



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΠΜΣ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ
ΠΟΛΕΜΙΚΩΝ ΣΥΓΚΡΟΥΣΕΩΝ: ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ
ΟΥΚΡΑΝΙΑΣ ΚΑΙ ΜΕΣΗΣ ΑΝΑΤΟΛΗΣ»

ΣΤΑΥΡΙΑΝΟΥ ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ

TMS₂₄₁₉

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ/ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ: ΧΑΤΖΗΝΤΑΗ ΝΙΚΟΛΕΤΑ

(ΠΕΙΡΑΙΑΣ, 2026)

ΔΗΛΩΣΗ

Η εργασία αυτή είναι πρωτότυπη και εκπονήθηκε αποκλειστικά και μόνο για την απόκτηση του συγκεκριμένου μεταπτυχιακού τίτλου.

Τα πνευματικά δικαιώματα χρησιμοποίησης του μη πρωτότυπου υλικού της ΜΔΕ ανήκουν στη μεταπτυχιακή φοιτήτρια και στο επιβλέπον μέλος ΔΕΠ εις ολόκληρο, δηλαδή εκάτερος μπορεί να κάνει χρήση αυτών χωρίς τη συναίνεση άλλου. Τα πνευματικά δικαιώματα χρησιμοποίησης του πρωτότυπου μέρους της ΜΔΕ ανήκουν στον/στη μεταπτυχιακή φοιτήτρια και στην επιβλέπουσα από κοινού, δηλαδή δεν μπορεί ο ένας από τους δύο να κάνει χρήση αυτού χωρίς τη συναίνεση του άλλου. Κατ' εξαίρεση, επιτρέπεται η δημοσίευση του πρωτότυπου μέρους της διπλωματικής εργασίας σε επιστημονικό περιοδικό ή πρακτικά συνεδρίου από τον ένα εκ των δύο, με την προϋπόθεση ότι αναφέρονται τα ονόματα και των δύο (ή των τριών σε περίπτωση συνεπιβλέποντα/ουσας) ως συν-συγγραφέων. Στην περίπτωση αυτή προηγείται γραπτή ενημέρωση του/της μη συμμετέχοντα/ουσας στη συγγραφή του επιστημονικού άρθρου. Δεν επιτρέπεται η κατά οποιοδήποτε τρόπο δημοσιοποίηση υλικού το οποίο έχει δηλωθεί εγγράφως ως απόρρητο.

Η Φοιτήτρια

ΣΤΑΥΡΙΑΝΟΥ ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ

Η Επιβλέπουσα

ΧΑΤΖΗΝΤΑΗ ΝΙΚΟΛΕΤΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των δύο σημαντικότερων σύγχρονων ένοπλων συγκρούσεων της περιόδου 2022–2025: τη σύγκρουση στην Ουκρανία, που ξεκίνησε με τη ρωσική εισβολή στις 24 Φεβρουαρίου 2022 και τη σύγκρουση στη Λωρίδα της Γάζας, που κλιμακώθηκε μετά τις 7 Οκτωβρίου 2023. Η επιλογή των δύο αυτών περιπτώσεων βασίζεται στην κοινή μεθοδολογική αποτίμησή τους μέσω του πλαισίου Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA) της Παγκόσμιας Τράπεζας, της Ευρωπαϊκής Ένωσης και των Ηνωμένων Εθνών, γεγονός που επιτρέπει για πρώτη φορά τη συγκριτική ανάλυση με βάση ομοιογενή δεδομένα.

Η έρευνα ακολουθεί τη μεθοδολογία συγκριτικής ανάλυσης περιπτώσεων με αξιοποίηση δευτερογενών δεδομένων από τις επίσημες εκθέσεις RDNA, τις αποτιμήσεις του Προγράμματος Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Εθνών (UNEP), peer-reviewed επιστημονική βιβλιογραφία και αναφορές εξειδικευμένων φορέων. Η ανάλυση δομείται γύρω από τρεις αναλυτικούς άξονες: (α) συγκριτική αποτίμηση των άμεσων περιβαλλοντικών ζημιών, απόβλητα κατεδαφίσεων, ρύπανση εδαφών υδάτων και αέρα, καταστροφή οικοσυστημάτων, εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, (β) σύνδεση των δύο συγκρούσεων με την ενεργειακή κρίση σε τοπικό, περιφερειακό και παγκόσμιο επίπεδο και (γ) περιβαλλοντικό αποτύπωμα πέραν των ορίων της ζώνης σύγκρουσης.

Τα ευρήματα αναδεικνύουν σημαντικές δομικές ομοιότητες μεταξύ των δύο συγκρούσεων, συστηματική στοχοποίηση κρίσιμων υποδομών, κατάρρευση της διαχείρισης λυμάτων και στερεών αποβλήτων, εκτεταμένη ρύπανση από υπολείμματα εκρηκτικών και βαρέα μέταλλα, μαζική επιμόλυνση με μη εκραγέντα πυρομαχικά. Επιπλέον παρουσιάζονται και ποιοτικές διαφορές ουσιώδους σημασίας, η ουκρανική

σύγκρουση παρουσιάζει γεωγραφικά εκτεταμένη και διασυνοριακά ενσωματωμένη περιβαλλοντική διάσταση, με νέες κατηγορίες κινδύνου όπως η πυρηνική ασφάλεια σε εμπόλεμη ζώνη, ενώ η σύγκρουση στην Γάζα χαρακτηρίζεται από εξαιρετική πυκνότητα περιβαλλοντικής καταστροφής σε μικρή έκταση (107 κιλιά μπαζών ανά τετραγωνικό μέτρο της Λωρίδας), χωρίς ιστορικό προηγούμενο στη σύγχρονη εποχή.

Η εργασία καταλήγει σε προτάσεις για βιώσιμη μετασυγκρουσιακή ανοικοδόμηση, οργανωμένες σε τεχνικό και θεσμικό πυλώνα. Στον τεχνικό πυλώνα αναπτύσσονται προτάσεις για αποκεντρωμένο ενεργειακό σχεδιασμό με αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών και συστημάτων αποθήκευσης, ανακύκλωση αποβλήτων κατεδαφίσεων ως αδρανών, χρήση συμπληρωματικών τσιμεντοειδών υλικών, βιοκλιματικό σχεδιασμό κτιρίων και ολοκληρωμένη περιβαλλοντική αποκατάσταση εδαφών, υδροφορέων και οικοσυστημάτων. Στον θεσμικό πυλώνα διατυπώνονται προτάσεις για την ενσωμάτωση των στρατιωτικών εκπομπών στο πλαίσιο της UNFCCC, την ενίσχυση του διεθνούς περιβαλλοντικού δικαίου σε εμπόλεμες συνθήκες, την κατοχύρωση της οικοκτονίας ως διεθνούς εγκλήματος και την ανάπτυξη χρηματοδοτικών μηχανισμών πράσινης ανάκαμψης κατά το πρότυπο του Ukraine Facility.

Λέξεις-κλειδιά: ένοπλες συγκρούσεις, περιβαλλοντικές επιπτώσεις, Γάζα, Ουκρανία, πράσινη ανοικοδόμηση, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, Rapid Damage and Needs Assessment, κλιματικό αποτύπωμα πολέμου

ABSTRACT

This master's thesis provides a comparative analysis of the environmental impacts of the two major contemporary armed conflicts of the 2022–2025 period: the conflict in Ukraine, initiated with the Russian invasion on 24 February 2022, and the conflict in the Gaza Strip, which escalated after 7 October 2023. The selection of these two cases is based on their common methodological assessment through the Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA) framework jointly deployed by the World Bank, the European Union, and the United Nations, enabling for the first time a comparative analysis based on homogeneous data.

The research follows a comparative case study methodology based on secondary data analysis of official RDNA reports, assessments by the United Nations Environment Programme (UNEP), peer-reviewed scientific literature, and reports by specialized organizations. The analysis is structured along three analytical axes: (a) comparative assessment of direct environmental damage, demolition waste, soil, water and air pollution, ecosystem destruction, greenhouse gas emissions, (b) the connection of each conflict with the energy crisis at local, regional and global scales, and (c) environmental footprint beyond the conflict zones.

Findings reveal significant structural similarities between the two conflicts, systematic targeting of critical infrastructure, collapse of wastewater and solid waste management systems, widespread contamination from explosive residues and heavy metals, massive presence of unexploded ordnance, alongside substantive qualitative differences: the Ukrainian conflict presents a geographically extensive and transboundary environmental dimension, with novel risk categories such as nuclear safety in active war zones, whereas the Gaza conflict is characterized by an exceptional density of environmental destruction

within a confined territory (107 kilograms of debris per square meter of the Strip), without historical precedent in the modern era.

The thesis concludes with proposals for sustainable post-conflict reconstruction, organized along technical and institutional pillars. The technical pillar develops proposals for decentralized energy planning through the deployment of renewable sources and storage systems, the recycling of demolition waste as aggregates, the use of supplementary cementitious materials, bioclimatic building design, and integrated environmental restoration of soils, aquifers and ecosystems. The institutional pillar articulates proposals for incorporating military emissions into the UNFCCC framework, strengthening international environmental law in armed conflict settings, recognizing ecocide as an international crime, and developing green recovery financial mechanisms modeled on the Ukraine Facility.

Keywords: armed conflicts, environmental impacts, Gaza Strip, Ukraine, green reconstruction, renewable energy sources, Rapid Damage and Needs Assessment, climate footprint of war

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στην επιβλέπουσα καθηγήτριά μου, Νικολέτα Χατζηνταή, για την πολύτιμη καθοδήγηση, τις εποικοδομητικές παρατηρήσεις και τη συνεχή υποστήριξη καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Οι παρατηρήσεις της υπήρξαν καθοριστικές για τη μεθοδολογική ωρίμανση και την επιστημονική αξιοπιστία της εργασίας.

Επιπλέον, ευχαριστώ τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, την κα. Σιοντόρου Χριστίνα και τον κ. Αλέξανδρο Φλάμο, για το χρόνο που αφιέρωσαν στην αξιολόγηση της εργασίας. Τέλος, ευχαριστώ θερμά την οικογένειά μου και τους φίλους μου για τη συμπαράσταση και την υπομονή τους κατά τη διάρκεια αυτής της απαιτητικής διαδρομής.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή.....	1
1.1 Αντικείμενο και σημασία της έρευνας	1
1.3 Μεθοδολογική προσέγγιση	4
1.4 Δομή της εργασίας	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	8
2.1 Εννοιολογική οριοθέτηση	8
2.2 Ιστορική εξέλιξη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των συγκρούσεων	9
2.2.1 Α' και Β' Παγκόσμιος Πόλεμος: Η γέννηση της μηχανικής καταστροφής	9
2.2.2 Ο πόλεμος του Βιετνάμ: Η γέννηση της περιβαλλοντικής συνείδησης	11
2.2.3 Α' Πόλεμος του Κόλπου (1991): Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της σύγκρουσης.....	12
Ο Α' Πόλεμος του Κόλπου (17 Ιανουαρίου - 28 Φεβρουαρίου 1991) εισήγαγε μια νέα διάσταση στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των συγκρούσεων, τη χρήση του περιβάλλοντος ως όπλου. Κατά την αποχώρησή του από το Κουβέιτ, ο ιρακινός στρατός προχώρησε στη συστηματική καταστροφή της πετρελαϊκής υποδομής, δημιουργώντας μια από τις μεγαλύτερες περιβαλλοντικές καταστροφές που έχουν προκληθεί εσκεμμένα από ανθρώπινη δράση.	13
Σύμφωνα με τα στοιχεία που παρουσιάζουν οι Tucker & Russell (2004), συνολικά 798 πετρελαιοπηγάδια πυρπολύθηκαν ή υπέστησαν σοβαρές ζημιές. Η περιβαλλοντική καταστροφή ήταν πρωτοφανούς κλίμακας: 110 τετραγωνικά χιλιόμετρα εδάφους μολύνθηκαν από πετρέλαιο, ενώ εκτιμάται ότι περίπου 1 δισεκατομμύριο βαρέλια πετρελαίου χάθηκαν λόγω της καταστροφής.	13

2.2.4 Βαλκάνια, Ιράκ 2003, Συρία — 21ος αιώνας: Νέες προκλήσεις	14
2.3 Κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων	16
2.3.1 Άμεσες περιβαλλοντικές επιπτώσεις	17
2.3.2 Έμμεσες περιβαλλοντικές επιπτώσεις	17
2.3.3 Μακροπρόθεσμες περιβαλλοντικές επιπτώσεις	18
2.4 Η έννοια της οικοκτονίας (ecocide) και η ανάδυσή της στη διεθνή συζήτηση	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	23
3.1 Ερευνητική προσέγγιση και ερευνητικά ερωτήματα	23
3.1.1 Φιλοσοφική προσέγγιση.....	23
3.1.2 Κύρια ερευνητικά ερωτήματα	24
3.1.3 Επιμέρους ερευνητικές υποθέσεις	24
3.2 Σχεδιασμός συγκριτικής μελέτης περίπτωσης	25
3.2.1 Επιλογή μεθοδολογίας μελέτης περίπτωσης	25
3.2.2 Πλαίσιο ανάλυσης περιπτώσεων	26
3.3 Στρατηγική συλλογής και επιλογής δεδομένων	26
3.3.1 Τύποι δεδομένων και πηγές	26
3.3.2 Συγκεκριμένες πηγές δεδομένων	27
3.3.3 Στρατηγική αναζήτησης βιβλιογραφίας.....	28
3.4 Μεθοδολογία ανάλυσης περιβαλλοντικών επιπτώσεων	29
3.4.1 Πλαίσιο κατηγοριοποίησης επιπτώσεων.....	29
3.4.2 Μέθοδος θεματικής ανάλυσης	30

3.5 Κριτήρια αξιολόγησης και επιλογής πηγών	31
3.5.1 Κριτήρια αξιοπιστίας	31
3.5.2 Ιεράρχηση αξιοπιστίας πηγών	31
3.6 Περιορισμοί έρευνας και ηθικά ζητήματα	32
3.6.1 Μεθοδολογικοί περιορισμοί.....	32
3.6.2 Επιστημολογικοί περιορισμοί	32
3.6.3 Ηθικά ζητήματα	33
3.6.4 Στρατηγικές αντιμετώπισης περιορισμών	33
3.7 Μετάβαση στην εμπειρική ανάλυση: επιλογή σειράς παρουσίασης των περιπτώσεων	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	36
4.1 Μελέτη Περίπτωσης: Λωρίδα της Γάζας.....	36
4.1.1 Καταστροφή υποδομών & απόβλητα κατεδαφίσεων	44
4.1.1.1 Υγειονομικές υποδομές.....	44
4.1.1.2 Εκπαιδευτικές υποδομές	47
4.1.1.3 Ενεργειακές υποδομές.....	48
4.1.1.4 Υδάτινες υποδομές.....	50
4.1.1.5 Υποδομές μεταφορών	52
4.1.1.6 Ποσοτικοποίηση αποβλήτων κατεδαφίσεων (CDW)	54
4.1.2 Επιπτώσεις σε νερό, απόβλητα και έδαφος.....	62
4.1.2.1 Υδατικοί πόροι και παράκτιος υδροφορέας.....	63

4.1.2.2 Στερεά απόβλητα και διαχείριση απορριμμάτων	65
4.1.2.3 Ρύπανση εδαφών	69
4.1.3 Γεωργική γη και οικοσυστήματα	71
4.1.4 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου	78
4.1.5 Βιώσιμη ανοικοδόμηση και ο ρόλος των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	83
4.1.5.1 Φωτοβολταϊκά συστήματα και αποθήκευση ενέργειας	83
4.1.5.2 Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων	86
4.1.5.3 Προκλήσεις εφαρμογής.....	88
4.2 Μελέτη Περίπτωσης: Ουκρανία	90
4.2.1 Γενικό πλαίσιο.....	90
4.2.1.1 Συνολική αποτίμηση ζημιών και μεθοδολογία αξιολόγησης.....	90
4.2.2 Ζημιές σε υποδομές και αστικό περιβάλλον	98
4.2.2.1 Ενεργειακές υποδομές και πυρηνικοί κίνδυνοι.....	98
4.2.2.2 Αστικές καταστροφές και στερεά απόβλητα κατεδαφίσεων	106
4.2.3 Επιπτώσεις στους υδάτινους πόρους, στα απόβλητα και στα εδάφη.....	111
4.2.3.1 Η καταστροφή του φράγματος Kakhovka: η μεγαλύτερη μεμονωμένη περιβαλλοντική καταστροφή της σύγκρουσης	111
4.2.3.2 Ρύπανση υδάτινων πόρων πέραν του Kakhovka	118
4.2.3.3 Ρύπανση εδαφών και διαχείριση αποβλήτων	121
4.2.4 Γεωργική γη, δασικοί πόροι και οικοσυστήματα	124
4.2.4.1 Γεωργική γη και παραγωγή.....	124

4.2.4.2 Δασικοί πόροι και πυρκαγιές	126
4.2.4.3 Προστατευόμενες περιοχές και βιοποικιλότητα	131
4.2.5 Προκλήσεις αποκατάστασης και πράσινης ανοικοδόμησης	134
4.2.5.1 Το κλιματικό αποτύπωμα του πολέμου	134
4.2.5.2 Αποναρκοθέτηση, διαχείριση εκρηκτικών και απόβλητα ανοικοδόμησης	138
4.2.5.3 Θεσμικό πλαίσιο, πράσινη ανοικοδόμηση και διεθνείς διαστάσεις.....	140
4.3 Συγκριτική Ανάλυση των Δύο Περιπτώσεων	144
4.3.1 Εισαγωγή: Κριτήρια και αναλυτικοί άξονες της σύγκρισης	144
4.3.2 Συγκριτική επισκόπηση ζημιών και περιβαλλοντικών συνιστωσών	146
4.3.2.1 Απόβλητα κατεδαφίσεων και σύγκρουσης	148
4.3.2.2 Ρύπανση υδάτων και εδαφών	149
4.3.3 Οι ενεργειακές επιπτώσεις: από την τοπική κατάρρευση στην παγκόσμια αναδιάταξη	151
4.3.3.1 Τοπική ενεργειακή κατάρρευση: δομικές ομοιότητες	151
4.3.3.2 Από την τοπική κρίση στην παγκόσμια ενεργειακή αγορά: το ουκρανικό παράδειγμα	153
4.3.3.3 Η περίπτωση της Γάζας: τοπική ενεργειακή κρίση χωρίς παγκόσμιο αντίκτυπο	155
4.3.4 Περιβαλλοντικό αποτύπωμα στις γύρω περιοχές	157
4.3.4.1 Διασυνοριακή ρύπανση.....	157

4.3.4.2 Επιπτώσεις στην επισιτιστική ασφάλεια: παγκόσμια έναντι τοπικής κλίμακας.....	159
4.3.4.3 Κλιματικό αποτύπωμα: συγκριτική αποτίμηση εκπομπών	160
4.3.5 Συμπεράσματα: δομικές ομοιότητες και ποιοτικές διαφορές	162
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	165
5.1 Εισαγωγή.....	165
5.2 Συμπεράσματα από τη συγκριτική ανάλυση.....	166
5.2.1 Η περιβαλλοντική διάσταση του σύγχρονου πολέμου ως αυτόνομο αντικείμενο μελέτης	166
5.2.2 Ειδικά μαθήματα από την ουκρανική σύγκρουση	167
5.2.3 Ειδικά μαθήματα από τη σύγκρουση στη Λωρίδα της Γάζας.....	168
5.2.4 Τα κενά της υφιστάμενης μεθοδολογίας.....	169
5.2.5 Η ελληνική περίπτωση: συμπεράσματα από μια χώρα-μέλος της ΕΕ υπό διπλή έκθεση	171
5.3 Προτάσεις για βιώσιμη ανοικοδόμηση: τεχνικός πυλώνας.....	174
5.3.1 Ενεργειακός σχεδιασμός	174
5.3.2 Βιώσιμα υλικά και κτιριακή ανασυγκρότηση.....	176
5.3.3 Περιβαλλοντική αποκατάσταση.....	177
5.4 Προτάσεις σε θεσμικό επίπεδο.....	180
5.4.1 Ενσωμάτωση των στρατιωτικών εκπομπών στο UNFCCC.....	180
5.4.2 Ενίσχυση του διεθνούς περιβαλλοντικού δικαίου σε ένοπλες συγκρούσεις	181
5.4.3 Οικοκτονία ως διεθνές έγκλημα.....	181

5.4.4 Χρηματοδοτικοί μηχανισμοί πράσινης ανάκαμψης.....	182
5.5 Περιορισμοί της έρευνας και προτάσεις μελλοντικής μελέτης.....	183
5.6 Επίλογος	184
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	186
Peer-reviewed επιστημονικά άρθρα.....	186
Θεσμικές εκθέσεις και επίσημα έγγραφα.....	188
Συμπληρωματικές πηγές	190

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

<i>Πίνακας 1 Πλαίσιο κατηγοριοποίησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων</i>	<i>30</i>
<i>Πίνακας 2 Κατανομή άμεσων υλικών ζημιών ανά τομέα στη Γάζα</i>	<i>39</i>
<i>Πίνακας 3 Ποσότητα μπαζών στη Γάζα ανά κυβερνητική περιοχή (εκατ. τόνοι)</i>	<i>58</i>
<i>Πίνακας 4 Αποτίμηση ζημιών, απωλειών και αναγκών ανά τομέα, Ουκρανία (24 Φεβρουαρίου 2022 – 31 Δεκεμβρίου 2025), σε δισ. δολάρια ΗΠΑ — επικαιροποιημένα στοιχεία RDNA5</i>	<i>93</i>
<i>Πίνακας 5 Διαχρονική εξέλιξη ζημιών, απωλειών και αναγκών, RDNA1–RDNA5 (σε δισ. δολάρια ΗΠΑ)</i>	<i>94</i>
<i>Πίνακας 6 Κατανομή καμένης έκτασης κατά δριμύτητα (dNBR) στην πυρκαγιά του Birky (Volyn), 30 Απριλίου – 3 Μαΐου 2025, βάσει εικόνων Sentinel-2 L2A</i>	<i>131</i>
<i>Πίνακας 7 Κατανομή εκπομπών αερίων θερμοκηπίου σύγκρουσης Ουκρανίας, 36 μήνες (Φεβρουάριος 2022 – Φεβρουάριος 2025)</i>	<i>136</i>
<i>Πίνακας 8 Συγκριτική επισκόπηση βασικών μεγεθών</i>	<i>147</i>
<i>Πίνακας 9 Συγκριτική ανάλυση κλιματικού αποτυπώματος</i>	<i>161</i>

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ ΚΑΙ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Εικόνα 1 Αποτελέσματα Agent Orange	11
Εικόνα 2 Μεταπολεμική δορυφορική εικόνα παράκτιας ζώνης νότια της Πόλης του Κουβέιτ· η σκούρα επιφάνεια αποτυπώνει το στρώμα πετρελαίου και αιθάλης («tarcrete»). Πηγή: NASA (Landsat/SPOT, αποτίμηση ζημιών Κουβέιτ 1991-92).	14
Εικόνα 3 Περιοχή του Νοσοκομείου Al-Shifa, Γάζα, σύγκριση Ιουνίου 2022 και Ιουνίου 2024. Πηγή: Maxar Technologies	46
Εικόνα 4 Δορυφορική εικόνα της 16ης Δεκεμβρίου 2023 που αποτυπώνει τη σχεδόν ολοσχερή καταστροφή της Βιομηχανικής Ζώνης της Γάζας (Gaza Industrial Estate). Πηγή: World Bank.	50
Εικόνα 5 Οπτικοποίηση του εκτιμώμενου όγκου των ~39,2 εκατομμυρίων τόνων μπαζών στη Γάζα: ισοδυναμεί με 10 Μεγάλες Πυραμίδες της Γκίζας ή με την πλήρωση του Central Park της Νέας Υόρκης σε ύψος 8 μέτρων. Πηγή: UNEP (2024).	55
Εικόνα 6 Προκαταρκτική χωρική ποσοτικοποίηση των αποβλήτων κατεδαφίσεων στη Λωρίδα της Γάζας ανά κελί καννάβου (έως 3 Μαΐου 2024), βάσει της Συνολικής Αποτίμησης Ζημιών της UNOSAT. Πηγή: UNEP / UN-Habitat (2024).	57
Εικόνα 7 Χαρτογράφηση των αυτοσχέδιων χώρων απόρριψης απορριμμάτων (emergency dumpsites) στις κυβερνητικές περιοχές της Γάζας έως τις 31 Ιανουαρίου 2024. Πηγή: UNDP/PAPP	67
Εικόνα 8 Ανάλυση ζημιών σε δενδρώδεις καλλιέργειες, θερμοκήπια και λοιπή γεωργική γη στη Γάζα (έως 3 Απριλίου 2024). Πηγή: Ανάλυση εικόνων PlanetScope 3 m © Planet Labs PBC από τον Dr. He Yin, Kent State University.	76
Εικόνα 9 Δορυφορικές εικόνες του υγρότοπου Wadi Gaza και της γύρω περιοχής	78
Εικόνα 10 Αριθμός πυρκαγιών που καταγράφηκαν στη Γάζα ανά έτος, 2012 – Ιανουάριος 2024. Πηγή: NASA-FIRMS (2024).	81
Εικόνα 11 Φωτοβολταϊκά συστήματα εγκατεστημένα στη Βιομηχανική Ζώνη της Γάζας	84
Εικόνα 12 Δορυφορικά ανιχνευόμενα ύδατα στην περιοχή του Πυρηνικού Σταθμού Zaporizhzhia μετά τη ρήξη του φράγματος Kakhovka· τα επιφανειακά ύδατα του Dnipro υποχώρησαν κατά ~12 km ² , ενώ η στάθμη της δεξαμενής ψύξης (cooling pond) παρέμεινε σταθερή (9 Ιουνίου 2023)	102

<i>Εικόνα 13 Αποτίμηση ζημιών στο βιομηχανικό συγκρότημα Azonstal της Μαριούπολης (25 Απριλίου 2022): 220 από 294 κτίρια (~75%) με ορατές ζημιές, εκ των οποίων 50 ολοσχερώς κατεστραμμένα, καθώς και 214 κρατήρες πρόσκρουσης. Πηγή: UNOSAT (2022)</i>	108
<i>Εικόνα 14 Δορυφορική εικόνα που αποτυπώνει το διαρρηγμένο φράγμα της Nova Kakhovka στον ποταμό Dnipro. Πηγή: Skysat © 2023</i>	112
<i>Εικόνα 15 Δορυφορικά ανιχνευόμενη έκταση πλημμύρας στην περιφέρεια Kherson (Khersonska Oblast) κατάντη του φράγματος: ~120 km² εντός περιοχής ανάλυσης 19.000 km² (6 Ιουνίου 2023). Πηγή: UNOSAT (2023).</i>	113
<i>Εικόνα 16 Ανάλυση δορυφορικών εικόνων της μέγιστης έκτασης πλημμύρας κατάντη του φράγματος Kakhovka (~620 km², 6–9 Ιουνίου 2023), περιφέρεια Kherson. Πηγή: UNOSAT (2023).</i>	114
<i>Εικόνα 17 Αποτίμηση πλημμύρας και πληγέντων κτιρίων στην πόλη Kherson (7 Ιουνίου 2023): ~12 km² (19%) της έκτασης της πόλης πλημμυρισμένα, 4.164 πληγέντα κτίρια και 76 πληγέντα λιμενικά σημεία. Πηγή: UNOSAT (2023)</i>	115
<i>Εικόνα 18 Στάθμη της δεξαμενής Kakhovka πριν (5 Ιουνίου 2023, επάνω) και μετά τη ρήξη του φράγματος (15 Ιουλίου 2023, κάτω). Πηγή: Sentinel-hub EO-Browser (2023).</i>	116
<i>Εικόνα 19 Έκταση απωλειών δάσους (α: μετατροπή σε μη-δασική κάλυψη· β: καμένο δάσος) σε τέσσερις περιφέρειες της Ουκρανίας, περίοδοι 2020–2021 και 2021–2022. Η συνολική απώλεια διπλασιάστηκε μετά την έναρξη του πολέμου. Πηγή: Waśniewski et al. (2026), Scientific R</i>	129
<i>Εικόνα 20 Μέσος ρυθμός μεταβολής NDVI των δασών της Ουκρανίας (μετά: 2022–2024 έναντι πριν: 2019–2021). Ο ρυθμός αύξησης μειώνεται με την ένταση της σύγκρουσης. Πηγή: Xue et al. (2026), Ecological Indicators</i>	130
<i>Εικόνα 21 Δορυφορική απεικόνιση ζημιών στη νησίδα Kozatsky, τμήμα της αυστηρά προστατευόμενης ζώνης πυρήνα του Εθνικού Δρυμού Κάτω Dnipro κατάντη του φράγματος: πριν (7 Αυγούστου 2022) και μετά τη ρήξη (6 Ιουνίου 2023). Πηγή: UNOSAT (2023).</i>	132

ΛΙΣΤΑ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ, ΣΥΜΒΟΛΩΝ & ΛΕΞΙΛΟΓΙΟ

BTEX: Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylenes (αρωματικοί υδρογονάνθρακες)

CDW: Construction and Demolition Waste (Απόβλητα Κατεδαφίσεων)

CEOBS: Conflict and Environment Observatory

CO₂e: Carbon Dioxide Equivalent (Ισοδύναμο Διοξειδίου του Άνθρακα)

COGAT: Coordinator of Government Activities in the Territories (Ισραηλινός μηχανισμός ελέγχου εισαγωγών)

EDGE: Excellence in Design for Greater Efficiencies (Πιστοποίηση IFC)

EEA: European Environment Agency (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος)

FAO: Food and Agriculture Organization (Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας)

GHG: Greenhouse Gas (Αέρια του Θερμοκηπίου)

HMX: Cyclotetramethylene Tetranitramine (εκρηκτικό)

IAEA: International Atomic Energy Agency (Διεθνής Οργανισμός Ατομικής Ενέργειας)

IDA: Interim Damage Assessment (Προκαταρκτική Αποτίμηση Ζημιών)

IDP: Internally Displaced Person (Εσωτερικά Εκτοπισμένος)

IEA: International Energy Agency (Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας)

IRDNA: Interim Rapid Damage and Needs Assessment

IRENA: International Renewable Energy Agency

MEPR: Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine

NDVI: Normalized Difference Vegetation Index

NECP: National Energy and Climate Plan (Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα)

NSC: New Safe Confinement (Νέος Ασφαλής Εγκιβωτισμός – Chornobyl)

OCHA: UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs

OHCHR: UN Office of the High Commissioner for Human Rights

PAH: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (Πολυκυκλικοί Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες)

PCB: Polychlorinated Biphenyls (Πολυχλωριωμένα Διφαινύλια)

PCBS: Palestinian Central Bureau of Statistics

PM2.5/PM10: Particulate Matter (Αιωρούμενα σωματίδια διαμέτρου $\leq 2,5/10 \mu\text{m}$)

RDNA: Rapid Damage and Needs Assessment

RDX: Cyclotrimethylene Trinitramine (εκρηκτικό)

SCM: Supplementary Cementitious Materials (Συμπληρωματικά Τσιμεντοειδή Υλικά)

SDG: Sustainable Development Goals (Στόχοι Βιώσιμης Ανάπτυξης)

SF₆: Sulfur Hexafluoride (Εξαφθοριούχο Θείο)

SIPRI: Stockholm International Peace Research Institute

SSA: Surveillance System for Attacks on Health Care (WHO)

TNT: Trinitrotoluene (εκρηκτικό)

TPH: Total Petroleum Hydrocarbons (Ολικοί Πετρελαϊκοί Υδρογονάνθρακες)

UNDP: United Nations Development Programme

UNEP: United Nations Environment Programme

UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change

UNICEF: United Nations Children's Fund

UNOSAT: United Nations Satellite Centre

UXO: Unexploded Ordnance (Μη Εκραγέντα Πυρομαχικά)

VVER: Vodo-Vodyanoi Energetichesky Reaktor (Ρωσικού τύπου αντιδραστήρας ισχύος)

WASH: Water, Sanitation and Hygiene

WB: World Bank (Παγκόσμια Τράπεζα)

WHO: World Health Organization (Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας)

ZNPP: Zaporizhzhia Nuclear Power Plant (Πυρηνικός Σταθμός Ζαπορίζια)

1. Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο και σημασία της έρευνας

Οι ένοπλες συγκρούσεις αποτελούν, διαχρονικά, από τους πιο καταστροφικούς παράγοντες περιβαλλοντικής υποβάθμισης. Πέραν των άμεσων ανθρώπινων απωλειών και της οικονομικής καταστροφής, οι σύγχρονες συγκρούσεις παράγουν εκτεταμένες και μακροχρόνιες συνέπειες στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον: ρύπανση εδαφών, υδάτων και αέρα, καταστροφή οικοσυστημάτων, εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, παραγωγή τεράστιων όγκων στερεών αποβλήτων και μακροπρόθεσμη επιμόλυνση με μη εκραγέντα πυρομαχικά και τοξικά υπολείμματα. Παρά τη σοβαρότητα των συνεπειών αυτών, οι περιβαλλοντικές τους διαστάσεις αντιμετωπίζονταν ιστορικά ως δευτερογενές ζήτημα σε σχέση με τις ανθρωπιστικές και γεωπολιτικές συνιστώσες της σύγκρουσης. Την τελευταία δεκαετία, ωστόσο, αναπτύσσεται έντονο ερευνητικό ενδιαφέρον που εστιάζει στον περιβαλλοντικό αντίκτυπο των ένοπλων συρράξεων.

Δύο μεγάλες σύγχρονες συγκρούσεις έχουν λειτουργήσει καταλυτικά σε αυτή τη θεσμική και επιστημονική ωρίμανση: η σύγκρουση στην Ουκρανία, που ξεκίνησε με τη ρωσική εισβολή στις 24 Φεβρουαρίου 2022 και η σύγκρουση στη Λωρίδα της Γάζας, που κλιμακώθηκε μετά τις 7 Οκτωβρίου 2023. Αμφότερες έχουν προκαλέσει περιβαλλοντικές επιπτώσεις πρωτοφανούς έκτασης και έντασης. Η Ουκρανία, με εδαφική έκταση 603.628 τετραγωνικών χιλιομέτρων, υποδομή μεγάλης κλίμακας και ανεπτυγμένη βιομηχανική βάση, έχει υποστεί καταστροφές που κατά την Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA5) ανέρχονται σε 195,1 δισεκατομμύρια δολάρια άμεσων υλικών ζημιών και έχει παραγάγει εκτιμώμενες εκπομπές σύγκρουσης

ύψους 229,7 εκατομμυρίων τόνων ισοδύναμου CO₂ σε τριετή ορίζοντα. Η Λωρίδα της Γάζας, μία από τις πιο πυκνοκατοικημένες περιοχές του κόσμου σε μόλις 365 τετραγωνικά χιλιόμετρα, έχει παραγάγει μεταξύ 41 και 47 εκατομμύρια τόνους μπαζών σε έναν μόνο χρόνο, ποσότητα 13 φορές μεγαλύτερη από το άθροισμα όλων των προηγούμενων συγκρούσεων από το 2008, με πυκνότητα περιβαλλοντικής καταστροφής άνευ προηγουμένου στη σύγχρονη ιστορία.

Πέραν της απόλυτης κλίμακάς τους, οι δύο συγκρούσεις παρουσιάζουν ιδιαίτερο επιστημονικό ενδιαφέρον επειδή έχουν τύχει συστηματικής περιβαλλοντικής αποτίμησης από τους διεθνείς οργανισμούς με κοινή μεθοδολογία Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA), κάνοντας για πρώτη φορά εφικτή τη συγκριτική μελέτη με βάση ομοιογενή δεδομένα. Παράλληλα, αμφότερες έχουν γίνει αντικείμενο αποτίμησης από το Πρόγραμμα Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Εθνών (UNEP), πολλαπλών peer-reviewed δημοσιεύσεων και εξειδικευμένων φορέων όπως το Conflict and Environment Observatory (CEOBS), η Initiative on GHG Accounting of War, η PAX for Peace και άλλοι. Η επιστημονική τεκμηρίωση, παρότι ατελής και συνεχώς αναθεωρούμενη, έχει πλέον φτάσει σε επίπεδο που επιτρέπει την υπεύθυνη συγκριτική ανάλυση.

Η σημασία της έρευνας οργανώνεται σε τρεις άξονες. Ο πρώτος αφορά στην επιστημονική συμβολή στην κατανόηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σύγχρονων ένοπλων συγκρούσεων. Η συγκριτική μελέτη των δύο περιπτώσεων, διαφορετικών σε κλίμακα, γεωγραφία και πολιτικό πλαίσιο, αλλά συγκρίσιμων ως προς τη μεθοδολογία αποτίμησης, επιτρέπει την ανάδειξη δομικών ομοιοτήτων και ποιοτικών διαφορών που εμπλουτίζουν τη γενικότερη θεωρία του πεδίου. Ο δεύτερος αφορά στη θεσμική και πολιτική διάσταση: η ανάλυση αναδεικνύει τα κενά των υφιστάμενων μεθοδολογιών αποτίμησης, τα όρια του διεθνούς περιβαλλοντικού δικαίου σε συνθήκες σύγκρουσης και την αναγκαιότητα αναθεώρησης εργαλείων όπως η ενσωμάτωση των στρατιωτικών

εκπομπών στο καθεστώς UNFCCC. Ο τρίτος αφορά στην πρακτική σημασία για την ανοικοδόμηση μετά τη σύγκρουση: η ολοκληρωμένη κατανόηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων αποτελεί προϋπόθεση για τον σχεδιασμό ανοικοδόμησης που θα βασίζεται στις αρχές της βιωσιμότητας, της κυκλικής οικονομίας και της κλιματικής προσαρμογής, αντί για την απλή αναπαραγωγή του προπολεμικού μοντέλου.

Η παρούσα έρευνα εντάσσεται σε ένα ευρύτερο διεπιστημονικό πλαίσιο που συνδυάζει στοιχεία από τις περιβαλλοντικές επιστήμες, το διεθνές δίκαιο, τη μελέτη συγκρούσεων και την κλιματική επιστήμη. Η πρωτοτυπία της έγκειται κυρίως στη συστηματική συγκριτική διάσταση: ενώ υπάρχουν πλέον αρκετές μελέτες αφιερωμένες σε μία από τις δύο περιπτώσεις, η συγκριτική ανάλυσή τους εντός ενιαίου αναλυτικού πλαισίου αποτελεί ερευνητικό κενό που η παρούσα εργασία επιχειρεί να καλύψει.

1.2 Ερευνητικά ερωτήματα και υποθέσεις

Η παρούσα διπλωματική εργασία αρθρώνεται γύρω από τρία βασικά ερευνητικά ερωτήματα που διατρέχουν τα επιμέρους κεφάλαια και οδηγούν στη συγκριτική ανάλυση και στα συμπεράσματα:

- Ποιες είναι οι κύριες περιβαλλοντικές επιπτώσεις των στρατιωτικών συγκρούσεων στην Ουκρανία (2022 έως σήμερα) και στη Γάζα (2023 έως σήμερα);
- Ποιες είναι οι μακροπρόθεσμες συνέπειες αυτών των περιβαλλοντικών επιπτώσεων για την περιβαλλοντική αποκατάσταση και την αειφόρο ανάπτυξη των δύο περιοχών;
- Πώς εφαρμόζεται η σύγχρονη έννοια της οικοκτονίας (ecocide) στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των δύο υπό εξέταση συγκρούσεων;

Στη βάση αυτών των ερωτημάτων διατυπώνονται τρεις ερευνητικές υποθέσεις. Η πρώτη προβλέπει ότι οι σύγχρονες περιβαλλοντικές καταστροφές υπερβαίνουν τις «παράπλευρες απώλειες» και αποτελούν εσκεμμένο, αυτόνομο στρατιωτικό στόχο. Η δεύτερη αφορά στη χρονική κλίμακα, υποστηρίζοντας ότι οι επιπτώσεις θα διαρκέσουν

για δεκαετίες, επηρεάζοντας και τις επόμενες γενιές. Η τρίτη εξετάζει τη νομική διάσταση, υποθέτοντας ότι οι καταστροφές αυτές πληρούν τα κριτήρια της «οικοκτονίας» για ενσωμάτωση στο Καταστατικό της Ρώμης, ανοίγοντας ένα νέο πεδίο λογοδοσίας.

1.3 Μεθοδολογική προσέγγιση

Η ερευνητική μεθοδολογία της παρούσας εργασίας εντάσσεται στην παράδοση της συγκριτικής πολλαπλής μελέτης περίπτωσης (multiple case study, Yin 2018) με χρήση δευτερογενών δεδομένων. Η επιλογή αυτή επιβάλλεται από τη φύση του αντικειμένου, δεδομένου ότι η επιτόπια έρευνα πεδίου σε ενεργές ή πρόσφατες ζώνες σύγκρουσης είναι πρακτικά ανέφικτη λόγω των συνθηκών ασφαλείας. Η εργασία βασίζεται σε κριτική σύνθεση και αναλυτική επεξεργασία υφιστάμενων δεδομένων και επιστημονικών πηγών, αντλούμενων από τις επίσημες αποτιμήσεις διεθνών οργανισμών (RDNA της Παγκόσμιας Τράπεζας, ΕΕ, ΟΗΕ, εκθέσεις UNEP), την peer-reviewed επιστημονική βιβλιογραφία και τις αναφορές εξειδικευμένων φορέων.

Η ανάλυση δομείται γύρω από τρεις αναλυτικούς άξονες: (α) συγκριτική αποτίμηση των άμεσων περιβαλλοντικών ζημιών, απόβλητα κατεδαφίσεων, ρύπανση εδαφών, υδάτων και αέρα, καταστροφή οικοσυστημάτων, εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, (β) σύνδεση κάθε σύγκρουσης με την ενεργειακή κρίση σε τοπικό, περιφερειακό και παγκόσμιο επίπεδο και (γ) περιβαλλοντικό αποτύπωμα πέραν των ορίων της ζώνης σύγκρουσης. Η αναλυτική αυτή τριμερής δομή εφαρμόζεται με συνέπεια στα κεφάλαια της εμπειρικής ανάλυσης και της συγκριτικής επεξεργασίας.

Η πλήρης μεθοδολογική ανάπτυξη, ο ερευνητικός σχεδιασμός, τα κριτήρια επιλογής περιπτώσεων, η στρατηγική συλλογή και αξιολόγηση δεδομένων, η μέθοδος θεματικής ανάλυσης, τα κριτήρια αξιοπιστίας πηγών, οι περιορισμοί και τα ηθικά ζητήματα,

παρουσιάζονται αναλυτικά στο Κεφάλαιο 3, όπου η μεθοδολογική προσέγγιση τεκμηριώνεται με πληρότητα και θεμελιώνεται επιστημολογικά.

1.4 Δομή της εργασίας

Η εργασία οργανώνεται σε πέντε κεφάλαια που ακολουθούν τη λογική σειρά από τη θεωρητική θεμελίωση, στην εμπειρική ανάλυση και στη συνθετική επεξεργασία και πρόταση.

Το παρόν Κεφάλαιο 1 αποτελεί την εισαγωγή της εργασίας και παρουσιάζει το αντικείμενο και τη σημασία της έρευνας, τα ερευνητικά ερωτήματα και τις υποθέσεις, μια συνοπτική παρουσίαση της μεθοδολογικής προσέγγισης και τη συνολική δομή.

Το Κεφάλαιο 2 αναπτύσσει το θεωρητικό και ιστορικό πλαίσιο της σχέσης πολέμου και περιβάλλοντος. Ξεκινά με την εννοιολογική οριοθέτηση των βασικών όρων και την ιστορική εξέλιξη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τους Παγκοσμίους Πολέμους έως τις σύγχρονες συγκρούσεις του 21ου αιώνα, παρουσιάζει τις κατηγορίες άμεσων, έμμεσων και μακροπρόθεσμων περιβαλλοντικών επιπτώσεων και αναδεικνύει την αναδυόμενη έννοια της οικοκτονίας ως εργαλείου του διεθνούς δικαίου.

Το Κεφάλαιο 3 παρουσιάζει αναλυτικά την ερευνητική μεθοδολογία. Περιλαμβάνει τη φιλοσοφική προσέγγιση, τον σχεδιασμό της συγκριτικής μελέτης περίπτωσης, τη στρατηγική συλλογής δεδομένων, τη μέθοδο θεματικής ανάλυσης, τα κριτήρια αξιολόγησης πηγών, καθώς και τους περιορισμούς και τα ηθικά ζητήματα που χαρακτηρίζουν την έρευνα.

Η Ενότητα 4.1 αναλύει συστηματικά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της σύγκρουσης στη Λωρίδα της Γάζας. Ξεκινά με μια γενική εικόνα της κλίμακας της καταστροφής, εξετάζει τις ζημιές σε κρίσιμες υποδομές και τον όγκο των αποβλήτων κατεδαφίσεων, αναλύει τη ρύπανση υδάτων, εδαφών και αέρα, εστιάζει στις επιπτώσεις στη γεωργική

γη και τα οικοσυστήματα, ποσοτικοποιεί τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και καταλήγει σε προτάσεις βιώσιμης ανοικοδόμησης με έμφαση στον ρόλο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Η Ενότητα 4.2 αναλύει με αντίστοιχο τρόπο τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της σύγκρουσης στην Ουκρανία. Παρουσιάζει τη συνολική αποτίμηση ζημιών και τη μεθοδολογία αξιολόγησης, αναλύει τις ζημιές σε υποδομές συμπεριλαμβανομένων των πυρηνικών κινδύνων, εξετάζει τις επιπτώσεις σε υδάτινους πόρους με ιδιαίτερη έμφαση στην καταστροφή του φράγματος Kakhonka, καταγράφει τις ζημιές σε γεωργική γη, δασικούς πόρους και οικοσυστήματα και καταλήγει στις προκλήσεις αποκατάστασης και πράσινης ανοικοδόμησης.

Η Ενότητα 4.3 αποτελεί τον πυρήνα της συγκριτικής ανάλυσης. Παρουσιάζει τα κριτήρια και τους αναλυτικούς άξονες της σύγκρισης, συγκρίνει τις βασικές ζημιές και περιβαλλοντικές συνιστώσες, αναλύει διεξοδικά τις ενεργειακές επιπτώσεις από την τοπική κατάρρευση στην παγκόσμια αναδιάταξη, εξετάζει το περιβαλλοντικό αποτύπωμα στις γύρω περιοχές και συνθέτει τα συμπεράσματα σε επίπεδο δομικών ομοιοτήτων και ποιοτικών διαφορών.

Το Κεφάλαιο 5 αποτελεί το καταληκτικό κεφάλαιο της εργασίας. Στο πρώτο του μέρος συνθέτει τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την προηγούμενη ανάλυση, διακρίνοντας την περιβαλλοντική διάσταση του σύγχρονου πολέμου ως αυτόνομο αντικείμενο μελέτης, τα ειδικά μαθήματα κάθε περίπτωσης και τα κενά της υφιστάμενης μεθοδολογίας. Στο δεύτερο μέρος διατυπώνει συγκεκριμένες προτάσεις για βιώσιμη ανοικοδόμηση, δομημένες σε τεχνικό πυλώνα, ενεργειακός σχεδιασμός, βιώσιμα υλικά, περιβαλλοντική αποκατάσταση και θεσμικό πυλώνα, στρατιωτικές εκπομπές στο UNFCCC, διεθνές περιβαλλοντικό δίκαιο, οικοκτονία, πράσινη

χρηματοδότηση. Αναγνωρίζει τους περιορισμούς της έρευνας, προτείνει κατευθύνσεις μελλοντικής μελέτης και κλείνει με συνολικό επίλογο.

Η εργασία ολοκληρώνεται με τη συγκεντρωτική βιβλιογραφία, που συγκεντρώνει όλες τις πηγές που αξιοποιήθηκαν στα επιμέρους κεφάλαια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Εννοιολογική οριοθέτηση

Η μελέτη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των στρατιωτικών συγκρούσεων απαιτεί την ακριβή οριοθέτηση των εννοιών που διαμορφώνουν το θεωρητικό πλαίσιο αυτής της έρευνας. Η ορολογία που χρησιμοποιείται για το χαρακτηρισμό και την ανάλυση των σύγχρονων συγκρούσεων έχει εξελιχθεί σημαντικά, ιδιαίτερα μετά το τέλος του Ψυχρού Πολέμου.

Σύμφωνα με το *Uppsala Conflict Data Program (UCDP)*, ο ορισμός της «οργανωμένης βίας» περιλαμβάνει τρεις κύριες κατηγορίες: κρατική βία (state-based conflict), μη κρατική βία (non-state conflict) και μονόπλευρη βία (one-sided violence) (Öberg, 2025). Αυτή η τριμερής κατηγοριοποίηση είναι ιδιαίτερα σημαντική για την κατανόηση των διαφορετικών μορφών περιβαλλοντικής καταστροφής που προκύπτουν από διαφορετικούς τύπους σύγκρουσης.

Από νομική άποψη, το πλαίσιο του διεθνούς δικαίου για την περιβαλλοντική προστασία κατά τη διάρκεια στρατιωτικών συγκρούσεων έχει τις ρίζες του στις Συνθήκες της Χάγης του 1899 και 1907. Σύμφωνα με τη μελέτη των Al Karawi & Ali (2024), οι αρχικές διατάξεις απαγόρευαν τη χρήση «δηλητηρίων ή δηλητηριωδών όπλων» και την «καταστροφή ή κατάσχεση εχθρικής περιουσίας, εκτός εάν αυτή η καταστροφή ή κατάσχεση επιβάλλεται επιτακτικά από τις ανάγκες του πολέμου». Αυτές οι πρώιμες διατάξεις, αν και δεν περιλάμβαναν ρητά περιβαλλοντικές αναφορές, θεμελίωσαν τις νομικές αρχές που αργότερα θα εξελίσσονταν σε σύγχρονο περιβαλλοντικό δίκαιο των ενόπλων συγκρούσεων.

Από περιβαλλοντική άποψη, η πρωτοποριακή εργασία των *Certini et al. (2013)* παρέχει ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο για την κατανόηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Οι ερευνητές προτείνουν τρεις κύριες κατηγορίες επιπτώσεων: φυσικές (αλλαγές στη δομή και σύσταση του εδάφους), χημικές (μόλυνση από εκρηκτικά, καύσιμα και στρατιωτικά υλικά) και βιολογικές (διαταραχή οικοσυστημάτων και βιοποικιλότητας).

Ιδιαίτερη σημασία έχει η έννοια του «bombturbation», όρος που επινοήθηκε για να περιγράψει τη *διαταραχή του εδάφους από εκρήξεις*. Το φαινόμενο αυτό, που παρατηρήθηκε εκτεταμένα στα πεδία μάχης του Α' Παγκοσμίου Πολέμου, όπως στο Verdun, δημιουργεί *μόνιμες αλλαγές στη δομή και τη χημική σύσταση του εδάφους* που μπορούν να διαρκέσουν για δεκαετίες ή και αιώνες (Certini et al., 2013).

Αυτό το εννοιολογικό πλαίσιο θα αποτελέσει τη βάση για την ιστορική ανάλυση που ακολουθεί, καθώς και για τη μελέτη των σύγχρονων περιπτώσεων της Ουκρανίας και της Μέσης Ανατολής που θα εξεταστούν στα επόμενα κεφάλαια.

2.2 Ιστορική εξέλιξη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των συγκρούσεων

2.2.1 Α' και Β' Παγκόσμιος Πόλεμος: Η γέννηση της μηχανικής καταστροφής

Ο Α' Παγκόσμιος Πόλεμος και η επανάσταση του "bombturbation"

Ο Α' Παγκόσμιος Πόλεμος (1914-1918) σηματοδότησε μια ρήξη στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των στρατιωτικών συγκρούσεων, καθώς η εισαγωγή μηχανοποιημένου εξοπλισμού και εκρηκτικών μεγάλης κλίμακας δημιούργησε νέους τύπους και κλίμακες περιβαλλοντικής καταστροφής. Το φαινόμενο του "bombturbation", όπως το ορίζει η μελέτη των Certini et al. (2013), αναφέρεται στη *διαταραχή του εδάφους από εκρήξεις*

και παρατηρήθηκε για πρώτη φορά σε μαζική κλίμακα στα πεδία μάχης αυτού του πολέμου.

Το πεδίο μάχης του Verdun αποτελεί το πιο εντυπωσιακό παράδειγμα αυτής της νέας μορφής περιβαλλοντικής καταστροφής. Κατά τη διάρκεια της μάχης (Φεβρουάριος - Δεκέμβριος 1916), εκτοξεύθηκαν περίπου 40 εκατομμύρια βλήματα πυροβολικού σε μια περιοχή μόλις 10 τετραγωνικών χιλιομέτρων. Αυτή η πρωτοφανής συγκέντρωση εκρηκτικής δύναμης δημιούργησε ένα τοπίο που περιγράφεται ως «σεληνιακό», με χιλιάδες κρατήρες που άλλαξαν μόνιμα τη τοπογραφία της περιοχής (Certini et al., 2013).

Β' Παγκόσμιος Πόλεμος: Αντιφατικές επιπτώσεις και θεσμική ανάπτυξη

Ο Β' Παγκόσμιος Πόλεμος (1939-1945) παρουσίασε αντιφατικά περιβαλλοντικά αποτελέσματα που αποκαλύπτουν τη πολυπλοκότητα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του πολέμου. Η μελέτη των Certini et al. (2013) παρουσιάζει δύο ενδιαφέρουσες περιπτώσεις:

Ιαπωνία: Παρά τους εκτεταμένους αεροπορικούς βομβαρδισμούς, συμπεριλαμβανομένων των ατομικών βομβών στη Χιροσίμα και το Ναγκασάκι, παρατηρήθηκε σχετικά γρήγορη περιβαλλοντική ανάκαμψη σε πολλές περιοχές.

Φινλανδία: Αντίθετα, οι μάχες στα φινλανδικά δάση δημιούργησαν μακροχρόνια περιβαλλοντικά προβλήματα που εξακολουθούν να επηρεάζουν ορισμένες περιοχές μέχρι σήμερα.

Ιδιαίτερη σημασία έχει η επέκταση των σχέσεων κυβέρνησης, ιδιωτικού τομέα κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου. Αυτή η εξέλιξη, όπως τεκμηριώνει ο Tucker & Russell (2004), οδήγησε στη δημιουργία του "στρατιωτικού-βιομηχανικού συμπλέγματος" που θα παίζει καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση των περιβαλλοντικών πολιτικών των επόμενων δεκαετιών.

