεων και Πολεοδομικών Θεμάτων λαμβάνοντας υπόψη επιπλέον τη νομοθεσία [Ν. 2039/1992](#) (Α'61) «Περί Κύρωσης της Σύμβασης για την προστασία της Αρχιτεκτονικής Κληρονομιάς της Ευρώπης»), διότι αποτελεί τεκμήριο παραδοσιακής τεχνικής άμεσα συνδεδεμένο με τις μνήμες των κατοίκων της περιοχής, καθώς και της κοινωνικής, οικονομικής, πολιτιστικής και πολιτισμικής ανάπτυξης της περιοχής από τα μέσα του 19ου αιώνα έως τις αρχές του 20ου αιώνα. Σύμφωνα με το Υπουργείο Πολιτισμού δεδομένου του χαρακτηρισμού του ως μνημείου η Διεύθυνση Προστασίας και Αναστήλωσης Νεώτερων και Σύγχρονων Μνημείων είναι αρμόδια για την προστασία και την αναστήλωση των μνημείων μεταγενέστερων του 1830, τα οποία φέρουν αυτόν το χαρακτηρισμό λόγω της αρχιτεκτονικής, πολεοδομικής, κοινωνικής, εθνολογικής, λαογραφικής, τεχνικής, βιομηχανικής ή εν γένει ιστορικής, καλλιτεχνικής ή επιστημονικής σημασίας τους (Ν. 3028/2002, Άρθρο 6, 1β,γ). Οι εργασίες στα μνημεία

και ιδίως η συντήρηση, η στερέωση, η αποκατάσταση, η αναστήλωση κλπ. αποσκοπούν στη διατήρηση της υλικής υπόστασης και αυθεντικότητας τους, την ανάδειξη και εν γένει την προστασία τους. Διενεργούνται σύμφωνα με μελέτη, η οποία εγκρίνεται από την Υπηρεσία ύστερα από γνώμη του Κεντρικού Συμβουλίου Νεωτέρων Μνημείων. Για την έγκριση της μελέτης απαιτείται να έχει προηγηθεί η τεκμηρίωση του μνημειακού χαρακτήρα του ακινήτου (Ν. 3028/2002, Άρθρο 40, 1).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε: Πρακτικές προς αποφυγή

Παράδειγμα συμπλήρωσης νέου τμήματος λιθόστρωτου με διάστρωση σκυροδέματος και χρήση ομοιόμορφων λίθων μικρού πάχους και μη ορθή διαπλοκή μεταξύ τους.



Εικόνα Ε.1. Απεικόνιση σύγχρονων κατασκευών με χρήση σκυροδέματος σε υφιστάμενο λιθόστρωτο προκαλώντας αλλοίωση. (Φωτογραφίες: Γεωργία Κανελλοπούλου)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ: Όροι και ορισμοί που σχετίζονται με την παρούσα TOTEE

Πολιτιστικό τοπίο: Σύμφωνα με τη [Σύμβαση για την προστασία της παγκόσμια φυσικής και πολιτιστικής κληρονομιάς της UNESCO \(1972\)](#), το πολιτιστικό τοπίο ορίζεται ως το "συνδυασμένο έργο φύσης και ανθρώπου", εκφράζοντας μια μακρόχρονη και στενή αλληλεπίδραση μεταξύ των ανθρώπινων κοινωνιών και του φυσικού τους περιβάλλοντος. Αντιπροσωπεύει τη διαχρονική εξέλιξη της ανθρώπινης δραστηριότητας, της κοινωνικής ανάπτυξης και της πνευματικής ζωής σε ένα συγκεκριμένο χώρο.

Πολιτιστική ταυτότητα: Σύμφωνα με τη [Σύμβαση της UNESCO του 2005 για την Προστασία και την Προώθηση της Πολυμορφίας των Πολιτιστικών Εκφράσεων](#), πολιτιστική ταυτότητα είναι ο τρόπος με τον οποίο άτομα και κοινότητες εκφράζουν, διατηρούν και ανανεώνουν τις αξίες, τα νοήματα και τις πολιτιστικές τους πρακτικές μέσα σε ένα περιβάλλον πολιτιστικής πολυμορφίας.

Πράσινη υποδομή (green infrastructure)

Στρατηγικά σχεδιασμένο δίκτυο φυσικών και ημιφυσικών περιοχών μαζί με άλλα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά, σχεδιασμένο και διαχειριζόμενο ώστε να προσφέρει ένα ευρύ φάσμα οικοσυστημικών υπηρεσιών. Περιλαμβάνει χώρους πρασίνου (ή «γαλάζιους» χώρους, όταν πρόκειται για υδάτινα οικοσυστήματα) και άλλα φυσικά χαρακτηριστικά τόσο σε χερσαίες (συμπεριλαμβανομένων των παράκτιων) όσο και σε θαλάσσιες περιοχές.

Πηγή: Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2013). Πράσινη Υποδομή: Ενίσχυση του Φυσικού Κεφαλαίου της Ευρώπης.