2.2.2 Ο πόλεμος του Βιετνάμ: Η γέννηση της περιβαλλοντικής συνείδησης

Η επανάσταση των στατιστικών: Νέα δεδομένα για το Agent Orange

Ο πόλεμος του Βιετνάμ (1955-1975) αποτελεί σημείο καμπής στην κατανόηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των στρατιωτικών συγκρούσεων, τόσο λόγω της κλίμακας της περιβαλλοντικής καταστροφής όσο και λόγω της κινητοποίησης της επιστημονικής κοινότητας. Πρόσφατα στοιχεία από τη μελέτη των *Stellman et al.* (2003) που δημοσιεύθηκε στο περιοδικό *Nature* αποκαλύπτουν μια δραματική αναθεώρηση των προηγούμενων εκτιμήσεων για τη χρήση παραφυλλοβόλων χημικών. Η μελέτη των *Stellman et al.* απέδειξε με δεδομένα ότι η συνολική ποσότητα Agent Orange και άλλων χημικών που ψεκάστηκαν στο Βιετνάμ ήταν πολύ μεγαλύτερες από αυτές που παραδεχόταν στη αρχή ο στρατός, η συγκέντρωση των τοξικών ουσιών ήταν τουλάχιστον 7 εκατομμύρια λίτρα περισσότερα από τις προηγούμενες εκτιμήσεις. Η συνολική περιεκτικότητα σε διοξίνη αναθεωρήθηκε από 106,163 kg σε 221,366 kg, αύξηση που σημαίνει ότι 8 εκατομμύρια Βιετναμέζοι εκτέθηκαν σε αυτές τις τοξικές ουσίες.



Εικόνα 1 Αποτελέσματα Agent Orange

Η επιστημονική κινητοποίηση και η γέννηση της "οικοκτονίας"

Σύμφωνα με τη μελέτη του *Zierler (2011)*, ο βιολόγος του Πανεπιστημίου Yale Arthur Galston έπαιξε καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση της επιστημονικής αντίστασης κατά της παραφυλλοβόλου χημικής εκστρατείας. Ο Galston, που είχε συμβάλει στην ανάπτυξη των παραφυλλοβόλων τεχνολογιών κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, έγινε ένας από τους πρωτοπόρους του κινήματος κατά της οικοκτονίας. Το 1970, ο Galston επινόησε τον όρο "ecocide" (οικοκτονία) για να περιγράψει τη συστημική καταστροφή του περιβάλλοντος ως στρατηγική πολέμου. Αυτή η εννοιολογική καινοτομία αποτέλεσε *θεμελιώδη συμβολή στη διαμόρφωση της σύγχρονης περιβαλλοντικής συνείδησης και στην ανάπτυξη του διεθνούς περιβαλλοντικού δικαίου (Zierler, 2011).*

Πολιτικές αλλαγές και μετάβαση εποχών

Οι πολιτικές αλλαγές στις ΗΠΑ κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1970 αντικατοπτρίζουν τη μεταβαλλόμενη κοινωνική στάση απέναντι στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του πολέμου. Η διακυβέρνηση του Richard Nixon (1969-1974) σηματοδότησε τη σταδιακή κατάργηση του προγράμματος αποφυλλωτικών χημικών, ενώ η διακυβέρνηση του Gerald Ford (1974-1977) ολοκλήρωσε την επίσημη παύση αυτών των πρακτικών, σφραγίζοντας το τέλος μιας εποχής στη στρατιωτική περιβαλλοντική πολιτική (Zierler, 2011).

2.2.3 Α' Πόλεμος του Κόλπου (1991): Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της σύγκρουσης

Η κλίμακα της καταστροφής: 798 φλεγόμενα πετρελαιοπηγάδια

Ο Α' Πόλεμος του Κόλπου (17 Ιανουαρίου - 28 Φεβρουαρίου 1991) εισήγαγε μια νέα διάσταση στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των συγκρούσεων, τη χρήση του περιβάλλοντος ως όπλου. Κατά την αποχώρησή του από το Κουβέιτ, ο ιρακινός στρατός προχώρησε στη συστηματική καταστροφή της πετρελαϊκής υποδομής, δημιουργώντας μια από τις μεγαλύτερες περιβαλλοντικές καταστροφές που έχουν προκληθεί εσκεμμένα από ανθρώπινη δράση.

Σύμφωνα με τα στοιχεία που παρουσιάζουν οι Tucker & Russell (2004), συνολικά 798 πετρελαιοπηγάδια πυρπολύθηκαν ή υπέστησαν σοβαρές ζημιές. Η περιβαλλοντική καταστροφή ήταν πρωτοφανούς κλίμακας: 110 τετραγωνικά χιλιόμετρα εδάφους μολύνθηκαν από πετρέλαιο, ενώ εκτιμάται ότι περίπου 1 δισεκατομμύριο βαρέλια πετρελαίου χάθηκαν λόγω της καταστροφής.

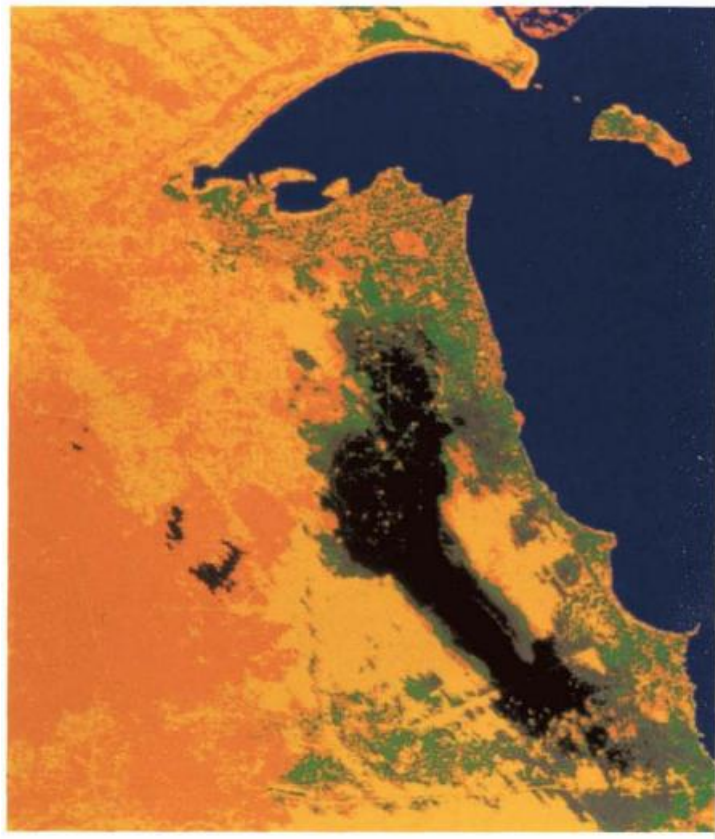
Μακροχρόνια περιβαλλοντική επίμονη: Η μελέτη Omar

Η εκτίμηση των μακροπρόθεσμων περιβαλλοντικών επιπτώσεων του Α' Πολέμου του Κόλπου παρουσιάζεται στην επιστημονική μελέτη του *Omar et al. (2009)*, η οποία αποτελεί τη πρώτη ολοκληρωμένη αξιολόγηση της κατάστασης 18 χρόνια μετά το τέλος του πολέμου. Τα αποτελέσματα της έρευνας αποκαλύπτουν μια συγκλονιστική περιβαλλοντική ανθεκτικότητα των ρύπων που αντικρούει τις αρχικές προβλέψεις για γρήγορη φυσική αποκατάσταση.

Η μελέτη τεκμηριώνει ότι ακόμα και το 2009, εκτεταμένες περιοχές του Κουβέιτ παρέμεναν σοβαρά μολυσμένες με πετρελαιοειδή και άλλους τοξικούς ρύπους.

Ιδιαίτερα ανησυχητικά είναι τα στοιχεία που δείχνουν ότι η μόλυνση έχει διεισδύσει στους υδροφόρους ορίζοντες, δημιουργώντας μακροπρόθεσμους κινδύνους για την ποιότητα του υπόγειου νερού (Omar et al., 2009).

Αυτή η επιστημονική τεκμηρίωση των μακροχρόνιων περιβαλλοντικών επιπτώσεων αποτέλεσε κομβικό σημείο στην κατανόηση του γεγονότος ότι οι περιβαλλοντικές συνέπειες των στρατιωτικών συγκρούσεων μπορούν να διαρκέσουν *πολλές δεκαετίες*, επηρεάζοντας γενιές που γεννήθηκαν μετά το τέλος των εχθροπραξιών.



Εικόνα 2 Μεταπολεμική δορυφορική εικόνα παράκτιας ζώνης νότια της Πόλης του Κουβέιτ· η σκούρα επιφάνεια αποτυπώνει το στρώμα πετρελαίου και αιθάλης («tarcrete»). Πηγή: NASA (Landsat/SPOT, αποτίμηση ζημιών Κουβέιτ 1991-92).

2.2.4 Βαλκάνια, Ιράκ 2003, Συρία — 21ος αιώνας: Νέες προκλήσεις

Οι συγκρούσεις του 21ου αιώνα εισήγαγαν νέες διαστάσεις στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του πολέμου, χαρακτηριζόμενες από τη χρήση νέων τεχνολογιών, αστικό περιβάλλον μάχης και παρατεταμένες συγκρούσεις που επηρεάζουν περιβαλλοντικές υποδομές.

Τα Βαλκάνια: Μακροπρόθεσμη περιβαλλοντική κληρονομιά

Οι συγκρούσεις στα Βαλκάνια κατά τη δεκαετία του 1990 όχι μόνο σηματοδότησαν μια νέα εποχή στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του πολέμου, αλλά και άφησαν μια μακροπρόθεσμη περιβαλλοντική κληρονομιά που εξακολουθεί να επηρεάζει την περιοχή τρεις δεκαετίες αργότερα. Σύμφωνα με τη μελέτη των *Obradović et al. (2025)*, τα Δυτικά Βαλκάνια αντιμετωπίζουν σήμερα μια από τις σοβαρότερες περιβαλλοντικές κρίσεις στην Ευρώπη. Η αέρια ρύπανση αποτελεί αιτία έως και 20% των πρόωρων θανάτων σε 19 πόλεις των Δυτικών Βαλκανίων.

Ιράκ 2003: Περιβαλλοντική καταστροφή και θεσμική κατάρρευση

Η εισβολή στο Ιράκ το 2003 και η μακρά περίοδος αστικής σύγκρουσης που ακολούθησε δημιούργησαν νέους τύπους περιβαλλοντικής υποβάθμισης που συνδύασαν στρατιωτική καταστροφή με θεσμική κατάρρευση. Σύμφωνα με το *UNEP Iraq Progress Report (2003)*, το Ιράκ αντιμετώπισε «σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα που απαιτούν άμεση προσοχή», συμπεριλαμβανομένης της περιβαλλοντικής μόλυνσης που επιδεινώθηκε από στρατιωτικές ενέργειες καθώς και της λεηλασίας τοποθεσιών που περιείχαν πυρηνικά και τοξικά υλικά.

Η πιο εντυπωσιακή περιβαλλοντική καταστροφή ήταν η φωτιά στην Al-Mishraq Sulphur State Company, 30 km νότια της Μοσούλης. Η φωτιά, που διήρκεσε περίπου έναν μήνα, κατέστρεψε εκτιμώμενα 0,5-1 εκατομμύριο τόνους θείου, επηρεάζοντας μια ευρεία περιοχή που εκτεινόταν από το Al-Sharqat στη Μοσούλη και το Erbil.

Περισσότερο από το 40% των δένδρων σε ακτίνα 100 km από το εργοστάσιο θείου είχαν χάσει τα φύλλα τους λόγω της έκθεσης σε διοξείδιο του θείου (UNEP, 2003).

Συρία: Περιβαλλοντική τρομοκρατία στον 21ο αιώνα

Η συριακή σύγκρουση (2011-σήμερα) αντιπροσωπεύει την πιο καταστροφική περιβαλλοντικά παρατεταμένη σύγκρουση του 21ου αιώνα. Σύμφωνα με την πρόσφατη

μελέτη της *PAX (2025)*, 14 χρόνια έντονων μαχών και κακής διαχείρισης έχουν αφήσει βαθιές περιβαλλοντικές ουλές στη χώρα.

Η μελέτη της *PAX* αποκαλύπτει ότι η συριακή σύγκρουση εισήγαγε μια νέα μορφή «περιβαλλοντικής τρομοκρατίας» όπου το περιβάλλον έγινε όπλο εναντίον των αμάχων. Τα στοιχεία είναι συγκλονιστικά:

Σχεδόν 40% όλων των δέντρων της Συρίας κόπηκαν ή κάηκαν κατά τη διάρκεια της σύγκρουσης 75% όλων των καλλιεργειών αποτυγχάνουν το 2025 λόγω ξηρασίας

Το 2025 σηματοδοτεί τη σοβαρότερη έλλειψη νερού από το 1954 εκατομμύρια τόνοι συντριμμίων σύγκρουσης και εκτεταμένη συσσώρευση στερεών αποβλήτων.

Αυτή η εννοιολογική εξέλιξη στην κατανόηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του πολέμου, από τις «παράπλευρες απώλειες» στην «εσκεμμένη περιβαλλοντική καταστροφή» ως στρατηγική, θέτει τα θεμέλια για την κατανόηση της σύγχρονης έννοιας της οικοκτονίας και των περιβαλλοντικών κρίσεων που προκύπτουν από τις συγκρούσεις στην Ουκρανία και τη Μέση Ανατολή.

2.3 Κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων

Η κατηγοριοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των στρατιωτικών συγκρούσεων αποτελεί θεμελιώδη προϋπόθεση για την επιστημονική ανάλυση και κατανόηση αυτών των πολύπλοκων φαινομένων. Βασιζόμενοι στην εκτεταμένη βιβλιογραφική επισκόπηση και στις εμπειρικές μελέτες που έχουν παρουσιαστεί, προτείνουμε μια τριμερή κατηγοριοποίηση που περιλαμβάνει άμεσες, έμμεσες και μακροπρόθεσμες επιπτώσεις.

2.3.1 Άμεσες περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Οι άμεσες επιπτώσεις αφορούν την ταυτόχρονη ή σχεδόν ταυτόχρονη περιβαλλοντική καταστροφή που συντελείται κατά τη διάρκεια των στρατιωτικών επιχειρήσεων. Σε αυτές περιλαμβάνονται:

- **Ατμοσφαιρική ρύπανση:** Εκπομπές τοξικών αερίων και σωματιδίων από εκρήξεις, καύση στρατιωτικού υλικού, καθώς και από την καταστροφή βιομηχανικών εγκαταστάσεων και υποδομών.
- **Μόλυνση των υδάτων:** Ρύπανση των επιφανειακών και υπόγειων υδάτινων πόρων από διαρροές καυσίμων, λιπαντικών, βαρέων μετάλλων και χημικών ουσιών.
- **Υποβάθμιση του εδάφους:** Πρόκληση του φαινομένου του bombturbation ,δηλαδή της μηχανικής ανατάραξης και καταστροφής της δομής του εδάφους από εκρήξεις, καθώς και εκτεταμένη χημική επιμόλυνση.
- **Απώλεια βιοποικιλότητας:** Άμεση ισοπέδωση φυσικών οικοτόπων και μαζική θανάτωση της άγριας πανίδας και χλωρίδας στις εμπόλεμες ζώνες.

2.3.2 Έμμεσες περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Οι έμμεσες επιπτώσεις προκύπτουν από την κατάρρευση ή τη συστηματική διαταραχή των κοινωνικοοικονομικών και θεσμικών δομών που υποστηρίζουν την προστασία του περιβάλλοντος. Σε αυτές περιλαμβάνονται:

- **Αυξημένο περιβαλλοντικό αποτύπωμα:** Ραγδαία αύξηση των εκπομπών και της κατανάλωσης πόρων λόγω της στρατιωτικής παραγωγής, της μεταφοράς βαρέος εξοπλισμού, καθώς και των ενεργοβόρων διαδικασιών ανοικοδόμησης μετά τη λήξη των συγκρούσεων.

- **Αστική καταστροφή (αστοκτονία / urbicide):** Η σκόπιμη ισοπέδωση των πόλεων και των κρίσιμων υποδομών τους (όπως δίκτυα ύδρευσης και αποχέτευσης), γεγονός που προκαλεί αλυσιδωτή και μακροχρόνια περιβαλλοντική υποβάθμιση.
- **Κατάρρευση της διαχείρισης αποβλήτων:** Ανεξέλεγκτη συσσώρευση μπάζων, στρατιωτικών συντριμμιών και τοξικών αστικών αποβλήτων, εξαιτίας της πλήρους διάλυσης των δημοτικών συστημάτων συλλογής και επεξεργασίας.

2.3.3 Μακροπρόθεσμες περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Οι μακροπρόθεσμες επιπτώσεις αφορούν περιβαλλοντικά προβλήματα που επιμένουν για δεκαετίες ή ακόμη και αιώνες μετά το τέλος των εχθροπραξιών:

- **Μη εκραγέντα πυρομαχικά (UXO):** Η διάσπαρτη παρουσία ενεργών βλημάτων, ναρκών και βομβών, η οποία όχι μόνο αποτελεί διαρκή κίνδυνο για τη ζωή, αλλά εμποδίζει τη φυσική αποκατάσταση των οικοσυστημάτων και την ασφαλή χρήση της γης.
- **Κληρονομημένη ρύπανση (Legacy Pollution):** Τοξική μόλυνση που διαβιβάζεται από γενιά σε γενιά μέσω της τροφικής αλυσίδας και του DNA, όπως η δραματική περίπτωση των διοξινών του Agent Orange στο Βιετνάμ.
- **Προκλήσεις περιβαλλοντικής αποκατάστασης:** Οι τεράστιες οικονομικές, τεχνικές και θεσμικές δυσκολίες που αντιμετωπίζουν τα μεταπολεμικά κράτη στην προσπάθειά τους να εξυγιάνουν το φυσικό περιβάλλον, λόγω έλλειψης πόρων και εξειδικευμένης τεχνογνωσίας.

2.4 Η έννοια της οικοκτονίας (ecocide) και η ανάδυσή της στη διεθνή συζήτηση

Η έννοια της οικοκτονίας έχει εξελιχθεί από έναν όρο που επινοήθηκε κατά τη διάρκεια του Πολέμου του Βιετνάμ σε ένα αναδυόμενο νομικό πλαίσιο, το οποίο φιλοδοξεί να ανασχηματίσει τον τρόπο με τον οποίο η διεθνής κοινότητα αντιμετωπίζει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των ένοπλων συγκρούσεων.

Ιστορική εξέλιξη της έννοιας

Ο όρος «ecocide» χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον βιολόγο Arthur W. Galston το 1970, αρχικά για να περιγράψει τις καταστροφικές επιπτώσεις του Agent Orange στο Βιετνάμ. Στη συνέχεια, ο Richard A. Falk διατύπωσε τον πρώτο επίσημο ορισμό του εγκλήματος της οικοκτονίας κατά τη Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Ανθρώπινο Περιβάλλον στη Στοκχόλμη το 1972, ως άμεση απόκριση στη διεθνή κατακραυγή για τη χρήση των αποφυλλωτικών χημικών (Zierler, 2011).

Σύγχρονος νομικός ορισμός και πλαίσιο

Η πιο πρόσφατη και νομικά επεξεργασμένη μορφή του ορισμού, όπως προτάθηκε για ενσωμάτωση στο Καταστατικό της Ρώμης του Διεθνούς Ποινικού Δικαστηρίου, ορίζει την οικοκτονία ως:

«παράνομες ή αλόγιστες πράξεις που διαπράττονται με τη γνώση ότι υπάρχει ουσιαστική πιθανότητα πρόκλησης σοβαρής και είτε εκτεταμένης είτε μακροπρόθεσμης ζημιάς στο περιβάλλον από αυτές τις πράξεις».

Για την αντικειμενική στοιχειοθέτηση του εγκλήματος, ο νομικός ορισμός θέτει τέσσερις συγκεκριμένες και αυστηρές διευκρινίσεις:

- **«Αλόγιστο» (Wanton):** Σημαίνει την απερίσκεπτη αδιαφορία για μια ζημιά η οποία θα ήταν σαφώς υπερβολική σε σχέση με τα αναμενόμενα κοινωνικά και οικονομικά οφέλη.
- **«Σοβαρό» (Severe):** Σημαίνει τη ζημιά που περιλαμβάνει πολύ σοβαρές αρνητικές αλλαγές, διαταραχή ή βλάβη σε οποιοδήποτε στοιχείο του περιβάλλοντος, συμπεριλαμβανομένων των σοβαρών επιπτώσεων στην ανθρώπινη ζωή ή στους φυσικούς πόρους.
- **«Εκτεταμένο» (Widespread):** Σημαίνει τη ζημιά που εκτείνεται πέρα από μια περιορισμένη γεωγραφική περιοχή, διασχίζει κρατικά σύνορα ή υφίσταται από ένα ολόκληρο οικοσύστημα ή είδος.
- **«Μακροπρόθεσμο» (Long-term):** Σημαίνει τη ζημιά που είναι μη αντιστρεπτή ή που δεν μπορεί να επανορθωθεί μέσω φυσικής ανάκαμψης εντός εύλογου χρονικού διαστήματος.

Σύγχρονες νομικές εξελίξεις

Τα τελευταία χρόνια, αναπτύσσεται ένα ισχυρό διεθνές κίνημα για την αναγνώριση της οικοκτονίας ως του πέμπτου Διεθνούς Εγκλήματος στο Καταστατικό της Ρώμης του Διεθνούς Ποινικού Δικαστηρίου, παράλληλα με τη γενοκτονία, τα εγκλήματα κατά της ανθρωπότητας, τα εγκλήματα πολέμου και το έγκλημα της επίθεσης. Ο οργανισμός *Stop Ecocide International* (καθώς και το ομώνυμο Ίδρυμα) ηγείται των παγκόσμιων πιέσεων για τη νομική κωδικοποίηση της οικοκτονίας, με απώτερο σκοπό τη θεμελίωση ατομικής ποινικής ευθύνης για πολιτικά, στρατιωτικά ή εταιρικά στελέχη που προκαλούν ή επιτρέπουν τη μαζική περιβαλλοντική καταστροφή.

Σύγχρονες περιπτώσεις εξέτασης

Εκτός από το ιστορικό προηγούμενο του Βιετνάμ, σύγχρονες περιπτώσεις που εξετάζονται υπό το πρίσμα της οικοκτονίας περιλαμβάνουν:

- Την περιβαλλοντική καταστροφή στη Συρία και τη στοχοποίηση περιβαλλοντικών υποδομών, όπως τεκμηριώθηκε από την PAX (2025)
- Τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του πολέμου στην Ουκρανία, συμπεριλαμβανομένης της καταστροφής του φράγματος Kakhovka
- Τις περιβαλλοντικές συνέπειες των συγκρούσεων στη Μέση Ανατολή, ιδιαίτερα στη Γάζα και το Ιράκ μετά το 2003

Σημασία για τη διπλωματική εργασία

Η νομική εξέλιξη της έννοιας της οικοκτονίας αποτελεί ουσιώδη εννοιολογική γέφυρα για την κατανόηση των σύγχρονων περιβαλλοντικών κρίσεων που προκύπτουν από τις συγκρούσεις στην Ουκρανία και τη Μέση Ανατολή, τις οποίες θα εξετάσουμε λεπτομερώς στα επόμενα κεφάλαια αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Η έννοια της οικοκτονίας εκπροσωπεί μια εννοιολογική εξέλιξη στην κατανόηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του πολέμου, μετακινώντας τη συζήτηση από τις «παραπλευρες απώλειες» στην «εσκεμμένη περιβαλλοντική καταστροφή» ως έγκλημα κατά της ανθρωπότητας και της φύσης.

Το παρόν κεφάλαιο επιχείρησε να παρουσιάσει το θεωρητικό και ιστορικό πλαίσιο για την κατανόηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των στρατιωτικών συγκρούσεων.

Μέσω της ιστορικής ανάλυσης, από τους Παγκοσμίους Πολέμους έως τις σύγχρονες συγκρούσεις του 21ου αιώνα, γίνεται σαφές ότι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του πολέμου έχουν εξελιχθεί από παράπλευρες απώλειες σε εσκεμμένη στρατηγική.

Η εννοιολογική εξέλιξη από το φαινόμενο του "bombturbation" στον Α' Παγκόσμιο Πόλεμο έως την έννοια της οικοκτονίας στη σύγχρονη εποχή αποτυπώνει μια βαθμιαία αλλαγή παραδείγματος στον τρόπο που η διεθνής κοινότητα αντιλαμβάνεται και αντιμετωπίζει αυτά τα φαινόμενα.

Αυτό το θεωρητικό πλαίσιο θα αποτελέσει τη βάση για την ανάλυση των σύγχρονων περιπτώσεων της Ουκρανίας και της Μέσης Ανατολής που θα εξεταστούν στα επόμενα κεφάλαια, παρέχοντας τα εννοιολογικά εργαλεία για την κατανόηση των πολύπλοκων περιβαλλοντικών προκλήσεων που αντιμετωπίζει η σύγχρονη διεθνής κοινότητα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

Το παρόν κεφάλαιο παρουσιάζει την ερευνητική μεθοδολογία που υιοθετήθηκε για τη διερεύνηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των στρατιωτικών συγκρούσεων στην Ουκρανία και τη Γάζα. Η μεθοδολογική προσέγγιση βασίζεται στη συστηματική βιβλιογραφική ανασκόπηση και την ανάλυση δευτερογενών δεδομένων από διεθνείς οργανισμούς, ερευνητικά ιδρύματα και κυβερνητικές πηγές. Η επιλογή αυτής της προσέγγισης δικαιολογείται από τη φύση του ερευνητικού αντικειμένου, το οποίο αφορά σύγχρονες και εν εξελίξει συγκρούσεις σε γεωγραφικές περιοχές όπου η πρωτογενής συλλογή δεδομένων είναι πρακτικά αδύνατη λόγω των συνθηκών ασφαλείας.

3.1 Ερευνητική προσέγγιση και ερευνητικά ερωτήματα

3.1.1 Φιλοσοφική προσέγγιση

Η παρούσα έρευνα υιοθετεί έναν ερμηνευτικό (interpretivist) φιλοσοφικό προσανατολισμό, ο οποίος αναγνωρίζει τη *πολυπλοκότητα και την πολυδιάστατη φύση* των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των στρατιωτικών συγκρούσεων. Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει την κατανόηση των φαινομένων μέσα από το πρίσμα διαφορετικών πηγών και οπτικών γωνιών, αναγνωρίζοντας ότι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις δεν είναι απλώς αριθμητικά μεγέθη αλλά σύνθετα κοινωνικά, οικολογικά φαινόμενα με πολιτικές, οικονομικές και ανθρωπιστικές διαστάσεις.

Η ερευνητική στρατηγική που υιοθετείται είναι ποιοτική με στοιχεία ποσοτικής ανάλυσης, συνδυάζοντας την ερμηνεία περιεχομένου με την στατιστική επεξεργασία περιβαλλοντικών δεδομένων όπου αυτό είναι δυνατό. Αυτή η μικτή προσέγγιση

(mixed-methods approach) εξασφαλίζει μια πιο ολοκληρωμένη κατανόηση του ερευνητικού αντικειμένου.

3.1.2 Κύρια ερευνητικά ερωτήματα

Η παρούσα διπλωματική εργασία επιδιώκει να απαντήσει στα ακόλουθα κύρια ερευνητικά ερωτήματα:

1. Ποιες είναι οι κύριες περιβαλλοντικές επιπτώσεις των στρατιωτικών συγκρούσεων στην Ουκρανία (2022-σήμερα) και στη Γάζα (2023-σήμερα);
2. Ποιες είναι οι μακροπρόθεσμες συνέπειες αυτών των περιβαλλοντικών επιπτώσεων για την περιβαλλοντική αποκατάσταση και την αειφόρο ανάπτυξη των δύο περιοχών;
3. Πώς εφαρμόζεται η σύγχρονη έννοια της οικοκτονίας (ecocide) στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των δύο υπό εξέταση συγκρούσεων;

3.1.3 Επιμέρους ερευνητικές υποθέσεις

Βασιζόμενοι στη θεωρητική επισκόπηση του Κεφαλαίου 2, διατυπώνουμε τις ακόλουθες ερευνητικές υποθέσεις:

H1: Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των σύγχρονων συγκρούσεων υπερβαίνουν τις παραδοσιακές κατηγορίες "παράπλευρων απωλειών" και εμφανίζουν χαρακτηριστικά εσκεμμένης περιβαλλοντικής καταστροφής.

H2: Οι μακροπρόθεσμες περιβαλλοντικές επιπτώσεις θα διαρκέσουν δεκαετίες πέραν του τέλους των εχθροπραξιών, επηρεάζοντας γενιές που δεν έχουν βιώσει άμεσα τη σύγκρουση.

H3: Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις στις δύο περιπτώσεις πληρούν τα κριτήρια της σύγχρονης νομικής έννοιας της οικοκτονίας όπως προτείνεται για ενσωμάτωση στο Διεθνές Ποινικό Δίκαιο.

3.2 Σχεδιασμός συγκριτικής μελέτης περίπτωσης

3.2.1 Επιλογή μεθοδολογίας μελέτης περίπτωσης

Η παρούσα έρευνα υιοθετεί τη μεθοδολογία της πολλαπλής μελέτης περίπτωσης (multiple case study), όπως ορίζεται από τον Yin (2018). Η επιλογή αυτής της προσέγγισης δικαιολογείται από την ανάγκη για *εμπειρική τεκμηρίωση* σύγχρονων περιβαλλοντικών φαινομένων που δεν μπορούν να μελετηθούν εργαστηριακά και απαιτούν πολύπλευρη ανάλυση πολλαπλών πηγών αποδεικτικών στοιχείων.

Οι δύο περιπτώσεις που επιλέχθηκαν, η σύγκρουση στην Ουκρανία και η σύγκρουση στη Γάζα, αποτελούν *κρίσιμες περιπτώσεις* (critical cases) για την κατανόηση των σύγχρονων περιβαλλοντικών επιπτώσεων του πολέμου. Η επιλογή βασίστηκε στα ακόλουθα κριτήρια:

Χρονική συνάφεια: Και οι δύο συγκρούσεις είναι σύγχρονες (2022 και 2023 αντίστοιχα) και εξακολουθούν να εξελίσσονται

Κλίμακα επιπτώσεων: Και στις δύο περιπτώσεις παρατηρούνται εκτεταμένες περιβαλλοντικές καταστροφές

Διαθεσιμότητα δεδομένων: Υπάρχει επαρκής τεκμηρίωση από διεθνείς οργανισμούς και ερευνητικά ιδρύματα

Διεθνής προβολή: Και οι δύο συγκρούσεις έχουν λάβει εκτεταμένη διεθνή προσοχή και καλύπτονται συστηματικά από ΜΜΕ και οργανισμούς

3.2.2 Πλαίσιο ανάλυσης περιπτώσεων

Περίπτωση Α: Ουκρανία (Φεβρουάριος 2022- 2025)

Η ρωσική εισβολή στην Ουκρανία στις 24 Φεβρουαρίου 2022 αποτελεί τη μεγαλύτερη στρατιωτική σύγκρουση στην Ευρώπη μετά το τέλος του Β' Παγκοσμίου Πολέμου. Η ανάλυση εστιάζει στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκύπτουν από:

- Βομβαρδισμούς και καταστροφή περιβαλλοντικών υποδομών
- Επιθέσεις σε πυρηνικές εγκαταστάσεις (Ζαπορίζια, Τσερνόμπιλ)
- Καταστροφή του φράγματος Kakhovka (Ιούνιος 2023)
- Επιπτώσεις στη γεωργία και την επισιτιστική ασφάλεια

Περίπτωση Β: Γάζα (Οκτώβριος 2023-2025)

Η τρέχουσα σύγκρουση στη Γάζα, που ξεκίνησε στις 7 Οκτωβρίου 2023, χαρακτηρίζεται από εντατικούς βομβαρδισμούς σε πυκνοκατοικημένη αστική περιοχή. Η ανάλυση εστιάζει στις επιπτώσεις από:

- Καταστροφή αστικής περιβαλλοντικής υποδομής
- Επιπτώσεις στους υδάτινους πόρους και τη διαχείριση αποβλήτων
- Ατμοσφαιρική ρύπανση και επιπτώσεις στη δημόσια υγεία
- Περιβαλλοντικά συντρίμια και τοξικά υλικά

3.3 Στρατηγική συλλογής και επιλογής δεδομένων

3.3.1 Τύποι δεδομένων και πηγές

Η παρούσα έρευνα βασίζεται αποκλειστικά σε δευτερογενή δεδομένα που αντλούνται από πολλαπλές και διαφοροποιημένες πηγές. Αυτή η προσέγγιση επιλέχθηκε λόγω των πρακτικών περιορισμών που επιβάλλουν οι συνθήκες ασφαλείας στις υπό εξέταση

περιοχές, καθώς και λόγω της *πλούσιας διαθεσιμότητας* επιστημονικά αξιόπιστων δεδομένων από διεθνείς οργανισμούς.

Τα δεδομένα κατηγοριοποιούνται στους ακόλουθους τύπους:

- Επιστημονικά δεδομένα: Peer-reviewed επιστημονικές μελέτες, τεχνικές εκθέσεις, περιβαλλοντικές αναλύσεις
- Δεδομένα οργανισμών: Εκθέσεις διεθνών οργανισμών (UNEP, WHO, EU), μη κυβερνητικών οργανισμών, think tanks
- Κυβερνητικά δεδομένα: Επίσημες κυβερνητικές εκθέσεις, στατιστικά στοιχεία, περιβαλλοντικές μετρήσεις
- Δορυφορικά δεδομένα: Satellite imagery, περιβαλλοντικές παρατηρήσεις από δορυφόρους, γεωχωρικές αναλύσεις
- Δημοσιογραφικά δεδομένα: Αναφορές από αξιόπιστα διεθνή ΜΜΕ, ειδικευμένα περιοδικά, δημοσιογραφικές έρευνες

3.3.2 Συγκεκριμένες πηγές δεδομένων

Οι πηγές δεδομένων αντλήθηκαν από τρεις βασικές κατηγορίες φορέων. Η πρώτη κατηγορία είναι από διεθνείς και διακυβερνητικούς οργανισμούς: το Πρόγραμμα Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Εθνών (UNEP) παρείχε ταχείες περιβαλλοντικές αξιολογήσεις (rapid environmental assessments) και εκθέσεις πεδίου από εμπόλεμες ζώνες, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO) εκθέσεις για τις επιπτώσεις της περιβαλλοντικής υποβάθμισης στη δημόσια υγεία και αναλύσεις τοξικολογικών κινδύνων, ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος (EEA) ευρωπαϊκά περιβαλλοντικά δεδομένα, χάρτες ρύπανσης και αναλύσεις οικολογικών κινδύνων και η Διεθνής Υπηρεσία Ατομικής Ενέργειας (IAEA) δεδομένα για την ασφάλεια πυρηνικών εγκαταστάσεων και ραδιολογικές μετρήσεις σε ζώνες συγκρούσεων.

Έπειτα, από ερευνητικούς οργανισμούς και δεξαμενές σκέψης (think tanks): ο ολλανδικός οργανισμός PAX προσέφερε εξειδικευμένες και λεπτομερείς αναλύσεις για το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των σύγχρονων συγκρούσεων, το Διεθνές Ινστιτούτο Ερευνών για την Ειρήνη της Στοκχόλμης (SIPRI) μελέτες για τη διασύνδεση της κλιματικής αλλαγής, της περιβαλλοντικής υποβάθμισης και της διεθνούς ασφάλειας· και το Κέντρο Στρατηγικών και Διεθνών Σπουδών (CSIS) στρατηγικές αναλύσεις και γεωπολιτικές εκτιμήσεις των περιβαλλοντικών καταστροφών.

Τέλος, από διαστημικές υπηρεσίες και τεχνολογικές πλατφόρμες όπως το NASA Earth Observatory παρείχε δορυφορικές εικόνες υψηλής ανάλυσης και μακροχρόνιες περιβαλλοντικές παρατηρήσεις, ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Διαστήματος (ESA) δεδομένα από το πρόγραμμα Copernicus και τους δορυφόρους Sentinel για την παρακολούθηση των μεταβολών στη χρήση γης· και η πλατφόρμα Google Earth Engine δυνατότητες γεωχωρικής ανάλυσης μεγάλης κλίμακας και επεξεργασίας χρονοσειρών δορυφορικών δεδομένων.

3.3.3 Στρατηγική αναζήτησης βιβλιογραφίας

Η βιβλιογραφική αναζήτηση πραγματοποιήθηκε με συστηματικό τρόπο χρησιμοποιώντας πολλαπλές ακαδημαϊκές βάσεις δεδομένων και ειδικά κριτήρια αναζήτησης. Η στρατηγική περιλάμβανε:

- Scopus: Διεπιστημονική βάση δεδομένων με έμφαση σε περιβαλλοντικές επιστήμες
- Web of Science: Core Collection για high-impact επιστημονικές δημοσιεύσεις
- Google Scholar: Συμπληρωματική αναζήτηση για γκρίζα βιβλιογραφία και πρόσφατες δημοσιεύσεις

- ResearchGate: Πρόσβαση σε preprints και εργασίες σε εξέλιξη

Λέξεις-κλειδιά και όροι αναζήτησης:

Για την Ουκρανία:

"Ukraine environmental impact" AND "war" OR "conflict"; "Kakhovka dam"; "nuclear facilities Ukraine"; "environmental warfare Ukraine"; "ecological damage Ukraine war"

Για τη Γάζα:

"Gaza environmental impact"; "Gaza Strip pollution"; "Gaza war environment";
"Middle East conflict environment"; "urban warfare environmental damage"

Χρονικά κριτήρια αναζήτησης:

Πρωτεύον χρονικό διάστημα: 2022-2024 (για σύγχρονα δεδομένα)

Δευτερεύον χρονικό διάστημα: 2000-2021 (για υπόβαθρο και συγκριτικά δεδομένα)

Γλωσσικά κριτήρια: Αγγλικά (κύρια), Ελληνικά (συμπληρωματικά)

3.4 Μεθοδολογία ανάλυσης περιβαλλοντικών επιπτώσεων

3.4.1 Πλαίσιο κατηγοριοποίησης επιπτώσεων

Η ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων βασίζεται στο τριμερές πλαίσιο που αναπτύχθηκε στο Κεφάλαιο 1, το οποίο διακρίνει τις επιπτώσεις σε άμεσες, έμμεσες και μακροπρόθεσμες. Αυτή η κατηγοριοποίηση επιτρέπει την συστηματική ανάλυση και τη συγκριτική αξιολόγηση των δύο περιπτώσεων.

Κατηγορία επίπτωσης	Βασικές υποκατηγορίες
Άμεσες	Ατμοσφαιρική ρύπανση· μόλυνση επιφανειακών/υπόγειων υδάτων· υποβάθμιση εδάφους (bombturbation, χημική επιμόλυνση)· άμεση απώλεια βιοποικιλότητας και οικοτόπων

Έμμεσες	Αυξημένο περιβαλλοντικό αποτύπωμα (στρατιωτική παραγωγή, ανοικοδόμηση)· αστική καταστροφή (urbicide)· κατάρρευση διαχείρισης αποβλήτων και λυμάτων
Μακροπρόθεσμες	Μη εκραγέντα πυρομαχικά (UXO) και νάρκες· κληρονομημένη ρύπανση (legacy pollution)· προκλήσεις περιβαλλοντικής αποκατάστασης

Πίνακας 1 Πλαίσιο κατηγοριοποίησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων

3.4.2 Μέθοδος θεματικής ανάλυσης

Για την ανάλυση του περιεχομένου των δευτερογενών πηγών, εφαρμόζεται η μέθοδος της θεματικής ανάλυσης (thematic analysis) όπως προτείνεται από τους Braun και Clarke (2006). Η διαδικασία περιλαμβάνει έξι στάδια:

1. Εξοικείωση με τα δεδομένα: Προσεκτική ανάγνωση και αρχική καταγραφή παρατηρήσεων
2. Παραγωγή αρχικών κωδίκων: Κωδικοποίηση ενδιαφερόντων χαρακτηριστικών των δεδομένων
3. Αναζήτηση θεμάτων: Ομαδοποίηση κωδίκων σε πιθανά θέματα
4. Αναθεώρηση θεμάτων: Επαλήθευση και τροποποίηση θεμάτων
5. Ορισμός και ονομασία θεμάτων: Τελική διατύπωση θεματικών κατηγοριών
6. Παραγωγή έκθεσης: Σύνθεση και παρουσίαση αποτελεσμάτων

3.5 Κριτήρια αξιολόγησης και επιλογής πηγών

3.5.1 Κριτήρια αξιοπιστίας

Δεδομένου ότι η έρευνα βασίζεται εξ' ολοκλήρου σε δευτερογενείς πηγές, η αξιολόγηση της αξιοπιστίας και της εγκυρότητας των πηγών αποτελεί κρίσιμο στοιχείο της μεθοδολογικής προσέγγισης. Εφαρμόζονται τα ακόλουθα κριτήρια:

Κριτήρια συμπερίληψης:

Επιστημονική εγκυρότητα: Peer-reviewed δημοσιεύσεις, εκθέσεις διεθνών οργανισμών με επιστημονική επιτροπή

Θεσμική αξιοπιστία: Πηγές από αναγνωρισμένους διεθνείς οργανισμούς, ακαδημαϊκά ιδρύματα, κυβερνητικές υπηρεσίες

Χρονική ακρίβεια: Πρόσφατα δεδομένα (2022-2024) με συγκεκριμένες ημερομηνίες και χρονικές αναφορές

Μεθοδολογική διαφάνεια: Σαφής περιγραφή της μεθοδολογίας συλλογής και ανάλυσης δεδομένων από την πρωτογενή πηγή

Κριτήρια αποκλεισμού:

Έλλειψη τεκμηρίωσης: Πηγές χωρίς αναφορές, αόριστες πληροφορίες, μη επαληθεύσιμα στοιχεία

Προκατάληψη: Πηγές με εμφανή πολιτική προκατάληψη, μη ισορροπημένη παρουσίαση

Παραπληροφόρηση: Πηγές που έχουν αναγνωριστεί ως μη αξιόπιστες από fact-checking οργανισμούς

3.5.2 Ιεράρχηση αξιοπιστίας πηγών

Οι πηγές κατηγοριοποιούνται σε **τέσσερα επίπεδα αξιοπιστίας**:

Επίπεδο 1, Υψηλότερη αξιοπιστία: Peer-reviewed επιστημονικές δημοσιεύσεις, επίσημες εκθέσεις UNEP, WHO, IAEA

Επίπεδο 2, Υψηλή αξιοπιστία: Εκθέσεις διεθνών ΜΚΟ (PAX, HRW), κυβερνητικές εκθέσεις, δορυφορικά δεδομένα

Επίπεδο 3, Μέτρια αξιοπιστία: Αναφορές διεθνών ΜΜΕ, think tanks, ειδικά περιοδικά

Επίπεδο 4, Συμπληρωματικές πηγές: Τοπικά ΜΜΕ, κοινωνικά δίκτυα (μόνο για συμπληρωματική τεκμηρίωση)

3.6 Περιορισμοί έρευνας και ηθικά ζητήματα

3.6.1 Μεθοδολογικοί περιορισμοί

Η παρούσα έρευνα αντιμετωπίζει σειρά **εγγενών περιορισμών** που απορρέουν από τη φύση του ερευνητικού αντικειμένου και τη μεθοδολογική προσέγγιση που υιοθετήθηκε:

Έλλειψη πρωτογενών δεδομένων: Η αδυναμία πρόσβασης σε επιτόπιες μετρήσεις και πρωτογενή δεδομένα περιορίζει την ακρίβεια ορισμένων εκτιμήσεων

Εξαρτημένη πληροφόρηση: Η βασική εξάρτηση από δευτερογενείς πηγές ενέχει κινδύνους σχετικά με την πληρότητα και αντικειμενικότητα των δεδομένων

Χρονικοί περιορισμοί: Η εν εξελίξει φύση των συγκρούσεων σημαίνει ότι νέα στοιχεία ενδέχεται να τροποποιήσουν τις εκτιμήσεις

Πρόσβαση σε πληροφόρηση: Ορισμένα στοιχεία ενδέχεται να παραμένουν ταξινομημένα ή μη διαθέσιμα για λόγους ασφαλείας

3.6.2 Επιστημολογικοί περιορισμοί

Επιπλέον, η έρευνα αντιμετωπίζει **επιστημολογικούς περιορισμούς** που σχετίζονται με:

Αβεβαιότητα μετρήσεων: Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις συχνά εμφανίζουν υψηλό βαθμό αβεβαιότητας στις μετρήσεις

Πολυπλοκότητα αιτιότητας: Η διάκριση μεταξύ επιπτώσεων που οφείλονται στη σύγκρουση vs άλλων παραγόντων δεν είναι πάντα σαφής

Χωρικοί περιορισμοί: Η γεωγραφική έκταση των επιπτώσεων ενδέχεται να εκτείνεται πέραν των ορίων που εξετάζονται

3.6.3 Ηθικά ζητήματα

Η μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων εν εξελίξει συγκρούσεων εγείρει **σημαντικά ηθικά ζητήματα**:

Ευαισθησία δεδομένων: Η παρουσίαση λεπτομερειών για περιβαλλοντικές καταστροφές δεν πρέπει να παρέχει πληροφορίες που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για περαιτέρω βλάβη

Αντικειμενικότητα: Διατήρηση επιστημονικής αντικειμενικότητας παρά τη συναισθηματική φόρτιση του θέματος

Σεβασμός προς τα θύματα: Η ανάλυση πρέπει να γίνεται με σεβασμό προς τις κοινότητες που επηρεάζονται

3.6.4 Στρατηγικές αντιμετώπισης περιορισμών

Για την αντιμετώπιση των παραπάνω περιορισμών, υιοθετούνται οι ακόλουθες στρατηγικές:

- Τριγωνοποίηση πηγών: Χρήση πολλαπλών και διαφοροποιημένων πηγών για την επαλήθευση στοιχείων
- Διαφάνεια περιορισμών: Σαφής αναγνώριση και παρουσίαση των περιορισμών σε κάθε ανάλυση

- Εύρη αβεβαιότητας: Παρουσίαση των αποτελεσμάτων με εκτιμήσεις αβεβαιότητας όπου είναι δυνατό
- Συνεχής ενημέρωση: Αναγνώριση ότι τα συμπεράσματα ενδέχεται να απαιτήσουν αναθεώρηση καθώς διατίθενται νέα δεδομένα

3.7 Μετάβαση στην εμπειρική ανάλυση: επιλογή σειράς παρουσίασης των περιπτώσεων

Η μεθοδολογική προσέγγιση που αναπτύχθηκε στο παρόν κεφάλαιο εφαρμόζεται στα δύο επόμενα κεφάλαια, που αφιερώνονται αντίστοιχα στη μελέτη της σύγκρουσης στη Λωρίδα της Γάζας και στη μελέτη της σύγκρουσης στην Ουκρανία. Η περίπτωση της Γάζας επιλέγεται ως πρώτο πεδίο εφαρμογής της αναλυτικής μεθοδολογίας για τρεις λόγους. Αρχικά, η γεωγραφική συμπύκνωση της σύγκρουσης σε μια σχετικά μικρή έκταση (365 τετραγωνικά χιλιόμετρα) επιτρέπει την καθαρή παρουσίαση των αναλυτικών εργαλείων χωρίς να εμπλέκεται η πολυπλοκότητα μεγάλης γεωγραφικής κλίμακας. Επιπλέον, η συγκεκριμένη χρονική περίοδος που καλύπτεται από την επίσημη Interim Rapid Damage and Needs Assessment (12 μήνες) προσφέρει μια πιο συνοπτική και πλήρως τεκμηριωμένη βάση δεδομένων. Τέλος, η προϋπάρχουσα κατάσταση αποκλεισμού της Λωρίδας και το διακριτό θεσμικό πλαίσιο αναδεικνύουν με ιδιαίτερη ένταση τη διάκριση μεταξύ άμεσων, έμμεσων και μακροπρόθεσμων περιβαλλοντικών επιπτώσεων, όπως αυτή παρουσιάστηκε στην Ενότητα 3.4.1.

Η περίπτωση της Ουκρανίας παρουσιάζεται στη συνέχεια ως η πιο σύνθετη εφαρμογή της ίδιας μεθοδολογίας: μεγαλύτερη γεωγραφική έκταση, μεγαλύτερη χρονική διάρκεια, πολυπλοκότερο θεσμικό πλαίσιο, πολλαπλές κατηγορίες υποδομών συμπεριλαμβανομένων των πυρηνικών σταθμών, διασυνοριακές επιπτώσεις σε επίπεδο

ηπείρου. Η σειρά αυτή επιτρέπει να αναδειχθούν, με την προοπτική της συγκριτικής ανάλυσης που ακολουθεί στην Ενότητα 4.3, τόσο οι δομικές ομοιότητες των δύο συγκρούσεων όσο και οι ποιοτικές τους διαφορές, στο πλαίσιο της δοκιμασίας των τριών ερευνητικών υποθέσεων που διατυπώθηκαν στο Κεφάλαιο 1. Κάθε μια από τις δύο εμπειρικές μελέτες οργανώνεται με συνεπή τρόπο γύρω από τον ίδιο αναλυτικό άξονα: κλίμακα και φύση των ζημιών, επιπτώσεις σε επιμέρους περιβαλλοντικές συνιστώσες (υδάτινοι πόροι, έδαφος, αέρας, οικοσυστήματα), κλιματικό αποτύπωμα και στοιχεία για τη μετασυγκρουσιακή ανοικοδόμηση.

Η μεθοδολογική προσέγγιση που παρουσιάστηκε στο παρόν κεφάλαιο παρέχει το επιστημονικό πλαίσιο για τη συστηματική ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των συγκρούσεων στην Ουκρανία και τη Γάζα. Ο συνδυασμός συστηματικής βιβλιογραφικής ανασκόπησης και θεματικής ανάλυσης δευτερογενών δεδομένων επιτρέπει την ολοκληρωμένη εξέταση του ερευνητικού αντικειμένου παρά τους πρακτικούς περιορισμούς που επιβάλλουν οι συνθήκες ασφαλείας.

Η διαφάνεια στους περιορισμούς και η αυστηρή εφαρμογή κριτηρίων αξιοπιστίας εξασφαλίζουν την επιστημονική εγκυρότητα της ανάλυσης, ενώ η τριγωνοποίηση πηγών ενισχύει την αξιοπιστία των συμπερασμάτων.

Τα επόμενα κεφάλαια θα εφαρμόσουν αυτή τη μεθοδολογία για την εμπειρική ανάλυση των δύο περιπτώσεων, παρέχοντας μια ολοκληρωμένη εικόνα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των σύγχρονων στρατιωτικών συγκρούσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

4.1 Μελέτη Περίπτωσης: Λωρίδα της Γάζας

Η ένοπλη σύγκρουση στη Λωρίδα της Γάζας, η οποία κλιμακώθηκε μετά τις 7 Οκτωβρίου 2023, έχει προκαλέσει καταστροφή πρωτοφανούς έκτασης στο δομημένο και φυσικό περιβάλλον της περιοχής. Στο παρόν κεφάλαιο επιχειρείται μια συνολική επισκόπηση των επιπτώσεων, με έμφαση στις διαστάσεις που συνδέονται άμεσα με τις περιβαλλοντικές συνέπειες της σύγκρουσης. Τα ποσοτικά στοιχεία που παρατίθενται αντλούνται κυρίως από την Interim Rapid Damage and Needs Assessment (IRDNA), η οποία εκπονήθηκε από κοινού από την Παγκόσμια Τράπεζα, την Ευρωπαϊκή Ένωση και τα Ηνωμένα Έθνη (WB, EU and UN, 2025). Η έκθεση αυτή καλύπτει τις υλικές ζημιές από τις 8 Οκτωβρίου 2023 έως τις 8 Οκτωβρίου 2024, ενώ τα στοιχεία για τις ανθρώπινες απώλειες επικαιροποιούνται έως τον Ιανουάριο του 2025. Αποτελεί τη συνέχεια της προηγούμενης Interim Damage Assessment (IDA) του Απριλίου 2024 και εμπλουτίζεται με αναλυτική αποτίμηση των οικονομικών και κοινωνικών απωλειών, καθώς και των αναγκών ανάκαμψης και ανοικοδόμησης.

Η αντικειμενική αποτίμηση των επιπτώσεων της σύγκρουσης απαιτεί κατανόηση των προπολεμικών συνθηκών της Λωρίδας. Η παρατεταμένη απομόνωση, οι διαδοχικές συγκρούσεις και οι σοβαροί περιορισμοί στη διακίνηση ανθρώπων και αγαθών είχαν διαμορφώσει ένα περιβάλλον χρόνιας ευπάθειας:

- Κοινωνικοοικονομικό Υπόβαθρο: Πριν από τον Οκτώβριο του 2023, περισσότερο από το 63% του πληθυσμού ζούσε κάτω από το όριο της φτώχειας. Η γενική ανεργία άγγιζε το 45,1%, με την ανεργία των νέων να φτάνει στο 62,6% και των αποφοίτων τριτοβάθμιας εκπαίδευσης στο 73,9%.

- **Ενεργειακό Έλλειμμα:** Λιγότερο από το 35% της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας καλυπτόταν από τον τοπικό σταθμό παραγωγής και τις εισαγωγές, προκαλώντας καθημερινές πολύωρες διακοπές ρεύματος που υποβάθμιζαν τη λειτουργία των περιβαλλοντικών υποδομών.
- **Υδατική Κρίση:** Η ημερήσια παροχή νερού ανά άτομο εκτιμάτο σε περίπου 82 λίτρα, επίπεδο σαφώς χαμηλότερο από το διεθνώς αναγνωρισμένο όριο ασφαλείας των 100 λίτρων που θέτει ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO).
- **Ποιοτική Υποβάθμιση Υδάτων:** Μόλις το 6% του πληθυσμού είχε πρόσβαση σε ασφαλώς διαχειριζόμενο πόσιμο νερό μέσω δικτύου. Ο παράκτιος υδροφορέας – ο κύριος υδατικός πόρος της Λωρίδας– ήταν ήδη έντονα ρυπασμένος και ταχέως εξαντλούμενος λόγω της χρόνιας υπεράντλησης και της συνεπακόλουθης υφαλμύρινσης (εισροή θαλασσινού νερού).

Σύμφωνα με την IRDNA, οι συνολικές άμεσες υλικές ζημιές στις υποδομές της Γάζας ανέρχονται, έως τις 8 Οκτωβρίου 2024, σε περίπου 29,9 δισεκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ (WB, EU and UN, 2025). Σε αυτές προστίθενται οικονομικές και κοινωνικές απώλειες της τάξης των 19,1 δισεκατομμυρίων δολαρίων, ανεβάζοντας το συνολικό αποτύπωμα της σύγκρουσης σε περίπου 49 δισεκατομμύρια δολάρια. Οι συνολικές ανάγκες ανάκαμψης και ανοικοδόμησης, βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες, εκτιμώνται σε 53,2 δισεκατομμύρια δολάρια, εκ των οποίων περίπου 20 δισεκατομμύρια απαιτούνται για τα πρώτα τρία έτη. Το μέγεθος αυτό αποτελεί ιστορικό προηγούμενο: οι ζημιές μόνο στις υποδομές είναι σχεδόν 1,8 φορές το συνολικό ΑΕΠ της Δυτικής Όχθης και της Γάζας για το 2023, ενώ οι καταστροφές στους κοινωνικούς τομείς υπερβαίνουν κατά 90 φορές τις αντίστοιχες της σύγκρουσης του 2021 και κατά 17 φορές εκείνες του 2014. Η σύγκριση με την προκαταρκτική αποτίμηση του Ιανουαρίου 2024, όπου οι

ζημιές είχαν υπολογιστεί σε 18,5 δισεκατομμύρια δολάρια, καταδεικνύει τον δραματικό ρυθμό επέκτασης της καταστροφής κατά τη διάρκεια του έτους.

Ο οικιστικός τομέας συγκεντρώνει το μεγαλύτερο μέρος των ζημιών, με κόστος 15,8 δισεκατομμυρίων δολαρίων, ποσοστό 53% του συνόλου των υλικών ζημιών.

Ακολουθούν το εμπόριο και η βιομηχανία με 5,9 δισεκατομμύρια δολάρια (20%), οι μεταφορές με 2,5 δισεκατομμύρια (8%) και ο τομέας ύδρευσης-αποχέτευσης με 1,5 δισεκατομμύρια (5%). Αξιοσημείωτη είναι η διαφοροποίηση μεταξύ ζημιών και απωλειών σε ορισμένους τομείς: η υγεία και η εκπαίδευση, παρότι παρουσιάζουν σχετικά χαμηλότερες υλικές ζημιές (1,3 και 0,87 δισ. αντίστοιχα), εμφανίζουν πολύ υψηλές οικονομικές απώλειες (6,3 και 3,2 δισ.), καθώς η διακοπή των υπηρεσιών έχει βαθιά και μακροπρόθεσμη επίπτωση στο ανθρώπινο κεφάλαιο και την παραγωγικότητα. Ο τομέας του περιβάλλοντος παρουσιάζει εμφανώς χαμηλές υλικές ζημιές (92 εκατ. δολάρια) αλλά ιδιαίτερα υψηλές ανάγκες ανάκαμψης (1,9 δισ.), κυρίως λόγω του τεράστιου όγκου μπαζών και της επιμόλυνσης με μη εκραγέντα πυρομαχικά.

Τομέας	Άμεσες υλικές ζημιές (δισ. \$)	Μερίδιο (%)
Οικιστικός	15,8	53%
Εμπόριο & βιομηχανία	5,9	20%
Μεταφορές	2,5	8%
Ύδρευση & αποχέτευση (WASH)	1,5	5%
Υγεία	1,3	~4%
Εκπαίδευση	0,874	~3%
Ενέργεια	0,494	~2%

Περιβάλλον	0,092	<1%
Λοιποί τομείς*	~1,4	~5%
Σύνολο	29,9	100%

Πίνακας 2 Κατανομή άμεσων υλικών ζημιών ανά τομέα στη Γάζα

Στον οικιστικό τομέα, οι ζημιές αντιπροσωπεύουν το μεγαλύτερο μέρος της συνολικής καταστροφής. Περίπου 292.000 στεγαστικές μονάδες, το 61,8% του συνολικού κτιριακού αποθέματος προ της σύγκρουσης (472.660 μονάδες), έχουν υποστεί ζημιές ή καταστραφεί ολοσχερώς. Οι κατοικίες σε πολυκατοικίες αποτελούν τη συντριπτική πλειονότητα των πληγέντων μονάδων, με 81,5% του συνολικού κόστους ζημιών να αποδίδεται σε αυτές. Ως άμεση συνέπεια, πάνω από 1,2 εκατομμύρια άνθρωποι, σχεδόν το 60% του πληθυσμού της Γάζας, δεν μπορούν να επιστρέψουν στις κατοικίες τους. Από περιβαλλοντική σκοπιά, η καταστροφή αυτής της κλίμακας συνεπάγεται τη δημιουργία πρωτοφανούς όγκου αποβλήτων κατεδαφίσεων, τα οποία η UNEP εκτιμά πλέον σε 41,47 εκατομμύρια τόνους, αύξηση από τους 39 εκατομμύρια τόνους του Μαΐου 2024 (WB, EU and UN, 2025· UNEP, 2024). Το ζήτημα αυτό αναλύεται διεξοδικά στην ενότητα 4.1.3.

Οι ζημιές στις κρίσιμες κοινωνικές υποδομές έχουν άμεσες και μακροπρόθεσμες περιβαλλοντικές και υγειονομικές συνέπειες. Στον τομέα της υγείας, 772 υγειονομικές εγκαταστάσεις έχουν καταστραφεί πλήρως ή μερικώς, με το 95% των νοσοκομείων, το 91% των ιδιωτικών υγειονομικών μονάδων και το 88% των δημόσιων κέντρων υγείας να έχουν υποστεί ζημιές. Το 64% των πρωτοβάθμιων κέντρων υγείας είναι μη λειτουργικά, ενώ η χωρητικότητα σε εσωτερικούς ασθενείς έχει μειωθεί στο 43,6% των προπολεμικών επιπέδων. Η κατάρρευση του συστήματος συνοδεύεται από πλήρη αδυναμία διαχείρισης ιατρικών αποβλήτων, οι εγκαταστάσεις διαχείρισης ιατρικών

αποβλήτων και οι ψυκτικές αλυσίδες έχουν σχεδόν ολοκληρωτικά καταστραφεί, δημιουργώντας σημαντικούς κινδύνους βιολογικής και χημικής ρύπανσης. Στον τομέα της εκπαίδευσης, το 100% των εκπαιδευτικών εγκαταστάσεων έχει καταστραφεί ή υποστεί ζημιές. Περισσότερες από 2.308 εκπαιδευτικές μονάδες, από νηπιαγωγεία έως πανεπιστήμια, έχουν πληγεί, επηρεάζοντας 658.000 μαθητές και 87.000 φοιτητές τριτοβάθμιας εκπαίδευσης. Η πολιτιστική κληρονομιά έχει επίσης υποστεί βαριά πλήγματα, με το 53% των μνημείων πολιτιστικής αξίας, συμπεριλαμβανομένου του Μεγάλου Τζαμιού Al-Omarī και του Παλατιού Al-Pasha, να έχει καταστραφεί ή υποστεί σημαντικές φθορές.

Οι βασικές υπηρεσίες δικτύου, ενέργεια, νερό, αποχέτευση και δημοτικές υπηρεσίες — αποτελούν το πιο κρίσιμο στοιχείο από περιβαλλοντικής άποψης. Η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας από τον σταθμό ηλεκτροπαραγωγής της Γάζας (Gaza Power Plant) διακόπηκε ήδη από τις 11 Οκτωβρίου 2023 και δεν έχει αποκατασταθεί έκτοτε, ενώ περίπου το 80% του συστήματος ηλεκτροπαραγωγής και διανομής έχει καταστραφεί ή τεθεί εκτός λειτουργίας. Η καταστροφή 67 MW εγκατεστημένης ισχύος φωτοβολταϊκών συστημάτων, σε δημόσια κτίρια, νοσοκομεία, σχολεία και κατοικίες, έχει οδηγήσει στην απελευθέρωση επικίνδυνων υλικών, συμπεριλαμβανομένων περίπου 1.675 kg μολύβδου, καθώς και καδμίου από τα πλαίσια. Στον τομέα της ύδρευσης, άνω του 89% των εγκαταστάσεων WASH έχει καταστραφεί ή υποστεί ζημιές, συμπεριλαμβανομένων και των έξι μονάδων επεξεργασίας λυμάτων (μία ολοσχερώς κατεστραμμένη) και των δύο εκ των τριών συνδέσεων με τον ισραηλινό υδάτινο φορέα Mekorot. Η παραγωγή ασφαλούς πόσιμου νερού έχει μειωθεί σε λιγότερο από το 30% του προπολεμικού επιπέδου. Η διαθέσιμη παροχή νερού για τον εκτοπισμένο πληθυσμό έχει περιοριστεί δραματικά: το 40% των Παλαιστινίων δεν έχει πρόσβαση ούτε στα 6 λίτρα ανά άτομο ημερησίως που συνιστώνται, ενώ ορισμένοι επιβιώνουν με μόλις 500 ml την ημέρα. Η

κατάρρευση της επεξεργασίας λυμάτων έχει οδηγήσει σε απόρριψη ανεπεξέργαστων αποβλήτων απευθείας στο έδαφος και τη θάλασσα, ρυπαίνοντας τον παράκτιο υδροφορέα και την παράκτια ζώνη. Ως αποτέλεσμα, η πολιομυελίτιδα, ασθένεια που είχε εξαφανιστεί από τη Λωρίδα επί 25 έτη, έχει επανεμφανιστεί.

Στον τομέα των μεταφορών, οι ζημιές εκτιμώνται σε 2,5 δισεκατομμύρια δολάρια, με το 81% του ταξινομημένου οδικού δικτύου (πρωτεύοντες, δευτερεύοντες και τριτεύοντες άξονες) και το 62% του συνολικού οδικού δικτύου να έχουν υποστεί ζημιές. Το 85% του τροχαίου υλικού, συμπεριλαμβανομένων ιδιωτικών οχημάτων, ταξί και βαρέων οχημάτων, έχει επίσης καταστραφεί. Η ζημιά αυτή, πέραν των προφανών επιπτώσεων στη μεταφορά ανθρωπιστικής βοήθειας, παρεμποδίζει κρίσιμα τις επιχειρήσεις απομάκρυνσης μπαζών και διαχείρισης επικίνδυνων υλικών. Ο αγροτικός τομέας εμφανίζει ζημιές ύψους 835 εκατομμυρίων δολαρίων και απώλειες 1,3 δισεκατομμυρίων, με άνω του 80% των αγροτικών υποδομών, συστήματα άρδευσης, θερμοκήπια, εγκαταστάσεις μεταποίησης, να έχουν υποστεί ζημιές. Οι καλλιέργειες υψηλής αξίας (λαχανικά, φράουλες) έχουν πληγεί έως και 82%, ενώ η αλιεία έχει καταρρεύσει με 94% των αλιευτικών σκαφών και 100% των εγκαταστάσεων ψύξης και μεταποίησης να έχουν πληγεί. Ιδιαίτερη ανησυχία προκαλεί η δημιουργία διευρυμένων ζωνών αποκλεισμού πλάτους 1,2 χιλιομέτρων εντός της Γάζας και κατά μήκος των συνόρων, καθώς και στρατιωτικών διαδρόμων που διασχίζουν τη Λωρίδα (με σημαντικότερο τον Διάδρομο Netzarim πλάτους 4 km), γεγονός που συνεπάγεται πιθανή απώλεια πρόσβασης σε μεγάλο μέρος της πιο γόνιμης αγροτικής γης της περιοχής.

Οι ειδικότερα περιβαλλοντικές ζημιές, όπως καταγράφονται στην IRDNA, εκτιμώνται σε 92 εκατομμύρια δολάρια, ποσό που αφορά κυρίως τη φυσική ζημιά σε οικοσυστημικούς πόρους. Ωστόσο, οι ετήσιες οικονομικές απώλειες από την

υποβάθμιση του περιβάλλοντος υπολογίζονται σε 165 εκατομμύρια δολάρια, ενώ οι συνολικές ανάγκες αποκατάστασης ανέρχονται σε 1,9 δισεκατομμύρια δολάρια, εκ των οποίων άνω του ενός δισεκατομμυρίου προορίζεται αποκλειστικά για τη διαχείριση μπαζών. Οι επιπτώσεις περιλαμβάνουν τη ρύπανση υπόγειων υδάτων, εδαφών και παράκτιων νερών από υπολείμματα εκρηκτικών, βαρέα μέταλλα και καύσιμα· την καταστροφή των μονάδων επεξεργασίας λυμάτων και απορριμμάτων· τη σοβαρή υποβάθμιση του μοναδικού υδροτοπικού συστήματος της Wadi Gaza· την ατμοσφαιρική ρύπανση από συνεχείς βομβαρδισμούς, πυρκαγιές και κατεδαφίσεις· και την επιμόλυνση των μπαζών με μη εκραγέντα πυρομαχικά και αμιάντο — η UNEP εκτιμά ότι περίπου 2,3 εκατομμύρια τόνοι μπαζών ενδέχεται να είναι επιμολυσμένοι με αμιάντο. Εκτιμάται ότι πάνω από 10.000 άνθρωποι βρίσκονται ακόμη θαμμένοι κάτω από τα ερείπια. Σύμφωνα με την IRDNA, οι αναφερόμενες περιβαλλοντικές ζημιές είναι πιθανότατα υποεκτιμημένες, καθώς δεν έχουν ακόμη κοστολογηθεί πλήρως η ανακύκλωση ορισμένων τύπων μπαζών, η αποκατάσταση επικίνδυνων ρύπων, η ατμοσφαιρική ρύπανση και η ρύπανση εδάφους και υδροφορέα.

Πέραν των υλικών καταστροφών, η ανθρώπινη διάσταση της κρίσης είναι εξαιρετικά βαριά και συνδέεται άμεσα με την περιβαλλοντική υποβάθμιση. Μέχρι τον Ιανουάριο του 2025 είχαν καταγραφεί τουλάχιστον 47.000 νεκροί, εκ των οποίων 13.000 παιδιά και 7.200 γυναίκες, ενώ οι τραυματίες ξεπερνούν τους 111.000. Περίπου 1,9 εκατομμύρια άνθρωποι, σχεδόν ολόκληρος ο πληθυσμός της Γάζας, βρίσκονται εσωτερικά εκτοπισμένοι, πολλοί από αυτούς επανειλημμένα. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας εκτιμά ότι το 25% των 108.000 τραυματιών φέρει σοβαρούς, μόνιμης φύσεως τραυματισμούς που απαιτούν συνεχή αποκατάσταση, ενώ περισσότερα από 1.000 παιδιά έχουν υποβληθεί σε ακρωτηριασμούς, ορισμένοι σχετιζόμενοι άμεσα με την παρουσία μη εκραγέντων πυρομαχικών. Σχεδόν το σύνολο του πληθυσμού ζει

πλέον σε πολυδιάστατη φτώχεια, με το σχετικό ποσοστό να προβλέπεται στο 97,9% για το 2024 (UNDP & ESCWA, 2024), έναντι 63,7% προ της σύγκρουσης. Ο Δείκτης Ανθρώπινης Ανάπτυξης της Γάζας υπολογίζεται ότι οπισθοχώρησε κατά 69 έτη μέσα σε έναν χρόνο πολέμου. Οι συνθήκες υπερσυνωστισμού σε καταφύγια και αυτοσχέδιους καταυλισμούς, σε συνδυασμό με την κατάρρευση των συστημάτων ύδρευσης-αποχέτευσης και την έλλειψη επαρκών υπηρεσιών υγείας, έχουν οδηγήσει σε περισσότερα από 1,8 εκατομμύρια καταγεγραμμένα περιστατικά λοιμωδών νοσημάτων και σε οξύ υποσιτισμό, ιδιαίτερα παιδιών και εγκύων γυναικών (UNICEF, 2024). Η σύνδεση με την περιβαλλοντική διάσταση είναι άμεση: η υποβάθμιση των περιβαλλοντικών συνθηκών μεγεθύνει τις επιπτώσεις της σύγκρουσης στην ανθρώπινη υγεία και ευημερία.

Η μακροοικονομική διάσταση της καταστροφής είναι εξίσου πρωτοφανής. Το ΑΕΠ της Γάζας συρρικνώθηκε κατά 86% το πρώτο εξάμηνο του 2024 σε ετήσια βάση, ενώ για ολόκληρο το έτος η συρρίκνωση εκτιμάται στο 83% (PCBS, 2024). Η συνεισφορά της Γάζας στο συνολικό παλαιστινιακό ΑΕΠ αναμένεται να έχει υποχωρήσει στο 3% για το 2024, από 17% πριν τη σύγκρουση, παρά το γεγονός ότι η Λωρίδα φιλοξενεί το 40% του παλαιστινιακού πληθυσμού. Η ανεργία στη Γάζα άγγιξε το 79,7% τον Οκτώβριο του 2024, ενώ οι τιμές καταναλωτή εκτινάχθηκαν κατά 309,4% σε ετήσια βάση, με τα τρόφιμα να σημειώνουν άνοδο 448% και τα καύσιμα 207%. Σύμφωνα με τις προβολές της IRDNA, η οικονομία της Γάζας δεν αναμένεται να επανέλθει σε προπολεμικά επίπεδα πριν από τα μέσα της δεκαετίας του 2030. Οι επιπτώσεις αυτές έχουν επεκταθεί και στη Δυτική Όχθη, η οποία αναμένεται να υποστεί συρρίκνωση του ΑΕΠ κατά 16% το 2024, κυρίως λόγω των ισραηλινών περιορισμών στην κίνηση εργαζομένων και των μειωμένων εισπράξεων φόρων.

Συνοψίζοντας, η έκταση των ζημιών που έχει προκαλέσει η σύγκρουση στη Γάζα είναι πρωτοφανής τόσο σε απόλυτους όσο και σε σχετικούς όρους και η ιδιαιτερότητα της Λωρίδας, η γεωγραφική συγκέντρωση σε μικρή έκταση, η υψηλή πληθυσμιακή πυκνότητα και η προϋπάρχουσα περιβαλλοντική ευπάθεια, δημιουργεί ένα σύνθετο πλαίσιο περιβαλλοντικής κρίσης. Οι επιμέρους συνιστώσες αυτής της κρίσης, η παραγωγή και διαχείριση τεράστιων ποσοτήτων μπαζών, η ρύπανση των υδατικών πόρων, η υποβάθμιση εδάφους και αέρα, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και η καταστροφή των φυσικών οικοσυστημάτων, αναλύονται στις ενότητες που ακολουθούν. Η IRDNA αναγνωρίζει τη διαχείριση μπαζών και την απομάκρυνση επικίνδυνων υλικών και μη εκραγέντων πυρομαχικών ως τους πλέον άμεσους περιβαλλοντικούς και ανθρωπιστικούς στόχους, χωρίς τους οποίους δεν είναι δυνατή η μετάβαση σε οποιοδήποτε στάδιο ανοικοδόμησης.

4.1.1 Καταστροφή υποδομών & απόβλητα κατεδαφίσεων

4.1.1.1 Υγειονομικές υποδομές

Ο τομέας της υγείας στη Λωρίδα της Γάζας έχει υποστεί μία από τις πιο εκτεταμένες καταστροφές σε τομεακό επίπεδο, με άμεσες υλικές ζημιές που εκτιμώνται σε 1,3 δισεκατομμύρια δολάρια και οικονομικές απώλειες που φτάνουν τα 6,3 δισεκατομμύρια, τον υψηλότερο αριθμό απωλειών μεταξύ όλων των τομέων (WB, EU and UN, 2025). Συνολικά, 772 υγειονομικές εγκαταστάσεις έχουν καταστραφεί πλήρως ή μερικώς, μεταξύ των οποίων το 95% των νοσοκομείων, το 91% των ιδιωτικών υγειονομικών μονάδων και το 88% των δημόσιων κέντρων υγείας. Οι ζημιές μόνο στα νοσοκομεία υπερβαίνουν τα 809 εκατομμύρια δολάρια, ενώ μεγάλες δομές όπως το Al-Shifa στην πόλη της Γάζας, το Indonesian Hospital και το Kamal Adwan στη Βόρεια Γάζα, καθώς και τα Nasser και European Gaza Hospital στο Khan Younis, έχουν

υποστεί σοβαρές φθορές ή έχουν τεθεί εκτός λειτουργίας. Σε λειτουργικό επίπεδο, το 64% των πρωτοβάθμιων κέντρων υγείας είναι μη λειτουργικά, ενώ η χωρητικότητα σε κλίνες των μερικώς λειτουργικών νοσοκομείων έχει μειωθεί στο 43,6% των προπολεμικών επιπέδων. Η γεωγραφική κατανομή των ζημιών αντικατοπτρίζει την ένταση των επιχειρήσεων: η κυβερνητική περιοχή της Γάζας έχει υποστεί ζημιές ύψους 682 εκατομμυρίων δολαρίων, ακολουθούμενη από το Khan Younis (132 εκατ.) και τη Βόρεια Γάζα (112 εκατ.). Πέραν των υλικών ζημιών, καταγράφονται άνω των 1.700 αγνοούμενων εργαζομένων του τομέα υγείας, ενώ περίπου 350.000 άνθρωποι με χρόνιες παθήσεις έχουν εξαιρετικά περιορισμένη πρόσβαση σε φάρμακα και ζωτικές ιατρικές διαδικασίες, όπως η αιμοκάθαρση. Από περιβαλλοντικής σκοπιάς, η κρισιμότερη συνέπεια της καταστροφής αυτής είναι η ουσιαστικά ολοκληρωτική καταστροφή των εγκαταστάσεων διαχείρισης ιατρικών αποβλήτων και των συστημάτων ψυκτικής αλυσίδας. Η αδυναμία επεξεργασίας και ασφαλούς διάθεσης ιατρικών αποβλήτων, τα οποία περιλαμβάνουν βιολογικά επικίνδυνα υλικά, χημικές ουσίες από φαρμακευτικά σκευάσματα και απολυμαντικά, καθώς και αιχμηρά αντικείμενα, δημιουργεί σοβαρούς κινδύνους βιολογικής και χημικής ρύπανσης. Η συσσώρευση μη επεξεργασμένων ιατρικών αποβλήτων σε κατεστραμμένα νοσοκομεία και προσωρινές εγκαταστάσεις περίθαλψης έχει συμβάλει στην εκρηκτική εξάπλωση λοιμωδών νοσημάτων, άνω του 1,8 εκατομμυρίου καταγεγραμμένα περιστατικά και στην επανεμφάνιση της πολιομυελίτιδας στη Λωρίδα μετά από 25 έτη απουσίας (WHO, 2024).



Εικόνα 3 Περιοχή του Νοσοκομείου Al-Shifa, Γάζα, σύγκριση Ιουνίου 2022 και Ιουνίου 2024. Πηγή: Maxar Technologies

4.1.1.2 Εκπαιδευτικές υποδομές

Ο τομέας της εκπαίδευσης στη Λωρίδα της Γάζας έχει υποστεί ολοκληρωτική κατάρρευση, με το 100% των εκπαιδευτικών εγκαταστάσεων να έχει καταστραφεί πλήρως ή να έχει υποστεί ζημιές (WB, EU and UN, 2025). Οι άμεσες υλικές ζημιές εκτιμώνται σε 874 εκατομμύρια δολάρια, ενώ οι οικονομικές και κοινωνικές απώλειες ανέρχονται σε 3,2 δισεκατομμύρια δολάρια, αποτυπώνοντας τις μακροπρόθεσμες συνέπειες στη συσσώρευση ανθρώπινου κεφαλαίου. Συνολικά, πάνω από 2.308 εκπαιδευτικές μονάδες, από νηπιαγωγεία έως ιδρύματα τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, έχουν πληγεί, επηρεάζοντας περίπου 658.000 μαθητές πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και 87.000 φοιτητές τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, οι οποίοι παραμένουν εκτός εκπαιδευτικής διαδικασίας για πάνω από έναν χρόνο. Οι ζημιές στα δημόσια σχολεία ανέρχονται σε 351 εκατομμύρια δολάρια, ενώ στις εγκαταστάσεις της UNRWA, οι οποίες κάλυπταν περίπου το ήμισυ του μαθητικού πληθυσμού πριν τη σύγκρουση, εκτιμώνται σε επιπλέον 196 εκατομμύρια δολάρια. Στον τομέα της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, 17 πανεπιστημιακές εγκαταστάσεις, ποσοστό που αντιστοιχεί στο 63% των εξεταζόμενων πανεπιστημιούπολεων, έχουν καταστραφεί ή υποστεί σοβαρές ζημιές, με το συνολικό κόστος να υπολογίζεται σε 222 εκατομμύρια δολάρια. Σημαντικά ιδρύματα όπως το Ισλαμικό Πανεπιστήμιο της Γάζας και το Πανεπιστήμιο Al-Azhar έχουν υποστεί εκτεταμένες καταστροφές, ενώ οι ανθρώπινες απώλειες στον τομέα είναι δραματικές: τουλάχιστον 11.913 μαθητές, 788 φοιτητές και 616 εκπαιδευτικοί έχουν χάσει τη ζωή τους, ενώ άλλοι 17.115 μαθητές και 2.491 εκπαιδευτικοί έχουν τραυματιστεί σοβαρά. Από περιβαλλοντικής και δημόσιας υγείας σκοπιάς, η καταστροφή των εκπαιδευτικών εγκαταστάσεων έχει πολλαπλές συνέπειες: η μετατροπή των σχολείων που παραμένουν όρθια σε καταφύγια για εσωτερικά εκτοπισμένους έχει οδηγήσει σε συνθήκες ακραίου υπερσυνωστισμού, κακής υγιεινής

και αδυναμίας διαχείρισης λυμάτων και απορριμμάτων, με άμεσες επιπτώσεις στην εξάπλωση λοιμωδών νοσημάτων· παράλληλα, η καταστροφή των εργαστηρίων θετικών επιστημών και των τεχνικών σχολών (TVET) έχει πιθανώς απελευθερώσει στο περιβάλλον χημικές ουσίες, αντιδραστήρια και ηλεκτρονικό εξοπλισμό, τα οποία, εφόσον δεν διαχειριστούν κατάλληλα κατά την απομάκρυνση των ερειπίων, αποτελούν εστίες δευτερογενούς ρύπανσης εδάφους και υπόγειων υδάτων.

4.1.1.3 Ενεργειακές υποδομές

Οι ενεργειακές υποδομές της Λωρίδας της Γάζας αποτελούν έναν από τους πλέον κρίσιμους τομείς από περιβαλλοντικής άποψης, καθώς η κατάρρευσή τους συνεπάγεται αλυσιδωτές συνέπειες σε πρακτικά όλες τις υπόλοιπες υπηρεσίες περιβαλλοντικής διαχείρισης. Σύμφωνα με την IRDNA, οι υλικές ζημιές στον ενεργειακό τομέα ανέρχονται σε 494 εκατομμύρια δολάρια, ενώ οι οικονομικές απώλειες εκτιμώνται σε 243 εκατομμύρια (WB, EU and UN, 2025). Η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας από τον Σταθμό Ηλεκτροπαραγωγής της Γάζας (Gaza Power Plant) διακόπηκε ήδη από τις 11 Οκτωβρίου 2023 και δεν έχει αποκατασταθεί έκτοτε, ενώ ταυτόχρονα ανεστάλησαν οι εισαγωγές ηλεκτρικής ενέργειας από την Israel Electric Corporation, οι οποίες κάλυπταν προπολεμικά το μεγαλύτερο μέρος της ζήτησης. Η προπολεμική κατάσταση του τομέα ήταν ήδη εξαιρετικά ευάλωτη: η συνολική ζήτηση υπερέβαινε τα 600 MW, ενώ η διαθέσιμη ισχύς από τον τοπικό σταθμό και τις εισαγωγές δεν ξεπερνούσε τα 190 MW, γεγονός που καθιστούσε αναγκαίες τις εκτεταμένες διακοπές ρεύματος (load shedding). Η Gaza Electricity Distribution Company (GEDCO) έδινε προτεραιότητα σε κρίσιμες εγκαταστάσεις όπως τα νοσοκομεία, ενώ η διείσδυση ηλιακής ενέργειας, με περίπου 80 MW εγκατεστημένης ισχύος σε στέγες κτιρίων, αποτελούσε ένα από τα υψηλότερα ποσοστά στέγης με φωτοβολταϊκά στη Μέση Ανατολή. Οι καταστροφές

από τη σύγκρουση έχουν επηρεάσει σχεδόν το σύνολο του ενεργειακού συστήματος: περίπου το 80% των εγκαταστάσεων παραγωγής και διανομής έχει καταστραφεί ή καταστεί μη λειτουργικό, ενώ 510 χιλιόμετρα του δικτύου διανομής, ποσοστό 61,5% του συνολικού— έχουν υποστεί ζημιές. Από τα 10 σημεία υψηλής τάσης σύνδεσης με το ισραηλινό δίκτυο, τα περισσότερα έχουν καταστραφεί, όπως και οι αποθήκες, τα οχήματα και το σύστημα εποπτικού ελέγχου SCADA της GEDCO. Ιδιαίτερη περιβαλλοντική σημασία έχει η καταστροφή 67 MW εγκατεστημένης ισχύος φωτοβολταϊκών συστημάτων, τα οποία ήταν τοποθετημένα σε δημόσια κτίρια, νοσοκομεία, σχολεία, μονάδες ύδρευσης και κατοικίες. Η καταστροφή αυτή έχει οδηγήσει στην απελευθέρωση στο περιβάλλον σημαντικών ποσοτήτων επικίνδυνων υλικών: περίπου 1.675 κιλά μολύβδου από τις μπαταρίες και τους συσσωρευτές, κάδμιο από τα λεπτού υμενίου πλαίσια, καθώς και τοξικά αέρια από την καύση των πολυμερών και των συνθετικών υλικών κατασκευής. Ο μόλυβδος και το κάδμιο, σε περίπτωση έκλυσης από βροχοπτώσεις ή καύσης των πλαισίων, εισέρχονται στο έδαφος και τα υπόγεια ύδατα, ρυπαίνοντας τον ήδη επιβαρυνμένο παράκτιο υδροφόρο ορίζοντα. Παράλληλα, η καταστροφή 84 πρατηρίων καυσίμων και 5 μεγάλων εγκαταστάσεων αποθήκευσης καυσίμων, καθώς και ο βομβαρδισμός του ίδιου του Σταθμού Ηλεκτροπαραγωγής στις 10 Ιανουαρίου 2024, που προκάλεσε πυρκαγιά, έχουν απελευθερώσει στο περιβάλλον πετρελαϊκούς υδρογονάνθρακες (TPH), αιθάλη και βαρέα μέταλλα. Το ιστορικό προηγούμενο της μόλυνσης εδάφους από διαρροή 1.000 λίτρων diesel σε εργοστάσιο τσιμέντου στη Rafah κατά προηγούμενη σύγκρουση, όπου η UNEP είχε καταγράψει επίπεδα TPH πάνω από τα όρια παρέμβασης (UNEP, 2009), δείχνει ότι ακόμη και μικρές ποσότητες καυσίμων αποτελούν σοβαρό κίνδυνο για τα υπόγεια ύδατα. Η ολική σχεδόν απουσία ηλεκτρικής ενέργειας έχει επιπρόσθετες έμμεσες αλλά καταλυτικές περιβαλλοντικές συνέπειες: αδυναμία λειτουργίας μονάδων επεξεργασίας λυμάτων,

διακοπή άντλησης νερού από γεωτρήσεις, κατάρρευση της ψυκτικής αλυσίδας στα νοσοκομεία και στις εγκαταστάσεις τροφίμων και αδυναμία λειτουργίας της μοναδικής μονάδας αφαλάτωσης στο Deir Al-Balah.



Εικόνα 4 Δορυφορική εικόνα της 16ης Δεκεμβρίου 2023 που αποτυπώνει τη σχεδόν ολοσχερή καταστροφή της Βιομηχανικής Ζώνης της Γάζας (Gaza Industrial Estate). Πηγή: World Bank.

4.1.1.4 Υδάτινες υποδομές

Οι υδατικές υποδομές της Λωρίδας της Γάζας αποτελούν τον πλέον κρίσιμο τομέα από πλευράς περιβαλλοντικής και δημόσιας υγείας, καθώς η κατάρρευσή τους συνδέεται άμεσα με τη ρύπανση των υπόγειων και παράκτιων υδάτων, την εξάπλωση λοιμωδών νοσημάτων και τη μακροχρόνια υποβάθμιση του παράκτιου υδροφορέα. Σύμφωνα με την IRDNA, οι υλικές ζημιές στον τομέα ύδρευσης, αποχέτευσης και υγιεινής (WASH) εκτιμώνται σε 1,5 δισεκατομμύρια δολάρια, ενώ άνω του 89% των εγκαταστάσεων WASH έχει καταστραφεί πλήρως ή υποστεί μερικές ζημιές (WB, EU and UN, 2025). Πριν τη σύγκρουση, η μέση ημερήσια παροχή νερού ανά κάτοικο ανερχόταν σε περίπου 82 λίτρα, τιμή ήδη χαμηλότερη από το διεθνώς αναγνωρισμένο ελάχιστο των

100 λίτρων που ορίζει ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας. Οι κύριες πηγές πόσιμου νερού ήταν οι μικρές μονάδες αφαλάτωσης βραχυπρόθεσμης χαμηλής δυναμικότητας (STLV), τρεις συνδέσεις με τον ισραηλινό υδάτινο φορέα Mekorot και εγκαταστάσεις αφαλάτωσης υφάλμυρου νερού, ενώ η πρόσβαση σε ασφαλώς διαχειριζόμενο πόσιμο νερό μέσω δικτύου περιοριζόταν στο 6% του πληθυσμού. Ο παράκτιος υδροφορέας της Γάζας, ο βασικός υδατικός πόρος της Λωρίδας, ήταν ήδη σε κρίσιμη κατάσταση λόγω χρόνιας υπεράντλησης και υφαλμύρινσης, με ετήσια φυσική ανανέωση 55,60 εκατομμυρίων κυβικών μέτρων έναντι άντλησης που υπερέβαινε τα 160 εκατομμύρια, ένα κλασικό παράδειγμα μη βιώσιμης διαχείρισης υδατικών πόρων. Η σύγκρουση έχει προκαλέσει εκτεταμένες ζημιές σε όλες τις κατηγορίες υδατικών υποδομών: έχουν πληγεί κρίσιμες εγκαταστάσεις, όπως γεωτρήσεις ύδρευσης, δεξαμενές, αντλιοστάσια λυμάτων και μονάδες αφαλάτωσης STLV, ενώ και οι έξι μονάδες επεξεργασίας λυμάτων έχουν υποστεί ζημιές, με τη μία εξ αυτών ολοσχερώς κατεστραμμένη. Παράλληλα, δύο από τις τρεις συνδέσεις με τον φορέα Mekorot έχουν τεθεί εκτός λειτουργίας, ενώ η λειτουργία του συνόλου των υδατικών εγκαταστάσεων έχει επηρεαστεί δραματικά από τη διακοπή της ηλεκτροδότησης και την έλλειψη καυσίμων για τις εφεδρικές γεννήτριες. Ως αποτέλεσμα, η παραγωγή ασφαλούς πόσιμου νερού έχει μειωθεί σε λιγότερο από το 30% του προπολεμικού επιπέδου, ενώ η παροχή νερού για τον εκτοπισμένο πληθυσμό έχει περιοριστεί δραματικά: το 40% των Παλαιστινίων δεν έχει πρόσβαση ούτε στα 6 λίτρα ανά άτομο ημερησίως που συνιστώνται ως ελάχιστα για πόση και οικιακή χρήση, ενώ ορισμένοι επιβιώνουν με μόλις 500 ml την ημέρα (OCHA, 2024). Από περιβαλλοντικής σκοπιάς, οι πιο σοβαρές συνέπειες προκύπτουν από την κατάρρευση της επεξεργασίας λυμάτων: καθημερινά απελευθερώνονται περίπου 130.000 κυβικά μέτρα ανεπεξέργαστων λυμάτων στο έδαφος, τον υδροφορέα και τη Μεσόγειο Θάλασσα, επιβαρύνοντας δραματικά τόσο τα

υπόγεια ύδατα όσο και την παράκτια ζώνη. Η διήθηση νιτρικών, χλωριόντων και παθογόνων μικροοργανισμών στον παράκτιο υδροφορέα ενισχύει περαιτέρω τα ήδη υψηλά επίπεδα ρύπανσης, ενώ η παράκτια απόρριψη προκαλεί αύξηση της χλωροφύλλης-α , ευτροφισμό και ρύπανση από γαστρεντερικά παθόγεννα που έχουν καταγραφεί σε προγενέστερες μελέτες παράκτιων υδάτων της Γάζας (UNEP, 2020). Η κατάρρευση των υδατικών συστημάτων έχει ήδη επιφέρει μετρήσιμες συνέπειες στη δημόσια υγεία, με πιο χαρακτηριστική την επανεμφάνιση της πολιομυελίτιδας, νόσου που είχε εξαφανιστεί από τη Λωρίδα επί 25 έτη, καθώς και την καταγραφή άνω των 1,8 εκατομμυρίων περιστατικών λοιμωδών νοσημάτων, συμπεριλαμβανομένων περιστατικών διάρροιας, δερματικών λοιμώξεων και οξέων αναπνευστικών λοιμώξεων. Η αποκατάσταση του υδατικού συστήματος αποτελεί μία από τις πλέον σύνθετες προκλήσεις της μετασυγκρουσιακής φάσης, καθώς πρέπει να αντιμετωπιστεί παράλληλα με την αποκατάσταση του ήδη υπεραντλημένου και ρυπασμένου υδροφορέα, απαιτώντας συνολική στρατηγική ολοκληρωμένης διαχείρισης υδατικών πόρων.

4.1.1.5 Υποδομές μεταφορών

Ο τομέας των μεταφορών αποτελεί μία από τις πλέον εκτενώς πληγείσες κατηγορίες υποδομών, με άμεσες υλικές ζημιές που εκτιμώνται σε 2,5 δισεκατομμύρια δολάρια και οικονομικές απώλειες 377 εκατομμυρίων δολαρίων (WB, EU and UN, 2025). Η σύγκρουση έχει οδηγήσει σε ζημιές στο 81% του ταξινομημένου οδικού δικτύου της Λωρίδας, το οποίο περιλαμβάνει πρωτεύοντες, δευτερεύοντες και τριτεύοντες άξονες και στο 62% του συνολικού οδικού δικτύου, συμπεριλαμβανομένων των αγροτικών οδών. Ειδικότερα, το 44% των πρωτευόντων οδικών αρτηριών, οι οποίες είναι απαραίτητες για τη διακίνηση αγαθών, τροφίμων και ανθρωπιστικής βοήθειας, έχει

υποστεί σοβαρές ζημιές, με τη συνολική αξία των καταστροφών στο οδικό δίκτυο να εκτιμάται σε 607 εκατομμύρια δολάρια. Πέραν των οδικών υποδομών, το 80% των λοιπών σταθερών εγκαταστάσεων μεταφορών, γέφυρες, οχετοί, το λιμάνι της Γάζας και τα σημεία διέλευσης συνόρων, έχει επίσης πληγεί σοβαρά. Το διεθνές αεροδρόμιο Yasser Arafat στη Rafah, το οποίο είχε ήδη καταστραφεί σε προγενέστερες συγκρούσεις, δεν παρουσιάζει λειτουργική ικανότητα, ενώ το μικρό αλιευτικό λιμάνι της Γάζας έχει υποστεί εκτεταμένες ζημιές. Σημαντική είναι και η καταστροφή του τροχαίου υλικού: εκτιμάται ότι το 85% του συνολικού στόλου οχημάτων, συμπεριλαμβανομένων ιδιωτικών αυτοκινήτων, ταξί και βαρέων οχημάτων μεταφοράς— έχει καταστραφεί, με το αντίστοιχο κόστος να φτάνει σχεδόν τα 1,8 δισεκατομμύρια δολάρια. Από περιβαλλοντικής σκοπιάς, η καταστροφή των μεταφορικών υποδομών έχει πολλαπλές και αλληλένδετες συνέπειες. Πρωταρχικά, η αδυναμία διέλευσης βαρέων οχημάτων στους κατεστραμμένους οδικούς άξονες παρεμποδίζει δραματικά τις επιχειρήσεις απομάκρυνσης μπαζών, οι οποίες απαιτούν, σύμφωνα με τις εκτιμήσεις της UNEP, τη χρήση 105 φορτηγών σε καθημερινή βάση για περίοδο 15 ετών, καθώς και τη μεταφορά επικίνδυνων υλικών σε χώρους ασφαλούς διάθεσης. Η απόθεση εκατομμυρίων τόνων μπαζών σε οδικούς άξονες και δημόσιους χώρους, λόγω της αδυναμίας αποκομιδής, δημιουργεί εστίες σκόνης, ρύπανσης και παρεμπόδισης της φυσικής απορροής των όμβριων υδάτων, με επακόλουθες πλημμύρες και μεταφορά ρύπων σε έδαφος και υπόγεια ύδατα. Παράλληλα, η διαρροή καυσίμων, λιπαντικών και ψυκτικών υγρών από τα κατεστραμμένα οχήματα αποτελεί σημαντική πηγή ρύπανσης εδάφους με πετρελαϊκούς υδρογονάνθρακες (TPH), βαρέα μέταλλα (μόλυβδος, χαλκός, ψευδάργυρος) και πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες (PAHs). Τα τέλματα από την αποσύνθεση των μπαταριών των οχημάτων αποτελούν πρόσθετη πηγή ρύπανσης με μόλυβδο και οξέα, ενώ ο κατεστραμμένος στόλος των

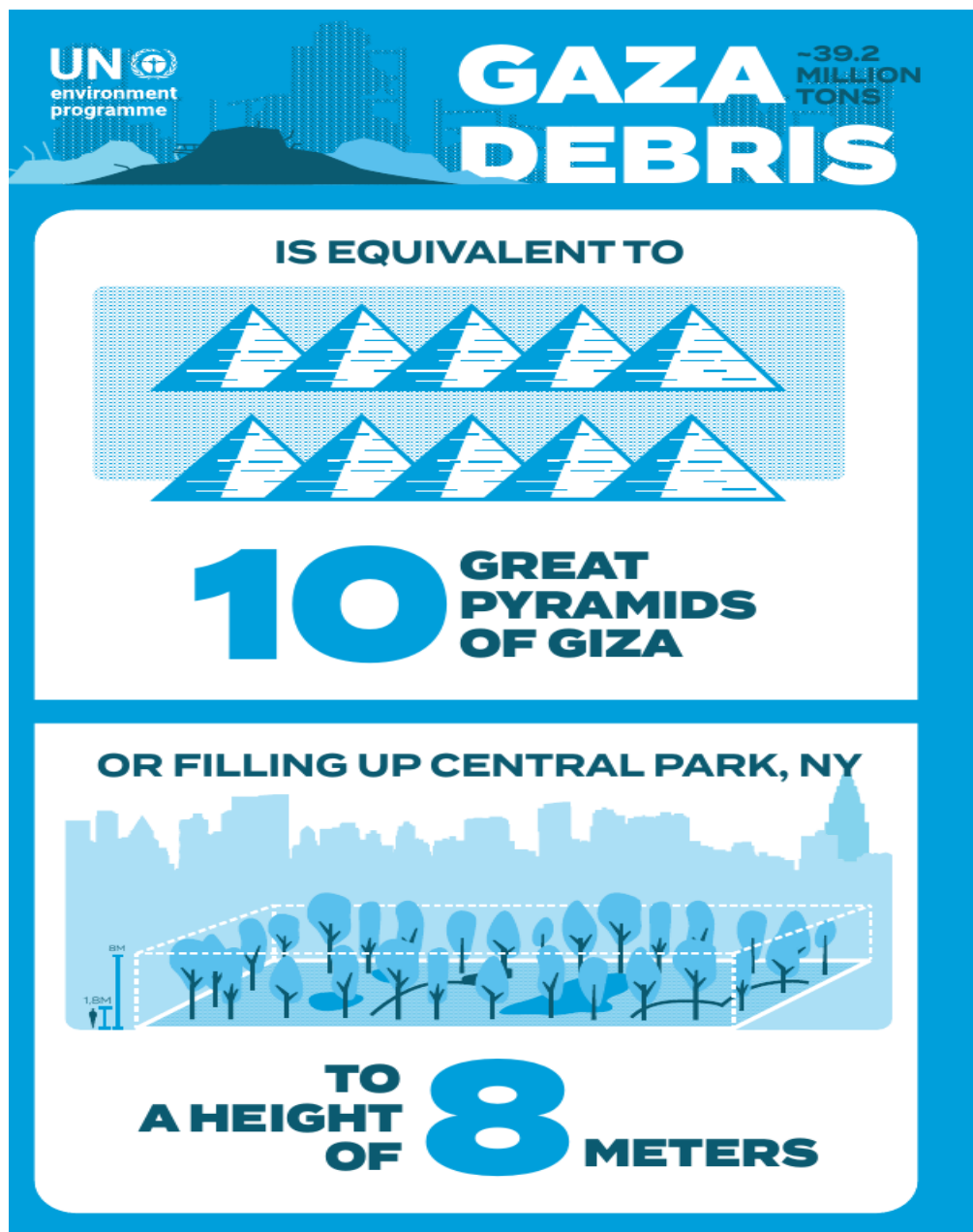
βαρέων οχημάτων συνεπάγεται την απελευθέρωση σημαντικών ποσοτήτων αμιάντου από τα συστήματα πέδησης παλαιάς τεχνολογίας και καδμίου από τους ηλεκτρονικούς συσσωρευτές. Τέλος, η επέκταση των ζωνών αποκλεισμού και η δημιουργία στρατιωτικών διαδρόμων, με σημαντικότερο τον Διάδρομο Netzarim πλάτους 4 χιλιομέτρων, ο οποίος διχотоμεί τη Λωρίδα— έχει αποκόψει σημαντικές περιοχές από την πρόσβαση σε μονάδες διαχείρισης αποβλήτων και έχει επιβαρύνει δραματικά τη διαχείριση τόσο των ανθρωπιστικών όσο και των περιβαλλοντικών προκλήσεων της μετασυγκρουσιακής φάσης.

4.1.1.6 Ποσοτικοποίηση αποβλήτων κατεδαφίσεων (CDW)

Η ποσοτικοποίηση των αποβλήτων κατεδαφίσεων και σύγκρουσης αποτελεί το πλέον κρίσιμο ποσοτικό στοιχείο για την κατανόηση του μεγέθους της περιβαλλοντικής κρίσης στη Γάζα και για τον σχεδιασμό της μετασυγκρουσιακής αποκατάστασης. Τα απόβλητα σύγκρουσης διαφοροποιούνται ουσιωδώς από τα συμβατικά απόβλητα κατεδαφίσεων (construction and demolition waste, CDW), καθώς περιέχουν μη εκραγέντα πυρομαχικά (unexploded ordnance, UXO), ανθρώπινα λείψανα και επικίνδυνες ουσίες σε μη ελεγχόμενη ανάμιξη, με αποτέλεσμα η διαχείρισή τους να απαιτεί εξειδικευμένες διαδικασίες και να επηρεάζει μια ευρύτερη γεωγραφική έκταση (UNEP, 2024).

Σύμφωνα με την πιο πρόσφατη ποσοτικοποίηση της UNEP σε συνεργασία με τον UN-Habitat, ο συνολικός όγκος μπαζών που έχουν παραχθεί στη Λωρίδα της Γάζας από την έναρξη της σύγκρουσης έως τον Οκτώβριο του 2024 εκτιμάται μεταξύ 41 και 47 εκατομμυρίων τόνων, ποσότητα αυξημένη από τους 26 εκατομμύρια τόνους που είχαν καταγραφεί στα τέλη Ιανουαρίου 2024 και τους 39,2 εκατομμύρια του Μαΐου 2024 (UNEP, 2024· WB, EU and UN, 2025). Το μέγεθος αυτό αποκτά νόημα μέσω

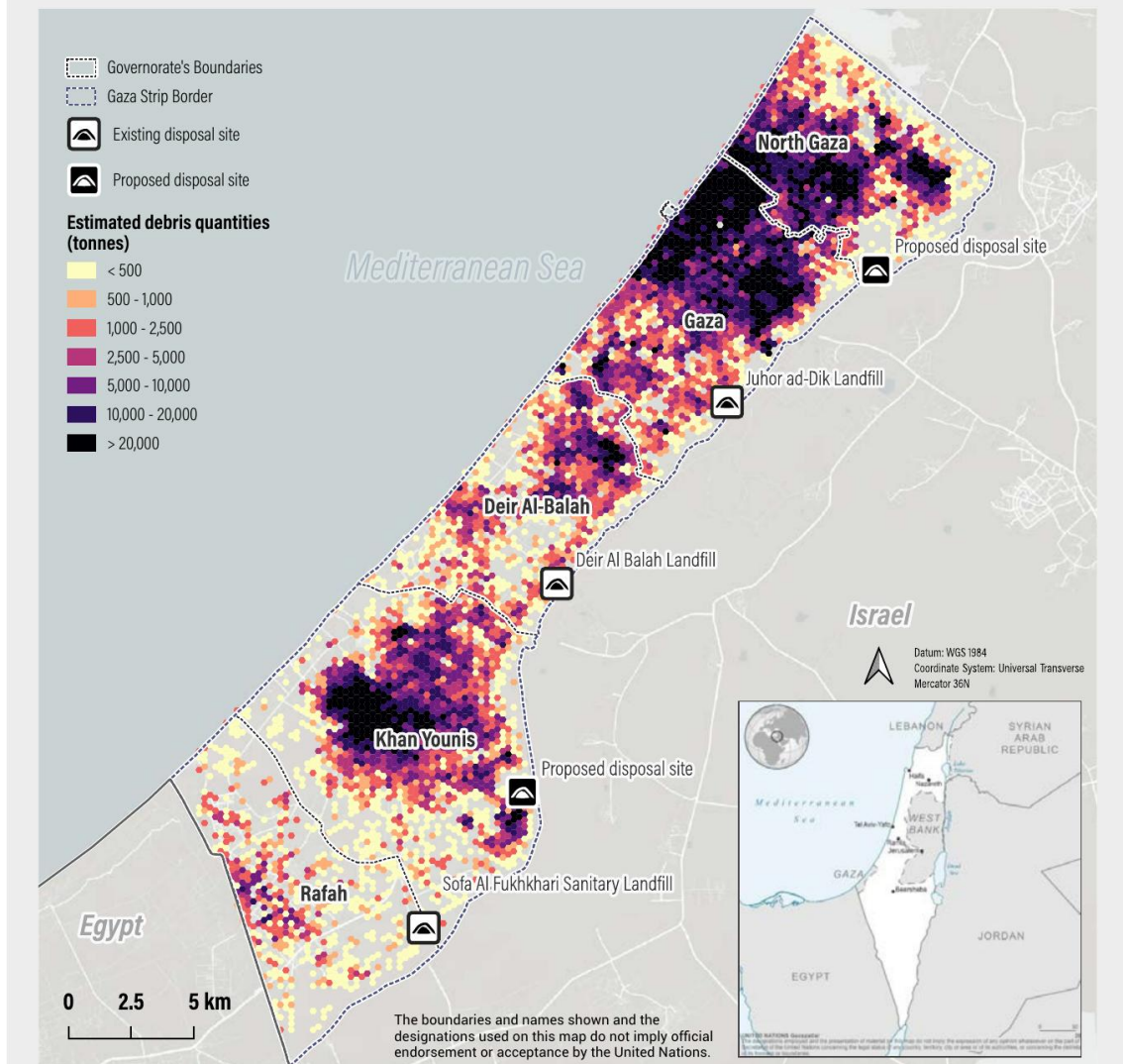
συγκρίσεων: αντιστοιχεί σε 13 φορές τη συνολική ποσότητα μπαζών που παρήχθη από όλες τις προηγούμενες συγκρούσεις στη Λωρίδα από το 2008, υπερβαίνει κατά πέντε φορές τα απόβλητα της σύγκρουσης στη Μοσούλη το 2017 (7,65 εκατομμύρια τόνοι) και σε χωρικούς όρους αντιστοιχεί σε 107 κιλά μπαζών ανά τετραγωνικό μέτρο της Λωρίδας της Γάζας, συνολικής έκτασης 365 τετραγωνικών χιλιομέτρων.



Εικόνα 5 Οπτικοποίηση του εκτιμώμενου όγκου των ~39,2 εκατομμυρίων τόνων μπαζών στη Γάζα: ισοδυναμεί με 10 Μεγάλες Πυραμίδες της Γκίζας ή με την πλήρωση του Central Park της Νέας Υόρκης σε ύψος 8 μέτρων. Πηγή: UNEP (2024).

Η μεθοδολογία ποσοτικοποίησης που εφαρμόστηκε βασίζεται σε τρεις βασικές παραμέτρους: το ίχνος κάτοψης του κτιρίου (building footprint), το ύψος του, το οποίο καθορίζει τον αριθμό ορόφων και τον ωφέλιμο χώρο (living space), ο οποίος προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό της κάτοψης με τον αριθμό ορόφων. Στη συνέχεια εφαρμόζεται συντελεστής ενός τόνου μπαζών ανά τετραγωνικό μέτρο ωφέλιμου χώρου, τιμή που έχει προκύψει εμπειρικά από προηγούμενα προγράμματα διαχείρισης μπαζών στη Γάζα. Τα δεδομένα των κατόψεων αντλήθηκαν από τη βάση δεδομένων της Παλαιστινιακής Στατιστικής Υπηρεσίας (PCBS) για κτίρια έως το 2017, ενώ για μεταγενέστερα κτίρια χρησιμοποιήθηκε ψηφιοποίηση από δορυφορικές εικόνες υψηλής ανάλυσης του Μαΐου 2023. Το ύψος εκτιμήθηκε μέσω του Global Human Settlement Built-up data layer της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, θεωρώντας μέσο ύψος ορόφου τα 3 μέτρα. Ενδεικτικά, για ένα τριώροφο κατεστραμμένο κτίριο με κάτοψη 300 τετραγωνικών μέτρων, ο συνολικός ωφέλιμος χώρος ανέρχεται σε 900 τετραγωνικά μέτρα και η παραγόμενη ποσότητα μπαζών σε 900 τόνους. Το επίπεδο αξιοπιστίας της μεθόδου εκτιμάται σε 80,85%, με τη μεθοδολογία να έχει εφαρμοστεί επιτυχώς σε προηγούμενες μεταπολεμικές και μετασεισμικές αξιολογήσεις.

Gaza Strip - Preliminary Debris Quantification



Εικόνα 6 Προκαταρκτική χωρική ποσοτικοποίηση των αποβλήτων καταδαφίσεων στη Λωρίδα της Γάζας ανά κελί καννάβου (έως 3 Μαΐου 2024), βάσει της Συνολικής Αποτίμησης Ζημιών της UNOSAT. Πηγή: UNEP / UN-Habitat (2024).