101

Γαλάζια-πράσινη υποδομή (blue-green infrastructure)

Επέκταση της πράσινης υποδομής που ενσωματώνει και υδάτινα στοιχεία —φυσικά ή τεχνητά— όπως ποτάμια, υγρά τοπία, υδρορροές διαχείρισης ομβρίων, κήπους κατακράτησης, κατασκευασμένους υγρά τοπία, διαπερατές επιστρώσεις και πράσινες στέγες. Η γαλάζια-πράσινη υποδομή αξιοποιεί βιοφυσικές διαδικασίες (συγκράτηση, αποθήκευση, διήθηση, βιολογική απορρόφηση ρύπων) για την ολοκληρωμένη διαχείριση των ομβρίων υδάτων, τη μείωση του κινδύνου πλημμύρας, τη βελτίωση της ποιότητας του νερού, τη θερμική ρύθμιση και την ενίσχυση της αστικής βιοποικιλότητας, σε αντιδιαστολή με τη μονολειτουργική «γκρίζα» υποδομή συμβατικής αποχέτευσης.

Πηγή: Liao, K.-H., Deng, S., & Tan, P. Y. (2017). Blue-Green Infrastructure: New Frontier for Sustainable Urban Stormwater Management. Στο P. Y. Tan & C. Y. Jim (Eds.), *Greening Cities: Forms and Functions* (σσ. 203–226). Springer.

Υγεία εδάφους

Η ικανότητα του εδάφους να διατηρεί την παραγωγικότητα, τη βιοποικιλότητα και τις περιβαλλοντικές υπηρεσίες των χερσαίων οικοσυστημάτων. Πρόκειται για δυναμική έννοια που ενσωματώνει τη χρονική διάσταση και την αναγνώριση του εδάφους ως ζωντανού συστήματος· δεν αξιολογείται με έναν μοναδικό δείκτη αλλά μέσω συνδυασμού φυσικών, χημικών και βιολογικών παραμέτρων.

Πηγή: FAO & Intergovernmental Technical Panel on Soils (ITPS) (2020). Towards a Definition of Soil Health. Soil Letters #1, FAO.

Βιολογική δραστηριότητα εδάφους

Το σύνολο των μεταβολικών και οικολογικών διεργασιών που επιτελούνται από τους εδαφικούς οργανισμούς, συμπεριλαμβανομένης της αναπνοής, της αποσύνθεσης της οργανικής ύλης, της ανακύκλωσης θρεπτικών συστατικών, των συμβιωτικών σχέσεων με ρίζες φυτών και της τροποποίησης της φυσικής δομής του εδάφους. Η βιολογική δραστηριότητα αποτελεί κεντρικό δείκτη της υγείας του εδάφους και προσφέρει υπηρεσίες απαραίτητες για τη λειτουργία των χερσαίων οικοσυστημάτων (κυκλοφορία θρεπτικών, δέσμευση άνθρακα, διαμόρφωση εδαφικής δομής και υδροπερατότητας).

Πηγή: FAO Soils Portal — Soil Biodiversity. Επίσης: FAO (2020). State of Knowledge of Soil Biodiversity – Status, Challenges and Potentialities.

Μικρο-ενδιαίτημα

Τοπικό περιβάλλον μικρής κλίμακας εντός ενός μεγαλύτερου ενδιαιτήματος, που διακρίνεται από διαφορετικές φυσικές, χημικές ή βιολογικές συνθήκες (μικροκλίμα, υγρασία, υπόστρωμα, σύνθεση οργανικής ύλης) και που μπορεί να υποστηρίζει διακριτές κοινότητες χλωρίδας, πανίδας ή μικροοργανισμών, οι οποίες δεν συναντώνται στο περιβάλλον ενδιαίτημα. Στο πλαίσιο των λιθόστρωτων, μικρο-ενδιαίτημα μπορεί να δημιουργούνται στους αρμούς μεταξύ λίθων, στα άκρα του καταστρώματος και σε ζώνες χαμηλής κυκλοφορίας, υποστηρίζοντας κοινότητες βρύων, λειχήνων, μικρών φυτών και ασπονδύλων.

Πηγή: Begon, M., Townsend, C. R., & Harper, J. L. (2006). *Ecology: From Individuals to Ecosystems* (4η έκδ.). Blackwell Publishing.

Επίσης: Ashcroft, M. B. (2010). "Identifying refugia from climate change." *Journal of Biogeography*, 37(8), 1407–1413.

102

Οικολογική συνδεσιμότητα

Η ανεμπόδιστη κίνηση των ειδών και η ροή των φυσικών διεργασιών που υποστηρίζουν τη ζωή στη Γη. Ο ορισμός αυτός έχει υιοθετηθεί από τη Σύμβαση για τα Αποδημητικά Είδη (CMS, 2020) και υπογραμμίζει τη σημασία της διατήρησης της κίνησης ειδών (διασπορά, εποχιακή μετανάστευση), των ποτάμιων διεργασιών και των οικολογικών διασυνδέσεων μεταξύ προστατευόμενων και άλλων περιοχών. Στο πλαίσιο των λιθόστρωτων, αφορά κυρίως τη διατήρηση κίνησης εδαφικών οργανισμών διαμέσου διαπερατών καταστρωμάτων που λειτουργούν ως «γέφυρες» ανάμεσα σε περιοχές που ειδάλλως παραμένουν αδιαπέρατες.

Πηγή: Hilty, J., Worboys, G. L., Keeley, A., Woodley, S., Lausche, B., Locke, H., et al. (2020). Guidelines for conserving connectivity through ecological networks and corridors. Best Practice Protected Area Guidelines Series No. 30. IUCN, Gland, Switzerland.