Η χωρική κατανομή των μπαζών παρουσιάζει σημαντική ανομοιογένεια, αντικατοπτρίζοντας την ένταση των επιχειρήσεων στις επιμέρους κυβερνητικές περιοχές. Η κυβερνητική περιοχή της Γάζας συγκεντρώνει τον μεγαλύτερο όγκο με 15,3 εκατομμύρια τόνους, ακολουθούμενη από το Khan Younis με 9,1 εκατομμύρια τόνους, τη Βόρεια Γάζα με 8,1 εκατομμύρια τόνους, το Deir Al-Balah με 2,4 εκατομμύρια τόνους και τη Rafah με 0,6 εκατομμύρια τόνους, ενώ επιπλέον 3,6 εκατομμύρια τόνοι προέρχονται από κατεστραμμένους δρόμους. Όσον αφορά στην

κατανομή ανά βαθμό καταστροφής, τα ολοσχερώς κατεστραμμένα κτίρια αποτελούν το 27% του συνόλου των πληγέντων κτισμάτων αλλά συνεισφέρουν δυσανάλογα στον συνολικό όγκο μπαζών, με ποσοστό 37%. Τα κτίρια με σοβαρές ζημιές ακολουθούν με 27% της συνολικής μάζας, τα κτίρια με μέτριες ζημιές με 33%, ενώ τα κτίρια με πιθανές ζημιές συνεισφέρουν μόλις 3%. Το στοιχείο αυτό υπογραμμίζει τη δυσανάλογη βαρύτητα των ολοσχερώς κατεστραμμένων κτισμάτων στον σχεδιασμό της διαχείρισης.

Κυβερνητική περιοχή / πηγή	Όγκος μπαζών (εκατ. τόνοι)
Γάζα	15,3
Khan Younis	9,1
Βόρεια Γάζα	8,1
Deir al-Balah	2,4
Rafah	0,6
Κατεστραμμένοι δρόμοι	3,6
Σύνολο	~39,1

Πίνακας 3 Ποσότητα μπαζών στη Γάζα ανά κυβερνητική περιοχή (εκατ. τόνοι)

Η σύνθεση των μπαζών, βάσει των εκτιμήσεων της UNEP και των χαρακτηριστικών του δομημένου περιβάλλοντος της Γάζας, κυριαρχείται από δομικά υλικά: το μπετόν και το τσιμέντο αντιπροσωπεύουν περίπου το 60,65% της συνολικής μάζας, η τοιχοποιία και τα τούβλα το 20,25%, ο χάλυβας οπλισμού το 5,8% και λοιπά υλικά όπως ξύλο, γυαλί και πλαστικά περίπου το 5%. Η φαινόμενη πυκνότητα των μπαζών κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 1,2 και 1,5 τόνων ανά κυβικό μέτρο, ενώ ο συντελεστής κατάρρευσης, ο οποίος ποσοτικοποιεί τη μετατροπή του όγκου του κτιρίου σε όγκο μπαζών, κυμαίνεται από 0,6 έως 0,8 ανάλογα με τον βαθμό καταστροφής. Η

πρωτοφανής ιδιαιτερότητα της κατάστασης στη Γάζα έγκειται σε πέντε χαρακτηριστικά: την έκταση της καταστροφής στο στεγαστικό απόθεμα, τη γεωγραφική διασπορά σχεδόν σε όλο το έδαφος της Λωρίδας, τη συνολική ποσότητα των παραγόμενων μπαζών, τον ρυθμό παραγωγής τους και το αναμενόμενο εξαιρετικά υψηλό επίπεδο επιμόλυνσης με μη εκραγέντα πυρομαχικά και αμιάντο.

Το ζήτημα των επικίνδυνων συστατικών εντός των μπαζών αποτελεί την πλέον κρίσιμη περιβαλλοντική πρόκληση. Η UNEP εκτιμά ότι περίπου 2,3 εκατομμύρια τόνοι μπαζών ενδέχεται να είναι επιμολυσμένοι με αμιάντο, κυρίως λόγω της εκτεταμένης χρήσης τσιμεντόφυλλων αμιάντου σε στέγες και τοίχους των οκτώ προσφυγικών καταυλισμών της Λωρίδας. Η μεταπολεμική αξιολόγηση της UNEP το 2009 είχε ήδη εντοπίσει παρουσία αμιάντου, συμπεριλαμβανομένου του ιδιαίτερα καρκινογόνου κυανού αμιάντου (κροκιδόλιθος), τόσο στα μπάζα όσο και σε χώρους απόθεσης (UNEP, 2009). Η εισπνοή ινών αμιάντου συνδέεται αιτιολογικά με τον καρκίνο του πνεύμονα, το μεσοθηλίωμα, την αμιάντωση, καθώς και με καρκίνο του λάρυγγα και των ωοθηκών (WHO, 2014). Η UNEP υπογραμμίζει την αναγκαιότητα η διαχείριση των μπαζών από τους προσφυγικούς καταυλισμούς να διεξαχθεί χωριστά και να μην αναμιχθεί με μπάζα από άλλες περιοχές, ώστε να περιοριστεί η διασπορά της επιμόλυνσης.

Πέραν του αμιάντου, τα μπάζα περιέχουν εκτεταμένη γκάμα επικίνδυνων υλικών. Τα μη εκραγέντα πυρομαχικά αποτελούν σημαντικό κίνδυνο, με εκτιμήσεις που κάνουν λόγο για ποσοστό αστοχίας των ριπτόμενων πυρομαχικών μεταξύ 10 και 15%, γεγονός που συνεπάγεται τεράστιες ποσότητες UXO θαμμένων μέσα στα ερείπια, ενώ εκτιμάται ότι πάνω από 10.000 άνθρωποι παραμένουν ακόμη θαμμένοι κάτω από τα μπάζα.

Βαρέα μέταλλα όπως ο μόλυβδος, ο χαλκός, ο ψευδάργυρος, ο αντιμόνιος και το κάδμιο απελευθερώνονται από πυρομαχικά, ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις, υδραυλικά συστήματα και ηλεκτρονικό εξοπλισμό. Κατάλοιπα εκρηκτικών, όπως το

τρινιτροτολουόλιο (TNT) και το RDX, αποτελούν ιδιαίτερα επικίνδυνα υπολείμματα καθώς είναι τοξικά, κινητικά στο έδαφος και καρκινογόνα. Χημικές ουσίες από φαρμακευτικά, απολυμαντικά, εργαστηριακά αντιδραστήρια και φυτοφάρμακα, οι οποίες ήταν αποθηκευμένες σε νοσοκομεία και βιομηχανικές εγκαταστάσεις, προσθέτουν επιπλέον επιβάρυνση. Τέλος, η πλήρης καταστροφή του Gaza Industrial Estate, μιας εγκατάστασης με σημαντική παρουσία χημικών και βιομηχανικών δραστηριοτήτων, έχει αυξήσει σημαντικά τη συγκέντρωση επικίνδυνων υλικών στα μπάζα των συγκεκριμένων περιοχών.

Η σκόνη αποτελεί σημαντικό δευτερογενή κίνδυνο: η χρήση εκρηκτικών όπλων και η κατεδάφιση κτιρίων παράγουν μεγάλες ποσότητες λεπτών αιωρούμενων σωματιδίων, τα οποία, λόγω της μικρής τους μάζας, διασπείρονται εύκολα μέσω ανέμου και βροχοπτώσεων, μεταφέροντας ρύπους σε έδαφος, υπόγεια ύδατα και παράκτιες ζώνες πέραν της αρχικής περιοχής καταστροφής. Η σκόνη από βομβαρδισμούς βιομηχανικών χώρων είναι συχνά επιμολυσμένη με οργανικές ενώσεις, βαρέα μέταλλα από πυρομαχικά, ίνες αμιάντου και άλλα επικίνδυνα υλικά. Η χρόνια εισπνοή αυτών των σωματιδίων συνδέεται αιτιολογικά με πνευμονικές παθήσεις, συμπεριλαμβανομένης της πνευμονοκονίωσης που έχει παρατηρηθεί σε πληθυσμούς εκτεθειμένους σε σκόνη κατεδαφίσεων (Hoy, 2020).

Η βιώσιμη διαχείριση των μπαζών αποτελεί κρίσιμη πρόκληση με σημαντικές οικονομικές και χρονικές διαστάσεις. Τα προκαταρκτικά σενάρια κοστολόγησης της διαχείρισης των μπαζών κυμαίνονται μεταξύ 513 και 647 εκατομμυρίων δολαρίων για την απλή διάθεση, ενώ το σενάριο ανακύκλωσης κοστίζει 778 εκατομμύρια δολάρια, με όμως 283 εκατομμύρια έσοδα από τα ανακυκλωμένα αδρανή, μειώνοντας το καθαρό κόστος σε 495 εκατομμύρια. Βάσει πιο πρόσφατων εκτιμήσεων της IRDNA (2025), η διαχείριση του συνόλου των παραγόμενων μπαζών θα απαιτήσει επένδυση που

υπερβαίνει το ένα δισεκατομμύριο δολάρια, λόγω του αυξημένου όγκου και της επιμόλυνσης με μη εκραγέντα πυρομαχικά. Ο χρόνος που απαιτείται για τον καθαρισμό των μπαζών από κρίσιμες υποδομές και το οδικό δίκτυο εκτιμάται σε πέντε έτη, ενώ η πλήρης απομάκρυνση και διάθεση του συνόλου των μπαζών ενδέχεται να απαιτήσει έως και δεκαπέντε έτη, υπό την προϋπόθεση διαθεσιμότητας επαρκούς βαρέος εξοπλισμού, συγκεκριμένα 105 φορτηγών χωρητικότητας 12 m³ ή 19 τόνων, σε βάρδιες οκτώ ωρών επί 30 ημέρες τον μήνα. Η σενάριο ανακύκλωσης του 50% των μπαζών εκτιμάται ότι θα απαιτούσε περίπου 45 έτη.

Η επιλογή της προσέγγισης κυκλικής οικονομίας και ανακύκλωσης μετατρέπεται από επιλογή σε αναγκαιότητα, για τρεις κύριους λόγους. Ένας λόγος είναι ότι η διάθεση όλων των μπαζών θα απαιτούσε έκταση περίπου 4.906 km², απαίτηση που δύσκολα μπορεί να ικανοποιηθεί δεδομένης της συνολικής έκτασης της Λωρίδας (365 τετραγωνικά χιλιόμετρα) και της ήδη περιορισμένης διαθεσιμότητας γης. Επιπρόσθετα, τα εγχώρια αποθέματα λατομείων της Γάζας, εκτιμώμενα σε 28 εκατομμύρια τόνους, ήταν ήδη υπεραντλημένα πριν τη σύγκρουση και προβλεπόταν να εξαντληθούν εντός 15 ετών ακόμη και χωρίς τις πρόσθετες ανάγκες ανοικοδόμησης (Al-Araby, 2021). Τέλος, η ανακύκλωση μειώνει την απαιτούμενη έκταση διάθεσης κατά 50% και το συνολικό κόστος κατά 23%. Οι προτεραιότητες για τα ανακυκλωμένα αδρανή, σύμφωνα με τους δήμους της Γάζας, περιλαμβάνουν τη θεμελίωση οδικών κατασκευών και την προστασία της ακτογραμμής, ενώ υψηλότερες χρήσεις, όπως στρώσεις οδοστρώσας, σκυρόδεμα και προκατασκευασμένα στοιχεία, μπορούν επίσης να διερευνηθούν με εφαρμογή κατάλληλων ελέγχων ποιότητας.

Η επιτυχία του εγχειρήματος διαχείρισης μπαζών εξαρτάται κρίσιμα από την εφαρμογή συστηματικών διαδικασιών διαλογής στην πηγή και από τη θέσπιση περιβαλλοντικών και υγειονομικών διασφαλίσεων. Οι προτεραιότητες περιλαμβάνουν: τη χωριστή

διαχείριση των επιμολυσμένων με αμίαντο μπαζών των προσφυγικών καταυλισμών ως επικίνδυνων αποβλήτων· τον συστηματικό εντοπισμό και την ασφαλή απομάκρυνση των μη εκραγέντων πυρομαχικών πριν από οποιαδήποτε εργασία ανάκτησης· την προστασία του εργαζόμενου προσωπικού με κατάλληλο εξοπλισμό ατομικής προστασίας· την αξιοπρεπή διαχείριση και τεκμηρίωση των ανθρώπινων λειψάνων· και τη διαφύλαξη των περίπου 290 πολιτιστικών και αρχαιολογικών χώρων της Λωρίδας κατά τη διάρκεια των επιχειρήσεων απομάκρυνσης. Η επίτευξη ενός ισορροπημένου συνδυασμού ταχύτητας επιχειρήσεων και περιβαλλοντικής ασφάλειας αποτελεί την κεντρική πρόκληση της μετασυγκρουσιακής φάσης, καθώς κάθε καθυστέρηση στην απομάκρυνση μπαζών μεταφράζεται σε συνεχιζόμενη περιβαλλοντική επιβάρυνση, ενώ κάθε βιαστική ή μη ρυθμιζόμενη διαχείριση ενέχει τον κίνδυνο πολλαπλασιασμού των περιβαλλοντικών και υγειονομικών κινδύνων.

4.1.2 Επιπτώσεις σε νερό, απόβλητα και έδαφος

Η υποβάθμιση των υδατικών πόρων, η αδυναμία διαχείρισης στερεών και υγρών αποβλήτων και η ρύπανση των εδαφών αποτελούν τις πλέον άμεσες και μακροπρόθεσμα σοβαρές περιβαλλοντικές συνέπειες της σύγκρουσης στη Λωρίδα της Γάζας. Οι τρεις αυτές κατηγορίες επιπτώσεων είναι στενά αλληλένδετες: η καταστροφή των υποδομών επεξεργασίας λυμάτων οδηγεί στη ρύπανση των υπόγειων και παράκτιων υδάτων, ενώ η αδυναμία διαχείρισης στερεών αποβλήτων και η παρουσία επικίνδυνων υλικών στα μπάζα συμβάλλει στην επιβάρυνση εδαφών και υδροφορέων. Στο παρόν κεφάλαιο εξετάζονται διαδοχικά οι τρεις αυτές συνιστώσες, με έμφαση στα ποσοτικά δεδομένα ρύπανσης, στις πηγές και στα χαρακτηριστικά των ρύπων, καθώς και στις βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες συνέπειές τους στα οικοσυστήματα και τη δημόσια υγεία.

4.1.2.1 Υδατικοί πόροι και παράκτιος υδροφορέας

Ο παράκτιος υδροφορέας της Γάζας αποτελεί τον μοναδικό σημαντικό γλυκό υδατικό πόρο της Λωρίδας και εκτείνεται κατά μήκος της ανατολικής Μεσογείου, καλύπτοντας περίπου 365 τετραγωνικά χιλιόμετρα εντός της Λωρίδας και επεκτεινόμενος προς ανατολάς σε ισραηλινό έδαφος. Η προπολεμική κατάσταση του υδροφορέα ήταν ήδη κρίσιμη: η φυσική ετήσια ανανέωση εκτιμάτο σε 55,60 εκατομμύρια κυβικά μέτρα, ενώ η συνολική άντληση υπερέβαινε τα 160 εκατομμύρια κυβικά μέτρα ετησίως, με αποτέλεσμα χρόνιο υδατικό έλλειμμα που υπερβαίνει τα 100 εκατομμύρια κυβικά μέτρα ετησίως (UNEP, 2020). Η χρόνια αυτή υπεράντληση είχε ήδη προκαλέσει εκτεταμένη υφαλμύριση, με τα επίπεδα χλωριόντων σε πολλά τμήματα του υδροφορέα να υπερβαίνουν κατά δέκα και πλέον φορές τα όρια ποσιμότητας του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (250 mg/L), ενώ η συγκέντρωση νιτρικών υπερέβαινε σε αρκετές περιοχές τα 200 mg/L, έναντι ανώτατου ορίου 50 mg/L. Υπολογίζεται ότι μόλις το 3,5% των υπόγειων υδάτων της Γάζας ανταποκρίνεται στα διεθνή πρότυπα ποσιμότητας.

Η σύγκρουση έχει επιβαρύνει δραματικά αυτή την ήδη κρίσιμη κατάσταση μέσω πολλαπλών μηχανισμών ρύπανσης. Ο κύριος παράγοντας είναι η κατάρρευση του συστήματος επεξεργασίας λυμάτων: όλες οι έξι μονάδες επεξεργασίας λυμάτων έχουν υποστεί ζημιές, με τη μία ολοσχερώς κατεστραμμένη, ενώ η λειτουργία των υπολοίπων έχει ουσιαστικά ανασταλεί λόγω διακοπής της ηλεκτροδότησης και έλλειψης καυσίμων για τις εφεδρικές γεννήτριες. Ως αποτέλεσμα, περίπου 130.000 κυβικά μέτρα ανεπεξέργαστων λυμάτων απορρίπτονται καθημερινά στο έδαφος, τον υδροφορέα και τη Μεσόγειο. Η ποσότητα αυτή αντιστοιχεί, σε ετήσια βάση, σε σχεδόν 47 εκατομμύρια κυβικά μέτρα, ποσότητα συγκρίσιμη με την ετήσια φυσική ανανέωση του υδροφορέα. Τα λύματα εισάγουν στον υδροφορέα υψηλά φορτία νιτρικών, αμμωνιακών ιόντων,

φωσφορικών, οργανικού άνθρακα (BOD, COD), παθογόνων μικροοργανισμών (κολοβακτηριοειδή, E. coli, ιοί), καθώς και φαρμακευτικών υπολειμμάτων και ορμονικών ενδοκρινικών διαταρακτών.

Δευτερεύουσες αλλά σημαντικές πηγές ρύπανσης αποτελούν η διείσδυση ρύπων από τα μάζα και η απελευθέρωση χημικών υπολειμμάτων από κατεστραμμένες εγκαταστάσεις. Η πλύση από βροχοπτώσεις μεταφέρει στα υπόγεια ύδατα διαλυτά άλατα, βαρέα μέταλλα (μόλυβδος, κάδμιο, ψευδάργυρος, χαλκός), πετρελαϊκούς υδρογονάνθρακες (TPH) από διαρροές καυσίμων, καθώς και κατάλοιπα εκρηκτικών όπως TNT, RDX και τα παραπροϊόντα τους. Τα κατάλοιπα εκρηκτικών είναι ιδιαίτερα ανησυχητικά καθώς είναι υδατοδιαλυτά, κινητικά στο έδαφος, τοξικά και σε ορισμένες περιπτώσεις καρκινογόνα, ενώ η συνήθης συγκέντρωσή τους σε εδάφη μετά από χρήση πυρομαχικών υπερβαίνει κατά πολύ τα όρια παρέμβασης που προβλέπονται από τη διεθνή περιβαλλοντική νομοθεσία (CEOBS, 2023).

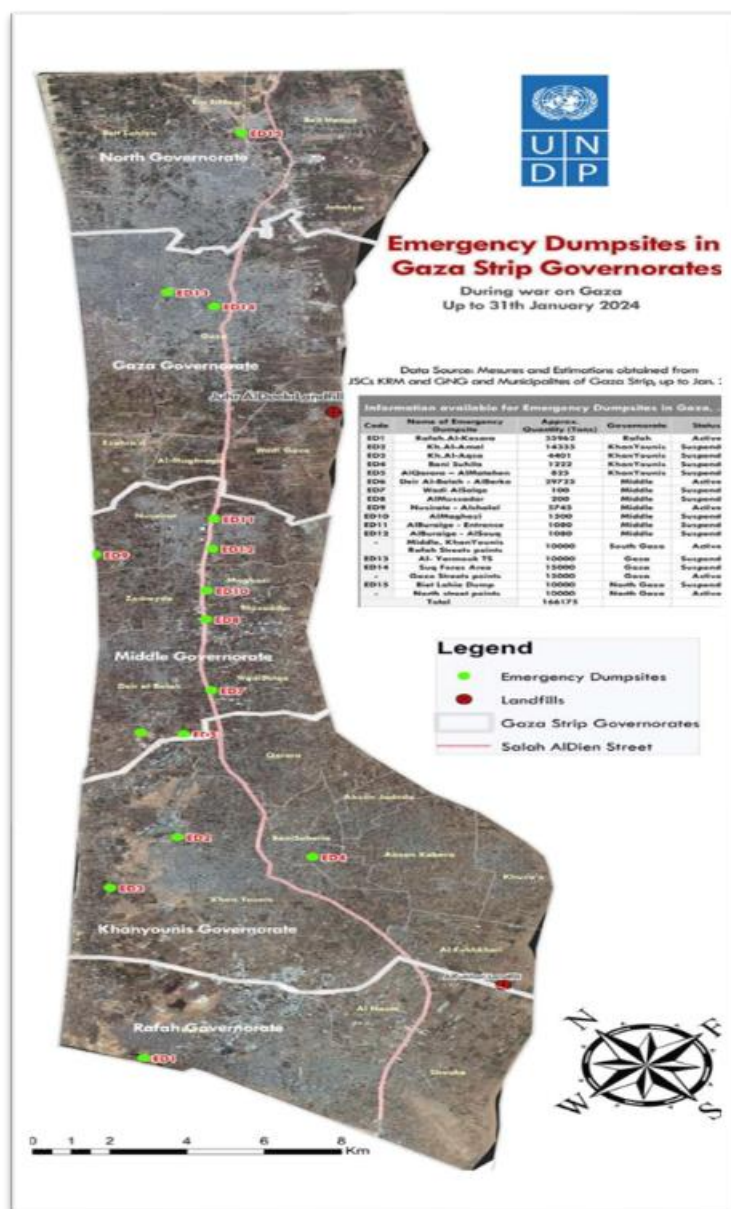
Η ποιότητα του πόσιμου νερού που καταναλώνει ο πληθυσμός έχει επιδεινωθεί δραματικά. Η παραγωγή ασφαλούς πόσιμου νερού έχει μειωθεί σε λιγότερο από το 30% των προπολεμικών επιπέδων, ενώ το 40% του πληθυσμού δεν έχει πρόσβαση ούτε στα 6 λίτρα ανά άτομο ημερησίως που συνιστώνται ως ελάχιστα για πόση και βασική υγιεινή (OCHA, 2024). Η επιβεβαίωση της υποβάθμισης αυτής προέρχεται και από τη δημόσια υγεία: η επανεμφάνιση της πολιομυελίτιδας, νόσου που απομακρύνθηκε από τη Λωρίδα επί 25 έτη, οφείλεται σε εντοπισμό αγρίου τύπου ιού πολιομυελίτιδας σε δείγματα λυμάτων τον Ιούλιο του 2024, υποδεικνύοντας άμεση επαφή του πληθυσμού με μολυσμένα ύδατα. Παράλληλα, έχουν καταγραφεί άνω του 1,8 εκατομμυρίου περιστατικά λοιμωδών νοσημάτων, συμπεριλαμβανομένων διαρροϊκών συνδρόμων, ηπατίτιδας Α, δερματικών και οξέων αναπνευστικών λοιμώξεων, πολλά εκ των οποίων συνδέονται άμεσα με την κακή ποιότητα του νερού (WHO, 2024).

Η παράκτια ρύπανση αποτελεί την τρίτη διάσταση της υδατικής κρίσης. Η άμεση απόρριψη ανεπεξέργαστων λυμάτων στη Μεσόγειο, σε συνδυασμό με τη δυσλειτουργία του υπόγειου αποστραγγιστικού συστήματος που οδηγεί σε υπερχειλίση λυμάτων σε παράκτιες περιοχές, έχει προκαλέσει σημαντική επιβάρυνση της παράκτιας ζώνης. Μελέτες παρακολούθησης της παράκτιας περιοχής της Γάζας προ της σύγκρουσης είχαν ήδη καταγράψει αυξημένες συγκεντρώσεις χλωροφύλλης-α, υποδεικνύοντας ευτροφισμό, καθώς και υψηλά επίπεδα κολοβακτηριοειδών σε παράκτια ύδατα, ιδιαίτερα πλησίον των σημείων εκβολής λυμάτων (UNEP, 2020). Η τρέχουσα κατάσταση εκτιμάται ότι είναι σημαντικά χειρότερη, με άμεσες συνέπειες σε αλιεύματα, παράκτια οικοσυστήματα και στη δυνατότητα χρήσης των παράκτιων υδάτων. Η αποκατάσταση του υδροφορέα αποτελεί ίσως την πιο μακροπρόθεσμη περιβαλλοντική πρόκληση της μετασυγκρουσιακής φάσης, καθώς εκτιμάται ότι ακόμη και υπό ιδανικές συνθήκες διαχείρισης θα απαιτηθούν δεκαετίες για την επαναφορά στου σε προπολεμικά επίπεδα ποιότητας, επίπεδα που και αυτά ήταν ήδη κρίσιμα.

4.1.2.2 Στερεά απόβλητα και διαχείριση απορριμμάτων

Η διαχείριση των στερεών αστικών απορριμμάτων στη Λωρίδα της Γάζας έχει καταρρεύσει πλήρως, δημιουργώντας μια από τις σοβαρότερες παράλληλες περιβαλλοντικές κρίσεις της σύγκρουσης. Προπολεμικά, η Λωρίδα παρήγαγε περίπου 1.700 τόνους στερεών αστικών απορριμμάτων ημερησίως, που αντιστοιχούν σε περίπου 620.000 τόνους ετησίως, με μέση κατά κεφαλήν παραγωγή 0,65-0,75 kg/κάτοικο/ημέρα. Η διαχείριση πραγματοποιείτο μέσω τριών επίσημων χώρων υγειονομικής ταφής, Johr el-Deek στη Βόρεια Γάζα, Deir Al-Balah στο κέντρο και Sofa στη Rafah, οι οποίοι εξυπηρετούσαν 25 δήμους, ενώ η υπηρεσία αποκομιδής παρείχετο από τις δημοτικές αρχές και συνεργαζόμενες δομές. Παρά τις υπάρχουσες αδυναμίες, η

κάλυψη υπηρεσιών αποκομιδής προσέγγιζε το 85,90% στις αστικές περιοχές, με χαμηλότερα ποσοστά ανακύκλωσης που δεν ξεπερνούσαν το 5,7% (UNEP, 2020). Η σύγκρουση έχει προκαλέσει πλήρη κατάρρευση του συστήματος διαχείρισης. Σύμφωνα με την IRDNA (2025), οι υλικές ζημιές στις δημοτικές υπηρεσίες ανέρχονται σε 233 εκατομμύρια δολάρια, με περίπου 60 εκατομμύρια (\$60M) από αυτά να αφορούν ειδικά τη διαχείριση στερεών αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένων οχημάτων αποκομιδής, σταθμών μεταφόρτωσης και μηχανημάτων χώρων ταφής. Και οι τρεις επίσημοι χώροι υγειονομικής ταφής είναι απρόσιτοι ή μη λειτουργικοί: ο χώρος Johr el-Deek βρίσκεται εντός της ισραηλινής ζώνης αποκλεισμού, ο Sofa στη Rafah έχει καταστραφεί από στρατιωτικές επιχειρήσεις, ενώ ο Deir Al-Balah λειτουργεί σε ελάχιστη χωρητικότητα. Οι οικολογικές επιπτώσεις από τη μη λειτουργία των χώρων ταφής είναι σημαντικές: απουσία στεγανοποίησης και συστημάτων συλλογής στραγγισμάτων οδηγεί σε διαρροή ρύπων στον υδροφόρο, ενώ η παραγωγή αερίων χώρων ταφής (κυρίως μεθάνιο, CH₄) συνεχίζεται χωρίς συλλογή ή αξιοποίηση. Ως συνέπεια της κατάρρευσης, περίπου 420 τόνοι στερεών αποβλήτων συσσωρεύονται καθημερινά σε μη ελεγχόμενους χώρους, δρόμους, ανοιχτούς χώρους, κατεστραμμένα κτίρια και αυτοσχέδιες χωματερές, εντός κατοικημένων περιοχών. Η συνολική συσσωρευμένη ποσότητα από την έναρξη της σύγκρουσης υπερβαίνει τους 250.000 τόνους μη συλλεχθέντων απορριμμάτων. Στους αυτοσχέδιους χώρους απόρριψης, που έχουν εντοπιστεί πλέον των 140 σε ολόκληρη τη Λωρίδα, η ανάμειξη με ιατρικά απόβλητα, νεκρά ζώα, ανθρώπινα απόβλητα και επικίνδυνα υλικά δημιουργεί εστίες υψηλού βιολογικού και χημικού κινδύνου (PAX, 2024). Η ελλιπής συλλογή έχει οδηγήσει επίσης σε μαζική εξάπλωση τρωκτικών, κουνουπιών και άλλων φορέων νοσημάτων, επιδεινώνοντας την ήδη τεταμένη υγειονομική κατάσταση.



Εικόνα 7 Χαρτογράφηση των αυτοσχέδιων χώρων απόρριψης απορριμμάτων (emergency dumpsites) στις κυβερνητικές περιοχές της Γάζας έως τις 31 Ιανουαρίου 2024. Πηγή: UNDP/PAPP

Η καύση απορριμμάτων σε ανοιχτούς χώρους έχει καθιερωθεί ως πρόχειρη μέθοδος διαχείρισης, με σημαντικές περιβαλλοντικές και υγειονομικές συνέπειες. Η ανεξέλεγκτη καύση αναμειγμένων απορριμμάτων, τα οποία περιέχουν πλαστικά, συνθετικά υλικά, PVC, ηλεκτρονικά απόβλητα και οργανικό υλικό, απελευθεώνει στην ατμόσφαιρα διοξίνες και φουράνια, πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες (PAHs), αιωρούμενα σωματίδια PM2.5 και PM10, διοξείδιο του

θείου, οξείδια του αζώτου, μονοξείδιο του άνθρακα και βαρέα μέταλλα. Οι διοξίνες και τα φουράνια θεωρούνται από τις πλέον τοξικές ενώσεις που έχουν εντοπιστεί από τον άνθρωπο, κατατάσσονται ως καρκινογόνες ουσίες κατηγορίας 1 από τον Διεθνή Οργανισμό Έρευνας για τον Καρκίνο (IARC) και παρουσιάζουν έντονη βιοσυσσωρευση στην τροφική αλυσίδα (WHO, 2016).

Ιδιαίτερη πρόκληση αποτελεί η διαχείριση των επικίνδυνων αποβλήτων. Τα ιατρικά απόβλητα, που προπολεμικά ανέρχονταν σε περίπου 5,7 τόνους ημερησίως και υποβάλλονταν σε επεξεργασία μέσω αποστειρωτών και αποτεφρωτήρων εντός των νοσοκομείων, παράγονται πλέον σε πολύ μεγαλύτερες ποσότητες λόγω του αυξημένου αριθμού τραυματιών, ενώ οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας τους έχουν ουσιαστικά καταστραφεί. Αυτό συνεπάγεται ανάμειξη ιατρικών αποβλήτων, βιολογικά επικίνδυνα υλικά, αιχμηρά αντικείμενα, φαρμακευτικά απόβλητα, με γενικά απορρίμματα, με σοβαρούς κινδύνους διασποράς λοιμώξεων. Τα ηλεκτρονικά απόβλητα (e-waste) από κατεστραμμένα κτίρια και οικιακό εξοπλισμό περιέχουν βαρέα μέταλλα (μόλυβδος, κάδμιο, υδράργυρος, χρώμιο), επιβραδυντικά φλόγας με βρώμιο και PCBs. Τα απόβλητα από κατεστραμμένους βιομηχανικούς χώρους, κυρίως το Gaza Industrial Estate, περιλαμβάνουν χημικές ουσίες, διαλύτες, βαφές και πετρελαϊκά παράγωγα, χωρίς δυνατότητα ασφαλούς διαχείρισης.

Η αποκατάσταση του συστήματος διαχείρισης απαιτεί ολοκληρωμένη στρατηγική που, σύμφωνα με τις εκτιμήσεις της IRDNA, θα απαιτήσει επενδύσεις της τάξης των 440 εκατομμυρίων δολαρίων. Οι βραχυπρόθεσμες προτεραιότητες περιλαμβάνουν την άμεση επαναλειτουργία των χώρων υγειονομικής ταφής ή τη δημιουργία νέων, την αποκατάσταση του στόλου αποκομιδής και την εφαρμογή μέτρων διαλογής στην πηγή για τον διαχωρισμό επικίνδυνων από γενικά απορρίμματα. Η ενσωμάτωση της διαχείρισης στερεών αποβλήτων με τη διαχείριση των μπαζών που αναλύθηκε στο

κεφάλαιο 4.2.6 είναι κρίσιμη, καθώς οι δύο ροές αλληλεπιδρούν σε επίπεδο υποδομών, εξοπλισμού και χώρων διάθεσης.

4.1.2.3 Ρύπανση εδαφών

Η ρύπανση των εδαφών στη Λωρίδα της Γάζας αποτελεί μια από τις λιγότερο μελετημένες αλλά πλέον μακροπρόθεσμες περιβαλλοντικές συνέπειες της σύγκρουσης, με άμεσες επιπτώσεις στη γεωργική παραγωγικότητα, τη δημόσια υγεία και τη δυνατότητα μετασυγκρουσιακής ανάκαμψης. Τα εδάφη της Γάζας χαρακτηρίζονται κυρίως από αμμώδη και αμμοπηλώδη υφή στα παράκτια τμήματα και από αργιλοπηλώδη στο εσωτερικό, με γενικά χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανική ύλη και μειωμένη ικανότητα συγκράτησης ρύπων. Τα χαρακτηριστικά αυτά καθιστούν τα εδάφη ιδιαίτερα ευάλωτα σε έκπλυση ρύπων και σε μεταφορά στους προς τον υδροφορέα.

Η σύγκρουση έχει εισαγάγει στα εδάφη της Γάζας πολλαπλούς ρύπους μέσω διαφορετικών μηχανισμών. Ο πρωταρχικός μηχανισμός είναι η άμεση απόθεση υπολειμμάτων εκρηκτικών και πυρομαχικών: η χρήση εκτιμώμενων ποσοτήτων άνω των 70.000 τόνων εκρηκτικών στη Λωρίδα έχει απελευθερώσει στο έδαφος σημαντικές ποσότητες καταλοίπων TNT (τρινιτροτολουόλιο), RDX (κυκλοτριμεθυλενοτρινιτραμίνη), HMX (οκτωγόνο) και των προϊόντων αποδόμησής τους, καθώς και βαρέων μετάλλων από τα πυρομαχικά. Τα κατάλοιπα εκρηκτικών είναι τοξικά, ορισμένα εξ αυτών κατατάσσονται ως πιθανώς καρκινογόνα και παρουσιάζουν κινητικότητα στο έδαφος, με αποτέλεσμα τη σταδιακή μετανάστευσή τους προς τα υπόγεια ύδατα. Προηγούμενες μελέτες σε περιοχές σύγκρουσης έχουν καταγράψει συγκεντρώσεις TNT σε εδάφη που υπερβαίνουν κατά δύο τάξεις μεγέθους τα όρια

παρέμβασης του αμερικανικού EPA (17,2 mg/kg) και του ολλανδικού προτύπου (1 mg/kg) (CEOBS, 2023).

Δεύτερος σημαντικός μηχανισμός είναι η απόθεση βαρέων μετάλλων. Ο μόλυβδος, ο χαλκός, ο ψευδάργυρος, ο αντιμόνιος και το βαρύτερο κάδμιο απελευθερώνονται από πολλαπλές πηγές: πυρομαχικά (ιδιαίτερα από βλήματα και φλοιούς), κατεστραμμένα ηλεκτρολογικά συστήματα, κατεστραμμένους συσσωρευτές φωτοβολταϊκών (με εκτιμώμενη απελευθέρωση 1.675 kg μολύβδου μόνο από τα 67 MW φωτοβολταϊκών), χρώματα και συντηρητικά ξύλου, καθώς και από εξοπλισμό μεταφορών. Τα βαρέα μέταλλα είναι μη βιοαποδομήσιμα και συσσωρεύονται στα εδάφη, εισερχόμενα στην τροφική αλυσίδα μέσω των καλλιεργειών. Ο μόλυβδος στα παιδιά είναι ιδιαίτερα ανησυχητικός, καθώς έχει τεκμηριωθεί η νευροτοξική του δράση ακόμη και σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις.

Τρίτος μηχανισμός είναι η ρύπανση από πετρελαϊκά παράγωγα. Η καταστροφή 84 πρατηρίων καυσίμων και 5 μεγάλων εγκαταστάσεων αποθήκευσης, σε συνδυασμό με τις διαρροές από κατεστραμμένα οχήματα και γεννήτριες, έχει απελευθερώσει σημαντικές ποσότητες ντίζελ, βενζίνης, λιπαντικών και υδραυλικών ελαίων στο έδαφος. Η ρύπανση αυτή εκφράζεται σε αυξημένες συγκεντρώσεις πετρελαϊκών υδρογονανθράκων (TPH), πτητικών αρωματικών ενώσεων (BTEX —βενζόλιο, τολουόλιο, αιθυλοβενζόλιο, ξυλόλια) και πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων (PAHs). Το βενζόλιο είναι γνωστός καρκινογόνος παράγοντας για τον άνθρωπο (IARC Κατηγορία 1). Η μεταπολεμική αξιολόγηση της UNEP (2009) είχε καταγράψει σε περιστατικό διαρροής 1.000 λίτρων ντίζελ σε εργοστάσιο τσιμέντου στη Rafah, επίπεδα TPH που υπερέβαιναν κατά πολύ τα όρια παρέμβασης (UNEP, 2009), γεγονός που δείχνει ότι η σημερινή ρύπανση, πολλαπλάσιας έκτασης, θα απαιτήσει εκτεταμένες εργασίες εξυγίανσης.

Τέταρτος μηχανισμός είναι η απόθεση ρύπων από μπάζα και σκόνη. Η διασπορά σωματιδίων από κατεδαφίσεις μεταφέρει αμιάντο, βαρέα μέταλλα, τσιμεντοσωματίδια και άλλους ρύπους σε μεγαλύτερη έκταση από τα σημεία άμεσης καταστροφής. Η συσσώρευση μπαζών σε αγροτικές εκτάσεις, εκτιμώμενη σε εκατομμύρια τόνους, οδηγεί σε φυσικοχημική υποβάθμιση των εδαφών: συμπίεση και μείωση του πορώδους, αλλαγές στο pH λόγω τσιμέντου (υπεραλκαλικές συνθήκες που αναστέλλουν την πρόσληψη θρεπτικών από τα φυτά) και ρύπανση με ίχνη μετάλλων. Η αποκατάσταση των εδαφών αυτών απαιτεί συνδυασμένες τεχνικές φυσικής απομάκρυνσης μπαζών, εξυγίανσης ρύπων, μέσω εκσκαφής, φυτοεξυγίανσης ή βιοεξυγίανσης ανάλογα με τον τύπο του ρύπου και αποκατάστασης της εδαφικής γονιμότητας, διαδικασίες που εκτιμώνται σε δεκαετίες με υψηλό κόστος.

Τέλος, ο ρόλος του νερού στη διαχείριση της εδαφικής ρύπανσης είναι κρίσιμος: οι βροχοπτώσεις, παρότι σχετικά περιορισμένες στη Γάζα (μέση ετήσια βροχόπτωση 300,400 mm), επαρκούν για την εκπλύση διαλυτών ρύπων και τη μεταφορά στους προς τον υδροφορέα. Η σύζευξη εδαφικής ρύπανσης και ρύπανσης υδροφορέα καθιστά την αποκατάσταση των δύο συστημάτων αδιάρρηκτα συνδεδεμένη και τεχνικά πολύπλοκη. Η συστηματική χαρτογράφηση της ρύπανσης εδαφών στη Γάζα δεν έχει ακόμη ολοκληρωθεί λόγω των επιχειρησιακών περιορισμών, αλλά αποτελεί απολύτως προτεραιότητα της μετασυγκρουσιακής φάσης για τον σχεδιασμό στοχευμένης αποκατάστασης.

4.1.3 Γεωργική γη και οικοσυστήματα

Η καταστροφή της γεωργικής γης και η υποβάθμιση των φυσικών οικοσυστημάτων της Λωρίδας της Γάζας αποτελούν από τις πλέον μακροπρόθεσμα σοβαρές περιβαλλοντικές συνέπειες της σύγκρουσης, με άμεσες επιπτώσεις στην επισιτιστική ασφάλεια, στη

βιοποικιλότητα και στην ικανότητα του οικοσυστήματος να παρέχει υπηρεσίες όπως ο βιογεωχημικός κύκλος των θρεπτικών, η ρύθμιση του μικροκλίματος και η ανάσχεση της παράκτιας διάβρωσης. Προπολεμικά, η γεωργία κάλυπτε περίπου το 30% της συνολικής έκτασης της Λωρίδας, ποσοστό ιδιαίτερα υψηλό λόγω της έντονης πίεσης για αυτάρκεια σε τρόφιμα και αντιστοιχούσε σε 170 χιλιάδες στρέμματα καλλιεργούμενης γης, με ετήσια παραγωγή που κάλυπτε σχεδόν πλήρως τις τοπικές ανάγκες σε λαχανικά, αυγά, γαλακτοκομικά, πουλερικά και ιχθυρά, καθώς και σημαντικό μέρος των αναγκών σε φρούτα, ελαιόλαδο και κρέας. Ο τομέας συνεισέφερε περίπου 6% του ΑΕΠ και 63% των εξαγωγών, με αξία παραγωγής 575 εκατομμυρίων δολαρίων το 2022, ενώ απασχολούσε άμεσα ή έμμεσα το 12% του εργατικού δυναμικού (WB, EU and UN, 2025).

Η σύγκρουση έχει επιφέρει εκτεταμένες ζημιές: σύμφωνα με την IRDNA, οι άμεσες υλικές ζημιές στον αγροτικό τομέα ανέρχονται σε 835 εκατομμύρια δολάρια και οι απώλειες σε 1,3 δισεκατομμύρια δολάρια. Άνω του 80% των αγροτικών υποδομών, συμπεριλαμβανομένων συστημάτων άρδευσης, γεωτρήσεων, θερμοκηπίων, εγκαταστάσεων μεταποίησης και αποθήκευσης, έχει καταστραφεί ή υποστεί σοβαρές ζημιές. Οι καλλιέργειες υψηλής αξίας, όπως λαχανικά και φράουλες, έχουν πληγεί έως και 82%, ενώ το 55% των συστημάτων άρδευσης εντός εκμεταλλεύσεων και το 78% των θερμοκηπίων έχουν υποστεί ζημιές. Η κτηνοτροφία έχει καταρρεύσει, με σχεδόν πλήρη απώλεια των πτηνοτροφείων, βοοτροφείων και μονάδων γαλακτοπαραγωγής. Η αλιεία έχει υποστεί εξίσου καταστροφικές ζημιές: το 94% του αλιευτικού στόλου έχει καταστραφεί και το 100% των εγκαταστάσεων ψύξης και μεταποίησης ιχθυρών είναι μη λειτουργικό.

Από περιβαλλοντικής σκοπιάς, η καταστροφή της γεωργικής γης δεν αφορά μόνο την απώλεια καλλιεργειών αλλά και μια συνολική φυσικοχημική υποβάθμιση του εδάφους.

Η διέλευση βαρέων στρατιωτικών οχημάτων, ερπυστριοφόρων, τεθωρακισμένων, μπουλντόζων, προκαλεί συμπίεση του εδάφους, μειώνοντας το πορώδες, περιορίζοντας τη διηθητικότητα και υποβαθμίζοντας τη δομή. Η επίδραση αυτή είναι μακροπρόθεσμη και απαιτεί κατάλληλες γεωργικές πρακτικές αποκατάστασης της εδαφικής δομής, όπως αμειψισπορές με βαθύρριζα φυτά και προσθήκη οργανικής ύλης. Παράλληλα, η εκσκαφή χαρακωμάτων, η δημιουργία χωμάτων αναχωμάτων και οι κρατήρες από εκρήξεις αλλοιώνουν το φυσικό ανάγλυφο και μεταφέρουν βαθύτερα εδαφικά στρώματα στην επιφάνεια, με χαμηλότερη γονιμότητα και διαφορετικά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά.

Η ρύπανση των εδαφών από υπολείμματα εκρηκτικών και βαρέα μέταλλα, που αναλύθηκε στην ενότητα 4.1.3.3, έχει ιδιαίτερα σοβαρές συνέπειες στη γεωργική χρήση: ορισμένα βαρέα μέταλλα, όπως το κάδμιο και ο μόλυβδος, απορροφώνται από τα φυτά και εισέρχονται στην τροφική αλυσίδα σε συγκεντρώσεις που ενδέχεται να υπερβαίνουν τα όρια ασφαλείας της Codex Alimentarius. Καλλιέργειες όπως το σπανάκι, το μαρούλι, τα ραδίκια και οι πατάτες είναι ιδιαίτερα επιρρεπείς σε συσσώρευση μετάλλων. Η γεωργική χρήση ρυπασμένων εδαφών θα απαιτήσει είτε εκτενείς εργασίες εξυγίανσης, είτε αλλαγή των καλλιεργούμενων ειδών προς μη εδώδιμες χρήσεις (π.χ. ενεργειακά φυτά, φυτά φυτοεξυγίανσης). Το πλαίσιο αυτό περιπλέκεται περαιτέρω από την αλμύρωση των εδαφών, η οποία ενισχύεται από την άρδευση με ρυπασμένο και υπεραλμυρό νερό του υδροφορέα, οδηγώντας σε σταδιακή απώλεια γεωργικής παραγωγικότητας ακόμη και σε εδάφη που δεν έχουν υποστεί άμεσες ζημιές.

Ιδιαίτερο περιβαλλοντικό ζήτημα αποτελεί η δημιουργία διευρυμένων ζωνών αποκλεισμού και στρατιωτικών διαδρόμων εντός της Λωρίδας. Η ζώνη αποκλεισμού πλάτους 1,2 χιλιομέτρων κατά μήκος των ανατολικών συνόρων της Γάζας καλύπτει τη

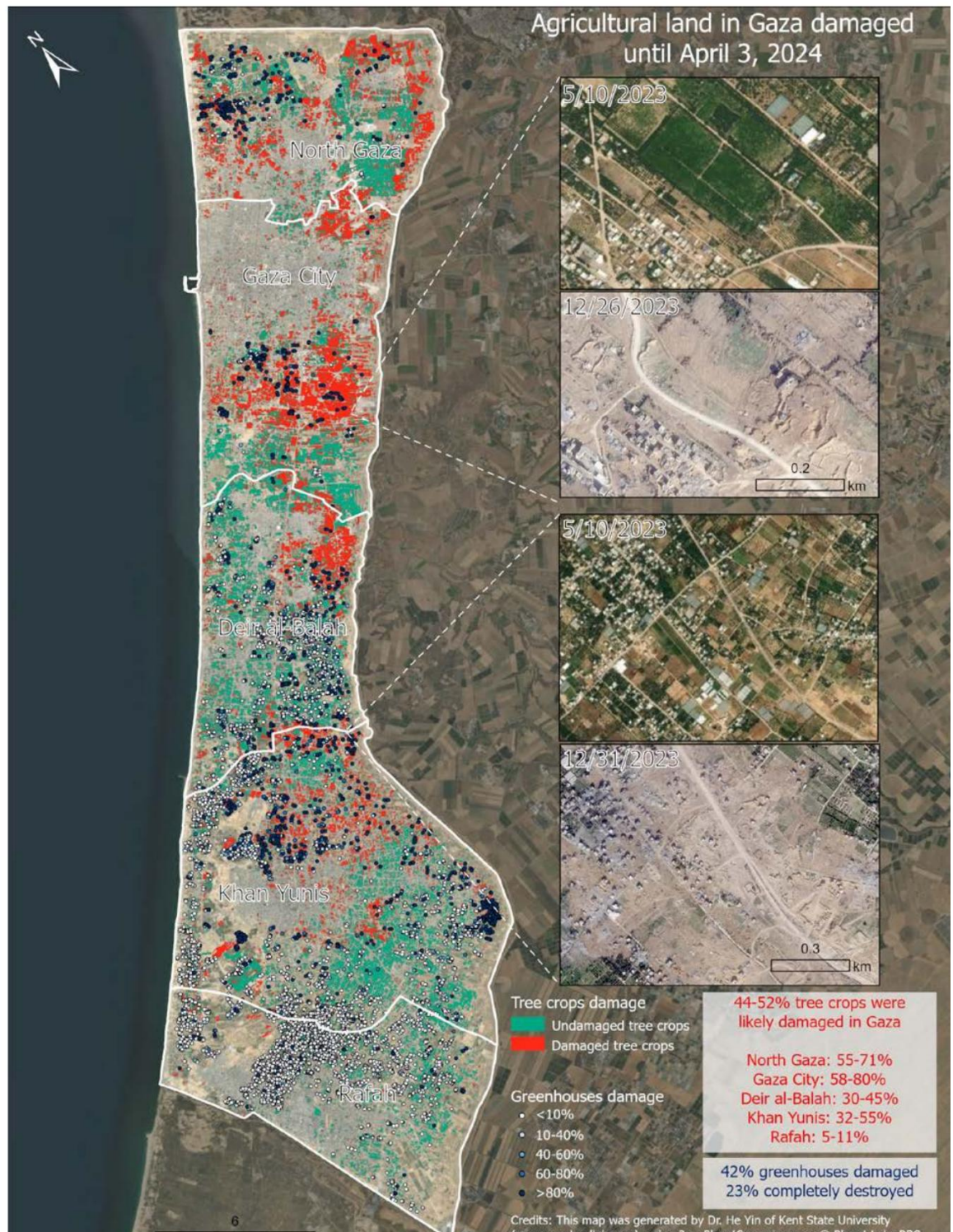
γόνιμη γη της ανατολικής περιοχής, ενώ ο Διάδρομος Netzarim πλάτους 4 χιλιομέτρων διχοτομεί τη Λωρίδα, αποκόπτοντας σημαντικές γεωργικές εκτάσεις του κέντρου.

Επιπλέον, μια εκτεταμένη ζώνη στη βόρεια Γάζα, περιλαμβανομένων τμημάτων της Beit Hanoun, που περιέχει το μεγαλύτερο μέρος της γεωργικής γης της Λωρίδας, έχει καταστεί απρόσιτη στον παλαιστινιακό αγροτικό πληθυσμό. Η απώλεια πρόσβασης σε αυτές τις εκτάσεις σημαίνει όχι μόνο μείωση της καλλιεργούμενης γης αλλά και αδυναμία άσκησης συνεχούς αγρονομικής διαχείρισης, με αποτέλεσμα την εγκατάλειψη των εκμεταλλεύσεων, την εξάπλωση ζιζανίων και παρασίτων και την υποβάθμιση των αρδευτικών υποδομών.

Η υποβάθμιση των φυσικών οικοσυστημάτων αποτελεί την τρίτη διάσταση του ζητήματος. Η Λωρίδα της Γάζας, παρά τις μικρές της διαστάσεις, φιλοξενεί σημαντικούς οικολογικούς τύπους: παράκτιες αμμοθίνες, παράκτια αλμυρά έλη και κυρίως τον υγρότοπο της Wadi Gaza, το μοναδικό σημαντικό εσωτερικό υδατικό οικοσύστημα της Λωρίδας, ο οποίος αποτελεί κρίσιμο σταθμό στο μεταναστευτικό μονοπάτι πτηνών της Ανατολικής Μεσογείου και είχε ανακηρυχθεί προστατευόμενη περιοχή. Ο υγρότοπος έχει υποστεί εκτεταμένες ζημιές από στρατιωτικές επιχειρήσεις, απόρριψη λυμάτων, απόθεση μπαζών και πυρκαγιές, με συνέπεια την υποβάθμιση των οικοτόπων, τη μείωση της βιοποικιλότητας και την απώλεια οικοσυστημικών υπηρεσιών (φιλτράρισμα υδάτων, ρύθμιση πλημμυρών, παροχή ενδιαιτημάτων). Οι παράκτιες αμμοθίνες έχουν επίσης επηρεαστεί από την κυκλοφορία βαρέων οχημάτων, την απόθεση μπαζών και τις στρατιωτικές κατασκευές, με αποτέλεσμα την αποσταθεροποίηση της αμμώδους διαμόρφωσης και την επιτάχυνση της παράκτιας διάβρωσης.

Τα αστικά πράσινα και τα δενδρώδη καλύμματα έχουν επίσης πληγεί σοβαρά. Η καταστροφή δενδρώνων ελαιόδεντρων, πολλοί εκ των οποίων υπεραιώνобιοι και

συμβολικοί για την τοπική κοινωνία, εσπεριδοειδών και άλλων οπωροφόρων δέντρων εκτιμάται σε εκατοντάδες χιλιάδες άτομα. Πρόσφατες αναλύσεις με δείκτες βλάστησης NDVI από δορυφορικές εικόνες Sentinel-2 καταγράφουν μείωση της πυκνότητας βλάστησης κατά 40,60% σε εκτενείς ζώνες της Λωρίδας, με τις μεγαλύτερες απώλειες στις ανατολικές περιοχές (FAO, 2024). Η απώλεια αυτή του δενδρώδους καλύμματος έχει πολλαπλές περιβαλλοντικές συνέπειες: μείωση της απορρόφησης CO₂, αύξηση του φαινομένου αστικής θερμικής νησίδας, επιτάχυνση της διάβρωσης του εδάφους, μείωση των ενδιαιτημάτων για την τοπική άγρια πανίδα και απώλεια ρυθμιστικών υπηρεσιών των οικοσυστημάτων.



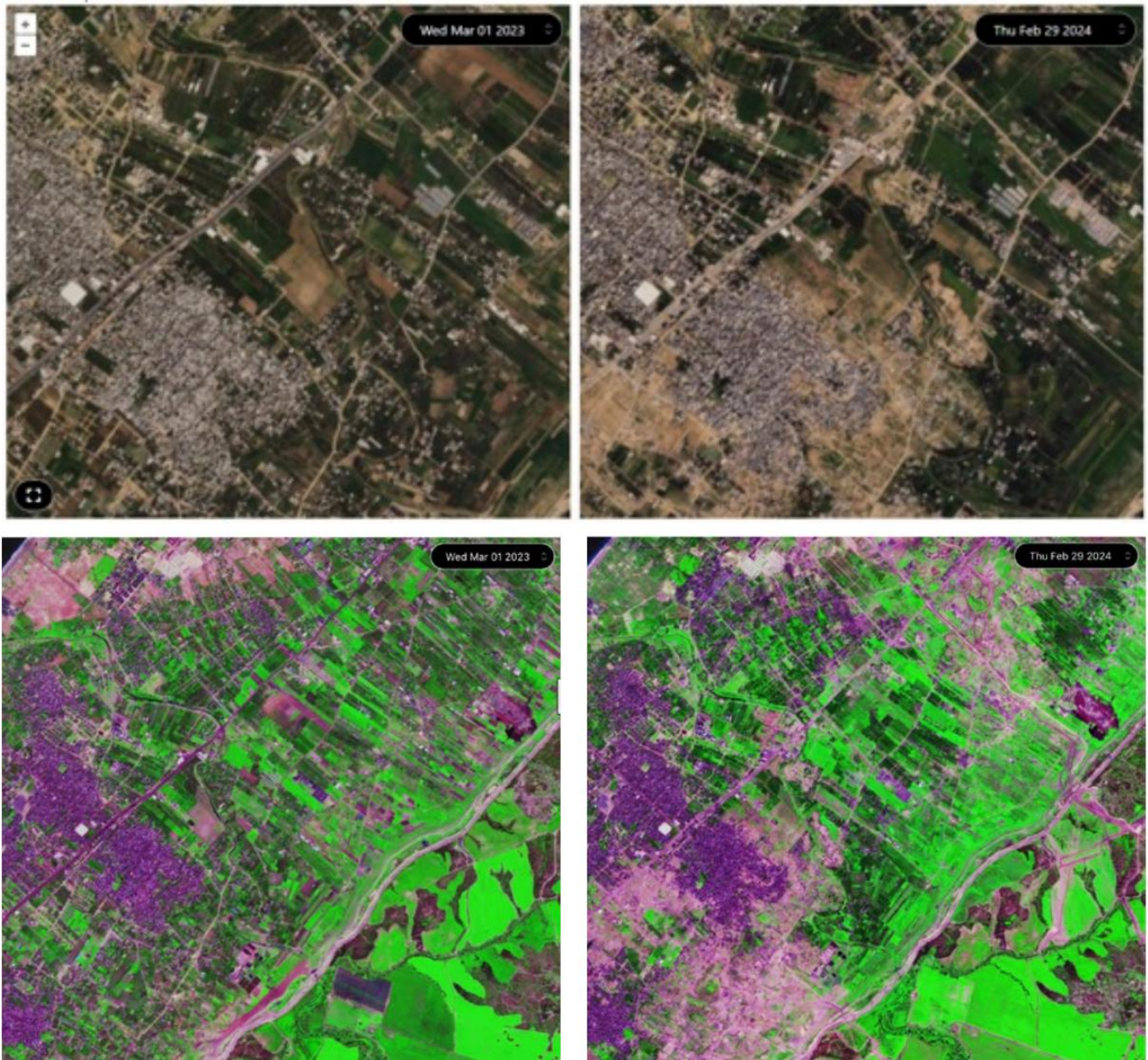
Εικόνα 8 Ανάλυση ζημιών σε δενδρώδεις καλλιέργειες, θερμοκήπια και λοιπή γεωργική γη στη Γάζα (έως 3 Απριλίου 2024). Πηγή: Ανάλυση εικόνων PlanetScope 3 m © Planet Labs PBC από τον Dr. He Yin, Kent State University.

Η αποκατάσταση του αγροτικού τομέα και των οικοσυστημάτων εκτιμάται από την

IRDNA ότι θα απαιτήσει 4,2 δισεκατομμύρια δολάρια, εκ των οποίων 1,06

δισεκατομμύρια για τη βραχυπρόθεσμη φάση των τριών πρώτων ετών. Οι

προτεραιότητες της αποκατάστασης περιλαμβάνουν: την απομάκρυνση μπαζών και επικίνδυνων υλικών από τις αγροτικές εκτάσεις· την αποκατάσταση της εδαφικής δομής και γονιμότητας· την εξυγίανση ρυπασμένων εδαφών· την ανακατασκευή των αρδευτικών συστημάτων με έμφαση σε πρακτικές εξοικονόμησης νερού (στάγδην άρδευση, επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων)· τη διατήρηση των διαθέσιμων γενετικών πόρων και την επανεγκατάσταση των ειδών που χάθηκαν· και την αποκατάσταση της Wadi Gaza και των παράκτιων οικοσυστημάτων. Η μετάβαση προς βιώσιμες πρακτικές αγροοικολογίας αναδεικνύεται ως αναγκαιότητα ενόψει της κλιματικής αλλαγής και της προσβασιμότητας σε πόρους, θέτοντας το πλαίσιο μιας ευρύτερης αναπροσαρμογής του γεωργικού μοντέλου της Γάζας.



Εικόνα 9 Δορυφορικές εικόνες του υγρότοπου Wadi Gaza και της γύρω περιοχής

4.1.4 Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου

Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (GHG) που σχετίζονται με ένοπλες συγκρούσεις αποτελούν έναν τομέα έρευνας που αναδύεται μόλις τα τελευταία έτη, καθώς οι στρατιωτικές δραστηριότητες εξαιρούνται συστηματικά από τα εθνικά απογραφικά συστήματα εκπομπών βάσει του Πρωτοκόλλου του Κιότο και της Συμφωνίας των Παρισίων. Η εξαίρεση αυτή καθιστά την ποσοτικοποίηση των εκπομπών από

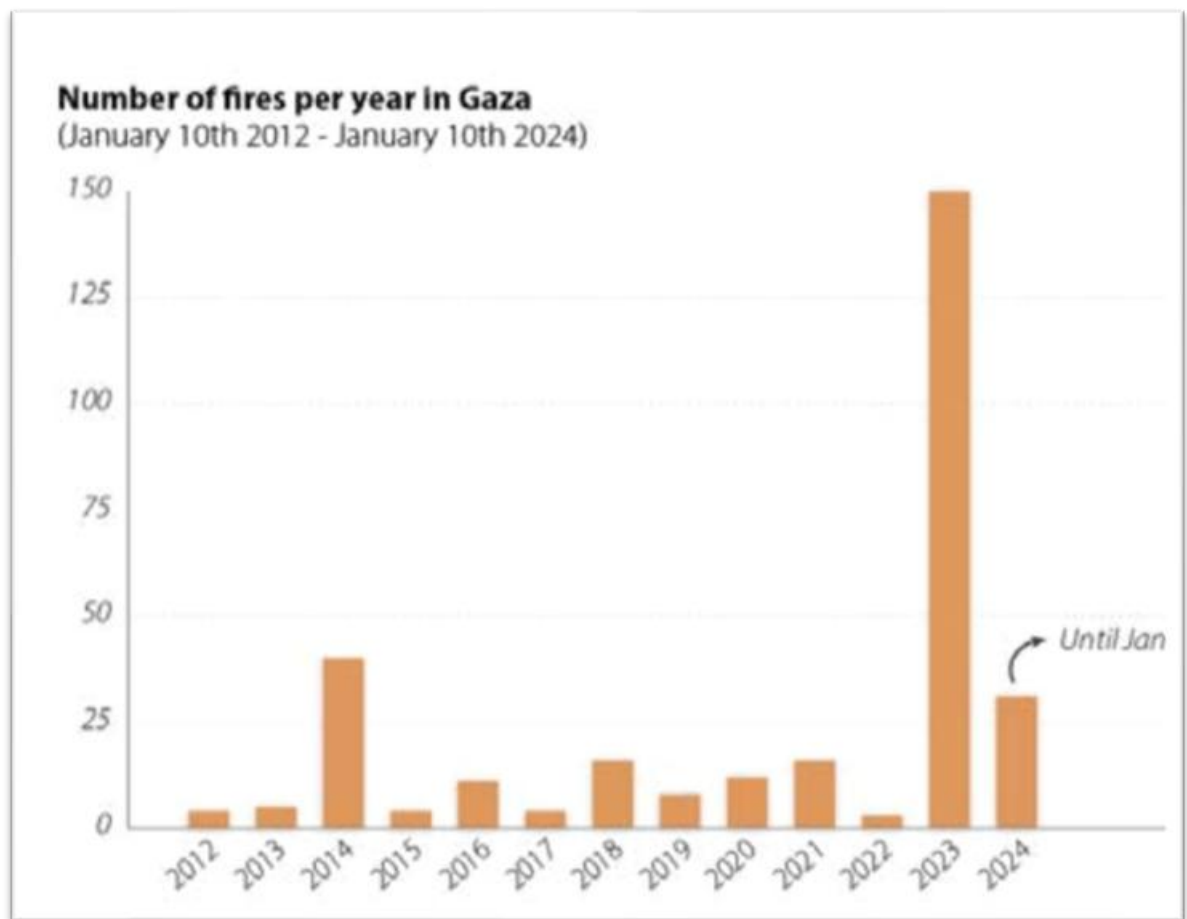
συγκρούσεις ιδιαίτερα δύσκολη, καθώς τα σχετικά δεδομένα είναι είτε απόρρητα είτε δεν συλλέγονται συστηματικά. Παρά τις μεθοδολογικές αυτές δυσκολίες, πρόσφατη ακαδημαϊκή έρευνα έχει επιχειρήσει να εκτιμήσει τις εκπομπές από τη σύγκρουση στη Λωρίδα της Γάζας, αναδεικνύοντας ένα σημαντικό κλιματικό αποτύπωμα που έχει παραμείνει σε μεγάλο βαθμό αθέατο στις επίσημες αναφορές.

Σύμφωνα με τη μελέτη των Neta Crawford και Benjamin Neimark, οι εκπομπές CO₂ από τους πρώτους 60 ημέρες της σύγκρουσης (Οκτώβριος - Δεκέμβριος 2023) εκτιμώνται σε πάνω από 281.000 μετρικούς τόνους ισοδύναμου CO₂ (CO₂e), ποσότητα συγκρίσιμη με τις ετήσιες εκπομπές περίπου 20 από τα πλέον ευάλωτα κλιματικά κράτη του κόσμου (Neimark et al., 2024). Η εκτίμηση περιλαμβάνει τις άμεσες εκπομπές από στρατιωτικές δραστηριότητες: καύση καυσίμων αεροσκαφών (F15, F16, ελικόπτερα), χερσαίων οχημάτων (τεθωρακισμένα, φορτηγά), πλοίων του πολεμικού ναυτικού, την παραγωγή και χρήση εκρηκτικών, καθώς και τις πτήσεις μεταφοράς εφοδιασμού, ιδιαίτερα από τις ΗΠΑ προς το Ισραήλ, που εκτιμάται ότι συνέβαλαν σε εκπομπές περίπου 50.000 τόνων CO₂e μόνο τους πρώτους δύο μήνες.

Οι έμμεσες εκπομπές, ωστόσο, εκτιμάται ότι ξεπερνούν κατά πολύ τις άμεσες και συνδέονται με τρεις βασικούς μηχανισμούς. Ο πρώτος αφορά στις εκπομπές από την παραγωγή και αντικατάσταση των στρατιωτικών εφοδίων: τα εκρηκτικά, τα πυρομαχικά και τα οπικά συστήματα που καταναλώθηκαν απαιτούν ενέργειας και πρώτων υλών για την παραγωγή τους, ενώ η αναπλήρωση των αποθεμάτων δημιουργεί επιπλέον εκπομπές. Ο δεύτερος μηχανισμός αφορά στις εκπομπές από την καύση κτιρίων, αυτοκινήτων και υποδομών: η καταστροφή περίπου 292.000 στεγαστικών μονάδων, 2.308 εκπαιδευτικών εγκαταστάσεων και χιλιάδων άλλων κτιρίων έχει απελευθερώσει στην ατμόσφαιρα σημαντικές ποσότητες αιθάλης, CO₂ και μεθανίου από καιόμενα υλικά και οργανική ύλη. Ο τρίτος μηχανισμός και ο πλέον σημαντικός

μακροπρόθεσμα είναι οι εκπομπές από την ανοικοδόμηση. Η ανοικοδόμηση 292.000 στεγαστικών μονάδων και του συνόλου των κατεστραμμένων υποδομών εκτιμάται ότι θα παράγει εκπομπές της τάξης των 30 εκατομμυρίων τόνων CO_{2e}, λόγω της εντατικής χρήσης τσιμέντου, χάλυβα και άλλων δομικών υλικών. Η παραγωγή τσιμέντου από μόνη της αντιστοιχεί σε περίπου 8% των παγκόσμιων εκπομπών CO₂ και κάθε τόνος τσιμέντου απελευθερώνει περίπου 0,9 τόνους CO₂, γεγονός που καθιστά την ανοικοδόμηση της Γάζας μια σημαντική κλιματική επιβάρυνση.

Η συνεισφορά των κατεστραμμένων συστημάτων διαχείρισης σε εκπομπές πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη. Τα συσσωρευμένα στερεά απόβλητα, εκτιμώμενα σε πάνω από 250.000 τόνους, παράγουν μεθάνιο κατά την αναερόβια αποσύνθεσή τους, με το μεθάνιο να έχει δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη (GWP) 28,36 φορές μεγαλύτερο από το CO₂ σε χρονικό ορίζοντα 100 ετών. Οι αυτοσχέδιοι χώροι απόρριψης, χωρίς συστήματα συλλογής βιοαερίου, αποτελούν σημαντικές πηγές μεθανίου στην ατμόσφαιρα. Ομοίως, οι ανεξέλεγκτες καύσεις απορριμμάτων και η καύση μπαζών από κατεδαφίσεις παράγουν εκπομπές αιθάλης (black carbon), η οποία αν και έχει σχετικά σύντομη ατμοσφαιρική παραμονή (ημέρες έως εβδομάδες), έχει πολύ ισχυρό θερμαντικό δυναμικό, εκτιμάται σε 460,1.500 φορές μεγαλύτερο από το CO₂ και συνεισφέρει στην επιτάχυνση της τήξης των παγετώνων και στην αλλαγή των βροχοπτώσεων σε περιφερειακή κλίμακα.



Εικόνα 10 Αριθμός πυρκαγιών που καταγράφηκαν στη Γάζα ανά έτος, 2012 – Ιανουάριος 2024. Πηγή: NASA-FIRMS (2024).

Οι εκπομπές από τη χρήση εφεδρικών γεννητριών diesel, που έχουν γίνει η κύρια πηγή ηλεκτρικής ενέργειας στη Λωρίδα μετά την κατάρρευση του δικτύου, αποτελούν επιπλέον παράγοντα. Η χρήση μικρών και μεγάλων γεννητριών diesel, με χαμηλή απόδοση και χωρίς συστήματα ελέγχου εκπομπών, παράγει σημαντικές ποσότητες CO₂, NO_x, PM_{2.5} και PM₁₀, αιθάλης και αέριων υδρογονανθράκων. Η παράλληλη καταστροφή 67 MW εγκατεστημένης ισχύος φωτοβολταϊκών συστημάτων που προϋπήρχαν αποτελεί οπισθοδρόμηση στη μετάβαση της Λωρίδας προς ανανεώσιμες πηγές και συνεπάγεται μακροπρόθεσμα αυξημένη εξάρτηση από ορυκτά καύσιμα έως την πλήρη ανοικοδόμηση του ενεργειακού συστήματος.

Η απώλεια του δενδρώδους καλύμματος και της βλάστησης, που αναλύθηκε στο κεφάλαιο 4.4, έχει επίσης κλιματικές συνέπειες: η μείωση της πυκνότητας βλάστησης

κατά 40,60% συνεπάγεται απώλεια βιολογικής δέσμευσης άνθρακα και μείωση της ικανότητας του τοπικού οικοσυστήματος να λειτουργεί ως καταβόθρα CO₂. Παρότι η συνολική ποσοτική συνεισφορά αυτής της απώλειας είναι μικρή σε σχέση με τις άλλες πηγές εκπομπών, είναι σημαντική σε περιφερειακό επίπεδο καθώς επιδεινώνει τις ήδη υψηλές θερμοκρασίες και μειώνει τη σκίαση σε αστικά περιβάλλοντα. Οι αυξημένες θερμοκρασίες, με τη σειρά τους, επιδεινώνουν την ενεργειακή ζήτηση για κλιματισμό, δημιουργώντας έναν αρνητικό ανατροφοδοτικό βρόχο (feedback loop).

Συγκριτικά στοιχεία δείχνουν ότι το συνολικό κλιματικό αποτύπωμα της σύγκρουσης, συνυπολογίζοντας άμεσες και έμμεσες εκπομπές συμπεριλαμβανομένης της ανοικοδόμησης, ενδέχεται να ξεπεράσει τους 30,5 εκατομμύρια τόνους CO₂e, ποσότητα συγκρίσιμη με τις ετήσιες εκπομπές μεσαίου μεγέθους ευρωπαϊκών κρατών. Η σύγκριση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική στο πλαίσιο των παγκόσμιων στόχων μείωσης εκπομπών της Συμφωνίας των Παρισίων, καθώς αναδεικνύει το «αόρατο κλιματικό κόστος» των ένοπλων συγκρούσεων, το οποίο δεν λαμβάνεται υπόψη στις εθνικές δεσμεύσεις. Οι Crawford και Neimark, καθώς και άλλοι ερευνητές, έχουν υποστηρίξει την αναγκαιότητα ένταξης των στρατιωτικών εκπομπών στα εθνικά απογραφικά συστήματα και στις κλιματικές δεσμεύσεις, πρόταση που έχει υποστηριχθεί και από το Conflict and Environment Observatory (CEOBS) και άλλους περιβαλλοντικούς οργανισμούς.

Σε επίπεδο μετασυγκρουσιακής φάσης, η πρόκληση της μείωσης των εκπομπών από την ανοικοδόμηση αναδεικνύεται ως προτεραιότητα. Η ενσωμάτωση πρακτικών κυκλικής οικονομίας, όπως η ανακύκλωση μπαζών ως αδρανών για νέο σκυρόδεμα, η χρήση ιπτάμενης τέφρας και σκωρίας ως υποκατάστατα τσιμέντου, η επαναχρησιμοποίηση χάλυβα, μπορεί να μειώσει τις εκπομπές της ανοικοδόμησης κατά 20,3%. Παράλληλα, ο σχεδιασμός ενεργειακά αποδοτικών κτιρίων και η ενσωμάτωση

ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ιδιαίτερα φωτοβολταϊκών σε στέγες, αποτελούν κρίσιμες παραμέτρους για τη μακροπρόθεσμη μείωση του κλιματικού αποτυπώματος. Η ανοικοδόμηση της Γάζας μπορεί και πρέπει να λειτουργήσει ως παράδειγμα βιώσιμης μετασυγκρουσιακής ανάπτυξης, ενσωματώνοντας τις αρχές της αειφορίας και της κλιματικής προσαρμογής από την πρώτη φάση του σχεδιασμού.

4.1.5 Βιώσιμη ανοικοδόμηση και ο ρόλος των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

Η μεταπολεμική ανοικοδόμηση της Γάζας, πέραν της αναγκαιότητας ταχείας αποκατάστασης κατοικιών και υποδομών, αποτελεί μοναδική ευκαιρία ριζικής αναδιαμόρφωσης του ενεργειακού και κτιριακού προτύπου της Λωρίδας. Η πρόκληση δεν έγκειται μόνο στην επισκευή των ζημιών, αλλά στην οικοδόμηση ενός νέου πλαισίου, πιο ανθεκτικού, πιο ενεργειακά αυτόνομου και πιο εναρμονισμένου με τις αρχές της βιωσιμότητας. Στο παρόν κεφάλαιο εξετάζονται τρεις βασικοί πυλώνες αυτής της βιώσιμης ανασυγκρότησης: η αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, κυρίως της ηλιακής, η ενσωμάτωση αρχών βιοκλιματικού σχεδιασμού στα νέα κτίρια και οι προκλήσεις εφαρμογής που καθορίζουν την εφικτότητα των παρεμβάσεων αυτών.

4.1.5.1 Φωτοβολταϊκά συστήματα και αποθήκευση ενέργειας

Η Λωρίδα της Γάζας διαθέτει εξαιρετικό ηλιακό δυναμικό, με μέση ετήσια οριζόντια ακτινοβολία που κυμαίνεται μεταξύ 1.900 και 2.100 kWh/m² και περίπου 3.000 ώρες ηλιοφάνειας ετησίως, επίπεδα που την κατατάσσουν ανάμεσα στις πλέον ευνοϊκές περιοχές παγκοσμίως για την παραγωγή ηλιακής ενέργειας (Juaidi et al., 2016· Global Solar Atlas, 2024). Η προπολεμική εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών στη Λωρίδα υπολογιζόταν σε περίπου 80 MW, εκ των οποίων τα 67 MW έχουν καταστραφεί από τη σύγκρουση. Το απόθεμα αυτό, κατανεμημένο σε στέγες κατοικιών, σχολείων,

νοσοκομείων και βιομηχανικών εγκαταστάσεων, κάλυπτε πριν τη σύγκρουση περίπου το 13% της συνολικής ενεργειακής ζήτησης και αποτελούσε ένα από τα υψηλότερα ποσοστά φωτοβολταϊκής διείσδυσης ανά κάτοικο στη Μέση Ανατολή (Ibrik, 2018· WB, EU and UN, 2025).



Εικόνα 11 Φωτοβολταϊκά συστήματα εγκατεστημένα στη Βιομηχανική Ζώνη της Γάζας

Η αποκατάσταση και επέκταση του φωτοβολταϊκού αποθέματος προτείνεται από την IRDNA ως προτεραιότητα της ενεργειακής ανασυγκρότησης, με εκτιμώμενο άμεσο στόχο την επαναφορά τουλάχιστον των 67 MW και μακροπρόθεσμο στόχο την επέκταση σε επίπεδα που θα καλύπτουν σημαντικό μέρος της μελλοντικής ζήτησης. Το κόστος εγκατάστασης συστημάτων φωτοβολταϊκών σε κλίμακα utility scale στη Μέση Ανατολή υπολογίζεται πλέον σε 800,1.200 δολάρια ανά kW εγκατεστημένης ισχύος, ενώ το σταθμισμένο κόστος ενέργειας (LCOE) κυμαίνεται μεταξύ 0,03 και 0,05 δολαρίων ανά kWh, από τα χαμηλότερα παγκοσμίως (IRENA, 2023). Οι τιμές αυτές καθιστούν τα φωτοβολταϊκά οικονομικά ανταγωνιστικά έναντι οποιασδήποτε άλλης πηγής ενέργειας στην περιοχή, ιδίως στο πλαίσιο μιας ανοικοδόμησης όπου η ενεργειακή ασφάλεια και η ανεξαρτησία αποτελούν κρίσιμους στρατηγικούς στόχους.

Η κρίσιμη καινοτομία σε σχέση με το προπολεμικό φωτοβολταϊκό απόθεμα αφορά στην ενσωμάτωση συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας (Battery Energy Storage Systems, BESS). Τα προπολεμικά φωτοβολταϊκά λειτουργούσαν σχεδόν αποκλειστικά ως συμπληρωματικές πηγές στο κεντρικό δίκτυο, χωρίς αποθήκευση, με αποτέλεσμα τη χαμηλή αξιοποίηση της παραγόμενης ενέργειας και την αδυναμία εξυπηρέτησης φορτίων τις νυκτερινές ώρες. Η σύγχρονη τεχνολογία μπαταριών λιθίου, με κόστος που έχει μειωθεί σε 300,400 δολάρια ανά kWh χωρητικότητας, επιτρέπει πλέον τη δημιουργία αυτόνομων ή ημιαυτόνομων ηλιακών συστημάτων με χωρητικότητα αποθήκευσης 4,8 ωρών, ικανών να εξασφαλίσουν συνεχή τροφοδότηση κρίσιμων φορτίων (νοσοκομεία, μονάδες ύδρευσης, τηλεπικοινωνίες) ακόμη και σε συνθήκες διακοπής του κεντρικού δικτύου (IEA, 2023).

Η υλοποίηση της ενεργειακής ανασυγκρότησης μπορεί να ακολουθήσει τρεις συμπληρωματικές στρατηγικές. Η πρώτη αφορά στην ανάπτυξη αποκεντρωμένων μικροδικτύων (mini-grids ή microgrids) σε επίπεδο γειτονιάς ή δήμου, τα οποία συνδυάζουν κεντρικές φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις, συστήματα αποθήκευσης και έξυπνο έλεγχο, εξασφαλίζοντας ενεργειακή αυτονομία σε μικρή κλίμακα χωρίς εξάρτηση από κεντρικές υποδομές. Η δεύτερη στρατηγική αφορά στην εγκατάσταση αυτόνομων ή διασυνδεδεμένων συστημάτων σε επίπεδο μεμονωμένου κτιρίου, ιδίως σε κατοικίες και μικρά εμπορικά κτίρια, με χρήση μπαταριών για κάλυψη της νυκτερινής ζήτησης. Η τρίτη στρατηγική αφορά στην τροφοδότηση κρίσιμων υποδομών όπως νοσοκομεία, μονάδες επεξεργασίας λυμάτων, μονάδες αφαλάτωσης και τηλεπικοινωνιακές εγκαταστάσεις, οι οποίες απαιτούν αδιάλειπτη ηλεκτροδότηση υψηλής αξιοπιστίας. Μια ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα εφαρμογή είναι η ηλιακή αφαλάτωση: δεδομένου ότι η αντίστροφη όσμωση απαιτεί 3,5 kWh ανά κυβικό μέτρο παραγόμενου νερού, η σύζευξη αφαλάτωσης με φωτοβολταϊκά συστήματα μπορεί να

καλύπτει τις υδατικές ανάγκες της Γάζας με ελάχιστο περιβαλλοντικό αποτύπωμα (MEDRC, 2022).

Ιδιαίτερη προοπτική παρουσιάζει επίσης η ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών στο κτιριακό κέλυφος (Building Integrated Photovoltaics, BIPV), στην οποία τα φωτοβολταϊκά πλαίσια αντικαθιστούν ή συνοδεύουν συμβατικά δομικά υλικά, κεραμίδια στέγης, υαλοπίνακες, εξωτερικά πετάσματα, λειτουργώντας ταυτόχρονα ως παραγωγοί ενέργειας και ως δομικά στοιχεία. Η τεχνολογία αυτή, αν και υψηλότερου κόστους από τα συμβατικά φωτοβολταϊκά, προσφέρει αξιοσημείωτα πλεονεκτήματα σε περιβάλλον ανοικοδόμησης από μηδενική βάση: αισθητική ένταξη, εξοικονόμηση χώρου στέγης και ταυτόχρονη κάλυψη δομικών και ενεργειακών αναγκών. Για μια περιοχή όπου ο διαθέσιμος χώρος είναι περιορισμένος και η πυκνότητα δόμησης υψηλή, το BIPV αποτελεί ιδανική λύση για τη μεγιστοποίηση της ενεργειακής παραγωγής χωρίς πρόσθετη κατανάλωση γης.

4.1.5.2 Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων

Η ενεργειακή αυτονομία μέσω ΑΠΕ δεν μπορεί να επιτευχθεί χωρίς παράλληλη μείωση της ίδιας της ενεργειακής ζήτησης των κτιρίων. Στη Γάζα, όπου οι θερινές θερμοκρασίες υπερβαίνουν συχνά τους 35°C και οι ανάγκες ψύξης αποτελούν κυρίαρχη συνιστώσα της κατανάλωσης ενέργειας, ο βιοκλιματικός σχεδιασμός αναδεικνύεται ως απολύτως κρίσιμη παράμετρος της μεταπολεμικής ανοικοδόμησης. Όπως έχει ήδη αναλυθεί στο κεφάλαιο 4.6, οι μελέτες των Muhaisen και Dabboor (2015) και Mushtaha (2005) έχουν τεκμηριώσει τις σημαντικές αδυναμίες του προπολεμικού κτιριακού αποθέματος: περιορισμένη θερμομόνωση, ακατάλληλος προσανατολισμός, υπερμεγεθυμένα ή φτωχά σχεδιασμένα ανοίγματα, απουσία σκίασης και ελλιπής εκμετάλλευση του φυσικού αερισμού. Τα ευρήματα αυτά, σε συνδυασμό με τις

ευρύτερες αδυναμίες κατασκευαστικής πρακτικής που καταγράφουν οι Tayeh et al. (2019), θέτουν την ανάγκη μιας συστηματικής αναθεώρησης των κτιριακών πρακτικών στη φάση της ανασυγκρότησης.

Οι βασικές αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού που εφαρμόζονται σε θερμά, ξηρά κλίματα περιλαμβάνουν αρχικά τον κατάλληλο προσανατολισμό του κτιρίου, με τις μεγάλες πλευρές στραμμένες προς βορρά και νότο για τη μέγιστη αξιοποίηση του χειμερινού ηλίου και την ελαχιστοποίηση της θερινής υπερθέρμανσης. Η θερμομόνωση του κελύφους, με χρήση υλικών υψηλής θερμικής αντίστασης όπως ο διογκωμένος περλίτης, ο αφρός πολυουρεθάνης ή τα φυσικά υλικά όπως το μαλλί, μπορεί να μειώσει τις απώλειες και τα θερμικά κέρδη κατά 40,60% σε σχέση με μη μονωμένα κελύφη, περιορίζοντας αντίστοιχα τη ζήτηση ψύξης και θέρμανσης. Η χρήση θερμικής αδράνειας μέσω μαζικών δομικών υλικών, παραδοσιακά η τοπική πέτρα, πλέον και η συμπίεσμένη γη ή το ανακυκλωμένο σκυρόδεμα, αξιοποιεί τη θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ ημέρας και νύχτας για την παθητική ρύθμιση του εσωτερικού περιβάλλοντος, χαρακτηριστική πρακτική της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής της περιοχής.

Ο σχεδιασμός ανοιγμάτων είναι καθοριστικός. Σύμφωνα με τα ευρήματα των Muhaisen και Dabboor, το μέγεθος, η θέση και οι θερμικές ιδιότητες των παραθύρων μπορούν να μεταβάλουν τη ζήτηση ψύξης, θέρμανσης κατά πάνω από 20%. Οι σύγχρονες πρακτικές περιλαμβάνουν χρήση διπλών ή τριπλών υαλοπινάκων χαμηλής εκπομπής (low-e glass), εξωτερικές σκιάσεις, προεξοχές, περσίδες, πέργκολες, κατάλληλα σχεδιασμένες ώστε να αποκλείουν την άμεση θερινή ηλιακή ακτινοβολία επιτρέποντας ταυτόχρονα τη χειμερινή, καθώς και στρατηγικές διαμπερούς αερισμού που αξιοποιούν τις θαλάσσιες αύρες της Μεσογείου για φυσική δροσιά. Σε επίπεδο αστικής κλίμακας, ο σχεδιασμός με πυκνή αστική συρραφή και στενά δρομάκια, χαρακτηριστικά της

παραδοσιακής μεσογειακής αρχιτεκτονικής, δημιουργεί σκίαση και ενισχύει το μικροκλίμα, μειώνοντας το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας.

Παράλληλα, η ενσωμάτωση στοιχείων πρασίνου, πράσινες στέγες, κάθετοι κήποι, δενδροφυτεύσεις σε δρόμους και πλατείες, συμβάλλει στη μείωση της θερμοκρασίας, στη συγκράτηση της υγρασίας, στην απορρόφηση CO₂ και στην αισθητική αναβάθμιση του αστικού περιβάλλοντος. Δεδομένης της απώλειας του 40,60% της βλάστησης που καταγράφηκε στο κεφάλαιο 4.4, η ενσωμάτωση πράσινης υποδομής στα νέα κτίρια αποτελεί κρίσιμη παρέμβαση αποκατάστασης της οικολογικής ισορροπίας. Τέλος, η συλλογή όμβριων υδάτων από τις στέγες και η επαναχρησιμοποίηση γκρίζων υδάτων σε μη πόσιμες χρήσεις (καθαριότητα, άρδευση, τουαλέτες) μπορεί να μειώσει την κατανάλωση νερού ανά κατοικία κατά 30,50%, παράγοντας ιδιαίτερα σημαντικός σε μια περιοχή με τη γνωστή υδατική κρίση.

4.1.5.3 Προκλήσεις εφαρμογής

Η βιώσιμη ανοικοδόμηση της Γάζας, παρά τη σαφή τεχνική και οικονομική σκοπιμότητα, αντιμετωπίζει σοβαρές προκλήσεις εφαρμογής που μπορούν να υπονομεύσουν τη φιλόδοξη προοπτική της εάν δεν αντιμετωπιστούν συστηματικά. Η πρώτη και πιο άμεση πρόκληση αφορά στην εισαγωγή υλικών και εξοπλισμού.

Ιδιαίτερα για τα φωτοβολταϊκά συστήματα, τους αντιστροφείς, τις μπαταρίες λιθίου, τα εξειδικευμένα δομικά υλικά και τον απαιτούμενο ηλεκτρομηχανικό εξοπλισμό, πολλά κρίσιμα εξαρτήματα ενδέχεται να χαρακτηρίζονται ως «διπλής χρήσης» (dual-use items) και να υπόκεινται σε αυστηρούς περιορισμούς εισαγωγής μέσω του ισραηλινού μηχανισμού COGAT. Ο μηχανισμός ανοικοδόμησης της Γάζας (Gaza Reconstruction Mechanism, GRM), που λειτούργησε μετά τη σύγκρουση του 2014, έχει επικριθεί εκτενώς για τις καθυστερήσεις και τη γραφειοκρατική επιβάρυνση που προκαλούσε

στην εισαγωγή υλικών. Η ανασυγκρότηση μιας καταστροφής πολλαπλάσιας κλίμακας απαιτεί ριζική αναθεώρηση ή αντικατάσταση του μηχανισμού αυτού, ώστε να διευκολύνεται η μαζική και έγκαιρη εισαγωγή των απαραίτητων υλικών.

Η δεύτερη πρόκληση αφορά στην τεχνογνωσία και το ανθρώπινο δυναμικό. Η καταστροφή των 17 πανεπιστημιακών εγκαταστάσεων της Λωρίδας, μεταξύ των οποίων το Ισλαμικό Πανεπιστήμιο της Γάζας και το Πανεπιστήμιο Al-Azhar, καθώς και των τεχνικών σχολών (TVET), σε συνδυασμό με τις ανθρώπινες απώλειες στον τομέα των εκπαιδευτικών και ερευνητών, δημιουργεί ένα σοβαρό κενό τεχνογνωσίας. Η εγκατάσταση, συντήρηση και λειτουργία σύγχρονων φωτοβολταϊκών συστημάτων με αποθήκευση, η εφαρμογή αρχών βιοκλιματικού σχεδιασμού και η χρήση νέων βιώσιμων υλικών απαιτούν εξειδικευμένο τεχνικό προσωπικό, το οποίο πρέπει να εκπαιδευτεί παράλληλα με την ίδια την ανοικοδόμηση. Η δημιουργία προγραμμάτων επαγγελματικής εκπαίδευσης και κατάρτισης (TVET) και η αποκατάσταση της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης με έμφαση στις ενεργειακές και περιβαλλοντικές τεχνολογίες αποτελούν κρίσιμες παράλληλες παρεμβάσεις.

Τρίτη πρόκληση αποτελεί η οικονομική διάσταση. Αν και το LCOE των φωτοβολταϊκών είναι χαμηλό μακροπρόθεσμα, το αρχικό κόστος επένδυσης είναι υψηλότερο από τις συμβατικές λύσεις. Παρομοίως, τα βιώσιμα κτίρια απαιτούν υψηλότερο κόστος κατασκευής, το οποίο αντισταθμίζεται σε βάθος χρόνου από την εξοικονόμηση ενέργειας και νερού. Σε ένα περιβάλλον όπου οι ανθρωπιστικές και κατασκευαστικές ανάγκες υπερβαίνουν κατά πολύ τις διαθέσιμες χρηματοδοτήσεις, υπάρχει ο διαρκής κίνδυνος να επιλεγούν φθηνότερες, βραχυπρόθεσμα εξυπηρετικές λύσεις, οι οποίες όμως θα αναπαράγουν τις αδυναμίες του παρελθόντος και θα δημιουργήσουν νέες παγίδες εξάρτησης. Η εξασφάλιση ειδικών χρηματοδοτικών μηχανισμών που προωθούν ρητά τις βιώσιμες λύσεις, μέσω πράσινων ομολόγων,

διμερών αναπτυξιακών συμφωνιών ή δωρεών αφιερωμένων σε συγκεκριμένους περιβαλλοντικούς στόχους, είναι απαραίτητη.

Τέλος, η επιτυχία οποιασδήποτε βιώσιμης ανασυγκρότησης προϋποθέτει κατάλληλο θεσμικό και κανονιστικό πλαίσιο. Η αναθεώρηση των κτιριακών κανονισμών της Γάζας ώστε να ενσωματώνουν αρχές ενεργειακής αποδοτικότητας, απαιτήσεις ενσωμάτωσης ΑΠΕ, προδιαγραφές χρήσης ανακυκλωμένων υλικών και κριτήρια βιοκλιματικού σχεδιασμού αποτελεί προϋπόθεση για τη συστηματική εφαρμογή. Παράλληλα, η θέσπιση συστήματος επίβλεψης και πιστοποίησης, ενδεχομένως με χρήση διεθνώς αναγνωρισμένων προτύπων όπως το EDGE του IFC, το οποίο έχει σχεδιαστεί ειδικά για αναπτυσσόμενες χώρες— εξασφαλίζει ότι οι αρχές της βιωσιμότητας δεν θα παραμείνουν ρητορικές αλλά θα μετατραπούν σε εφαρμοσμένη πρακτική. Η ανάπτυξη αυτών των θεσμικών εργαλείων παράλληλα με την ίδια την ανοικοδόμηση αποτελεί ένα από τα πιο δύσκολα αλλά και πιο σημαντικά εγχειρήματα της μετασυγκρουσιακής φάσης: μια αποκατάσταση που θα είναι όχι μόνο ανασυγκρότηση του παρελθόντος, αλλά μετάβαση προς ένα πιο ασφαλές, πιο αυτάρκες και πιο ανθεκτικό μέλλον.

4.2 Μελέτη Περίπτωσης: Ουκρανία

Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις της Σύγκρουσης στην Ουκρανία

4.2.1 Γενικό πλαίσιο

4.2.1.1 Συνολική αποτίμηση ζημιών και μεθοδολογία αξιολόγησης

Η αποτίμηση των οικονομικών και περιβαλλοντικών ζημιών της σύγκρουσης στην Ουκρανία έχει υποστηριχθεί από ένα εκτεταμένο πλαίσιο θεσμικής συνεργασίας που περιλαμβάνει την Κυβέρνηση της Ουκρανίας, την Παγκόσμια Τράπεζα, την Ευρωπαϊκή

Επιτροπή και τα Ηνωμένα Έθνη. Το βασικό μεθοδολογικό εργαλείο αυτής της αποτίμησης είναι η σειρά Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA), η οποία δημοσιεύεται σε διαδοχικές εκδόσεις με στόχο την παρακολούθηση της εξέλιξης των ζημιών και τον προσδιορισμό των αναγκών ανάκαμψης και ανοικοδόμησης. Η πρώτη έκδοση (RDNA1) δημοσιεύθηκε τον Σεπτέμβριο 2022, η RDNA2 τον Μάρτιο 2023, η RDNA3 τον Φεβρουάριο 2024, ενώ η πιο πρόσφατη RDNA4 (Απρίλιος 2025) καλύπτει περίοδο από 24 Φεβρουαρίου 2022 έως 31 Δεκεμβρίου 2024 (World Bank, EU, UN & Κυβέρνηση Ουκρανίας, 2025).

Σύμφωνα με την RDNA4, οι σωρευτικές άμεσες υλικές ζημιές σε κτίρια και υποδομές ανέρχονται σε περίπου 176 δισεκατομμύρια δολάρια, σημειώνοντας αύξηση 15,5% σε σχέση με την RDNA3 (152,5 δισ.). Οι συνολικές οικονομικές απώλειες (απώλειες εσόδων, διακοπή παραγωγής, αυξημένα λειτουργικά κόστη) ανέρχονται σε 589 δισεκατομμύρια δολάρια, ενώ οι συνολικές ανάγκες ανάκαμψης και ανοικοδόμησης εκτιμώνται σε 524 δισεκατομμύρια δολάρια σε ορίζοντα δεκαετίας, ποσό περίπου 2,8 φορές μεγαλύτερο από το προπολεμικό ΑΕΠ της Ουκρανίας. Οι πέντε παραμεθόριες περιφέρειες Donetsk, Kharkivska, Luhanska, Zaporizka και Khersonska συγκεντρώνουν περίπου 66% των συνολικών ζημιών (116 δισ. δολάρια), ενώ η περιφέρεια του Κιέβου και η πόλη του Κιέβου αθροιστικά αντιστοιχούν σε επιπλέον 16 δισ. δολάρια. Η ανθρώπινη διάσταση της σύγκρουσης αποτυπώνεται σε 12.456 αμάχους νεκρούς και 28.000 τραυματίες (έως τις 31 Δεκεμβρίου 2024), σε 13,5 εκατομμύρια άτομα που εκτοπίστηκαν (περίπου το ένα τρίτο του προπολεμικού πληθυσμού) και σε 4.642.735 επισήμως εγγεγραμμένους εσωτερικά εκτοπισμένους στην Ουκρανία (World Bank et al., 2025).

Η δημοσίευση της πέμπτης έκθεσης (RDNA5) τον Φεβρουάριο 2026, η οποία καλύπτει την εκτεταμένη περίοδο από τις 24 Φεβρουαρίου 2022 έως τις 31 Δεκεμβρίου 2025 (46 μήνες άμεσων ζημιών), επικαιροποιεί ουσιωδώς τα μεγέθη της RDNA4: οι σωρευτικές άμεσες υλικές ζημιές ανέρχονται πλέον σε 195,1 δισεκατομμύρια δολάρια (αύξηση 10,8% έναντι της RDNA4), οι συνολικές οικονομικές και κοινωνικές απώλειες σε 666,7 δισεκατομμύρια (αύξηση 13,2%) και οι συνολικές ανάγκες ανάκαμψης και ανοικοδόμησης σε 587,7 δισεκατομμύρια δολάρια σε ορίζοντα δεκαετίας 2026–2035 (αύξηση 12,3%), ποσό σχεδόν τριπλάσιο του ΑΕΠ της Ουκρανίας για το 2025. Η πλήρης τομεακή κατανομή των επικαιροποιημένων μεγεθών παρατίθεται στον Πίνακα 4.

Τομέας	Ζημιές (δισ. \$)	Απώλειες (δισ. \$)	Ανάγκες (δισ. \$)
Στέγαση	61,1	25,0	89,8
Εκπαίδευση & επιστήμη	13,9	11,7	33,5
Υγεία	1,8	23,1	23,6
Κοινωνική προστασία & βιοπορισμός	0,5	18,6	42,7
Πολιτισμός & τουρισμός	4,5	31,9	11,5
Ενέργεια & εξόρυξη	24,8	88,2	90,6
Μεταφορές	40,3	58,9	96,3
Τηλεπικοινωνίες, ψηφιακά & MME	2,5	2,7	7,1

Υδρευση & αποχέτευση	7,8	14,4	17,5
Δημοτικές υπηρεσίες	3,1	8,0	7,4
Γεωργία	12,1	78,0	55,3
Εμπόριο & βιομηχανία	19,2	232,9	63,3
Άρδευση & υδάτινοι πόροι	0,9	1,3	12,5
Χρηματοοικονομικά & τραπεζικά	0,0	5,2	2,1
Περιβάλλον & δασοκομία	2,0	36,0	3,1
Έκτακτη ανάγκη & πολιτική προστασία	0,4	0,8	2,7
Δικαιοσύνη & δημόσια διοίκηση	0,5	3,3	1,0
Διαχείριση εκρηκτικών κινδύνων	0,0	26,7	27,6
Σύνολο	195,1	666,7	587,7

Πίνακας 4 Αποτίμηση ζημιών, απωλειών και αναγκών ανά τομέα, Ουκρανία (24 Φεβρουαρίου 2022 – 31 Δεκεμβρίου 2025), σε δις. δολάρια ΗΠΑ — επικαιροποιημένα στοιχεία RDNA5

Η διαχρονική εξέλιξη των τριών βασικών μεγεθών από την πρώτη έως την πέμπτη έκθεση αποτυπώνει τη συνεχιζόμενη κλιμάκωση της καταστροφής (Πίνακας 5). Σημειώνεται ότι ορισμένες τιμές προηγούμενων εκθέσεων έχουν αναθεωρηθεί στην RDNA5 βάσει επικαιροποιημένων δεδομένων και συναλλαγματικής ισοτιμίας.

Έκθεση	Ζημιές (δισ. \$)	Απώλειες (δισ. \$)	Ανάγκες (δισ. \$)	Περίοδος ζημιών
RDNA1 (Σεπ. 2022)	97,4	252,0	348,5	Φεβ–Ιούν 2022
RDNA2 (Μάρ. 2023)	134,7	289,1	410,6	έως Φεβ 2023
RDNA3 (Φεβ. 2024)	152,5	499,3	486,2	έως Δεκ 2023
RDNA4 (Απρ. 2025)	176,1	588,8	523,6	έως Δεκ 2024
RDNA5 (Φεβ. 2026)	195,1	666,7	587,7	έως Δεκ 2025

Πίνακας 5 Διαχρονική εξέλιξη ζημιών, απωλειών και αναγκών, RDNA1–RDNA5 (σε δισ. δολάρια ΗΠΑ)

Ιδιαίτερη προσοχή χρήζει η κατηγορία «Διαχείριση Εκρηκτικών Κινδύνων» (explosive hazards management), η οποία εμφανίζεται με μηδενικές άμεσες υλικές ζημιές αλλά με αυτοτελείς ανάγκες 29,8 δισεκατομμυρίων δολαρίων σε ορίζοντα δεκαετίας, αριθμός που αντανακλά την κλίμακα και πολυπλοκότητα του εγχειρήματος εκκαθάρισης γεωγραφικής έκτασης 138.503 τετραγωνικών χιλιομέτρων γης και 14.000 τετραγωνικών χιλιομέτρων υδάτων που εκτιμάται ότι έχουν ενδεχόμενη μόλυνση από νάρκες και μη εκραγέντα πυρομαχικά έως τον Δεκέμβριο του 2024 (World Bank et al., 2025). Η εκτίμηση αυτή αποτελεί μείωση σε σχέση με τα 174.000 τ.χλμ. που είχε δώσει η RDNA3, λόγω προόδου στην επιθεώρηση, μείωση και ακύρωση εκτάσεων μέσω επιχειρήσεων μη τεχνικής έρευνας. Η Ουκρανία βρίσκεται πλέον στη λίστα των πιο

εκτεταμένα μολυσμένων με εκρηκτικά χωρών στον κόσμο από το τέλος του Β' Παγκοσμίου Πολέμου.

Αντιθέτως, η κατηγορία «Περιβάλλον, Διαχείριση Φυσικών Πόρων και Δασικοί Πόροι» εμφανίζεται με σχετικά χαμηλές άμεσες ζημιές (1,7 δισ. δολάρια), μάλιστα μειωμένες κατά 46% σε σχέση με την RDNA3, κυρίως λόγω αναθεώρησης της εκτιμώμενης έκτασης καμένων και μη προσβάσιμων δασών με βάση τα νέα δεδομένα της Εθνικής Απογραφής Δασών (NFI). Αυτό αντανακλά τους μεθοδολογικούς περιορισμούς της αποτίμησης: η ίδια η RDNA4 αναγνωρίζει ρητά ότι πολλές περιβαλλοντικές ζημιές, η ρύπανση εδαφών, υδάτων και υπόγειων υδάτων, οι μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα, οι σωρευτικές επιπτώσεις ρύπανσης από εκρηκτικά και οι θαλάσσιες επιπτώσεις του Kakhovka, δεν έχουν πλήρως κοστολογηθεί και βρίσκονται εκτός της εμβέλειας της μεθοδολογίας. Είναι σημαντικό επίσης ότι οι απώλειες στον τομέα (27,9 δισ. δολάρια) είναι πολύ μεγαλύτερες από τις άμεσες ζημιές, εκ των οποίων 14,1 δισ. (51%) αποδίδονται αυτόνομα στην καταστροφή του φράγματος Kakhovka, 9,8 δισ. (35%) στην καύση φυσικών τοπίων και 3,3 δισ. (12%) σε ατμοσφαιρική ρύπανση (World Bank et al., 2025).

Η μεθοδολογία RDNA διακρίνει τρεις κατηγορίες επιπτώσεων: τις ζημιές (damages) που αφορούν το κόστος αντικατάστασης του φυσικού κεφαλαίου (κτίρια, εξοπλισμός, υποδομές) βάσει των προπολεμικών τιμών, τις απώλειες (losses) που αφορούν τις αλλαγές στις οικονομικές ροές και περιλαμβάνουν τη διακοπή παραγωγής και τα αυξημένα λειτουργικά κόστη και τις ανάγκες (needs) που υπολογίζουν το συνολικό κόστος ανοικοδόμησης με γνώμονα την αρχή του «building back better», δηλαδή τη βελτίωση της λειτουργικότητας, ενεργειακής αποδοτικότητας, προσβασιμότητας, κλιματικής ανθεκτικότητας και εκσυγχρονισμού των υποδομών (World Bank et al., 2025). Τα δεδομένα αντλούνται από συνδυασμό κρατικών στατιστικών, τομεακών

υπουργείων, αναλύσεων τηλεπισκόπησης, δημόσιων αναφορών και επιτόπιας επαλήθευσης όπου αυτή είναι εφικτή. Η UNOSAT (United Nations Satellite Centre) παρέχει παράλληλα εκτεταμένη τεκμηρίωση ζημιών μέσω δορυφορικής ανάλυσης υψηλής ανάλυσης, ιδίως για αστικές καταστροφές.

Η αποτίμηση των ειδικότερα περιβαλλοντικών επιπτώσεων έχει αναπτυχθεί παράλληλα μέσω ενός πολυμερούς δικτύου φορέων και επιστημονικών πρωτοβουλιών. Το United Nations Environment Programme (UNEP) δημοσίευσε τον Οκτώβριο 2022 την προκαταρκτική αξιολόγηση *The Environmental Impact of the Conflict in Ukraine: A Preliminary Review*, η οποία προσδιόρισε τα βασικά πεδία περιβαλλοντικής ανησυχίας. Το ουκρανικό Υπουργείο Προστασίας του Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων (MEPR), σε συνεργασία με ειδικούς φορείς, έχει αναπτύξει το ηλεκτρονικό σύστημα *EcoZagroza* (ecozagroza.gov.ua) που καταγράφει επίσημα εγγεγραμμένα περιβαλλοντικά περιστατικά πολέμου. Σύμφωνα με την ίδια την RDNA4, οι εκτιμήσεις του MEPR για τις περιβαλλοντικές ζημιές έως τα τέλη 2024 ανέρχονται σε 73,2 δισεκατομμύρια ευρώ, ποσό που υπερβαίνει κατά τάξεις μεγέθους την κατηγορία «Περιβάλλον» της RDNA4. Η RDNA4 εξηγεί ρητά τη διαφορά: η μεθοδολογία του MEPR «καλύπτει ευρύτερο φάσμα περιβαλλοντικών αποδεκτών, συμπεριλαμβανομένης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από πυρκαγιές σε πετρελαϊκές εγκαταστάσεις, της ρύπανσης εδαφών και υδάτινων πόρων και των ζημιών σε προστατευόμενες περιοχές» που υπερβαίνουν την εμβέλεια της μεθοδολογίας RDNA (World Bank et al., 2025· MEPR, 2024). Η διαφοροποίηση αυτή αποκαλύπτει τη μεθοδολογική πολυφωνία των διαθέσιμων εκτιμήσεων και την πολυπλοκότητα της συνολικής περιβαλλοντικής κοστολόγησης.

Ένα σημαντικό μεθοδολογικό εργαλείο για την κλιματική διάσταση είναι η Initiative on GHG Accounting of War, υπό την επιστημονική ηγεσία του Ολλανδού ερευνητή

Lennard de Klerk, η οποία έχει εκδώσει διαδοχικές εκθέσεις για την ποσοτικοποίηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που προκαλούνται από τη σύγκρουση (de Klerk et al., 2025). Η μεθοδολογία αυτή, που αναλύεται διεξοδικά στην Ενότητα 4.2.5, έχει εξελιχθεί σε διεθνές πρότυπο και συμπληρώνεται από την peer-reviewed εργασία των Vasylyshyn et al. (2025) στο Ecological Indicators, που προσφέρει τη λεπτομερέστερη επιστημονική ανάλυση εκπομπών από πυρκαγιές τοπίου.

Σε επιστημονικό επίπεδο, η βιβλιογραφία των peer-reviewed δημοσιεύσεων για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της σύγκρουσης έχει επεκταθεί σημαντικά από το 2022. Εξέχουσες συμβολές περιλαμβάνουν την ολοκληρωμένη ανάλυση των Pereira, Bašić, Bogunovic και Barceló (2022) στο Science of the Total Environment· το editorial των Pereira, Zhao, Symochko και συνεργατών (2022) στο Geography and Sustainability για τις επιπτώσεις στους Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης του ΟΗΕ· την εξειδικευμένη μελέτη των Shumilova et al. (2023) στο Nature Sustainability για τους υδατικούς πόρους· την ανάλυση των Leal Filho, Eustachio, Fedoruk και Lisovska (2024) στο Frontiers in Sustainable Resource Management για τη σύνδεση περιβαλλοντικής υποβάθμισης με την ανθρώπινη υγεία· και την peer-reviewed ανάλυση των Vasylyshyn et al. (2025) στο Ecological Indicators για την ποσοτικοποίηση εκπομπών από πυρκαγιές. Παράλληλα, εξειδικευμένοι οργανισμοί όπως το Conflict and Environment Observatory (CEOBS), η PAX for Peace και η Zoï Environment Network συνεισφέρουν σε εξειδικευμένες θεματικές αναλύσεις.

Παρά την ευρύτητα αυτής της μεθοδολογικής υποδομής, η αποτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων παραμένει αναγκαστικά ελλιπής για τέσσερις βασικούς λόγους. Σημαντικό τμήμα της επηρεασμένης επικράτειας, κυρίως οι κατεχόμενες από τη Ρωσία περιοχές του Donetsk, Luhansk, Zaporizhzhia, Kherson και της Κριμαίας, παραμένει απρόσιτο σε ουκρανικούς και διεθνείς επιστημονικούς φορείς. Ακόμη, ένα

μεγάλο τμήμα των μετωπιακών περιοχών παραμένει ενεργά επικίνδυνο λόγω ναρκών, UXO και συνεχιζόμενων στρατιωτικών επιχειρήσεων. Τρίτον, ορισμένες κατηγορίες περιβαλλοντικών ζημιών, κυρίως οι επιπτώσεις σε υπόγειους υδροφορείς, οι μακροπρόθεσμες αλλαγές σε οικοσυστήματα και οι σωρευτικές επιπτώσεις ρύπανσης από εκρηκτικά, απαιτούν χρονικούς ορίζοντες μέτρησης που υπερβαίνουν κατά πολύ τη διάρκεια της σύγκρουσης. Επίσης, η ίδια η RDNA4 επισημαίνει ότι τα δεδομένα για το περιβάλλον είναι ελλιπή ή στερούνται επικύρωσης πεδίου και ότι η αποτίμηση των ζημιών από ρύπανση εδαφών, υδάτων και οικοσυστημάτων, καθώς και από τις μακροπρόθεσμες συνέπειες για το κλίμα και τη βιοποικιλότητα, δεν ήταν ακόμη εφικτή (World Bank et al., 2025). Κατά συνέπεια, οι αριθμοί που παρουσιάζονται αποτελούν στιγμιότυπο μιας δυναμικής κατάστασης και αναμένεται να αναθεωρηθούν σημαντικά τα επόμενα έτη.

4.2.2 Ζημιές σε υποδομές και αστικό περιβάλλον

4.2.2.1 Ενεργειακές υποδομές και πυρηνικοί κίνδυνοι

Ο ενεργειακός τομέας της Ουκρανίας αποτέλεσε από την έναρξη της εισβολής έναν από τους πρωταρχικούς στόχους των ρωσικών στρατιωτικών επιχειρήσεων, με συνέπειες που υπερβαίνουν τη συμβατική περιβαλλοντική ανάλυση λόγω της μοναδικής παρουσίας εκτεταμένου πυρηνικού τομέα εντός εμπόλεμης ζώνης. Οι άμεσες υλικές ζημιές στον ενεργειακό τομέα εκτιμώνται από την RDNA4 σε 20,5 δισεκατομμύρια δολάρια, αύξηση 93% σε σχέση με την RDNA3, αντανακλώντας την εντατικοποίηση των επιθέσεων σε κρίσιμες υποδομές παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι οικονομικές απώλειες του τομέα ανέρχονται σε 72,3 δισεκατομμύρια δολάρια και οι συνολικές ανάγκες ανοικοδόμησης σε 67,8 δισεκατομμύρια δολάρια σε ορίζοντα δεκαετίας (World Bank et al., 2025). Οι αριθμοί αυτοί, ωστόσο, αποτυπώνουν

μόνο την οικονομική διάσταση της καταστροφής και δεν μπορούν να αντανakλάσουν την κρισιμότητα των περιβαλλοντικών και ραδιολογικών κινδύνων που συνεπάγεται η εμπλοκή πυρηνικών εγκαταστάσεων σε σύγκρουση, κίνδυνοι που δεν είχαν ιστορικό προηγούμενο και εγκαίνιασαν νέες κατηγορίες περιβαλλοντικής απειλής σε διεθνές επίπεδο.

Πυρηνικός σταθμός Zaporizhzhia

Ο Πυρηνικός Σταθμός Zaporizhzhia (Zaporizhzhia Nuclear Power Plant, ZNPP), που βρίσκεται στη νοτιοανατολική όχθη της δεξαμενής Kakhovka κοντά στην πόλη Enerhodar, αποτελεί τον μεγαλύτερο πυρηνικό σταθμό της Ευρώπης. Με έξι αντιδραστήρες τύπου VVER-1000/V-320, παρήγαγε προ της σύγκρουσης σημαντικό μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας της Ουκρανίας. Στις 4 Μαρτίου 2022, δέκα ημέρες μετά την έναρξη της εισβολής, ρωσικές δυνάμεις κατέλαβαν τον σταθμό μετά από ένοπλη σύγκρουση στην περίμετρο, κατά τη διάρκεια της οποίας εκτοξεύτηκαν βλήματα σε κοντινή απόσταση από τους αντιδραστήρες, προκαλώντας πυρκαγιά σε κτίριο εκπαίδευσης προσωπικού. Πρόκειται για το πρώτο καταγεγραμμένο περιστατικό στην ιστορία κατά το οποίο εν λειτουργία πολιτικός πυρηνικός σταθμός περνά υπό στρατιωτικό έλεγχο εμπόλεμης δύναμης, με την IAEA να χαρακτηρίζει την κατάσταση ως άνευ προηγουμένου στην ιστορία της εμπορικής πυρηνικής ενέργειας (IAEA, 2022· 2025).

Ο Διεθνής Οργανισμός Ατομικής Ενέργειας (IAEA) διαμόρφωσε το 2022, αμέσως μετά την έναρξη της εισβολής, ένα πλαίσιο επτά αδιαπραγμάτευτων πυλώνων πυρηνικής ασφάλειας και προστασίας (Seven Pillars of Nuclear Safety and Security) που πρέπει να διατηρούνται ακόμη και υπό συνθήκες ένοπλης σύγκρουσης. Οι πυλώνες αυτοί περιλαμβάνουν τη φυσική ακεραιότητα των εγκαταστάσεων, τη λειτουργία συστημάτων ασφάλειας, τη διαχείριση από εξειδικευμένο προσωπικό χωρίς πιέσεις, την

αξιόπιστη εξωτερική ηλεκτροδότηση, τις αδιάκοπες εφοδιαστικές γραμμές, τα συστήματα παρακολούθησης ραδιενέργειας και επικοινωνίας με τη ρυθμιστική αρχή, καθώς και την αποτελεσματική επικοινωνία του προσωπικού. Ειδικά για το ZNPP, η IAEA συμπλήρωσε το 2023 το πλαίσιο αυτό με πέντε επιπλέον αρχές προστασίας (Five Principles), οι οποίες επιδιώκουν την αποτροπή άμεσων στρατιωτικών δραστηριοτήτων στον σταθμό, τη μη χρήση του ως βάση για βαρύ οπλισμό ή προσωπικό και τη μη στοχοποίηση του από οποιαδήποτε πλευρά (IAEA, 2025).

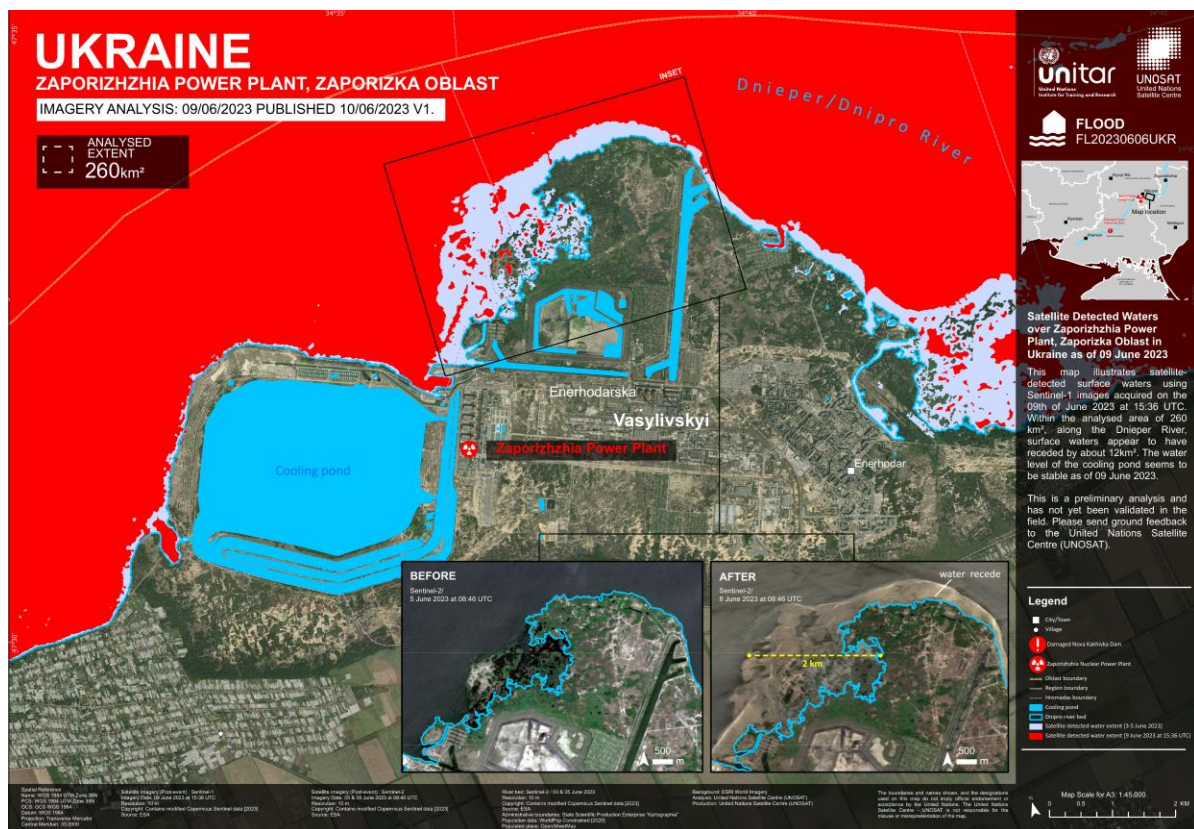
Η σημασία αυτού του πλαισίου έχει επιβεβαιωθεί επανειλημμένα από το Συμβούλιο Διοικητών της IAEA μέσω διαδοχικών ψηφισμάτων. Η απόφαση GOV/2024/73 (12 Δεκεμβρίου 2024) και η επόμενη GOV/2026/25 (5 Μαρτίου 2026) επιβεβαιώνουν ρητά ότι «επαναλαμβανόμενες και εντεινόμενες επιθέσεις στην ενεργειακή υποδομή της Ουκρανίας έχουν δημιουργήσει διαρκώς παρόντες κινδύνους για την πυρηνική ασφάλεια και προστασία» και ότι η ουκρανική ενεργειακή υποδομή «παραμένει εξαιρετικά υποβαθμισμένη και ευάλωτη, μειώνοντας την αξιοπιστία της εξωτερικής ηλεκτροδότησης για τους πυρηνικούς σταθμούς», απειλή που συνδέεται άμεσα με τον τέταρτο πυλώνα (αξιόπιστη εξωτερική ηλεκτροδότηση) (IAEA, 2026).

Στο ZNPP, αρκετοί από τους επτά αυτούς πυλώνες έχουν παραβιαστεί επανειλημμένα από την έναρξη της κατοχής. Η εγκατάσταση της Αποστολής Στήριξης και Συνδρομής της IAEA στη Zaporizhzhia (ISAMZ) τον Σεπτέμβριο του 2022, υπό την ηγεσία του Γενικού Διευθυντή Rafael Grossi, αποτέλεσε εξαιρετικό θεσμικό μέτρο. Σύμφωνα με την Ετήσια Έκθεση της IAEA για το 2024, ο Οργανισμός διατηρεί αδιάκοπη παρουσία προσωπικού σε πέντε ουκρανικές πυρηνικές τοποθεσίες (Zaporizhzhya, Khmelnytsky, Rivne, South Ukraine και Chornobyl), με 86 αποστολές εναλλαγής και συνολικά 179 άνθρωπο, μήνες παρουσίας μόνο το 2024, παραδόσεις εξοπλισμού αξίας 13,3

εκατομμυρίων ευρώ και οκτώ επιπλέον επιτόπιες αποστολές, εκ των οποίων δύο υπό την προσωπική ηγεσία του Γενικού Διευθυντή (IAEA, 2025).

Η πιο κρίσιμη κατηγορία κινδύνου αφορά στην αξιοπιστία της εξωτερικής ηλεκτροδότησης του σταθμού. Η διατήρηση λειτουργίας των συστημάτων ψύξης των αντιδραστήρων και των δεξαμενών αποθήκευσης χρησιμοποιημένων καυσίμων, ακόμη και υπό συνθήκες ψυχρής αναμονής (cold shutdown), απαιτεί συνεχή παροχή ηλεκτρικής ενέργειας για την αποφυγή τήξης του πυρήνα. Κατά τη διάρκεια της κατοχής, το ZNPP έχασε πλήρως την εξωτερική ηλεκτροδότηση επανειλημμένα, αναγκάζόμενο να λειτουργήσει αποκλειστικά με εφεδρικές γεννήτριες diesel για περιόδους που κυμάνθηκαν από λίγες ώρες έως πολλές ημέρες (IAEA, 2025).

Η καταστροφή του φράγματος Kakhovka στις 6 Ιουνίου 2023 δημιούργησε μια δεύτερη, συνδεδεμένη κατηγορία κινδύνου. Πριν την καταστροφή, η δεξαμενή τροφοδοτούσε το ψυκτικό σύστημα του ZNPP μέσω αντλιοστασίου. Μετά την απότομη πτώση της στάθμης, η άντληση κατέστη αδύνατη και ο σταθμός αναγκάστηκε να βασιστεί σε εναλλακτικές πηγές ψύξης: τη δεξαμενή ψύξης εσωτερικής περιμέτρου, τους πύργους ψύξης και γεωτρημένα πηγάδια (IAEA, 2025). Αν και οι πηγές αυτές επαρκούν για τη διατήρηση ψυχρής αναμονής, η μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα του σχήματος παραμένει αβέβαιη.



Εικόνα 12 Δορυφορικά ανιχνευόμενα ύδατα στην περιοχή του Πυρηνικού Σταθμού Zaporizhzhia μετά τη ρήξη του φράγματος Kakhovka: τα επιφανειακά ύδατα του Dnipro υποχώρησαν κατά ~12 km², ενώ η στάθμη της δεξαμενής ψύξης (cooling pond) παρέμεινε σταθερή (9 Ιουνίου 2023)

Οι στρατιωτικές δραστηριότητες κοντά στον σταθμό έχουν επανειλημμένα δημιουργήσει επεισόδια έντονης ανησυχίας. Ιδιαίτερης σημασίας είναι το περιστατικό του Δεκεμβρίου 2024, όπου, σύμφωνα με την επίσημη αναφορά στις Ετήσιες Έκθεσης της IAEA, drone έπληξε και προκάλεσε σοβαρές ζημιές σε επίσημο όχημα του Οργανισμού στον δρόμο προς το ZNPP, η πρώτη καταγεγραμμένη άμεση επίθεση σε προσωπικό της IAEA από την έναρξη της σύγκρουσης (IAEA, 2025). Η IAEA έχει επανειλημμένα απευθύνει εκκλήσεις για την εγκαθίδρυση μιας προστατευτικής ζώνης πυρηνικής ασφαλείας γύρω από τον σταθμό, πρόταση που δεν έχει γίνει αποδεκτή. Παράλληλα, έως τις αρχές του 2026, η IAEA βρίσκεται σε ενεργές διαπραγματεύσεις για την εξασφάλιση τοπικών εκχειριών που θα επέτρεπαν επείγουσες επισκευές σε γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας που τροφοδοτούν το ZNPP, εγχείρημα

πρωτοφανούς φύσης στην ιστορία της διεθνούς πυρηνικής εποπτείας, που αντανακλά τη σοβαρότητα των διακυβευόμενων κινδύνων (IAEA, 2026).

Ζώνη Αποκλεισμού του Chornobyl

Η Ζώνη Αποκλεισμού του Chornobyl, που δημιουργήθηκε μετά το πυρηνικό ατύχημα της 26ης Απριλίου 1986, το πιο σοβαρό πολιτικό πυρηνικό ατύχημα στην ιστορία, εκτείνεται σε περίπου 2.634 τετραγωνικά χιλιόμετρα σε ακτίνα 30 χιλιομέτρων γύρω από τον κατεστραμμένο σταθμό, με μεταγενέστερη επέκταση σε συνολικά 4.143 τετραγωνικά χιλιόμετρα προκειμένου να συμπεριληφθούν περιοχές με υψηλότερη ραδιενεργό εναπόθεση. Το ατύχημα οδήγησε στην εκκένωση των 30.000 κατοίκων της γειτονικής πόλης Pripyat και στη διασπορά 50 έως 185 εκατομμυρίων curies ραδιονουκλιδίων στην ατμόσφαιρα, ποσότητα αρκετές φορές μεγαλύτερη από αυτή των ατομικών βομβών της Hiroshima και του Nagasaki (IAEA, 2006).

Στις 24 Φεβρουαρίου 2022, οι ρωσικές δυνάμεις εισήλθαν στη Ζώνη Αποκλεισμού τις πρώτες ώρες της εισβολής και διατήρησαν στρατιωτικό έλεγχο για 36 ημέρες έως τις 31 Μαρτίου 2022. Κατά τη διάρκεια της κατοχής, το ουκρανικό τεχνικό προσωπικό που είχε παραμείνει στην τοποθεσία κρατήθηκε όμηρος επί πολλές ημέρες χωρίς εναλλαγή βάρδιας, παρακολουθώντας τη λειτουργία των εγκαταστάσεων αποθήκευσης ραδιενεργών αποβλήτων και του Νέου Ασφαλούς Εγκιβωτισμού (New Safe Confinement, NSC) υπό εξαιρετικά δυσμενείς συνθήκες (IAEA, 2022).

Η κίνηση βαρέων οχημάτων και η εγκατάσταση πολεμικών θέσεων εντός της Ζώνης Αποκλεισμού ανέδευσαν εδαφικά στρώματα με ραδιενεργό υπόλειμμα από το ατύχημα του 1986, οδηγώντας σε τοπική αύξηση της ραδιενέργειας γάμμα. Η IAEA κατέληξε ότι τα επίπεδα παρέμειναν κάτω από τα όρια δημόσιας επικινδυνότητας για πληθυσμούς εκτός Ζώνης (IAEA, 2022). Η βραχυπρόθεσμη διακοπή του εξωτερικού ηλεκτρικού εφοδιασμού προς τις εγκαταστάσεις διαχείρισης ραδιενεργών αποβλήτων στις 9

Μαρτίου 2022 δημιούργησε σοβαρή ανησυχία, η οποία αποκαταστάθηκε μετά από παρεμβάσεις με εφεδρικές γεννήτριες.

Παράλληλα με τους πυρηνικούς κινδύνους, η Ζώνη του Chornobyl αποτέλεσε εστία εκτεταμένων δασικών πυρκαγιών κατά τη διάρκεια και μετά την κατοχή. Σύμφωνα με τα δεδομένα των Vasylyshyn et al. (2025), μόνο κατά το πρώτο τρίμηνο του 2022 η Ζώνη Αποκλεισμού υπέστη πυρκαγιές σε 754 εκτάρια κωνοφόρων δασών και 624 εκτάρια φυλλοβόλων, ενώ κατά το δεύτερο τρίμηνο του 2022 προστέθηκαν επιπλέον 4.536 και 921 εκτάρια αντίστοιχα, καθιστώντας τη μία από τις πιο πληγείσες περιοχές της βόρειας Ουκρανίας εκείνη την περίοδο. Οι πυρκαγιές αυτές απελευθέρωσαν στην ατμόσφαιρα ραδιονουκλίδια, κυρίως καίσιο, 137 (Cs-137) και στρόντιο, 90 (Sr-90), τα οποία είχαν συσσωρευτεί στη βιομάζα των δασών κατά τις δεκαετίες μετά το 1986. Ο μηχανισμός της δευτερογενούς ατμοσφαιρικής αναιώρησης μέσω πυρκαγιών αποτελεί γνωστό φαινόμενο, τεκμηριωμένο επιστημονικά από την Ευρεία Αναφορά στου Chernobyl Forum της IAEA (2006), που επιβεβαίωσε ότι πυρκαγιές σε μολυσμένα δάση αυξάνουν προσωρινά τις ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις ραδιενέργειας, κυρίως σε τοπική κλίμακα γύρω από το σημείο της πυρκαγιάς (IAEA, 2006· IAEA, 2022). Ένα δεύτερο επεισόδιο αναφέρθηκε στις 14 Φεβρουαρίου 2025, όταν drone έπληξε το Νέο Ασφαλές Εγκιβωτισμό (NSC), την χαλύβδινη κατασκευή που καλύπτει τον κατεστραμμένο αντιδραστήρα 4, προκαλώντας ρωγμή στην εξωτερική μεμβράνη και πυρκαγιά που κατεσβέσθη εντός ωρών. Αν και η ζημιά ήταν περιορισμένη και δεν οδήγησε σε απελευθέρωση ραδιενέργειας, το περιστατικό υπογραμμίζει τη διαρκή τρωτότητα ακόμη και των πλέον σύγχρονων πυρηνικών υποδομών περιορισμού σε συνθήκες ένοπλης σύγκρουσης (IAEA, 2025).

Συμβατικές ενεργειακές υποδομές

Πέραν του πυρηνικού τομέα, η συστηματική ρωσική επίθεση σε συμβατικές ενεργειακές υποδομές έχει προκαλέσει μια από τις μεγαλύτερες καταστροφές δικτύου ηλεκτρισμού στη σύγχρονη ιστορία. Σύμφωνα με στοιχεία του ουκρανικού Υπουργείου Ενέργειας που ενσωματώνονται στο Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (NECP) της Ουκρανίας, μόνο κατά το διάστημα 10 Οκτωβρίου 2022 – 9 Μαρτίου 2023 καταγράφηκαν 271 χτυπήματα σε αντικείμενα ενεργειακής υποδομής από μαζικές επιθέσεις με πυραύλους και drones, ενώ περίπου 50% της συνολικής διαθέσιμης παραγωγικής δυναμικότητας και των μετασχηματιστικών υποσταθμών του συστήματος μεταφοράς (Ukrenergo) είχε προσωρινά χαθεί (καταστραφεί ή τεθεί υπό κατοχή) έως το τέλος της χειμερινής περιόδου 2022/2023. Στην κορύφωση ενός συστημικού ατυχήματος κατά τους μαζικούς βομβαρδισμούς, έως 13,5 εκατομμύρια καταναλωτές βρέθηκαν ταυτόχρονα χωρίς ηλεκτρικό ρεύμα, ενώ ο μέσος αριθμός επηρεαζόμενων καταναλωτών κατά την περίοδο Νοεμβρίου 2022 – Φεβρουαρίου 2023 ανήλθε σε 3,8 εκατομμύρια. Η συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μειώθηκε κατά 30–35% και η κατανάλωση φυσικού αερίου κατά 28,7% το 2022 σε σχέση με το 2021 (Ministry of Economy of Ukraine, 2024). Οι επιθέσεις εντάθηκαν κατά τη διάρκεια του 2024, με στοχοποίηση μεγάλων θερμοηλεκτρικών μονάδων (όπως ο Trypillia που καταστράφηκε τον Απρίλιο του 2024) και υδροηλεκτρικών (όπως ο DniproHES στο Zaporizhzhia τον Μάρτιο του 2024).

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις αυτής της καταστροφής είναι πολυεπίπεδες. Η καταστροφή θερμοηλεκτρικών σταθμών απελευθέρωσε στο περιβάλλον καύσιμα, λιπαντικά, μετασχηματιστικά έλαια και βαρέα μέταλλα, δημιουργώντας εστίες εδαφικής και υδατικής ρύπανσης. Η καταστροφή αποθηκών άνθρακα και τεφρών από λειτουργία θερμοηλεκτρικών οδήγησε σε διασπορά βαρέων μετάλλων, θείου και πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων. Η εκτεταμένη εξάρτηση από γεννήτριες

diesel ως αντικατάσταση του κατεστραμμένου δικτύου έχει αυξήσει τα επίπεδα αιωρούμενων σωματιδίων, διοξειδίου του αζώτου και αιθάλης σε αστικά περιβάλλοντα, με άμεσες συνέπειες στη δημόσια υγεία. Παράλληλα, η καταστροφή υποδομών φυσικού αερίου δημιούργησε εστίες διαρροών μεθανίου, αερίου θερμοκηπίου με δυναμικό θέρμανσης σημαντικά μεγαλύτερο από το CO₂, πτυχή που αναλύεται εκτενέστερα στην Ενότητα 4.2.5. Η δολιοφθορά των αγωγών Nord Stream τον Σεπτέμβριο του 2022 αντιπροσωπεύει ένα από τα μεγαλύτερα μεμονωμένα γεγονότα εκπομπής μεθανίου ανθρωπογενούς προέλευσης που έχει καταγραφεί.

Η έκταση και ιδιαιτερότητα των ενεργειακών ζημιών στην Ουκρανία εγκαινίασαν έναν νέο προβληματισμό στη διεθνή κοινότητα: τη συστηματική αντιμετώπιση της ενεργειακής υποδομής ως περιβαλλοντικού ζητήματος πρώτης τάξης σε εμπόλεμες συνθήκες (CEOBS, 2024).

4.2.2.2 Αστικές καταστροφές και στερεά απόβλητα κατεδαφίσεων

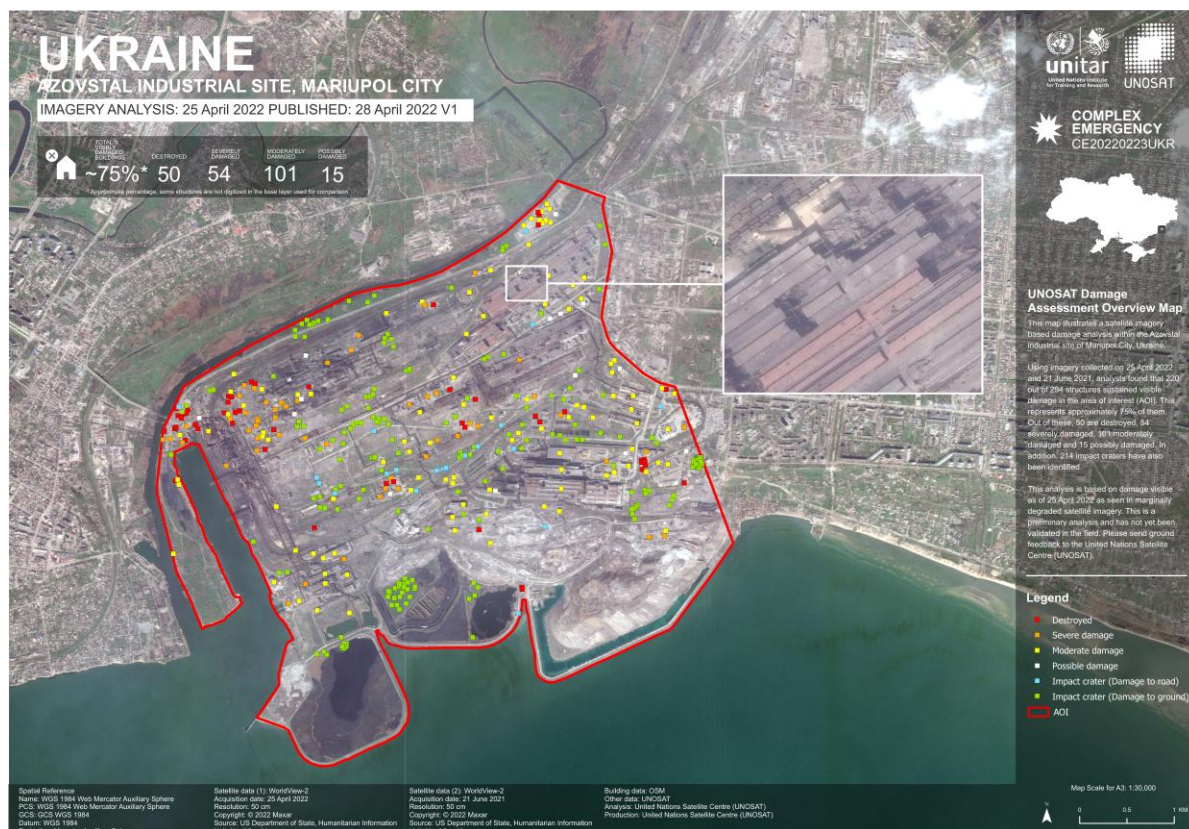
Ο στεγαστικός τομέας αποτελεί τη μεγαλύτερη κατηγορία άμεσων υλικών ζημιών σύμφωνα με την RDNA4, με εκτιμώμενες ζημιές 57,6 δισεκατομμυρίων δολαρίων (33% του συνολικού) και συνολικές ανάγκες ανοικοδόμησης 83,7 δισεκατομμυρίων δολαρίων σε ορίζοντα δεκαετίας (World Bank et al., 2025). Σύμφωνα με την ίδια αποτίμηση, 13% του συνολικού στεγαστικού αποθέματος της χώρας έχει υποστεί ζημιές ή καταστραφεί, επηρεάζοντας πάνω από 2,5 εκατομμύρια νοικοκυριά. Πίσω από τους αριθμούς αυτούς κρύβεται μια από τις μεγαλύτερες καταστροφές αστικού ιστού στην Ευρώπη από το τέλος του Β' Παγκοσμίου Πολέμου. Η περιβαλλοντική διάσταση αυτής της καταστροφής, παραγωγή τεράστιων όγκων στερεών αποβλήτων κατεδαφίσεων, απελευθέρωση επικίνδυνων υλικών από την κατάρρευση παλαιού δομικού αποθέματος, κατάρρευση συστημάτων διαχείρισης αποβλήτων και υδάτων,

αποτελεί μία από τις σημαντικότερες αλλά συχνά υποτιμημένες πτυχές της συνολικής περιβαλλοντικής επιβάρυνσης.

Mariupol: η υποδειγματική περίπτωση ολοκληρωτικής αστικής καταστροφής

Η καταστροφή της Mariupol, λιμανιού της Αζοφικής Θάλασσας με προπολεμικό πληθυσμό περίπου 432.000 κατοίκων, αποτελεί την πιο ακραία περίπτωση αστικής καταστροφής της σύγκρουσης. Η πόλη υπέστη πολιορκία από τα τέλη Φεβρουαρίου έως τις 20 Μαΐου 2022, οπότε παραδόθηκε η τελευταία ουκρανική εστία αντίστασης στο χαλβουργείο Azovstal. Κατά τη διάρκεια της πολιορκίας, η πόλη βομβαρδίστηκε συστηματικά με πυροβολικό, αεροπορία και πυραύλους, με στοχοποίηση πολιτικών υποδομών όπως το μαιευτήριο (9 Μαρτίου 2022) και το δραματικό θέατρο (16 Μαρτίου 2022).

Δορυφορική ανάλυση της UNOSAT (2022) σε περιοχή ενδιαφέροντος που κάλυπτε τις συνοικίες Livoberezhnyi και Zhovtnevyi της Mariupol, με εικόνες από τις 7, 8 και 12 Μαΐου 2022, εντόπισε 5.647 κτίρια με ορατές ζημιές, περίπου το 32% των κτιρίων της εξεταζόμενης περιοχής. Εξ αυτών, 315 κατεστραμμένα, 2.132 σοβαρά πληγμένα, 3.002 μέτρια πληγμένα και 194 ενδεχομένως πληγμένα. Σε σύγκριση με προηγούμενη ανάλυση της 14ης Μαρτίου 2022, οι συνολικές ζημιές είχαν αυξηθεί κατά 28%, με 4.910 νέα πληγμένα κτίρια (UNOSAT, 2022). Αξίζει να σημειωθεί ότι η ανάλυση αυτή καλύπτει μόνο δύο συνοικίες της πόλης και δεν περιλαμβάνει τις πιο βαριά πληγείσες περιοχές γύρω από το συγκρότημα Azovstal, όπου η καταστροφή ήταν σαφώς σφοδρότερη· η πραγματική κλίμακα καταστροφής της Mariupol αναμένεται να ήταν σημαντικά μεγαλύτερη και θα καταστεί πλήρως ορατή μόνο μετά από επιτόπια επιθεώρηση, η οποία δεν είναι εφικτή όσο η πόλη τελεί υπό ρωσική κατοχή.



Εικόνα 13 Αποτίμηση ζημιών στο βιομηχανικό συγκρότημα Azovstal της Μαριούπολης (25 Απριλίου 2022): 220 από 294 κτίρια (~75%) με ορατές ζημιές, εκ των οποίων 50 ολοσχερώς κατεστραμμένα, καθώς και 214 κρατήρες πρόσκρουσης. Πηγή: UNOSAT (2022)

Στη Mariupol αναφέρθηκαν ιδιαίτερες πιέσεις πόσιμου νερού: άνω του 40% του

δικτύου ύδρευσης είχε καταστραφεί και ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας εξέφρασε επίσημη ανησυχία στις 17 Μαΐου 2022 για κίνδυνο έκρηξης χολέρας λόγω ανάμειξης αποβλήτων με πόσιμο νερό (Shumilova et al., 2023).

Πέραν της αμιγώς δομικής καταστροφής, η Mariupol αντιμετωπίζει μια ιδιαίτερη περιβαλλοντική επιβάρυνση λόγω της συγκέντρωσης βαριάς βιομηχανίας εντός του αστικού ιστού. Τα χαλυβουργεία Azovstal και Illich, τα οποία υπέστησαν εκτεταμένες ζημιές κατά τις επιχειρήσεις, αποτελούσαν μείζονες πηγές βιομηχανικής ρύπανσης και πριν τη σύγκρουση η καταστροφή τους απελευθέρωσε στο περιβάλλον ασβέστη, σκωρία, βαρέα μέταλλα και απόβλητα κωκ. Η αδυναμία διενέργειας επιτόπιας επιστημονικής έρευνας στην πόλη υπό ρωσική κατοχή καθιστά την ακριβή ποσοτικοποίηση αυτών των επιπτώσεων αδύνατη στην παρούσα φάση.

Bakhmut, Avdiivka και η ζώνη του ανατολικού μετώπου

Η μάχη του Bakhmut, που διήρκεσε από τον Αύγουστο του 2022 έως τον Μάιο του 2023, αποτελεί τη μακρύτερη και πιο καταστροφική αστική σύγκρουση του πολέμου. Η πόλη υπέστη σχεδόν ολοκληρωτική καταστροφή, όπως τεκμηριώνεται από δορυφορικές αναλύσεις UNOSAT. Παρόμοια τύχη γνώρισαν το Sievierodonetsk και το Lysychansk στην περιφέρεια Luhansk (που έπεσαν τον Ιούνιο, Ιούλιο 2022), το Volnovakha (ολοσχερώς καταστραφέν στις πρώτες εβδομάδες της εισβολής) και πιο πρόσφατα η Avdiivka, η οποία έπεσε στις 17 Φεβρουαρίου 2024 μετά από τετράμηνη εντατική πολιορκία.

Η Avdiivka παρουσιάζει ιδιαίτερο περιβαλλοντικό ενδιαφέρον λόγω της παρουσίας του μεγάλου χημικού εργοστασίου Avdiivka Coke Plant, το οποίο υπέστη επανειλημμένες ζημιές κατά τη διάρκεια της μάχης με απελευθέρωση στο περιβάλλον αμμωνίας, βενζολίου και λοιπών πτητικών οργανικών ενώσεων. Στο θέατρο της ζώνης Donetsk-Luhansk, ένα πυκνό δίκτυο από μικρές και μεσαίες βιομηχανικές εγκαταστάσεις, μεταλλεία άνθρακα, χημικά εργοστάσια, εγκαταστάσεις, θερμοηλεκτρικοί σταθμοί, έχει μετατραπεί σε διάσπαρτες εστίες τοπικής μόλυνσης, φαινόμενο που αναλύεται εκτενέστερα στην Ενότητα 4.2.3.

Bucha, Irpin, Hostomel και η ζώνη του Κιέβου

Η βραχύβια αλλά εντατική ρωσική κατοχή των βόρειων προαστίων του Κιέβου από τα τέλη Φεβρουαρίου έως τα τέλη Μαρτίου 2022 προκάλεσε εκτεταμένες ζημιές σε αστικό ιστό που προηγουμένως θεωρούνταν απομακρυσμένος από οποιαδήποτε πιθανή γραμμή σύγκρουσης. Το Irpin, η Bucha, το Hostomel και το Borodyanka υπέστησαν συνδυασμό αεροπορικών βομβαρδισμών και πυροβολικού πλήγματος. Πέραν των υλικών ζημιών, η μαζική εγκατάλειψη οχημάτων, η συσσώρευση στρατιωτικού εξοπλισμού και η κατάρρευση των συστημάτων συλλογής απορριμμάτων δημιούργησαν εστίες τοπικής

περιβαλλοντικής και υγειονομικής υποβάθμισης, που αντιμετωπίστηκαν σταδιακά μέσω εκτεταμένων επιχειρήσεων καθαρισμού τα επόμενα έτη (UNEP, 2022).

Στερεά απόβλητα κατεδαφίσεων, ύδρευση και επικίνδυνα υλικά

Η περιβαλλοντική διάσταση των αστικών καταστροφών εκφράζεται πρωτίστως μέσω της παραγωγής τεράστιων όγκων στερεών αποβλήτων κατεδαφίσεων. Η RDNA4 σημειώνει ότι το θέμα αυτό αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά ζητήματα της ανοικοδόμησης, με ιδιαίτερη έμφαση στις «ανάγκες για αμιαντούχα υπολείμματα από κατεστραμμένα κτίρια, δεδομένων των κινδύνων για το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία» (World Bank et al., 2025). Ένα σημαντικό τμήμα του ουκρανικού κτιριακού αποθέματος, ιδίως πολυκατοικίες σοβιετικής κατασκευής από τις δεκαετίες 1960-1980, περιέχει αμιάντο σε υλικά όπως σκεπές, αγωγούς και μονωτικά, με την αέρια διασπορά ινών αμιάντου από καταρρέοντα κτίρια να αποτελεί αναγνωρισμένο κίνδυνο για τη δημόσια υγεία. Παράλληλα, τα απόβλητα περιέχουν σε αναμεμειγμένη μορφή βαρέα μέταλλα από ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις, πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCBs) από παλαιούς μετασχηματιστές και πυκνωτές, υπολείμματα καυσίμων και λιπαντικών, καθώς και χημικά υπολείμματα από τα ίδια τα εκρηκτικά, κυρίως υπολείμματα TNT, RDX και σχετικών ενώσεων.

Η καταστροφή των αστικών υποδομών ύδρευσης και αποχέτευσης συνιστά μια δεύτερη, εξίσου σημαντική περιβαλλοντική παράμετρο. Ο τομέας Ύδρευσης και Αποχέτευσης (Water Supply and Sanitation, WSS) καταγράφει στην RDNA4 άμεσες ζημιές 4,6 δισεκατομμυρίων δολαρίων (αύξηση 18% σε σχέση με την RDNA3), απώλειες 12,7 δισεκατομμυρίων και ανάγκες ανοικοδόμησης 11,3 δισεκατομμυρίων. Οι μεγαλύτερες ζημιές εντοπίζονται σε μονάδες επεξεργασίας λυμάτων (28% των ζημιών), δίκτυα αποχέτευσης (21%) και δίκτυα πόσιμου νερού (23%), με τις περιφέρειες Kharkivska, Luhanska, Zaporizka, Chernihivska, Khersonska και Donetska να είναι οι

πιο πληγείσες. Η WASH Cluster εκτίμησε ότι 8,5 εκατομμύρια άνθρωποι χρειάζονταν βασικές υπηρεσίες ύδρευσης, αποχέτευσης και υγιεινής το 2024 (World Bank et al., 2025). Στο Mykolaiv, η καταστροφή του αγωγού μεταφοράς νερού από τον ποταμό Dnipro τον Απρίλιο του 2022 άφησε την πόλη χωρίς κεντρική ύδρευση για περισσότερο από έναν μήνα, αναγκάζοντας τις αρχές να καταφύγουν σε εναλλακτική τροφοδοσία από τον ποταμό Southern Bug· το νερό αυτό, ακόμη και μετά την επεξεργασία, παρουσίαζε αυξημένες συγκεντρώσεις χλωριόντων, θεικών αλάτων και λοιπών ορυκτών αλάτων (Shumilova et al., 2023).

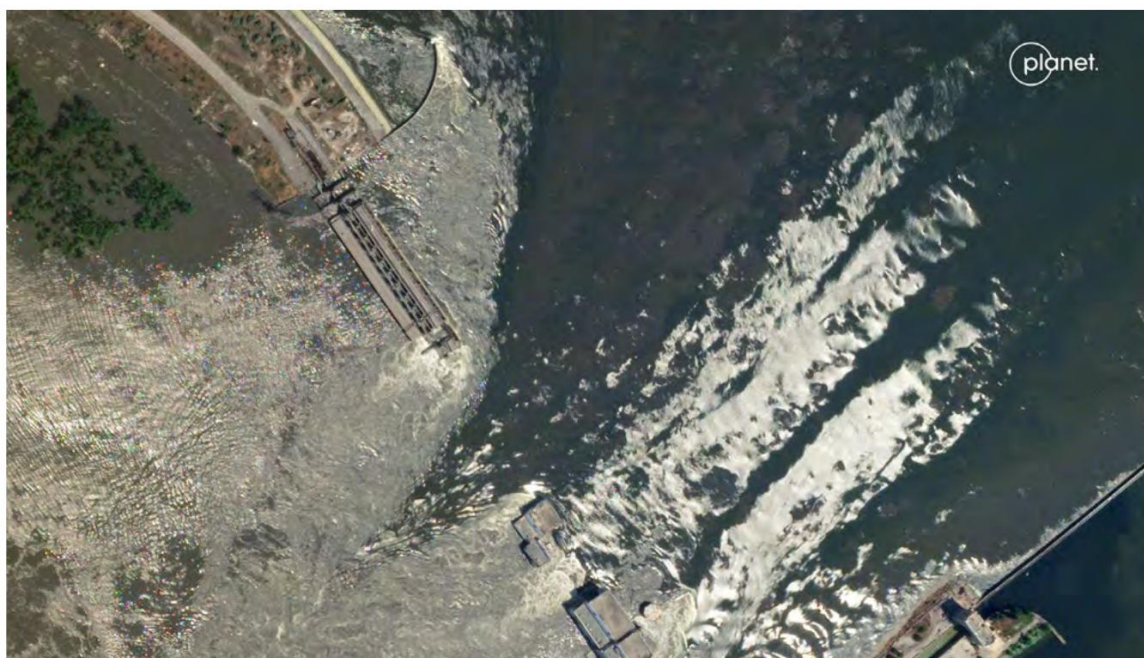
Τέλος, η αστική καταστροφή έχει επιφέρει σημαντικές απώλειες σε αστικές πράσινες υποδομές, πάρκα, δενδροστοιχίες, αστικά δάση, με συνεπαγόμενες επιπτώσεις στην τοπική ποιότητα αέρα, στη ρύθμιση αστικού μικροκλίματος και στη δέσμευση άνθρακα, συνιστώντας μια διάσταση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης που σπάνια αποτυπώνεται στις συμβατικές αποτιμήσεις ζημιών αλλά έχει μακροπρόθεσμες συνέπειες για την ποιότητα ζωής και την κλιματική ανθεκτικότητα των ουκρανικών πόλεων κατά τη φάση της ανοικοδόμησης.

4.2.3 Επιπτώσεις στους υδάτινους πόρους, στα απόβλητα και στα εδάφη

4.2.3.1 Η καταστροφή του φράγματος Kakhovka: η μεγαλύτερη μεμονωμένη περιβαλλοντική καταστροφή της σύγκρουσης

Η καταστροφή του φράγματος Kakhovka στον ποταμό Dnipro, στις 6 Ιουνίου 2023, αποτελεί την πιο εκτεταμένη και πολυδιάστατη περιβαλλοντική καταστροφή που προκλήθηκε κατά τη διάρκεια της σύγκρουσης και κατά πάσα πιθανότητα την πιο σημαντική μεμονωμένη οικολογική καταστροφή στην Ευρώπη από την εποχή του Chornobyl. Το φράγμα, κατασκευασμένο τη δεκαετία του 1950 στο κάτω τμήμα του Dnipro κοντά στη Nova Kakhovka (περιφέρεια Kherson), σχημάτιζε τη δεξαμενή

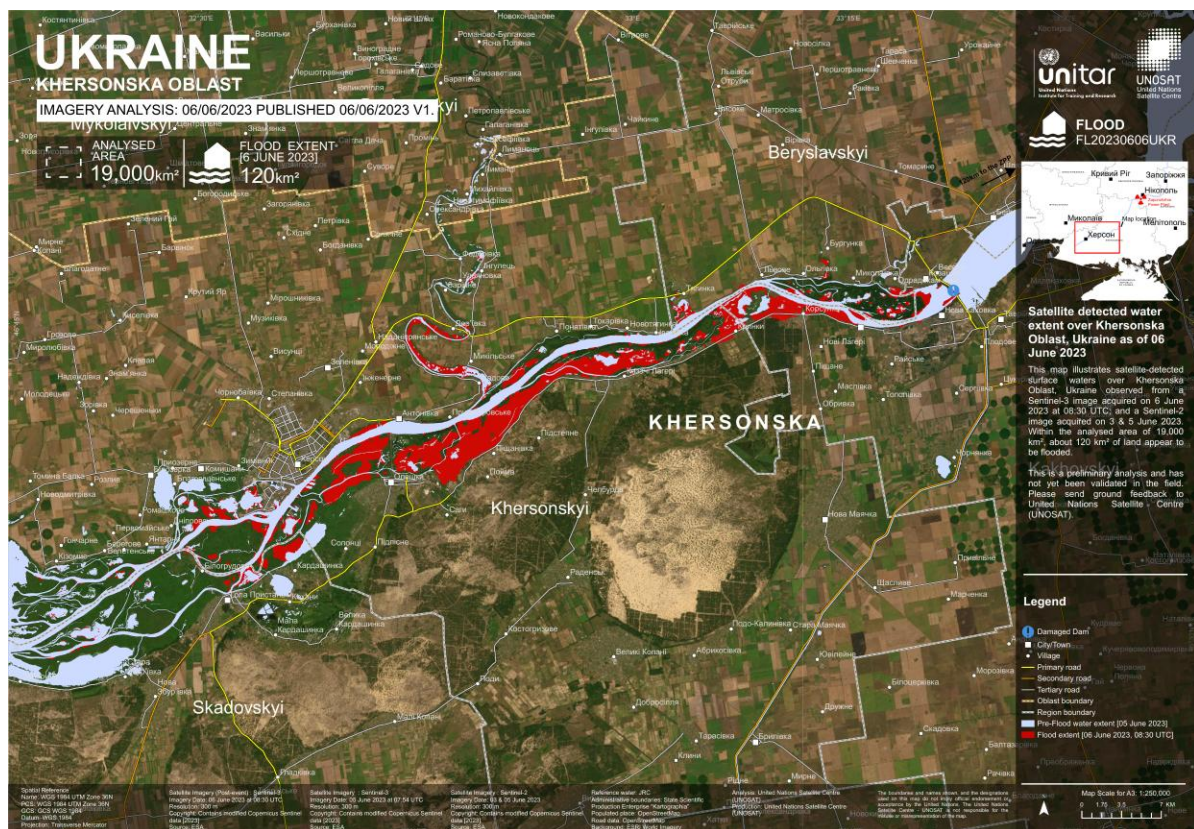
Kakhovka, ένα τεχνητό υδάτινο σώμα συνολικής χωρητικότητας περίπου 18,2 κυβικών χιλιομέτρων και έκτασης περίπου 2.155 τετραγωνικών χιλιομέτρων, μία από τις μεγαλύτερες τεχνητές λίμνες της Ευρώπης. Η δεξαμενή χρησίμευε ταυτόχρονα ως πηγή ύδρευσης για εκατομμύρια κατοίκους, βασική πηγή άρδευσης για το σύστημα της νότιας Ουκρανίας, ως ψυκτική πηγή για τον πυρηνικό σταθμό Zaporizhzhia και ως κομβική οικολογική ενότητα του κάτω ρου του Dnipro (Shumilova et al., 2023).



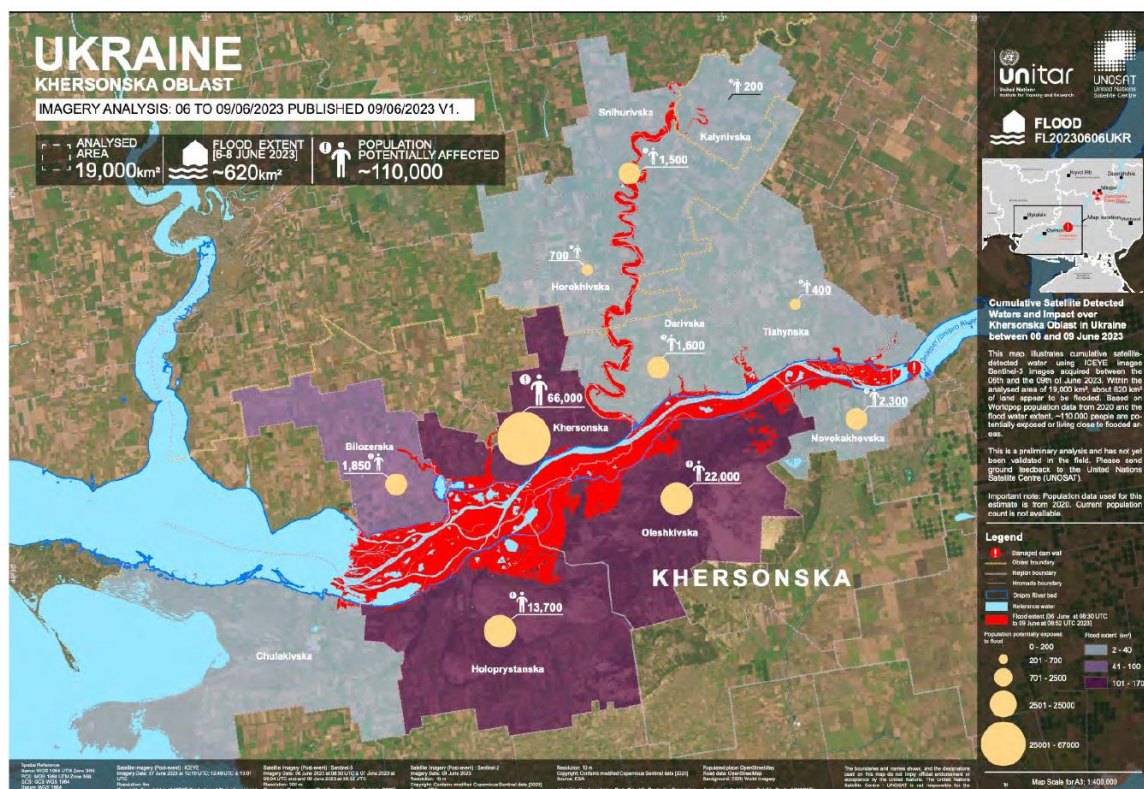
Εικόνα 14 Δορυφορική εικόνα που αποτυπώνει το διαρρηγμένο φράγμα της Nova Kakhovka στον ποταμό Dnipro. Πηγή: Skysat © 2023

Η ρήξη του φράγματος προκάλεσε εκτεταμένη πλημμύρα κατάντη, στην οποία ένα τμήμα των νότιων περιοχών της περιφέρειας Kherson βυθίστηκε για περισσότερες από δύο εβδομάδες, ενώ ανάντη του φράγματος η δεξαμενή αποστραγγίστηκε σχεδόν πλήρως εντός ημερών. Σύμφωνα με την RDNA4, «εκατοντάδες τετραγωνικά χιλιόμετρα πλημμύρισαν και χιλιάδες τετραγωνικά χιλιόμετρα δεξαμενής και σημαντικών υγροτόπων αποξηράθηκαν, ενώ 19 μήνες αργότερα οι οικοσυστημικές υπηρεσίες δεν έχουν ακόμη αποκατασταθεί» (World Bank et al., 2025). Η άμεση περιβαλλοντική ζημιά από την καταστροφή ενσωματώνεται πλέον στον τομέα

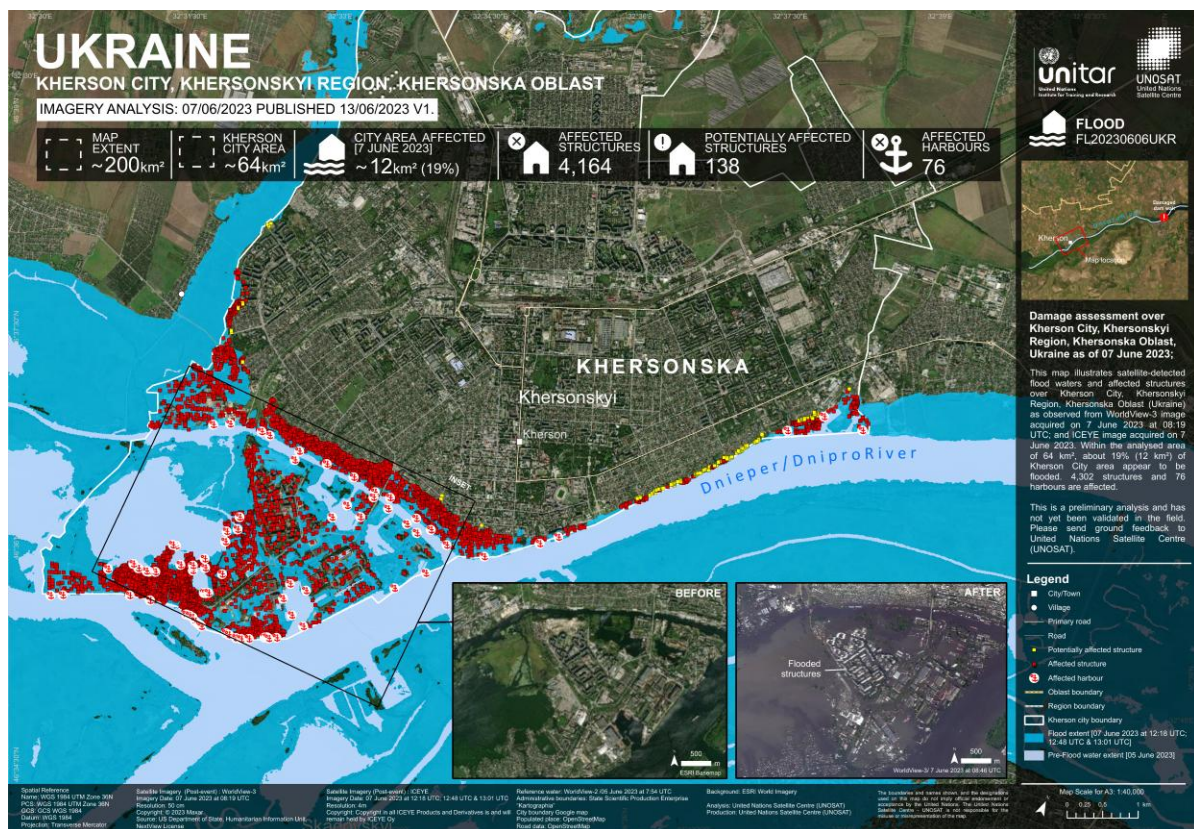
«Άρδευση και Υδατικοί Πόροι» της RDNA4, ενώ οι έμμεσες απώλειες οικοσυστημικών υπηρεσιών μόνο από το γεγονός του Kakhonka ανέρχονται σε 14,1 δισεκατομμύρια δολάρια, αντιπροσωπεύοντας το 51% των συνολικών απωλειών του τομέα περιβάλλοντος της RDNA4 (World Bank et al., 2025).



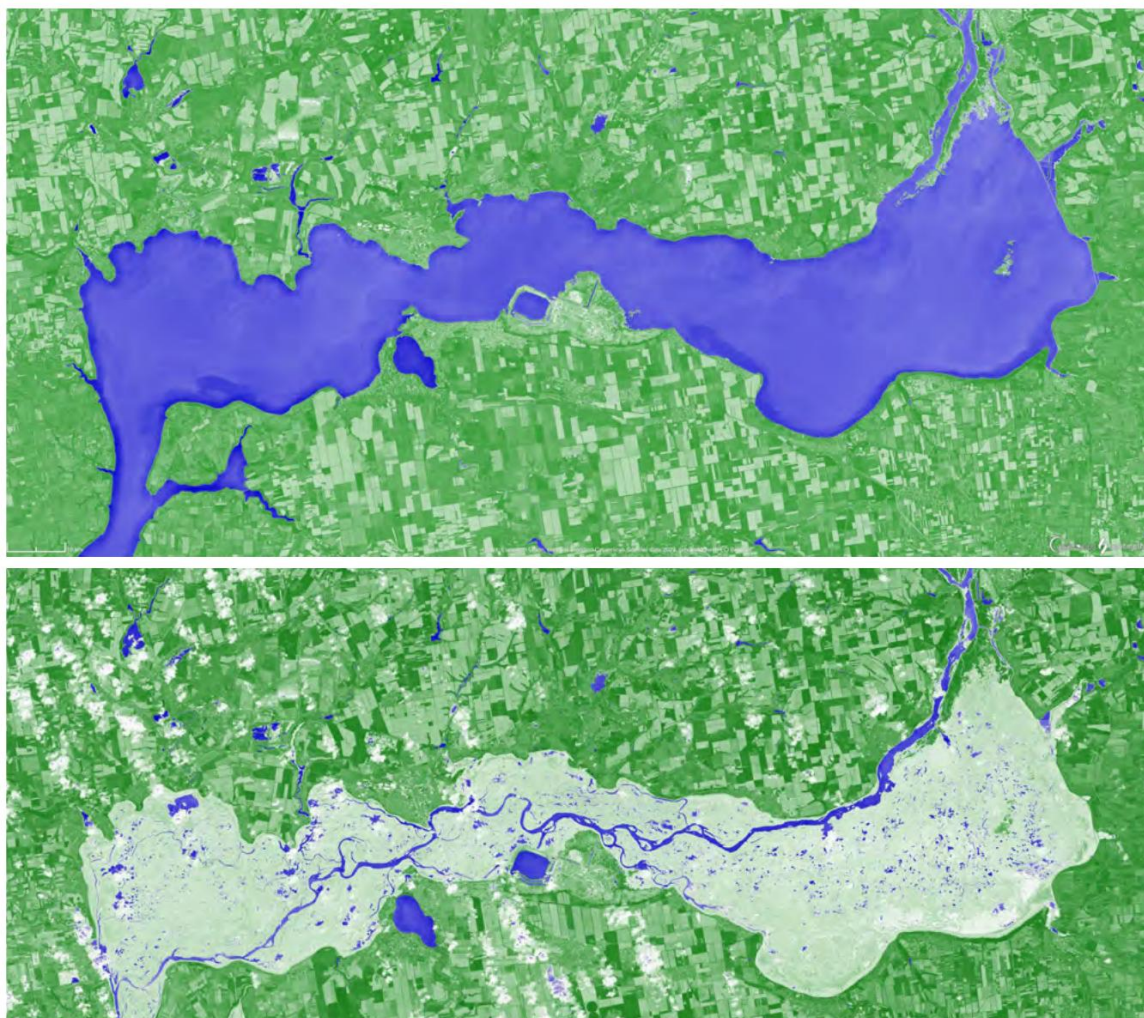
Εικόνα 15 Δορυφορικά ανιχνευόμενη έκταση πλημμύρας στην περιφέρεια Kherson (Khersonska Oblast) κατάντη του φράγματος: ~120 km² εντός περιοχής ανάλυσης 19.000 km² (6 Ιουνίου 2023). Πηγή: UNOSAT (2023).



Εικόνα 16 Ανάλυση δορυφορικών εικόνων της μέγιστης έκτασης πλημμύρας κατόντη του φράγματος Kakhovka (~620 km², 6–9 Ιουνίου 2023), περιφέρεια Kherson. Πηγή: UNOSAT (2023).



Εικόνα 17 Αποτίμηση πλημμύρας και πληγέντων κτιρίων στην πόλη Kherซอน (7 Ιουνίου 2023): ~12 km² (19%) της έκτασης της πόλης πλημμυρισμένα, 4.164 πληγέντα κτίρια και 76 πληγέντα λιμενικά σημεία. Πηγή: UNOSAT (2023)



Εικόνα 18 Στάθμη της δεξαμενής Kakhovka πριν (5 Ιουνίου 2023, επάνω) και μετά τη ρήξη του φράγματος (15 Ιουλίου 2023, κάτω). Πηγή: Sentinel-hub EO-Browser (2023).

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της καταστροφής είναι πολυεπίπεδες και εκδηλώνονται σε διαφορετικές χρονικές κλίμακες. Σε άμεσο επίπεδο, η πλημμύρα παρέσυρε κατάντη τεράστιες ποσότητες ρύπων από πλημμυρισμένες κατοικίες, βιομηχανικές εγκαταστάσεις, γεωργικούς αποθηκευτικούς χώρους, εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων και νεκροταφεία. Στη θάλασσα κατέληξαν χιλιάδες τόνοι λιπαντικών και πετρελαιοειδών από κατεστραμμένα οχήματα, αποθήκες καυσίμων και γεωργικά μηχανήματα, καθώς και σημαντικές ποσότητες λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων από γεωργικές αποθήκες. Η μαζική εισροή γλυκού νερού, ιζημάτων και ρύπων στη βορειοδυτική Μαύρη Θάλασσα άλλαξε τοπικά την αλατότητα, την οξυγόνωση και τη

χημική σύσταση του νερού, με επιπτώσεις στα θαλάσσια οικοσυστήματα που δεν έχουν ακόμη πλήρως αποτιμηθεί (Shumilova et al., 2023).

Σε μεσοπρόθεσμο επίπεδο, η εξαφάνιση της δεξαμενής δημιούργησε έναν νέο τύπο οικοσυστήματος στην πρώην λίμνη: μια εκτεταμένη ημιέρμημη έκταση όπου τα ιζήματα που είχαν συσσωρευτεί κατά τη διάρκεια των δεκαετιών λειτουργίας του φράγματος (από το 1956) εκτέθηκαν απευθείας στην ατμόσφαιρα, δημιουργώντας κινδύνους διασποράς ρύπανσης μέσω ανεμοφοράς και υδρολογικής επαναιώρησης. Παράλληλα, η απώλεια της δεξαμενής ως κύριας πηγής άρδευσης προκάλεσε πιέσεις στη γεωργία της νότιας Ουκρανίας, με εκτεταμένες εκτάσεις να εγκαταλείπουν τις αρδευόμενες καλλιέργειες. Οι ανάγκες του τομέα Άρδευσης και Υδατικών Πόρων εκτιμώνται από την RDNA4 σε 10,9 δισεκατομμύρια δολάρια (World Bank et al., 2025).

Σε μακροπρόθεσμο επίπεδο, η καταστροφή επηρέασε το σύνολο του υδρολογικού καθεστώτος του κάτω Dnipro. Οι υγρότοποι του Δέλτα του Dnipro, ενταγμένοι στη Σύμβαση Ramsar, καθώς και συνδεδεμένα υγροτοπικά οικοσυστήματα στην περιφέρεια Kherson, υπέστησαν σοβαρή διαταραχή του υδρολογικού τους ισοζυγίου. Η επίδραση σε ξεχωριστούς πληθυσμούς ψαριών, πτηνών και αμφιβίων εκτιμάται ότι απαιτεί πολλαπλά έτη για να αξιολογηθεί επιστημονικά (Shumilova et al., 2023· European Wilderness Society, 2023).

Ιστορικά, η καταστροφή του Kakhovka δεν είναι χωρίς προηγούμενο στον ίδιο ποταμό. Όπως καταδεικνύουν οι Shumilova et al. (2023), η 18η Αυγούστου 1941 αποτελεί σημαντικό ιστορικό σημείο αναφοράς: τότε, υποχωρούντα σοβιετικά στρατεύματα ανατίναξαν το μεγαλύτερο φράγμα της εποχής στη Σοβιετική Ένωση, τον Σταθμό DniproHES στο Zaporizhzhia, για να καθυστερήσουν την προέλαση της Βέρμαχτ, προκαλώντας μαζικές πλημμύρες κατάντη με εκτιμώμενες ανθρώπινες απώλειες που κυμαίνονταν από 20.000 έως 100.000 θύματα. Η ιστορική αυτή αναφορά επιβεβαιώνει

ότι η στοχοποίηση υδραυλικών υποδομών ως μέσο πολέμου έχει μακρά γενεαλογία στον χώρο αυτό, με συνέπειες που μπορούν να εκτείνονται γενιές μακριά. Ένα δεύτερο προηγούμενο, μικρότερης κλίμακας αλλά σημαντικής περιβαλλοντικής επίπτωσης, είναι το ατύχημα στο μεταλλείο αλατιού του Stebnik το 1983, όπου διαρροή 3,8 κυβικών χιλιομέτρων αλατούχου διαλύματος ρύπανε τον ποταμό Dniester, ένα από τα σοβαρότερα υδατικά ατυχήματα στη σοβιετική ιστορία (Shumilova et al., 2023). Η κατηγορηματική απόδοση ευθύνης για την καταστροφή του Kakhovka παραμένει ανοιχτή σε διαφορετικούς ισχυρισμούς, η ουκρανική πλευρά, στη μεγάλη πλειονότητα ανεξάρτητων αναλυτών και τεχνικές αναλύσεις έχουν αποδώσει την καταστροφή σε σκόπιμη ανατίναξη από τις ρωσικές δυνάμεις κατοχής, ενώ η ρωσική πλευρά απέδωσε το γεγονός σε ουκρανική επίθεση. Ανεξαρτήτως της ατομικής απόδοσης ευθύνης, το γεγονός παραμένει μία από τις πιο καταστροφικές ενέργειες στη διεθνή περιβαλλοντική ιστορία κατά το πρώτο τέταρτο του 21ου αιώνα.

4.2.3.2 Ρύπανση υδάτινων πόρων πέραν του Kakhovka

Η καταστροφή του Kakhovka, αν και η πιο εντυπωσιακή, αποτελεί μία μόνο από τις πολλές συστηματικές επιπτώσεις της σύγκρουσης στους υδατικούς πόρους της Ουκρανίας. Η πρωτοποριακή μελέτη των Shumilova et al. (2023) στο Nature Sustainability κατέγραψε 64 σημαντικά περιστατικά επιπτώσεων σε υδάτινους πόρους μόνο κατά τους πρώτους τρεις μήνες της εισβολής, μια ασυνήθιστα υψηλή συχνότητα που αντανάκλα την συστηματική, όχι τυχαία, στοχοποίηση υδατικών υποδομών. Η μελέτη κατηγοριοποιεί αυτά τα περιστατικά σε τρεις κύριες κατηγορίες: καταστροφή υποδομών ύδρευσης και αποχέτευσης· ρύπανση επιφανειακών και υπόγειων υδάτων από στρατιωτικές δραστηριότητες· και χρήση πλημμύρας ή αποστράγγισης ως στρατιωτικού εργαλείου.

Αντιπροσωπευτικά περιστατικά αυτής της περιόδου περιλαμβάνουν την καταστροφή εγκαταστάσεων ύδρευσης σε πολλαπλές πόλεις. Στη Lviv, βομβαρδισμοί διυλιστηρίων και αποθηκών καυσίμων προκάλεσαν εκτεταμένη τοπική ρύπανση εδαφών και επιφανειακών υδάτων με υδρογονάνθρακες. Στην Ternopil, χτύπημα σε σιλό σιτηρών απελευθέρωσε στην υπόγεια υδροφορία σημαντικές ποσότητες οργανικών ουσιών. Στο Δούναβη, περιστατικά βύθισης πλοίων στο λιμάνι Izmail δημιούργησαν εστίες ρύπανσης από ναυτιλιακά καύσιμα και λιπαντικά (Shumilova et al., 2023). Αρκετά από αυτά τα περιστατικά είχαν διασυνοριακές διαστάσεις, επηρεάζοντας όχι μόνο την Ουκρανία αλλά και γειτονικές χώρες, ιδίως τη Ρουμανία, τη Μολδαβία και τη Βουλγαρία στην περιοχή του Δούναβη και της Μαύρης Θάλασσας.

Η κλίμακα της υδατικής κρίσης αποτυπώνεται και στα στοιχεία της UNICEF, τα οποία αναφέρονται στη μελέτη Shumilova et al.: 6 εκατομμύρια άνθρωποι στην ανατολική Ουκρανία αντιμετώπιζαν σοβαρά προβλήματα πρόσβασης σε πόσιμο νερό κατά τους πρώτους μήνες του 2022, αριθμός που αυξήθηκε σε 16 εκατομμύρια εάν συνυπολογίζονταν και εκείνοι με διαλείπουσα ή περιορισμένη πρόσβαση (UNICEF, 2022, στο Shumilova et al., 2023). Τα στοιχεία αυτά συνάδουν με τις μετέπειτα εκτιμήσεις της WASH Cluster (RDNA4) για 8,5 εκατομμύρια άτομα που χρειάζονταν βασικές υπηρεσίες WASH στα τέλη του 2024.

Ιδιαίτερη σημασία έχουν οι επιπτώσεις στη Μαύρη Θάλασσα και στην Αζοφική, όπου η συνδυασμένη επίδραση της απόρριψης ανεπεξέργαστων λυμάτων από κατεστραμμένες πόλεις, της διαρροής καυσίμων από βυθισμένα πλοία και στρατιωτικές δραστηριότητες και των άμεσων επιπτώσεων της ναυτικής σύγκρουσης έχει δημιουργήσει σωρευτική περιβαλλοντική επιβάρυνση. Αναφορές από ουκρανικούς επιστημονικούς φορείς και δημοσιογραφικές αναλύσεις τεκμηριώνουν θνησιμότητα θαλασσίων θηλαστικών, ιδίως δελφινιών τριών ειδών της Μαύρης Θάλασσας (*Tursiops truncatus ponticus*,

ρινοδέλφινο, *Delphinus delphis ponticus*, κοινό δελφίνι και *Phocoena phocoena relicta*, φώκαινα), που αποδίδεται σε συνδυασμό ηχητικής ρύπανσης από ρωσικά ηχοβολιστικά συστήματα, ακουστικού τραύματος από εκρήξεις και άμεσων επιπτώσεων ναρκών. Οι αριθμοί που αναφέρθηκαν από ουκρανικές αρχές κυμαίνονται από χιλιάδες έως δεκάδες χιλιάδες νεκρά θηλαστικά, αν και η απομονωτική κατάσταση της Μαύρης Θάλασσας και οι δυσκολίες επιστημονικής επιβεβαίωσης κάνουν τους ακριβείς αριθμούς δύσκολο να πιστοποιηθούν (Shumilova et al., 2023).

Στην ίδια λογική, η καταστροφή υποδομών αποχέτευσης σε δεκάδες ουκρανικές πόλεις οδήγησε σε επαναλαμβανόμενες απορρίψεις ανεπεξέργαστων λυμάτων σε επιφανειακά ύδατα. Στη Mariupol, όπως ήδη αναφέρθηκε στο 4.2.2.2, οι συνθήκες οδήγησαν σε επίσημη προειδοποίηση του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας για κίνδυνο έκρηξης χολέρας στις 17 Μαΐου 2022, μια από τις πιο δραματικές υγειονομικές προειδοποιήσεις της σύγκρουσης. Στο Chernihiv, το οποίο πολιορκήθηκε τον Μάρτιο 2022, καταστροφή δικτύου άφησε την πόλη χωρίς νερό για περισσότερες από τρεις εβδομάδες. Στα ανθρακωρυχεία του Donbas, η διακοπή λειτουργίας των αντλιοστασίων λόγω καταστροφής του ηλεκτρικού δικτύου επέτρεψε στα υπόγεια ύδατα να πλημμυρίσουν τα στοιχεία των ορυχείων, με συνέπεια την διαρροή αλμυρών νερών, υδρογονοανθράκων και βαρέων μετάλλων σε υπόγειους υδροφορείς και τελικά σε επιφανειακά ύδατα, φαινόμενο που καταγράφεται από τον ΟΑΣΕ από το 2019 και εντάθηκε μετά το 2022 (Shumilova et al., 2023· CEOBS, 2024).

Όπως επισημαίνει η RDNA4, οι υλικές ζημιές στον τομέα Ύδρευσης και Αποχέτευσης (ύψους 4,6 δισ. δολαρίων) αποτελούν υποεκτίμηση: σύμφωνα με τη δήλωση της ίδιας της έκθεσης, «δεδομένων των προκλήσεων συλλογής δεδομένων, αυτή είναι μια συντηρητική εκτίμηση που ενδέχεται να υποτιμά την πραγματική ζημιά. Σημαντικά περισσότερες ζημιές θα εντοπιστούν πιθανώς στις περιφέρειες Luhanska και Donetsk

μόλις αυτές καταστούν προσβάσιμες και η ζημιά επαναξιολογηθεί με ασφάλεια» (World Bank et al., 2025).

4.2.3.3 Ρύπανση εδαφών και διαχείριση αποβλήτων

Η εδαφική ρύπανση αποτελεί μία από τις πιο δυσθεώρητες αλλά μακροχρόνια σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις της σύγκρουσης. Σε αντίθεση με την αστική καταστροφή ή την καύση δασών που είναι άμεσα ορατές, η εδαφική ρύπανση συσσωρεύεται συχνά αόρατα και παραμένει ενεργή για δεκαετίες ή και αιώνες. Στην περίπτωση της ουκρανικής σύγκρουσης, δεδομένης της κεντρικής σημασίας της γεωργίας για την εθνική οικονομία και της παγκόσμιας γνωστής ποιότητας των ουκρανικών μαυρογαίων (chernozems), από τα πιο εύφορα εδάφη στον κόσμο, η εδαφική ρύπανση εγείρει ειδικές ανησυχίες τόσο για τη μελλοντική γεωργική παραγωγικότητα όσο και για τη διεθνή επισιτιστική ασφάλεια.

Οι μηχανισμοί εδαφικής ρύπανσης σε συνθήκες πολέμου είναι πολλαπλοί: απελευθέρωση βαρέων μετάλλων και χημικών υπολειμμάτων από την έκρηξη βλημάτων, ναρκών και πυρομαχικών διαρροή καυσίμων και λιπαντικών από κατεστραμμένα οχήματα και αποθήκες· πυκνώματα βαρέων οχημάτων που προκαλούν δομική υποβάθμιση και διάβρωση· καύσεις βλάστησης που μεταβάλλουν τη χημική σύσταση του επιφανειακού στρώματος· και συσσώρευση στερεών αποβλήτων από κατεδαφίσεις και στρατιωτικές δραστηριότητες (Leal Filho et al., 2024). Στην περίπτωση ναρκών και μη εκραγόντων πυρομαχικών, η ρύπανση συνυπάρχει με τον άμεσο φυσικό κίνδυνο, καθιστώντας ταυτόχρονα προβληματική τόσο τη γεωργική χρήση όσο και την ίδια τη διενέργεια επιστημονικής έρευνας πεδίου.

Η πιο ολοκληρωμένη διαθέσιμη μελέτη για τις συγκεκριμένες συγκεντρώσεις εδαφικής ρύπανσης από στρατιωτικές δραστηριότητες στην Ουκρανία διενεργήθηκε από τους

Petrushka et al. (2024) στο Journal of Ecological Engineering, οι οποίοι ανέλυσαν εδάφη από τέσσερα σημεία εκρήξεων στην περιοχή του Lviv. Τα αποτελέσματα τεκμηρίωσαν συγκεντρώσεις δυνητικά τοξικών στοιχείων (potentially toxic elements, PTEs) που σε ορισμένες περιπτώσεις υπερβαίνουν έως και πενταπλάσια τα εθνικά όρια επιτρεπόμενης περιεκτικότητας: ψευδάργυρος (Zn) 48–124 mg/kg, χαλκός (Cu) 18–116 mg/kg, μόλυβδος (Pb) 15–35 mg/kg, χρώμιο (Cr) 33–36 mg/kg, νικέλιο (Ni) 8–27 mg/kg και κάδμιο (Cd) 0,5–2 mg/kg. Ο δείκτης οικολογικού κινδύνου για τον χαλκό έφτασε το 58,2, με τεκμηριωμένη αναστολή ανάπτυξης φυτών κατά 5–10% (Petrushka et al., 2024, όπως αναφέρεται στο Leal Filho et al., 2024). Η μελέτη αυτή αφορά στο ημιαστικό περιβάλλον του Lviv, μια πόλη σχετικά απομακρυσμένη από τη γραμμή του μετώπου και είναι εύλογο να υποτίθεται ότι στις μετωπικές ζώνες, όπου η πυκνότητα εκρήξεων είναι σημαντικά μεγαλύτερη, οι συγκεντρώσεις είναι κατά τάξη μεγέθους υψηλότερες, αν και η έλλειψη πρόσβασης εμποδίζει προς το παρόν την άμεση ποσοτικοποίηση.

Πέραν των βαρέων μετάλλων, η εδαφική ρύπανση από χημικά υπολείμματα εκρηκτικών, κυρίως TNT (τρινιτροτολουόλιο), RDX (εξογόνο) και συναφών ενώσεων όπως HMX και νιτροαμίνες, αποτελεί σημαντική κατηγορία που τυπικά παραμελείται. Οι ενώσεις αυτές είναι γνωστά τοξικές και πιθανώς καρκινογόνες, με μακρά επιμονή στα εδάφη και δυνατότητα διείσδυσης σε υπόγειους υδροφορείς. Μελέτες από άλλα θέατρα σύγχρονων συγκρούσεων έχουν τεκμηριώσει σημαντικές συγκεντρώσεις τέτοιων υπολειμμάτων σε σημεία αποθήκευσης και χρήσης εκρηκτικών (Leal Filho et al., 2024). Η έκταση αυτής της κατηγορίας ρύπανσης στην Ουκρανία παραμένει πρακτικά αμέτρητη.

Η διάσταση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τη σύγκρουση, αν και δυσκολότερα παρακολουθούμενη, είναι επίσης σημαντική. Η δορυφορική ανάλυση των Zalakeviciute

et al. (2022) στο Sustainability με χρήση δεδομένων Sentinel,5P κατέγραψε κατά τους πρώτους μήνες της εισβολής κορυφώσεις PM_{2.5} στα 24,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, αρκετά πάνω από το όριο 24ωρης έκθεσης του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), σε στενή χρονική συσχέτιση με την ένταση στρατιωτικών επιχειρήσεων. Παράλληλα, οι συγκεντρώσεις διοξειδίου του αζώτου (NO₂) παρουσίασαν αιχμές έως 139,7 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$, με αυξήσεις CO και O₃ και παραδόξως μείωση του SO₂ καθώς η σύγκρουση εντεινόταν, φαινόμενο που οι συγγραφείς αποδίδουν στην εκκένωση βαριάς βιομηχανίας από τη ζώνη μετώπου (Zalakeviciute et al., 2022). Οι επιπτώσεις εντοπίζονται τόσο σε άμεσο επίπεδο δημόσιας υγείας (αναπνευστικά προβλήματα, δερματικές αντιδράσεις, έξαρση αλλεργιών) όσο και σε μακροπρόθεσμο επίπεδο έκθεσης σε καρκινογόνες ουσίες (Leal Filho et al., 2024). Η ίδια η RDNA4 αναγνωρίζει ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση αντιπροσωπεύει 3,3 δισεκατομμύρια δολάρια (12% των απωλειών του περιβαλλοντικού τομέα), δηλώνοντας ταυτόχρονα ότι «τα πραγματικά κόστη υγείας από τη ρύπανση, συμπεριλαμβανομένης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης ή του αμιάντου, δεν ήταν δυνατόν ακόμη να αξιολογηθούν, επειδή τα δεδομένα έκθεσης δεν ήταν διαθέσιμα» (World Bank et al., 2025).

Η διαχείριση των στερεών αποβλήτων που προκύπτουν από τη σύγκρουση αποτελεί πρόκληση πέραν της απλής οικονομικής κλίμακας. Πέραν των κατασκευαστικών αποβλήτων από κατεδαφίσεις που αναφέρθηκαν στο 4.2.2.2, προστίθενται: στρατιωτικά απόβλητα (κάλυκες, θραύσματα βλημάτων, κατεστραμμένα οχήματα), γεωργικά απόβλητα σε πεδία όπου η συγκομιδή έχει διακοπεί, υγειονομικά απόβλητα από πληγέντα νοσοκομεία και εξειδικευμένα επικίνδυνα απόβλητα (αμιάντος, PCBs, χημικά εργαστηρίων). Η μεθοδολογική πρόκληση που υπογραμμίζει η RDNA4 είναι ότι «η συσσώρευση αποβλήτων και επικίνδυνων αποβλήτων» παραμένει μεταξύ των

κατηγοριών που δεν έχουν πλήρως αποτιμηθεί, μολονότι αναγνωρίζονται ως σημαντική παράμετρος για τη μελλοντική αποκατάσταση (World Bank et al., 2025).

4.2.4 Γεωργική γη, δασικοί πόροι και οικοσυστήματα

4.2.4.1 Γεωργική γη και παραγωγή

Η Ουκρανία αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παραγωγούς σιτηρών, ηλιέλαιου και λιπασμάτων παγκοσμίως και η γεωργία αντιπροσώπευε στην προπολεμική περίοδο περίπου 10,12% του ΑΕΠ και περίπου 40% των εξαγωγών της χώρας. Οι άμεσες υλικές ζημιές στον γεωργικό τομέα εκτιμώνται από την RDNA4 σε 11,2 δισεκατομμύρια δολάρια, ενώ οι οικονομικές απώλειες του τομέα ανέρχονται σε 72,7 δισεκατομμύρια δολάρια, ο δεύτερος υψηλότερος τομέας απωλειών μετά το εμπόριο και τη βιομηχανία. Οι συνολικές ανάγκες ανοικοδόμησης εκτιμώνται σε 55,5 δισεκατομμύρια δολάρια σε ορίζοντα δεκαετίας (World Bank et al., 2025). Όμως οι αριθμοί αυτοί δεν αποτυπώνουν πλήρως την περιβαλλοντική διάσταση της επίπτωσης στον γεωργικό τομέα, η οποία εκδηλώνεται σε τρεις κύριους άξονες: άμεση καταστροφή παραγωγικής υποδομής, μόλυνση και υποβάθμιση της γεωργικής γης και απώλεια παραγωγικής ικανότητας λόγω εκρηκτικών μολυσμάτων.

Η τρίτη διάσταση είναι ίσως η πιο κρίσιμη για μακροπρόθεσμη προοπτική. Σύμφωνα με τα στοιχεία της RDNA4 και της Εθνικής Στρατηγικής για την Αποναρκοθέτηση, η γεωργική γη αποτελεί την κατηγορία γης που έχει επηρεαστεί πιο έντονα εντός των Υποψιασμένων Επικίνδυνων Περιοχών (Suspected Hazardous Areas, SHA) και των Επιβεβαιωμένων Επικίνδυνων Περιοχών (Confirmed Hazardous Areas, CHA). Στην περιφέρεια Kharkivska, η καλλιεργούμενη γη είχε μειωθεί κατά 42% σε σχέση με το 2021, με αντίστοιχη μείωση της γεωργικής παραγωγής κατά 43% ή 3,5 εκατομμύρια τόνους (World Bank et al., 2025, βάσει Ukrainian Researchers Society). Σε εθνικό

επίπεδο, η συνδυασμένη επίπτωση ναρκών, μη εκραγόντων πυρομαχικών και άμεσων καταστροφών εκτιμάται ότι έχει επιφέρει απώλεια ΑΕΠ 11,2 δισεκατομμυρίων δολαρίων, ενώ μειώνει τα περιφερειακά φορολογικά έσοδα κατά 1,1 δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως, αντιπροσωπεύοντας το 9,2% των συνολικών περιφερειακών φορολογικών εσόδων του 2021 (World Bank et al., 2025).

Η καταστροφή του φράγματος Kakhovka, όπως αναλύθηκε στο 5.3.1, άσκησε ιδιαίτερη πίεση στη γεωργία της νότιας Ουκρανίας, καθιστώντας την αδύνατη ή ασύμφορη την άρδευση μεγάλων εκτάσεων στις περιφέρειες Kherson, Dnipropetrovsk και Zaporizhzhia, περιοχές που παραδοσιακά παρήγαγαν σιτηρά, ηλιέλαιο και καλαμπόκι για τις διεθνείς αγορές. Στοιχεία των Vasylyshyn et al. (2025) δείχνουν ότι οι απώλειες γεωργικής βιομάζας από πυρκαγιές σε καλλιεργούμενη γη κατά την περίοδο 2022-2023 ανήλθαν σε 3.063 χιλιάδες τόνους ξηρής ουσίας, με κύριες καλλιέργειες το σιτάρι, το κριθάρι, τον ηλίανθο και το καλαμπόκι. Οι απώλειες εντοπίζονται κυρίως στις περιφέρειες Kherson (1.128 kt), Donetsk (620 kt) και Zaporizhzhia (561 kt) και η συντριπτική πλειονότητα (πάνω από 90%) έγινε κατά την περίοδο ωρίμανσης, συγκομιδής Ιουλίου, Αυγούστου. Οι άμεσες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από αυτές τις πυρκαγιές καλλιεργειών μόνο ανέρχονται σε 5,66 εκατομμύρια τόνους ισοδυνάμου CO₂ (Vasylyshyn et al., 2025).

Πέραν των ποσοτικών απωλειών, η ποιότητα της γεωργικής γης έχει υποστεί διαρθρωτική υποβάθμιση. Η κίνηση βαρέων στρατιωτικών οχημάτων προκαλεί συμπίεση του εδάφους σε βάθος που φτάνει σε μεγάλα επίπεδα, καταστρέφοντας τη δομή και μειώνοντας σημαντικά την ικανότητα απορρόφησης νερού· η διάνοιξη χαρακωμάτων και οχυρωματικών έργων διασκορπίζει τους εδαφικούς ορίζοντες, ενώ οι πυρκαγιές αλλάζουν τις χημικές ιδιότητες του επιφανειακού στρώματος (Leal Filho et al., 2024). Σε συνδυασμό με τη ρύπανση από βαρέα μέταλλα και χημικά υπολείμματα

εκρηκτικών που αναλύθηκε στο 5.3.3, ο ουκρανικός γεωργικός τομέας αντιμετωπίζει μια πρωτοφανή υποβάθμιση που θα απαιτήσει δεκαετίες για να αποκατασταθεί.

4.2.4.2 Δασικοί πόροι και πυρκαγιές

Οι δασικοί πόροι της Ουκρανίας κατέχουν προνομιακή θέση στο ευρωπαϊκό φυσικό περιβάλλον, με σημαντικά οικοσυστήματα που εκτείνονται από τα μικτά δάση της βόρειας Polissya έως τις στέπες του νότου και τα ορεινά δάση των Καρπαθίων.

Προπολεμικά, η χώρα διέθετε περίπου 9,6 εκατομμύρια εκτάρια δασών, καλύπτοντας το 16% της επικράτειας. Η σύγκρουση έχει επηρεάσει τον τομέα αυτό με τρεις κύριους τρόπους: άμεση καταστροφή δασών από πυρκαγιές προκαλούμενες από τη σύγκρουση, φυσική καταστροφή βλάστησης από στρατιωτικές δραστηριότητες και αδυναμία διαχείρισης λόγω ναρκών και στρατιωτικής κατοχής.

Η πιο ολοκληρωμένη επιστημονική αποτίμηση των δασικών πυρκαγιών που αποδίδονται στη σύγκρουση διενεργήθηκε από τους Vasylyshyn et al. (2025) στο Ecological Indicators, με συνδυασμό δορυφορικών δεδομένων MODIS, VIIRS και Sentinel-2 σε ψηφιοποιημένη ανάλυση 20 μέτρων. Η μελέτη οριοθετεί μια ζώνη μετώπου 60 χιλιομέτρων εκατέρωθεν της γραμμής μάχης ως κύρια γεωγραφική περιοχή αναφοράς και χρησιμοποιεί έναν παράγοντα απόδοσης (attribution factor) βασισμένο στη σύγκριση με πυρκαγιές σε περιοχές υπό ουκρανικό έλεγχο μακριά από το μέτωπο, υπό ίδιες μετεωρολογικές συνθήκες και ίδιο τύπο κάλυψης γης. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει τον διαχωρισμό των πυρκαγιών που αποδίδονται στη σύγκρουση από εκείνες που θα είχαν ούτως ή άλλως συμβεί.

Σύμφωνα με τη μελέτη αυτή, η έκταση των δασικών πυρκαγιών που αποδίδονται στη σύγκρουση παρουσίασε δραματική κλιμάκωση: 47,7 χιλιάδες εκτάρια το 2022, 29,0 χιλιάδες το 2023 και 92,1 χιλιάδες εκτάρια το 2024, υπερδιπλασιασμός του ετήσιου

μέσου όρου των πρώτων δύο ετών (de Klerk et al., 2025· Vasylyshyn et al., 2025). Οι μεγαλύτερες απώλειες εντοπίζονται στις περιφέρειες Kyiv (20.239 ha, εκ των οποίων 11.695 ha πεύκης), Kherson (16.140 ha), Kharkiv (13.494 ha) και Luhansk (12.836 ha), με τη Ζώνη Αποκλεισμού του Chornobyl να αποτελεί ιδιαίτερη εστία κατά το πρώτο κύμα του 2022 (βλ. 5.2.1).

Οι άμεσες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τις πυρκαγιές τοπίου (δάση, καλλιέργειες, λιβάδια και υγρότοποι) για τα πρώτα δύο έτη υπολογίζονται σε 9,08 MtCO_{2e} (±46%), εκ των οποίων 1,29 MtCO_{2e} από δάση, 5,66 MtCO_{2e} από καλλιέργειες και 2,13 MtCO_{2e} από άλλους φυσικούς βιότοπους (Vasylyshyn et al., 2025). Εξίσου σημαντική είναι η διάσταση των μελλοντικών εκπομπών: η νέκρωση των δασικών συστάδων που επλήγησαν από πυρκαγιές διαφόρων εντάσεων αναμένεται να απελευθερώσει άλλα 16,86 MtCO_{2e} (±21%) τα επόμενα χρόνια μέσω αποσύνθεσης ή καύσης του νεκρού ξύλου, ενώ η απώλεια της ικανότητας δέσμευσης άνθρακα των πληγέντων δασών υπολογίζεται σε περίπου 145 kt C ετησίως, δηλαδή σε πενταετία, 2,9 MtCO_{2e} δεν θα απορροφηθούν από την ατμόσφαιρα λόγω μειωμένης δασικής παραγωγικότητας. Σε πενταετή ορίζοντα, η ικανότητα δέσμευσης άνθρακα των πληγέντων δασών εκτιμάται σε περίπου 55% των προπολεμικών επιπέδων (Vasylyshyn et al., 2025).

Η RDNA4 συγκλίνει με μερικά αλλά διαφοροποιείται σε άλλα σημεία από τα ευρήματα Vasylyshyn. Τα πιο πρόσφατα στοιχεία της Εθνικής Απογραφής Δασών (National Forest Inventory, NFI) που χρησιμοποιεί η RDNA4 εντοπίζουν 1,7 εκατομμύρια εκτάρια δασικής έκτασης δυνητικά επηρεασμένα από τον πόλεμο και 66.647 εκτάρια καμένου δάσους έως τα τέλη 2023. Εφαρμόζοντας αναλογική προσαρμογή για το 2024, η RDNA4 εκτιμά 78.437 εκτάρια καμένου δάσους έως τα τέλη του 2024, αριθμός που μειώθηκε σημαντικά σε σχέση με το 211.574 εκτάρια που είχε αναφέρει η RDNA3,

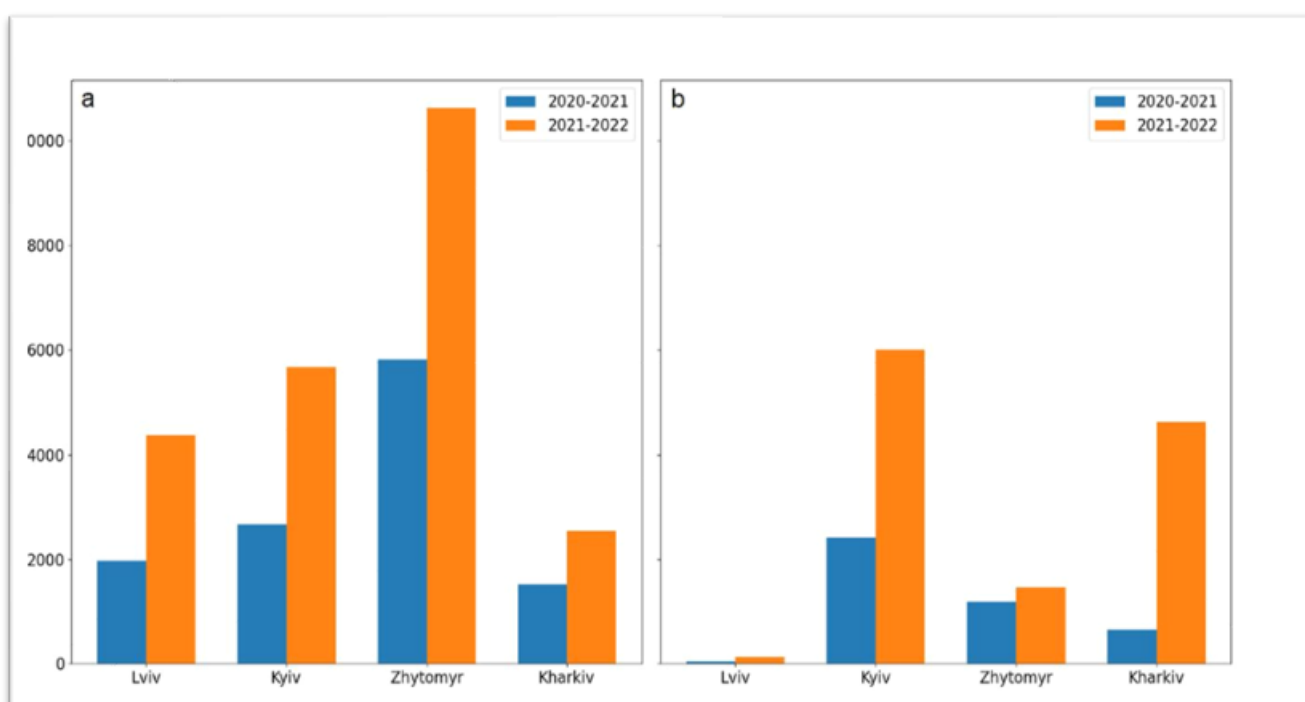
λόγω μεθοδολογικής αναθεώρησης με βάση τα δεδομένα NFI που θεωρούνται τεχνικά πιο αξιόπιστα (World Bank et al., 2025). Η μείωση αυτή δεν αντανακλά πραγματική βελτίωση επί τόπου αλλά μεθοδολογική αναθεώρηση των εκτιμήσεων. Παράλληλα, η RDNA4 αναφέρει ότι 1,47 εκατομμύρια εκτάρια δάσους είναι δυνητικά μολυσμένα με νάρκες, επιβεβαιωμένα μολυσμένα, μη υπό κυβερνητικό έλεγχο, ή άμεσα επηρεασμένα από την εισβολή, αριθμός επίσης αναθεωρημένος προς τα κάτω από τα 2,77 εκατομμύρια εκτάρια της RDNA3 (State Forest Enterprise, 2024).

Πέραν των πυρκαγιών, η σύγκρουση έχει επηρεάσει τα δάση μέσω ενός πλήθους άλλων μηχανισμών που δεν αποτυπώνονται εύκολα σε δορυφορικές αναλύσεις: εντατική χρήση ξύλου για κατασκευή χαρακωμάτων, αμυντικών θέσεων και θέρμανσης σε συνθήκες απώλειας της κεντρικής ενεργειακής παροχής, φυσική καταστροφή δέντρων από στρατιωτικά οχήματα και πυροβολικό, αδυναμία καταστολής πυρκαγιών λόγω ναρκοθετημένων εκτάσεων και εντεινόμενοι κίνδυνοι επιβλαβών εντόμων και ασθενειών σε αδιαχείριστα δάση (Vasylyshyn et al., 2025· World Bank et al., 2025). Σημαντικό μεθοδολογικό εύρημα των Vasylyshyn et al. είναι ότι η σχεδόν απόλυτη διακοπή αγροτικών και δασικών δραστηριοτήτων κατά μήκος του μετώπου έχει δημιουργήσει σε ορισμένες ζώνες ακούσιες «ζώνες εκκένωσης» όπου συσσωρεύτηκε βιομάζα, η οποία στη συνέχεια τροφοδότησε εντονότερες πυρκαγιές.

Στις στέπες του νότου, οι πυρκαγιές απείλησαν τον Εθνικό Δρυμό της Oleshky Sands στην περιφέρεια Kherson, μία από τις μεγαλύτερες ερημικές εκτάσεις της Ευρώπης, όπου αναφέρθηκαν πυρκαγιές που κατανάλωσαν σημαντικό τμήμα της μοναδικής ψαμμόφιλης βλάστησης κατά το καλοκαίρι του 2023, αμέσως μετά την καταστροφή του Kakhovka που μείωσε την εδαφική υγρασία της περιοχής.

Η αποτίμηση των δασικών επιπτώσεων μέσω τηλεπισκόπησης αναδεικνύει δύο φαινομενικά αντιφατικά αλλά συμπληρωματικά ευρήματα. Αφενός, η ανάλυση

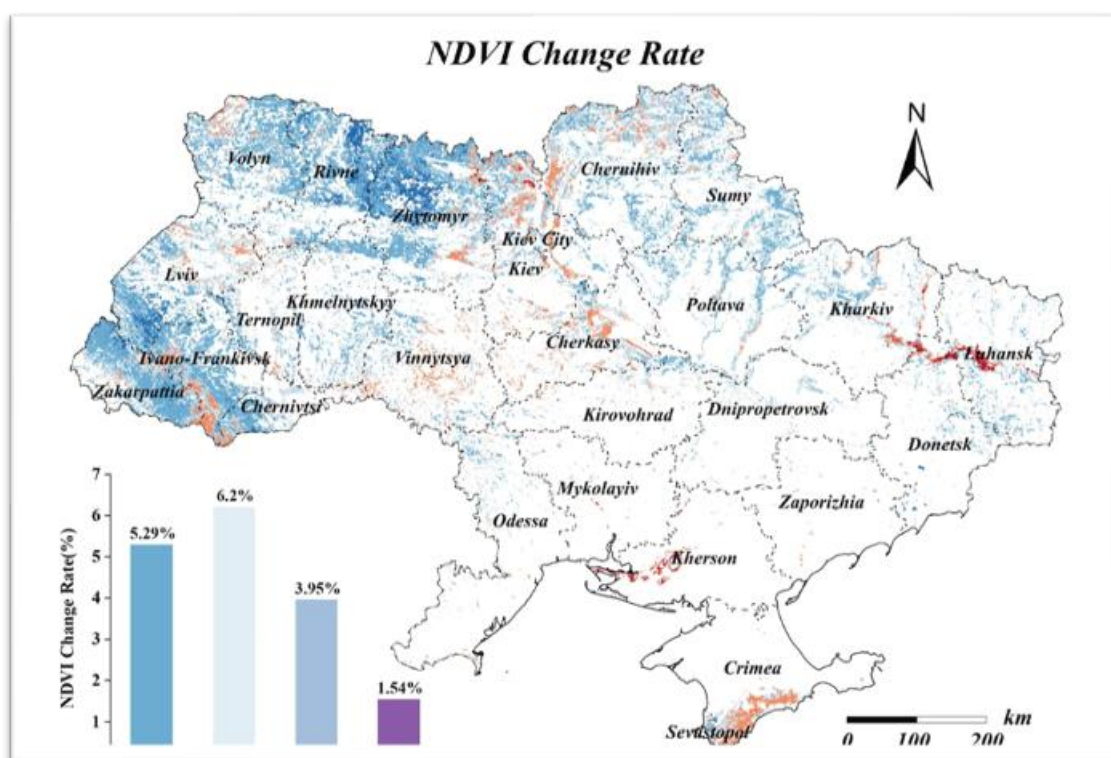
ανίχνευσης μεταβολών των Waśniewski et al. (2026) με δεδομένα Sentinel-2 σε τέσσερις περιφέρειες (Lviv, Kyiv, Zhytomyr, Kharkiv) δείχνει ότι η συνολική έκταση απώλειας δάσους διπλασιάστηκε μετά την έναρξη του πολέμου, από 16.261 εκτάρια (2021) σε 35.400 εκτάρια (2022), ενώ το μερίδιο των καμένων δασών αυξήθηκε από 26% σε 34% και η μετατροπή δάσους σε μη-δασική κάλυψη διπλασιάστηκε, ένδειξη αυξημένης και συχνά παράνομης υλοτομίας υπό συνθήκες αποδυναμωμένης διακυβέρνησης (Εικόνα 22).



Εικόνα 19 Έκταση απωλειών δάσους (α: μετατροπή σε μη-δασική κάλυψη· β: καμένο δάσος) σε τέσσερις περιφέρειες της Ουκρανίας, περίοδοι 2020–2021 και 2021–2022. Η συνολική απώλεια διπλασιάστηκε μετά την έναρξη του πολέμου. Πηγή: Waśniewski et al. (2026), Scientific R

Αφετέρου, η ανάλυση των Xue et al. (2026), που μετρά τον μέσο δείκτη βλάστησης NDVI, καταγράφει συνολική αύξηση +5,29% σε εθνική κλίμακα, μια κλιματικά οδηγούμενη «πρασινοποίηση» που ωστόσο εξασθενεί συστηματικά με την ένταση της σύγκρουσης (+6,20% στις περιοχές χωρίς πόλεμο, +3,95% στις ασθενώς και μόλις +1,54% στις έντονα εμπόλεμες), με σαφή υποχώρηση στα μέτωπα Luhansk, Donetsk και Kherson (Εικόνα 21). Η φαινομενική αντίφαση επιλύεται μεθοδολογικά: η μέση

«πρασινάδα» μπορεί να αυξάνεται ενώ η πραγματική απώλεια δάσους διπλασιάζεται, καθώς η κλιματική πρασινοποίηση συγκαλύπτει στατιστικά τη χωρικά εντοπισμένη καταστροφή. Το εύρημα αυτό ενισχύει την παρατήρηση ότι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του πολέμου τείνουν να υποεκτιμώνται από αδρομερείς εθνικούς δείκτες και απαιτούν χωρικά διακριτή ανάλυση.



Εικόνα 20 Μέσος ρυθμός μεταβολής NDVI των δασών της Ουκρανίας (μετά: 2022–2024 έναντι πριν: 2019–2021). Ο ρυθμός αύξησης μειώνεται με την ένταση της σύγκρουσης. Πηγή: Xue et al. (2026), *Ecological Indicators*

Σε επίπεδο μεθοδολογίας, η ποσοτικοποίηση της δριμύτητας των δασικών πυρκαγιών — είτε πολεμικής είτε φυσικής προέλευσης— στηρίζεται στον διαφορικό δείκτη καύσης (dNBR) από εικόνες Sentinel-2/Landsat σε περιβάλλον QGIS, ταξινομημένο στην κλίμακα δριμύτητας της USGS· η προσέγγιση αυτή τεκμηριώνεται αναλυτικά από τους Artemenko et al. (2025) σε περιφερειακή μελέτη της Ουκρανίας. Η ταξινόμηση της δριμύτητας με βάση τον δείκτη dNBR (κλίμακα USGS) και η σύγκριση μεταξύ των δορυφορικών συστημάτων Sentinel-2 και Landsat 8–9 παρατίθενται στον Πίνακα 6. Η

κυριαρχία των κατηγοριών χαμηλής έως μέτρια-χαμηλής δριμύτητας και η ταχεία αποκατάσταση της βλάστησης (έως 80,6% αταξινόμητο ως «άκαυτο» έναν μήνα μετά, κατά Sentinel-2) αποδίδονται στην επικράτηση ανθεκτικής λιβαδικής βλάστησης πλημμυρικών πεδιάδων.

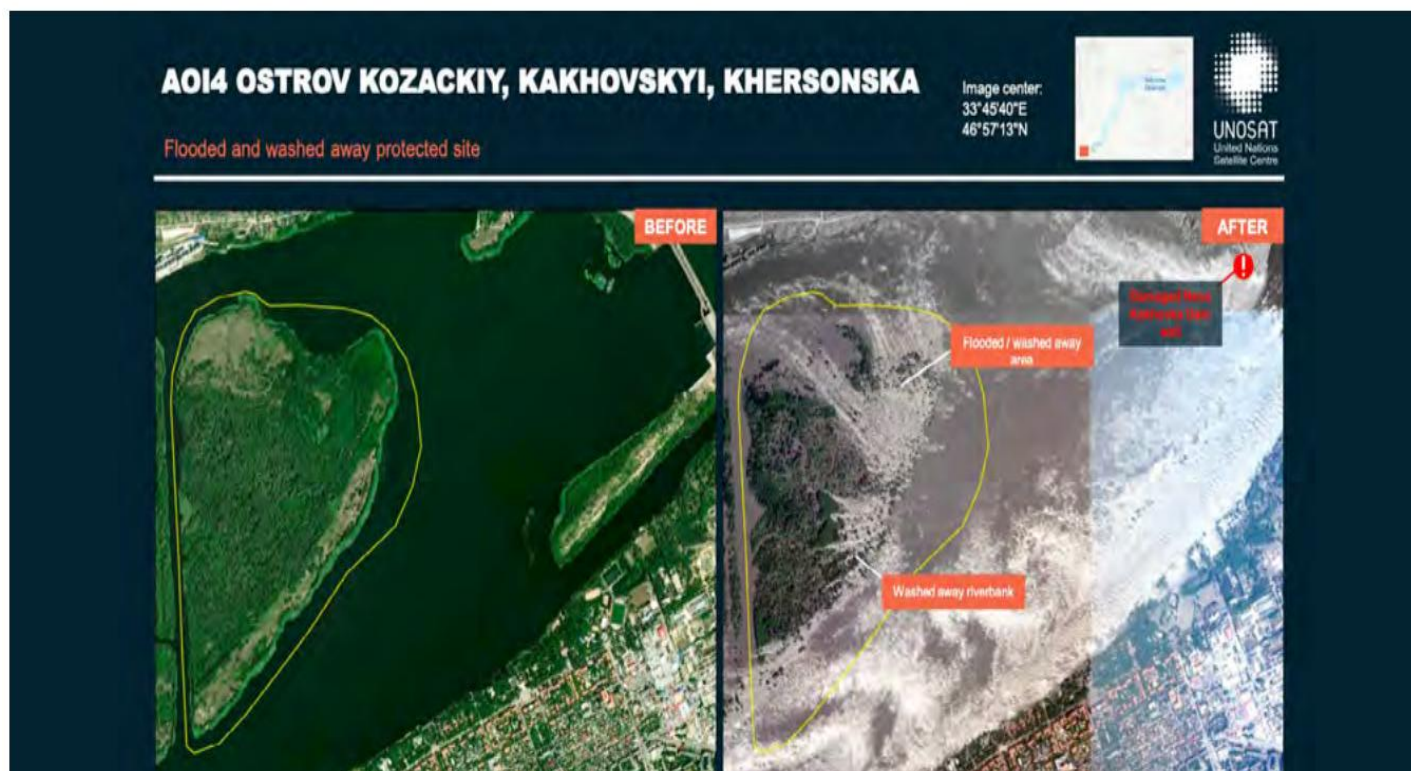
Επίπεδο δριμύτητας (dNBR)	Sentinel-2 (07/05) km ²	Sentinel-2 (07/05) %	Sentinel-2 (04/06) %
Άκαυτο (<100)	9,39	27,5	80,6
Χαμηλή (100–269)	8,71	25,5	11,7
Μέτρια-χαμηλή (270–439)	12,11	35,5	5,5
Μέτρια-υψηλή (440–659)	3,87	11,3	2,2
Υψηλή (660–745)	0,03	0,1	0,1
Σύνολο	34,11	100	100

Πίνακας 6 Κατανομή καμένης έκτασης κατά δριμύτητα (dNBR) στην πυρκαγιά του Birky (Volyn), 30 Απριλίου – 3 Μαΐου 2025, βάσει εικόνων Sentinel-2 L2A

4.2.4.3 Προστατευόμενες περιοχές και βιοποικιλότητα

Η Ουκρανία διαθέτει σημαντικό δίκτυο προστατευόμενων περιοχών διαφόρων κατηγοριών, συμπεριλαμβανομένων εθνικών πάρκων, φυσικών αποθεματικών, περιοχών του πανευρωπαϊκού Δικτύου Emerald (αντίστοιχου του Natura 2000 για χώρες εκτός ΕΕ, υπό τη Σύμβαση της Βέρνης) και υγροτόπων διεθνούς σημασίας Ramsar. Η σύγκρουση έχει επηρεάσει σε σημαντικό βαθμό αυτό το δίκτυο, με μηχανισμούς που περιλαμβάνουν άμεση καταστροφή από πυρκαγιές και εκρήξεις, κατάληψη από στρατιωτικές δυνάμεις, μολύνσεις από νάρκες που καθιστούν αδύνατη τη συντήρηση και διαταραχή φυσικών διαδικασιών (οικολογικής διαδοχής, μετανάστευσης ειδών, αναπαραγωγής).

Σύμφωνα με τα στοιχεία του European Wilderness Society (2023) και των Leal Filho et al. (2024), περίπου 20% των προστατευόμενων περιοχών της Ουκρανίας έχουν επηρεαστεί από τη σύγκρουση, με 8 φυσικές αποθεματικές (nature reserves) και 10 εθνικά πάρκα να έχουν τεθεί σε διάφορες περιόδους υπό ρωσική κατοχή. Οι ίδιες πηγές εκτιμούν ότι έως 2,9 εκατομμύρια εκτάρια περιοχών του δικτύου Emerald βρίσκονται υπό άμεση ή έμμεση απειλή (Pereira, Zhao et al., 2022· European Wilderness Society, 2023· Leal Filho et al., 2024). Ως προς τους υδροτόπους Ramsar, 16 περιοχές συνολικής έκτασης άνω των 600.000 εκταρίων κατά μήκος της ακτογραμμής και του κάτω ρου του Dnipro βρίσκονται υπό άμεση ή δυνητική απειλή από στρατιωτικές δραστηριότητες, υδρολογικές διαταραχές (ιδίως μετά την καταστροφή του Kakhovka) και ρύπανση (RAMSAR, 2022· Shumilova et al., 2023· Leal Filho et al., 2024).



Εικόνα 21 Δορυφορική απεικόνιση ζημιών στη νησίδα Kozatsky, τμήμα της αυστηρά προστατευόμενης ζώνης πυρήνα του Εθνικού Δρυμού Κάτω Dnipro κατάντη του φράγματος: πριν (7 Αυγούστου 2022) και μετά τη ρήξη (6 Ιουνίου 2023). Πηγή: UNOSAT (2023).

Η RDNA4 αναφέρει συγκεκριμένα ότι η μόλυνση από νάρκες και μη εκραγέντα πυρομαχικά έχει επηρεάσει πολλές σημαντικές προστατευόμενες περιοχές, ονομαστικά

τη Βιοσφαιρική Αποθεματική της Μαύρης Θάλασσας (Black Sea Biosphere Reserve) και τα εθνικά πάρκα Velykyi Luh, Nyzhn'odniprovs'kyy, Biloberezhia Sviatoslava, Kamianska Sich, Kreminski Lisy και Dvorichansky. Επίσης, η μόλυνση επεκτείνεται σε παράκτια πάρκα σε περιοχές προσωρινά εκτός κυβερνητικού ελέγχου, όπως τα Dzharylhats'kyy, Charivna Gavan και τη Φυσική Αποθεματική της Κριμαίας (World Bank et al., 2025, αναφερόμενο σε Ukraine War Environmental Consequences Work Group, 2024).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η Ζώνη Αποκλεισμού του Chornobyl, που αναπτύχθηκε στις τρεις και πλέον δεκαετίες μετά το ατύχημα του 1986 σε μία από τις σημαντικότερες αδιατάρακτες φυσικές εκτάσεις της Ευρώπης, ένα ιδιότυπο «οικολογικό πείραμα» όπου η απουσία ανθρώπινης δραστηριότητας επέτρεψε τη σημαντική ανάκαμψη της άγριας ζωής. Οι ζημιές από τη σύγκρουση, κίνηση βαρέων οχημάτων, εγκατάσταση θέσεων, πυρκαγιές, αποτελούν σημαντική οπισθοχώρηση για αυτή τη διαδικασία οικολογικής ανασυγκρότησης.

Σε θαλάσσιο επίπεδο, η Μαύρη Θάλασσα έχει υποστεί σύνθετη περιβαλλοντική επιβάρυνση από τη συνδυασμένη επίδραση ναυτικών επιχειρήσεων, ναρκοπεδίων, καταστροφής πλοίων, ρύπανσης από εισροές από το φράγμα Kakhovka και ηχητικής ρύπανσης από στρατιωτικές δραστηριότητες. Η θνησιμότητα δελφινιών που αναφέρθηκε στο 5.3.2 αποτελεί την πιο ορατή διάσταση αυτής της επιβάρυνσης, αλλά οι επιπτώσεις εκτείνονται σε ολόκληρο το τροφικό πλέγμα, με δυσμενείς συνέπειες για την αλιεία της περιοχής που δεν έχουν ακόμη ποσοτικοποιηθεί επαρκώς (European Wilderness Society, 2023).

Μια σημαντική πρόσθετη ανησυχία που εγείρεται από τους Leal Filho et al. (2024) είναι το Bill 7475 που υιοθετήθηκε σε πρώτη ανάγνωση από το Ανώτατο Συμβούλιο της Ουκρανίας στις 21 Σεπτεμβρίου 2022, το οποίο, ενώ στοχεύει στην ενίσχυση της

προστασίας των κρατικών συνόρων, προβλέπει διαδικασίες για την αφαίρεση γης από το Εθνικό Ταμείο Φυσικής Αποθεματοποίησης. Η απαιτούμενη υποδομή υποστήριξης των συνόρων (αμυντικά έργα, υποδομές, δρόμοι, αποστράγγιση ελών, υλοτόμηση δασών) συνεπάγεται σημαντική παρέμβαση σε οικοσυστήματα, δημιουργώντας έναν νέο μηχανισμό, αυτή τη φορά μεταπολεμικής, περιβαλλοντικής επιβάρυνσης που θα παραμείνει ακόμα και μετά το τέλος της σύγκρουσης (Leal Filho et al., 2024· Wetlands International Europe, 2022).

Όπως επισημαίνει ρητά η RDNA4, η αποτίμηση των ζημιών στη βιοποικιλότητα και τις προστατευόμενες περιοχές παραμένει αναγκαστικά ελλιπής: «Η περιοχή των περιοχών του Δικτύου Emerald που επηρεάστηκαν από πυρκαγιά δεν εξετάστηκε ξεχωριστά από άλλες δασικές και φυσικές περιοχές υπό αυτήν την ανάλυση, προσέγγιση που θα πρέπει να αναθεωρηθεί στο μέλλον» (World Bank et al., 2025). Η πλήρης εικόνα της επίπτωσης στη βιοποικιλότητα αναμένεται να καταστεί ορατή μόνο μετά από πολυετή επιστημονική έρευνα στο μεταπολεμικό περιβάλλον.

4.2.5 Προκλήσεις αποκατάστασης και πράσινης ανοικοδόμησης

4.2.5.1 Το κλιματικό αποτύπωμα του πολέμου

Μια από τις σημαντικότερες μεθοδολογικές εξελίξεις που πυροδότησε η σύγκρουση στην Ουκρανία είναι η συστηματική ποσοτικοποίηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που παράγονται από έναν σύγχρονο πόλεμο υψηλής έντασης. Όπως αναφέρθηκε στο 5.1.3, η Initiative on GHG Accounting of War, υπό την επιστημονική ηγεσία του Lennard de Klerk, έχει δημοσιεύσει διαδοχικές εκθέσεις που αποτελούν σήμερα διεθνές πρότυπο για την εκτίμηση του κλιματικού κόστους πολεμικών δραστηριοτήτων. Η προκαταρκτική έκθεση για τους πρώτους 36 μήνες της εισβολής (24 Φεβρουαρίου 2022 – 23 Φεβρουαρίου 2025) εκτιμά τις συνολικές σωρευτικές

εκπομπές σε 229,7 εκατομμύρια τόνους ισοδυνάμου CO₂ (MtCO_{2e}), ποσότητα που αντιστοιχεί περίπου στις συνολικές ετήσιες εκπομπές της Αυστρίας, της Ουγγαρίας, της Τσεχίας και της Σλοβακίας αθροιστικά, ή στις εκπομπές 120 εκατομμυρίων οχημάτων με κινητήρα εσωτερικής καύσης (de Klerk et al., 2025). Αξίζει να σημειωθεί ότι μόνο κατά τον τρίτο χρόνο της σύγκρουσης προστέθηκαν 55 MtCO_{2e}, αύξηση 30% σε σχέση με τη σωρευτική ποσότητα των δύο πρώτων ετών, υποδεικνύοντας ότι το κλιματικό κόστος κλιμακώνεται αντί να επιβραδύνεται καθώς η σύγκρουση παρατείνεται.

Η κατανομή αυτών των εκπομπών σε επιμέρους κατηγορίες αποτυπώνει τη συνθετότητα του κλιματικού αποτυπώματος ενός πολέμου και αναδιατάσσει τις συμβατικές προτεραιότητες της κλιματικής πολιτικής (Πίνακας 7). Η μεγαλύτερη κατηγορία μετά από τρία χρόνια σύγκρουσης είναι οι άμεσες στρατιωτικές δραστηριότητες (warfare), με 82,1 MtCO_{2e} ή 36% του συνόλου, εκ των οποίων η κατανάλωση ορυκτών καυσίμων από άρματα, αεροσκάφη και λοιπό εξοπλισμό αντιπροσωπεύει περίπου 74 MtCO_{2e}, η κατασκευή και χρήση πυρομαχικών και εκρηκτικών 5 MtCO_{2e}, η παραγωγή στρατιωτικού εξοπλισμού 2,5 MtCO_{2e} και η κατασκευή οχυρωματικών έργων 0,6 MtCO_{2e}. Η κατηγορία αυτή συνεχίζει να αυξάνεται σταθερά (+30,5 MtCO_{2e} μόνο στον τρίτο χρόνο), αντανακλώντας τη διατηρούμενη ένταση των επιχειρήσεων και την εντατικοποίηση της χρήσης πυροβολικού και drones.

Δεύτερη σε μέγεθος κατηγορία είναι η μελλοντική ανοικοδόμηση των κατεστραμμένων κτιρίων και υποδομών, με εκτιμώμενο ενσωματωμένο αποτύπωμα 62,2 MtCO_{2e} (27%), εκ των οποίων άνω του 80% αποδίδεται στην παραγωγή τσιμέντου και χάλυβα που θα απαιτηθούν για την ανοικοδόμηση. Οι πυρκαγιές τοπίου (landscape fires) αντιπροσωπεύουν 48,7 MtCO_{2e} (21%), κατηγορία που παρουσίασε την πιο δραματική αύξηση (+113% μόνο στον τρίτο χρόνο), λόγω ξηρών συνθηκών του καλοκαιριού του

2024 και της αδυναμίας κατάσβεσης σε ενεργές πολεμικές ζώνες· η διάσταση αυτή αναλύθηκε λεπτομερέστερα στην Ενότητα 4.2.4.2. Η καταστροφή ενεργειακών υποδομών συνεισφέρει 19 MtCO_{2e} (8%), στο οποίο κυριαρχούν οι εκπομπές μεθανίου από τη δολιοφθορά των αγωγών Nord Stream (14 MtCO_{2e}) και οι επιθέσεις σε πετρελαϊκές εγκαταστάσεις και διυλιστήρια (3,1 MtCO_{2e}), ενώ η παρεκτροπή της πολιτικής αεροπορίας λόγω κλεισίματος ρωσικού και ουκρανικού εναέριου χώρου αντιπροσωπεύει 14,4 MtCO_{2e} (6%) βάσει ανάλυσης πάνω από 350.000 ετήσιων πτήσεων που αναγκάζονται σε εκτροπή. Οι εκπομπές από τη μαζική μετακίνηση προσφύγων αντιπροσωπεύουν 3,3 MtCO_{2e} (2%), με περιορισμένη αύξηση το 2024 καθώς οι κινήσεις πληθυσμού σταθεροποιήθηκαν.

Κατηγορία εκπομπών	MtCO _{2e}	% συνόλου
Άμεσες στρατιωτικές δραστηριότητες (warfare)	82,1	36%
Μελλοντική ανοικοδόμηση	62,2	27%
Πυρκαγιές τοπίου	48,7	21%
Καταστροφή ενεργειακών υποδομών	19,0	8%
Παρέκκλιση πολιτικής αεροπορίας	14,4	6%
Μετακίνηση προσφύγων	3,3	2%
Σύνολο	229,7	100%

Πίνακας 7 Κατανομή εκπομπών αερίων θερμοκηπίου σύγκρουσης Ουκρανίας, 36 μήνες (Φεβρουάριος 2022 – Φεβρουάριος 2025)

Η περίπτωση των αγωγών Nord Stream αξίζει ιδιαίτερης μνείας ως σύμβολο της σύνθεσης γεωπολιτικής και κλιματικής διακύβευσης. Οι τέσσερις εκρήξεις στις 26 Σεπτεμβρίου 2022 στον Βαλτικό βυθό, των οποίων η απόδοση ευθύνης παραμένει θέμα διαδικασιών, απελευθέρωσαν στην ατμόσφαιρα εκτιμώμενες ποσότητες μεθανίου ισοδύναμες με περίπου 14 MtCO_{2e}, το μεγαλύτερο μεμονωμένο γεγονός εκπομπής μεθανίου ανθρωπογενούς προέλευσης που έχει καταγραφεί. Πρόσφατη δημοσίευση στο Nature (Ιανουάριος 2025) έχει αναθεωρήσει ελαφρώς προς τα κάτω την αρχική εκτίμηση σε σχέση με τις πρώτες δημοσιογραφικές αναφορές του 2022 (de Klerk et al., 2025). Το γεγονός αυτό υπογραμμίζει ότι η υποδομή υδρογονανθράκων μπορεί να λειτουργήσει ως μαζικός κλιματικός πολλαπλασιαστής όταν στοχοποιείται ή καταστρέφεται σε συνθήκες σύγκρουσης. Σε αυτό προστίθενται, λιγότερο γνωστές αλλά σημαντικές, οι εκπομπές SF₆ (εξαφθοριούχου θείου) από κατεστραμμένο ηλεκτρολογικό εξοπλισμό, αερίου με δυναμικό θέρμανσης 24.000 φορές μεγαλύτερο από το CO₂, που ανέρχονται σε 1,1 MtCO_{2e}.

Η εφαρμογή κοινωνικού κόστους άνθρακα 185 δολαρίων ανά τόνο CO_{2e} (τιμή που χρησιμοποιείται επιχειρησιακά από την Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των ΗΠΑ) δίνει συνολικό κλιματικό κόστος της σύγκρουσης που υπερβαίνει τα 42 δισεκατομμύρια δολάρια, ποσό το οποίο, σύμφωνα με τη θέση των συγγραφέων, θα έπρεπε να αποδοθεί ως χρηματική ευθύνη στη Ρωσική Ομοσπονδία ως υπεύθυνη για την έναρξη και διεξαγωγή της σύγκρουσης (de Klerk et al., 2025).

Το μεθοδολογικό σημαίνον της προσέγγισης de Klerk υπερβαίνει το ουκρανικό σκηνικό. Η ανάπτυξη τυποποιημένων λογιστικών πλαισίων για τις εκπομπές πολεμικής προέλευσης ανοίγει τον δρόμο για την ενσωμάτωσή τους στα εθνικά αποθετήρια UNFCCC και στη Σύμβαση-Πλαίσιο του Παρισιού, από την οποία οι στρατιωτικές εκπομπές παραδοσιακά εξαιρούνται ως προαιρετικές δηλώσεις. Η εξαίρεση αυτή,

κληρονομιά του Πρωτοκόλλου του Κιότο, οφειλόμενη σε αμερικανική πίεση την περίοδο 1997, έχει πλέον τεθεί σε σοβαρή αμφισβήτηση, με αυξανόμενες φωνές να ζητούν υποχρεωτική δημοσιοποίηση των στρατιωτικών εκπομπών στις εθνικές αναφορές (Bun et al., 2024· CEOBS, 2024). Ο ίδιος ο de Klerk και συνεργάτες δημοσίευσαν το 2024 το εγχειρίδιο Guidance on the Assessment of Conflict-Related GHG Emissions, επιχειρώντας να θέσουν τις βάσεις για διεθνές πρότυπο αποτίμησης.

4.2.5.2 Αποναρκοθέτηση, διαχείριση εκρηκτικών και απόβλητα ανοικοδόμησης

Η αποναρκοθέτηση της Ουκρανίας αποτελεί μία από τις πιο εκτεταμένες επιχειρήσεις εκκαθάρισης εκρηκτικών καταλοίπων πολέμου στη σύγχρονη ιστορία. Σύμφωνα με την RDNA4, 138.503 τετραγωνικά χιλιόμετρα γης και 14.000 τετραγωνικά χιλιόμετρα υδάτινης έκτασης βρίσκονταν σε κίνδυνο μόλυνσης και χρειάζονταν επιθεώρηση έως τον Δεκέμβριο του 2024, αριθμός μειωμένος σε σχέση με τα 174.000 τ.χλμ. που είχε αναφέρει η RDNA3 χάρη σε πρόοδο στις επιχειρήσεις μη τεχνικής έρευνας, ακύρωσης και εκκαθάρισης (World Bank et al., 2025). Η συνολική μολυσμένη ή δυνητικά μολυσμένη έκταση αντιπροσωπεύει περίπου το 23% της επικράτειας της Ουκρανίας, κλίμακα χωρίς προηγούμενο στην Ευρώπη από το τέλος του Β' Παγκοσμίου Πολέμου. Το ανθρώπινο κόστος της ρύπανσης από εκρηκτικά είναι ήδη σημαντικό. Σύμφωνα με τη βάση δεδομένων IMSMA (Information Management System for Mine Action) και τα στοιχεία του OHCHR, έως τον Νοέμβριο του 2024 είχαν καταγραφεί 1.094 θύματα αμάχων από νάρκες και άλλα εκρηκτικά κατάλοιπα πολέμου (ERW): 774 τραυματίες, συμπεριλαμβανομένων 88 παιδιών και 320 νεκροί, συμπεριλαμβανομένων 16 παιδιών. Εκτιμάται ότι 6,1 εκατομμύρια πολίτες βρίσκονται υπό απειλή ERW και ότι έως 9.000 επιπλέον ατυχήματα ενδέχεται να συμβούν έως το 2030 εάν δεν επιταχυνθεί ο ρυθμός εκκαθάρισης (World Bank et al., 2025, αναφερόμενο σε IMSMA και OHCHR).

Η πρόοδος από το 2022 έως το τέλος του 2024 περιλαμβάνει εκκαθάριση, μείωση ή ακύρωση 35.496 τετραγωνικών χιλιομέτρων γης που επιστρέφει σε παραγωγική χρήση. Μόνο το 2024, γεωργική γη έκτασης 5.121 τ.χλμ. προγραμματίστηκε για εξέταση και εκκαθάριση, από την οποία 3.153 τ.χλμ. ερευνήθηκαν και 2.508 τ.χλμ. εκκαθαρίστηκαν στις περιφέρειες Khersonska, Kharkivska, Mykolaivska, Kyivska, Chernihivska, Dnipropetrovaska και Donetsk. Το πλήθος των πιστοποιημένων φορέων αποναρκοθέτησης αυξήθηκε από 6 σε 68 κατά την ίδια περίοδο, αντανακλώντας τη θεσμική κλιμάκωση της επιχείρησης (World Bank et al., 2025). Το 2024, η ουκρανική κυβέρνηση υιοθέτησε την Εθνική Στρατηγική Αποναρκοθέτησης για το διάστημα έως το 2033 με αντίστοιχο Επιχειρησιακό Σχέδιο 2024-2026, δομημένη γύρω από τρεις στρατηγικούς στόχους: επιστροφή της γης σε ασφαλή και παραγωγική χρήση, μείωση των επιπτώσεων των εκρηκτικών κινδύνων στον πληθυσμό και ενίσχυση του εθνικού συστήματος διαχείρισης ναρκοαπενεργοποίησης.

Το συνολικό κόστος εκκαθάρισης εκτιμάται από την RDNA4 σε 29,8 δισεκατομμύρια δολάρια σε ορίζοντα δεκαετίας, μειωμένο κατά 4,8 δισεκατομμύρια σε σχέση με την εκτίμηση της RDNA3 (34,6 δις.), χάρη στην πρόοδο στην ακύρωση και τη μείωση εκτάσεων. Από τη πλευρά των δωρητών, η Ευρωπαϊκή Ένωση και τα κράτη μέλη της έχουν διαθέσει άνω των 320 εκατομμυρίων ευρώ για ανθρωπιστική αποναρκοθέτηση στην Ουκρανία, συμπεριλαμβανομένων 80 εκατομμυρίων ευρώ απευθείας από την ΕΕ και σημαντικής δωρεάς εξοπλισμού (World Bank et al., 2025). Το 2024 εγκαινιάστηκε το Κέντρο Ανθρωπιστικής Αποναρκοθέτησης (Center for Humanitarian Demining) ως ειδικευμένη κυβερνητική δομή, συνοδευόμενο από πρόγραμμα ανοιχτών δημοπρασιών μέσω του συστήματος ProZorro για την εκκαθάριση γεωργικής γης.

Παρά την πρόοδο, η κλίμακα της αποναρκοθέτησης ξεπερνά τις συμβατικές δυνατότητες κάθε εθνικού φορέα. Ο προβλεπόμενος ρυθμός εκκαθάρισης θα απαιτήσει

αρκετές δεκαετίες συνεχούς εργασίας, ακόμη και σε συνθήκες πλήρους παύσης εχθροπραξιών. Πέραν του ανθρώπινου και οικονομικού κόστους, η αποναρκοθέτηση αποτελεί προϋπόθεση για την αποκατάσταση φυσικών οικοσυστημάτων: πολλές από τις περιοχές Emerald Network και τα εθνικά πάρκα που αναφέρθηκαν στο 5.4.3 παραμένουν αδιαχείριστα όσο οι ενδιαιτήσεις τους είναι μολυσμένες με εκρηκτικά, με αποτέλεσμα δευτερογενείς επιπτώσεις όπως η αδυναμία ελέγχου πυρκαγιών, η αποτροπή μετανάστευσης ειδών και η απουσία επιτόπιας επιστημονικής παρακολούθησης (World Bank et al., 2025).

Παράλληλα, η διαχείριση των στερεών αποβλήτων ανοικοδόμησης αναδεικνύεται ως αυτοτελής πρόκληση. Όπως αναλύθηκε στο 4.2.2.2, οι ποσότητες αποβλήτων που θα προκύψουν από την κατεδάφιση κατεστραμμένου κτιριακού αποθέματος αναμένεται να υπερβούν κατά τάξεις μεγέθους τις προπολεμικές δυνατότητες διαχείρισης της χώρας. Η RDNA4 αναγνωρίζει τη διαχείριση αμιαντούχων απορριμμάτων ως ιδιαίτερη προτεραιότητα του τομέα περιβάλλοντος, με εκτιμώμενες ανάγκες που, μαζί με τις υπόλοιπες περιβαλλοντικές παρεμβάσεις (παρακολούθηση, αποκατάσταση ρυπασμένων χώρων, αναδάσωση, ενίσχυση θεσμών), ανέρχονται σε 2,8 δισεκατομμύρια δολάρια σε ορίζοντα δεκαετίας (World Bank et al., 2025).

4.2.5.3 Θεσμικό πλαίσιο, πράσινη ανοικοδόμηση και διεθνείς διαστάσεις

Η ανοικοδόμηση της Ουκρανίας αναδεικνύεται διεθνώς ως μια πρωτοποριακή δοκιμή για την αρχή της «πράσινης ανάκαμψης» (green recovery) μετά από ένοπλη σύγκρουση. Η αρχή αυτή, που διατυπώθηκε σε ένα εύρος διεθνών κειμένων, επιδιώκει η ανοικοδόμηση να μην αποτελέσει απλή επαναφορά στην προπολεμική κατάσταση αλλά στοχευμένη αναβάθμιση προς πιο βιώσιμες, ενεργειακά αποδοτικές, κλιματικά

ανθεκτικές και οικολογικά συμβατές υποδομές, αρχή που η RDNA4 ενσωματώνει ρητά ως «build back better» στη μεθοδολογία της (World Bank et al., 2025).

Σε θεσμικό επίπεδο, η ουκρανική πορεία προς την ΕΕ έχει λειτουργήσει ως κεντρικός μοχλός αυτής της κατεύθυνσης. Η υποβολή της ουκρανικής αίτησης ένταξης στην ΕΕ τον Φεβρουάριο του 2022, η χορήγηση καθεστώτος υποψήφιας χώρας τον Ιούνιο του 2022 και η επίσημη έναρξη ενταξιακών διαπραγματεύσεων τον Ιούνιο του 2024 επιβάλλουν ρητή εναρμόνιση με το ευρωπαϊκό περιβαλλοντικό και κλιματικό κεκτημένο. Το σχέδιο Ukraine Plan, που υποβλήθηκε από την ουκρανική κυβέρνηση τον Μάρτιο 2024 στο πλαίσιο του Ukraine Facility (χρηματοδοτικό εργαλείο της ΕΕ συνολικού ύψους 50 δισεκατομμυρίων ευρώ για την περίοδο 2024–2027), περιλαμβάνει ειδικό κεφάλαιο για τη μετάβαση σε καθαρή ενέργεια, βάσει του παράλληλα αναπτυσσόμενου Εθνικού Σχεδίου για την Ενέργεια και το Κλίμα (NECP) 2025–2030 της Ουκρανίας. Το NECP υιοθετήθηκε τον Ιούνιο του 2024 ως υποχρέωση της χώρας υπό τη Συνθήκη Ενεργειακής Κοινότητας και τον Κανονισμό (ΕΕ) 2018/1999 και αποτελεί προϋπόθεση για την κατανομή της χρηματοδότησης του Ukraine Facility (World Bank et al., 2025· Ministry of Economy of Ukraine, 2024).

Οι βασικοί στόχοι που θέτει το NECP για το 2030 περιλαμβάνουν τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 65% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, τη στόχευση κλιματικής ουδετερότητας του ενεργειακού τομέα έως το 2050, την ενίσχυση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε τουλάχιστον 27% της ακαθάριστης τελικής κατανάλωσης, τη μείωση της εξάρτησης από εισαγωγές ενέργειας κάτω του 33%, καθώς και τη μη υπέρβαση του ορίου του 30% για έναν μεμονωμένο προμηθευτή ως μέτρο γεωπολιτικής διαφοροποίησης, ξεκάθαρη απάντηση στην ιστορική εξάρτηση από τη Ρωσία. Το NECP αναγνωρίζει ρητά ότι ο κλιματικός μετασχηματισμός της Ουκρανίας δεν μπορεί να διαχωριστεί από την πορεία ανοικοδόμησης μετά τον πόλεμο

και ότι η συνεχιζόμενη σύγκρουση εισάγει ουσιαστική αβεβαιότητα ως προς την κλίμακα των καταστροφών και τον ρυθμό υλοποίησης των προβλεπόμενων πολιτικών (Ministry of Economy of Ukraine, 2024).

Εξίσου σημαντικός είναι ο νομικός μετασχηματισμός του ουκρανικού κράτους σε σχέση με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του πολέμου. Η εισαγγελική αρχή της Ουκρανίας (Office of the Prosecutor General) έχει αναπτύξει ενεργό εισαγγελική δραστηριότητα για περιβαλλοντικά εγκλήματα, με περίπου 280 ποινικές υποθέσεις σχετικές με οικοκτονία (ecocide) και οικολογική πολεμική πρακτική (ecological warfare) υπό διερεύνηση από τις εισαγγελικές αρχές έως τις αρχές του 2024, ενώ ο συνολικός αριθμός δικαστικών διαδικασιών για περιβαλλοντικές ζημιές υπερβαίνει τις 3.300 υποθέσεις (Ministry of Economy of Ukraine, 2024). Η πιο πρόσφατη εκτίμηση του Υπουργείου Προστασίας του Περιβάλλοντος (MEPR) που αναφέρεται στην RDNA4 ανεβάζει το συνολικό κόστος περιβαλλοντικών ζημιών σε 73,2 δισεκατομμύρια ευρώ έως το τέλος του 2024, βάσει ευρύτερης μεθοδολογίας που περιλαμβάνει την ατμοσφαιρική ρύπανση από πυρκαγιές σε πετρελαϊκές εγκαταστάσεις, τη ρύπανση εδαφών και υδάτινων πόρων και τις ζημιές σε προστατευόμενες περιοχές (World Bank et al., 2025· MEPR, 2024).

Η ουκρανική δικαστική δραστηριότητα τροφοδοτεί ταυτόχρονα μια ευρύτερη διεθνή συζήτηση για τη νομική κατοχύρωση της «οικοκτονίας» ως διεθνούς εγκλήματος. Υπάρχει ρεύμα στην ΕΕ, με ηγέτιδες χώρες τη Γαλλία, το Βέλγιο και την Ολλανδία, που τάσσεται υπέρ της ενσωμάτωσης της ecocide ως πέμπτου εγκλήματος στο Καταστατικό της Ρώμης του Διεθνούς Ποινικού Δικαστηρίου (δίπλα στη γενοκτονία, στα εγκλήματα πολέμου, στα εγκλήματα κατά της ανθρωπότητας και στο έγκλημα της επιθετικότητας). Η ουκρανική περίπτωση αποτελεί κρίσιμο δοκιμαστικό πεδίο για τη

διατύπωση της νομικής έννοιας, τα επιπτώσιμα στοιχεία της απόδειξης και τα όρια της διεθνούς δικαιοδοσίας (CEOBS, 2024).

Σε ένα ευρύτερο αναπτυξιακό πλαίσιο, όπως υποστηρίζουν οι Pereira, Zhao και συνεργάτες (2022), η σύγκρουση στην Ουκρανία έχει επηρεάσει την πρόοδο προς τους Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης του ΟΗΕ για το 2030 σε πολλαπλά γεωγραφικά επίπεδα: άμεσα σε εθνικό επίπεδο για την Ουκρανία και τη Ρωσία, με ιδιαίτερη επιβάρυνση των στόχων για το καθαρό νερό και αποχέτευση (SDG 6), τη δράση για το κλίμα (SDG 13), τη ζωή στο νερό (SDG 14) και τη ζωή στη στεριά (SDG 15)· σε περιφερειακό επίπεδο για την ευρωπαϊκή γειτονιά μέσω της ενεργειακής διασύνδεσης (SDG 7)· και σε παγκόσμιο επίπεδο μέσω των επιπτώσεων στην επισιτιστική ασφάλεια (SDG 2), στην οικονομική ανάπτυξη (SDG 8) και στις ανισότητες (SDG 10), με ιδιαίτερο αντίκτυπο σε αναπτυσσόμενες χώρες της Αφρικής και της Μέσης Ανατολής που εξαρτώνται από ουκρανικά και ρωσικά σιτηρά και λιπάσματα. Η περιβαλλοντική αποκατάσταση της Ουκρανίας δεν μπορεί επομένως να αντιμετωπιστεί ως μεμονωμένο εθνικό εγχείρημα· συνδέεται οργανικά με τη συνολική διεθνή προσπάθεια για βιώσιμη ανάπτυξη και με τη μελέτη των διασυνοριακών περιβαλλοντικών επιπτώσεων σύγχρονων ενόπλων συγκρούσεων γενικότερα.

Στο πιο συγκεκριμένο επίπεδο του διεθνούς ανθρωπιστικού και περιβαλλοντικού δικαίου, η ουκρανική περίπτωση έχει αναδείξει τα όρια των υφιστάμενων νομικών εργαλείων. Οι Συμβάσεις της Γενεύης και τα Συμπληρωματικά τους Πρωτόκολλα προστατεύουν περιορισμένα το φυσικό περιβάλλον σε εμπόλεμες συνθήκες, με τα άρθρα 35(3) και 55 του Πρωτοκόλλου I να απαγορεύουν μεθόδους πολέμου που προκαλούν «εκτεταμένα, μακροχρόνια και σοβαρή» ζημιά στο περιβάλλον, προϋποθέσεις που στην πράξη έχουν αποδειχθεί δύσκολο να θεμελιωθούν. Προτάσεις για ενίσχυση του διεθνούς πλαισίου περιλαμβάνουν από τη συνομολόγηση νέας

διεθνούς σύμβασης για την περιβαλλοντική προστασία σε σύγκρουση μέχρι την ενσωμάτωση ειδικών πρωτοκόλλων στις Συμβάσεις της Γενεύης (CEOBS, 2024). Ιδιαίτερη αναφορά αξίζει το ζήτημα των στρατιωτικών εκπομπών στο διεθνές κλιματικό καθεστώς. Όπως αναφέρθηκε στο 4.2.5.1, η εξαίρεση των στρατιωτικών εκπομπών από τις υποχρεωτικές δηλώσεις UNFCCC αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες θεσμικές ασυνέπειες του σύγχρονου κλιματικού καθεστώτος και η ουκρανική σύγκρουση έχει προσφέρει την πιο εκτεταμένη ποσοτική τεκμηρίωση της σημασίας αυτής της ασυνέπειας. Η πίεση για υποχρεωτική ένταξη των στρατιωτικών εκπομπών στα εθνικά αποθετήρια έχει ενταθεί στις επιστημονικές και περιβαλλοντικές κοινότητες, αν και η πολιτική υλοποίηση αυτής της μεταρρύθμισης παραμένει αβέβαιη (Bun et al., 2024).

Η συνολική εικόνα που αναδύεται είναι ότι η ουκρανική σύγκρουση λειτουργεί ως πεδίο δοκιμασίας και ανάπτυξης νέων εννοιολογικών, μεθοδολογικών και θεσμικών εργαλείων για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σύγχρονων συγκρούσεων, εργαλείων που, ανεξαρτήτως της τελικής έκβασης της ίδιας της σύγκρουσης, θα αναδειχθούν σε σημαντικά στοιχεία της διεθνούς περιβαλλοντικής διακυβέρνησης κατά το επόμενο τέταρτο του 21ου αιώνα.

Τα δεδομένα που παρουσιάζονται στο παρόν κεφάλαιο αντιστοιχούν στις διαθέσιμες εκτιμήσεις έως τον Απρίλιο του 2026. Λόγω της συνεχιζόμενης φύσης της σύγκρουσης, όλες οι ποσοτικοποιήσεις αναμένεται να αναθεωρηθούν σε μελλοντικές εκτιμήσεις.

4.3 Συγκριτική Ανάλυση των Δύο Περιπτώσεων

4.3.1 Εισαγωγή: Κριτήρια και αναλυτικοί άξονες της σύγκρισης

Οι συγκρούσεις στην Ουκρανία (από τις 24 Φεβρουαρίου 2022) και στη Λωρίδα της Γάζας (κλιμάκωση μετά τις 7 Οκτωβρίου 2023) αποτελούν τις δύο πιο εκτεταμένες και

περιβαλλοντικά τεκμηριωμένες ένοπλες συγκρούσεις του πρώτου τετάρτου του 21ου αιώνα. Παρά τις προφανείς διαφορές τους ως προς τη γεωγραφική κλίμακα, τον χαρακτήρα της σύγκρουσης και το θεσμικό πλαίσιο, παρουσιάζουν μια σειρά δομικών ομοιοτήτων που καθιστούν τη συγκριτική ανάλυση όχι μόνο εφικτή αλλά και επιστημονικά παραγωγική. Και οι δύο έχουν αξιολογηθεί με την ίδια μεθοδολογία Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA) της Παγκόσμιας Τράπεζας σε συνεργασία με την Ευρωπαϊκή Ένωση και τα Ηνωμένα Έθνη και οι δύο έχουν γίνει αντικείμενο συστηματικής περιβαλλοντικής αποτίμησης από το Πρόγραμμα Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Εθνών (UNEP) και στις δύο έχει αναδειχθεί η ανεπάρκεια των υφιστάμενων εργαλείων διεθνούς περιβαλλοντικού δικαίου για τη διαχείριση των επιπτώσεων της σύγκρουσης σε πραγματικό χρόνο.

Η παρούσα σύγκριση δομείται γύρω από τρεις αναλυτικούς άξονες. Ο πρώτος αφορά στη συγκριτική αποτίμηση της κλίμακας, της φύσης και της γεωγραφίας των περιβαλλοντικών ζημιών καθ'αυτών, από τα απόβλητα κατεδαφίσεων έως τη ρύπανση εδαφών, υδάτων και αέρα, από την καταστροφή των οικοσυστημάτων έως τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Ο δεύτερος εξετάζει τον τρόπο με τον οποίο κάθε σύγκρουση συνδέθηκε με την ενεργειακή κρίση, εσωτερικά, μέσω της καταστροφής των ενεργειακών υποδομών, αλλά και εξωτερικά, μέσω των επιπτώσεών της στην παγκόσμια ή περιφερειακή ενεργειακή αγορά. Ο τρίτος εστιάζει στο περιβαλλοντικό αποτύπωμα πέραν των ορίων της ζώνης σύγκρουσης, δηλαδή στις διασυνοριακές, περιφερειακές και παγκόσμιες οικολογικές συνέπειες, οι οποίες καθιστούν τις συγκρούσεις αυτές ζητήματα διεθνούς ενδιαφέροντος πέραν της γεωπολιτικής τους διάστασης.

Η Ουκρανία αποτελεί κράτος έκτασης 603.628 τετραγωνικών χιλιομέτρων με πολυδιάστατη βιομηχανική, ενεργειακή και γεωργική βάση που περιλαμβάνει τέσσερις

ενεργούς πυρηνικούς σταθμούς και πλούσια φυσικά οικοσυστήματα, ενώ η Λωρίδα της Γάζας είναι μία από τις πιο πυκνοκατοικημένες περιοχές του κόσμου σε έκταση μόλις 365 τετραγωνικών χιλιομέτρων, υπό καθεστώς αποκλεισμού ήδη από το 2007.

Δεύτερον, η πρόσβαση της διεθνούς επιστημονικής κοινότητας διαφέρει ουσιωδώς: στην Ουκρανία λειτουργεί εθνικό σύστημα καταγραφής περιβαλλοντικών περιστατικών (EcoZagroza) και έχει αναπτυχθεί ενεργητική εισαγγελική δραστηριότητα για περιβαλλοντικά εγκλήματα, ενώ η Γάζα παραμένει σε μεγάλο βαθμό απρόσιτη για επιτόπιες μελέτες πεδίου καθ' όλη τη διάρκεια της σύγκρουσης. Οι διαφορές αυτές επιβάλλουν προσοχή στη μεθοδολογική συμμετρία των εκτιμήσεων και καθιστούν αναπόφευκτη τη σχετικοποίηση οποιασδήποτε ποσοτικής σύγκρισης.

4.3.2 Συγκριτική επισκόπηση ζημιών και περιβαλλοντικών συνιστωσών

Μια πρώτη εικόνα των δύο συγκρούσεων προκύπτει από τη συγκριτική τους παρουσίαση σε βασικά ποσοτικά μεγέθη (Πίνακας 8). Τα στοιχεία αντλούνται από την RDNA5 για την Ουκρανία (περίοδος 24 Φεβρουαρίου 2022 – 31 Δεκεμβρίου 2025) και από την Interim RDNA (IRDNA) για τη Γάζα (περίοδος 8 Οκτωβρίου 2023 – 8 Οκτωβρίου 2024, με ανθρώπινες απώλειες έως Ιανουάριο 2025).

Μέγεθος	Ουκρανία	Γάζα
Έκταση	603.628 km ²	365 km ²
Περίοδος αποτίμησης	24/2/22–31/12/25 (RDNA5)	8/10/23–8/10/24 (IRDNA)
Άμεσες υλικές ζημιές	195,1 δις. \$	29,9 δις. \$
Οικονομικές & κοινωνικές απώλειες	666,7 δις. \$	19,1 δις. \$

Ανάγκες ανάκαμψης (10ετία)	587,7 δισ. \$	53,2 δισ. \$
Εκτιμώμενες εκπομπές σύγκρουσης	229,7 MtCO ₂ e	30–50 MtCO ₂ e
Άμαχοι νεκροί	15.000	≥47.000
Τραυματίες	>40.600	>111.000
Εκτοπισμένοι	~11 εκατ.	~1,9 εκατ.

Πίνακας 8 Συγκριτική επισκόπηση βασικών μεγεθών

Η συγκριτική ανάγνωση του πίνακα αποκαλύπτει τρεις καίριες διαπιστώσεις. Η σύγκρουση στην Ουκρανία εμφανίζει ασύγκριτα μεγαλύτερα απόλυτα μεγέθη, οι άμεσες υλικές ζημιές είναι σχεδόν επταπλάσιες αυτών της Γάζας, ενώ οι συνολικές ανάγκες ανοικοδόμησης σχεδόν ενδεκαπλάσιες. Όταν τα μεγέθη ανάγονται σε σχετικούς όρους (ως ποσοστό του προπολεμικού ΑΕΠ ή σε σχέση με το μικρό μέγεθος της Λωρίδας), η εικόνα μεταβάλλεται δραματικά: οι ζημιές στις υποδομές της Γάζας είναι σχεδόν 1,8 φορές το συνολικό προπολεμικό ΑΕΠ της Δυτικής Όχθης και της Γάζας για το 2023, ενώ σε 365 τετραγωνικά χιλιόμετρα έχουν συσσωρευτεί 41–47 εκατομμύρια τόνοι μπαζών, πυκνότητα περιβαλλοντικής καταστροφής που δεν έχει ιστορικό προηγούμενο σύμφωνα με την ίδια την UNEP (2024). Σε αμφότερες τις περιπτώσεις οι άμεσες περιβαλλοντικές ζημιές όπως καταγράφονται στην RDNA υποεκτιμούν δραματικά τις πραγματικές περιβαλλοντικές ανάγκες: στη Γάζα η σχέση άμεσων ζημιών προς αναγκών αποκατάστασης είναι 1:20, στην Ουκρανία 1:3, χωρίς να υπολογιστεί η ρητή εκτίμηση του ουκρανικού MEPR στα 73,2 δισ. ευρώ, ποσό που υπερβαίνει κατά τάξη μεγέθους την επίσημη κοστολόγηση της RDNA4.

4.3.2.1 Απόβλητα κατεδαφίσεων και σύγκρουσης

Η διαφοροποίηση μεταξύ των δύο περιπτώσεων εκφράζεται με τον πιο χαρακτηριστικό τρόπο στο ζήτημα των αποβλήτων κατεδαφίσεων. Η Γάζα έχει παραγάγει σε μόλις 12 μήνες μεταξύ 41 και 47 εκατομμύρια τόνους μπαζών, ποσότητα που αντιστοιχεί σε 107 κιλά μπαζών ανά τετραγωνικό μέτρο ολόκληρης της Λωρίδας, 13 φορές πάνω από το σύνολο των προηγούμενων συγκρούσεων από το 2008 και 5 φορές τα απόβλητα της μάχης της Μοσούλης του 2017 (UNEP, 2024). Η εντατικότητα αυτή αποτελεί ιστορικά άνευ προηγουμένου. Στην Ουκρανία, ενώ ο συνολικός όγκος αποβλήτων κατεδαφίσεων υπερβαίνει αριθμητικά πιθανώς τη Γάζα, δεδομένης της κλίμακας καταστροφής πόλεων όπως η Mariupol, το Bakhmut και το Vovchansk, η γεωγραφική διασπορά και η σχετικά χαμηλότερη πυκνότητα δόμησης έχουν οδηγήσει σε εντονότερη τοπικότητα της περιβαλλοντικής πίεσης. Η Mariupol, όπως αναλύθηκε στο 4.2.2.2, αποτελεί την πιο κοντινή αντιστοιχία με την εικόνα της Γάζας: ολοκληρωτική καταστροφή πυκνοκατοικημένης αστικής περιοχής με πολλαπλές περιβαλλοντικές συνέπειες συμπεριλαμβανομένης της επίσημης προειδοποίησης του ΠΟΥ για κίνδυνο έκρηξης χολέρας τον Μάιο του 2022.

Η φύση και η επικινδυνότητα των αποβλήτων διαφοροποιούνται ωστόσο σημαντικά. Στη Γάζα, περίπου 2,3 εκατομμύρια τόνοι μπαζών εκτιμώνται ως επιμολυσμένοι με αμιάντο, κυρίως λόγω της εκτεταμένης χρήσης τσιμεντόφυλλων αμιάντου στους οκτώ προσφυγικούς καταυλισμούς της Λωρίδας, καθώς και με μη εκραγέντα πυρομαχικά. Η UNEP εκτιμά ότι περισσότεροι από 10.000 άνθρωποι παραμένουν θαμμένοι κάτω από τα ερείπια, γεγονός που προσδίδει στα απόβλητα μια μοναδική ανθρωπιστική διάσταση. Στην Ουκρανία, η ιδιαιτερότητα εντοπίζεται στη διαφορετική φύση του δομικού αποθέματος: κτίρια μεταπολεμικής σοβιετικής περιόδου με εκτεταμένη χρήση αμιάντου στη μόνωση, μεταλλικές κατασκευές με PCBs σε μετασχηματιστές και πυκνωτές και

βιομηχανικά απόβλητα από κατεστραμμένες μεταλλουργικές μονάδες (Azovstal, Ilyich Steel) και χημικά εργοστάσια. Η RDNA4 αναγνωρίζει τη διαχείριση αμιαντούχων απορριμμάτων ως ιδιαίτερη προτεραιότητα, ενώ σημαντικές ποσότητες στερεών αποβλήτων αναμένεται να εντοπιστούν στις περιφέρειες Luhanska και Donetsk μόνο μόλις αυτές καταστούν εκ νέου προσβάσιμες.

4.3.2.2 Ρύπανση υδάτων και εδαφών

Η ρύπανση υδάτινων πόρων παρουσιάζει χαρακτηριστικά που, παρά τις επιμέρους διαφορές στη γεωγραφία και τους μηχανισμούς, αποκαλύπτουν αξιοσημείωτες δομικές ομοιότητες. Στη Γάζα, η κατάρρευση και των έξι μονάδων επεξεργασίας λυμάτων (με μία ολοσχερώς κατεστραμμένη) έχει οδηγήσει στην καθημερινή απελευθέρωση περίπου 130.000 κυβικών μέτρων ανεπεξέργαστων λυμάτων στο έδαφος, τον παράκτιο υδροφορέα και τη Μεσόγειο. Ο παράκτιος υδροφορέας, ήδη σε κρίσιμη κατάσταση προπολεμικά λόγω υπεράντλησης 160 εκατ. m³ έναντι φυσικής ανανέωσης 55–60 εκατ. m³, βρίσκεται πλέον σε κατάσταση ραγδαίας επιδείνωσης. Στην Ουκρανία, η μελέτη των Shumilova et al. (2023) στο Nature Sustainability κατέγραψε 64 σημαντικά υδατικά περιστατικά μόλις στους πρώτους τρεις μήνες της σύγκρουσης. Η καταστροφή του φράγματος Kakhovka στις 6 Ιουνίου 2023, με τη δεξαμενή των 18,2 κυβικών χιλιομέτρων να αποστραγγίζεται εντός ημερών, αποτελεί τη μεγαλύτερη μεμονωμένη οικολογική καταστροφή στην Ευρώπη από το Chornobyl και αντιστοιχεί αυτόνομα σε απώλειες οικοσυστημικών υπηρεσιών ύψους 14,1 δισ. δολαρίων, δηλαδή στο 51% των συνολικών περιβαλλοντικών απωλειών της RDNA4.

Η θεμελιώδης διαφορά έγκειται στη γεωγραφική και χρονική κλίμακα του φαινομένου. Η ρύπανση των υδάτων στη Γάζα είναι χωροχρονικά συγκεντρωμένη σε μια μικρή παράκτια λωρίδα πάνω από έναν μοναδικό, αβαθή και ήδη εξαντλημένο υδροφορέα· η

αποκατάσταση εκτιμάται ότι θα απαιτήσει δεκαετίες ακόμη υπό ιδανικές συνθήκες. Στην Ουκρανία, η ρύπανση διαχέεται σε ένα ευρύτερο σύστημα ποταμών (Dnipro, Siverskyi Donets, Dniester, Δούναβης) και σε δύο θάλασσες (Μαύρη, Αζοφική) που επικοινωνούν με το παγκόσμιο θαλάσσιο σύστημα, με αποτέλεσμα η ρύπανση να έχει εγγενώς διασυνοριακή διάσταση. Ένα χαρακτηριστικό στοιχείο της ουκρανικής περίπτωσης είναι η πλημμύρα των ανθρακωρυχείων του Donbas μετά τη διακοπή των αντλιοστασίων ξηρασίας, φαινόμενο που έχει καταγραφεί από τον ΟΑΣΕ από το 2019 και εντάθηκε μετά το 2022, απελευθερώνοντας αλμυρά νερά, υδρογονάνθρακες και βαρέα μέταλλα στους υπόγειους υδροφορείς (Shumilova et al., 2023· CEOBS, 2024). Η ρύπανση εδαφών εμφανίζει ανάλογες παραλληλίες. Και στις δύο περιπτώσεις τεκμηριώνεται ή εκτιμάται η παρουσία βαρέων μετάλλων (μόλυβδος, κάδμιο, χαλκός, ψευδάργυρος) από πυρομαχικά και κατεστραμμένα ηλεκτρικά συστήματα, υπολειμμάτων εκρηκτικών (TNT, RDX, HMX) με τη γνωστή τοξικότητα και δυνατότητα μεταφοράς τους στους υπόγειους υδροφορείς και πετρελαϊκών υδρογονανθράκων (TPH, BTEX, PAHs) από κατεστραμμένες υποδομές καυσίμων. Η μοναδική διαθέσιμη peer-reviewed μελέτη των Petrushka et al. (2024) στην περιοχή του L'viv, πόλη σχετικά απομακρυσμένη από τη γραμμή του μετώπου, κατέγραψε συγκεντρώσεις τοξικών στοιχείων έως πενταπλάσιες των εθνικών ορίων, με τον δείκτη οικολογικού κινδύνου για τον χαλκό να φτάνει στο 58,2. Οι συγγραφείς υποστηρίζουν ότι στις μετωπιακές ζώνες οι συγκεντρώσεις είναι κατά τάξη μεγέθους υψηλότερες. Για τη Γάζα, η χρήση άνω των 70.000 τόνων εκρηκτικών σε έκταση 365 τετραγωνικών χιλιομέτρων υποδηλώνει πυκνότητα ρύπανσης που επίσης δεν έχει ιστορικό προηγούμενο, αν και η ποσοτικοποίησή της παραμένει ουσιαστικά αδύνατη εξαιτίας των επιχειρησιακών περιορισμών.

Ιδιαίτερη κατηγορία αποτελεί ο κίνδυνος που συνδέεται με τα μη εκραγέντα πυρομαχικά (UXO) και τις νάρκες. Στην Ουκρανία 138.503 τετραγωνικά χιλιόμετρα γης και 14.000 τ.χλμ. υδάτων απαιτούν επιθεώρηση και η χώρα βρίσκεται πλέον στη λίστα των πιο εκτεταμένα μολυσμένων με εκρηκτικά χωρών από το τέλος του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, με το κόστος αποναρκοθέτησης να εκτιμάται αυτόνομα σε 29,8 δισ. δολάρια σε ορίζοντα δεκαετίας. Στη Γάζα, η επιμόλυνση δεν έχει ακόμη ποσοτικοποιηθεί στον ίδιο βαθμό, αλλά εκτιμάται από την UNEP ως εκτεταμένη σε ολόκληρο σχεδόν το έδαφος της Λωρίδας, με το ποσοστό αστοχίας των ριπτόμενων πυρομαχικών να υπολογίζεται σε 10–15%. Η επιμόλυνση εμπλέκεται άμεσα με τη διαχείριση μπαζών, καθώς δεν είναι δυνατή η ασφαλής απομάκρυνση ερειπίων χωρίς προηγούμενη εκκαθάριση UXO, παράγοντας που η IRDNA ταυτοποιεί ως τον πιο άμεσο περιβαλλοντικό και ανθρωπιστικό στόχο.

4.3.3 Οι ενεργειακές επιπτώσεις: από την τοπική κατάρρευση στην παγκόσμια αναδιάρθρωση

Ο ενεργειακός τομέας αποτελεί τον άξονα όπου οι δύο συγκρούσεις αποκαλύπτουν με τον πιο καθαρό τρόπο τις ποιοτικές τους διαφορές. Σε αμφότερες τις περιπτώσεις η ενεργειακή υποδομή έγινε συστηματικός στόχος, με συγκρίσιμες τοπικές συνέπειες, αλλά οι ευρύτερες επιπτώσεις των δύο συγκρούσεων στην παγκόσμια και περιφερειακή ενεργειακή αγορά είναι ριζικά διαφορετικές και ο λόγος βρίσκεται στη θέση που κάθε περιοχή κατέχει στον παγκόσμιο ενεργειακό χάρτη.

4.3.3.1 Τοπική ενεργειακή κατάρρευση: δομικές ομοιότητες

Σε αμφότερες τις περιπτώσεις, η ενεργειακή υποδομή έχει αποτελέσει πρωταρχικό στρατιωτικό στόχο, με αποτέλεσμα την εκτεταμένη καταστροφή των δυνατοτήτων

παραγωγής και διανομής. Στη Γάζα, η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας από τον τοπικό σταθμό διακόπηκε στις 11 Οκτωβρίου 2023 και δεν έχει αποκατασταθεί, ενώ περίπου 80% του συστήματος ηλεκτροπαραγωγής και διανομής έχει καταστραφεί, συμπεριλαμβανομένων 510 χιλιομέτρων γραμμών διανομής (61,5% του συνολικού δικτύου). Στην Ουκρανία, μόνο στο διάστημα 10 Οκτωβρίου 2022 – 9 Μαρτίου 2023 καταγράφηκαν 271 χτυπήματα σε αντικείμενα ενεργειακής υποδομής, ενώ περίπου 50% της συνολικής διαθέσιμης παραγωγικής δυναμικότητας και των μετασχηματιστικών υποσταθμών του συστήματος μεταφοράς είχε προσωρινά χαθεί και στην κορύφωση των βομβαρδισμών έως 13,5 εκατομμύρια καταναλωτές βρέθηκαν ταυτόχρονα χωρίς ρεύμα (Ministry of Economy of Ukraine, 2024). Οι εκτιμώμενες υλικές ζημιές στον ενεργειακό τομέα ανέρχονται σε 20,5 δισ. δολάρια για την Ουκρανία και 494 εκατ. για τη Γάζα, μια διαφορά που εξηγείται από την κλίμακα και την πολυπλοκότητα των ουκρανικών υποδομών αλλά αντιστρέφεται εάν υπολογιστούν ως ποσοστό της προπολεμικής δυναμικότητας.

Οι περιβαλλοντικές συνέπειες αυτής της καταστροφής εμφανίζουν αξιοσημείωτα παρόμοια χαρακτηριστικά. Και στις δύο περιπτώσεις η μαζική αντικατάσταση του κατεστραμμένου δικτύου από εφεδρικές γεννήτριες diesel χαμηλής απόδοσης έχει αυξήσει δραματικά τα επίπεδα αιωρούμενων σωματιδίων (PM2.5, PM10), διοξειδίου του αζώτου, μονοξειδίου του άνθρακα και αιθάλης σε αστικά περιβάλλοντα, με άμεσες συνέπειες στη δημόσια υγεία. Επιπρόσθετα, η καταστροφή αποθηκών καυσίμων και εγκαταστάσεων διύλισης έχει οδηγήσει σε σημαντικές εστίες εδαφικής και υδατικής ρύπανσης από πετρελαϊκούς υδρογονάνθρακες, 84 πρατήρια καυσίμων και 5 μεγάλες εγκαταστάσεις αποθήκευσης στη Γάζα, πολλαπλές πετρελαϊκές εγκαταστάσεις στην Ουκρανία. Τέλος, η καταστροφή μετασχηματιστικών υποσταθμών απελευθερώνει στο περιβάλλον σημαντικές ποσότητες μετασχηματιστικών ελαίων και βαρέων μετάλλων,

ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις και εξαφθοριούχο θείο (SF_6), αέριο θερμοκηπίου με δυναμικό 24.000 φορές μεγαλύτερο από το CO_2 · στην Ουκρανία οι εκπομπές SF_6 εκτιμώνται σε 1,1 MtCO₂e (de Klerk et al., 2025).

Μια ριζική διαφορά ωστόσο διακρίνει τις δύο περιπτώσεις: η παρουσία ενεργών πυρηνικών σταθμών εντός εμπόλεμης ζώνης στην Ουκρανία, φαινόμενο άνευ προηγουμένου στην ιστορία της εμπορικής πυρηνικής ενέργειας. Η κατάληψη του πυρηνικού σταθμού Zaporizhzhia στις 4 Μαρτίου 2022 από ρωσικές δυνάμεις, η οποία συνεχίζεται έως σήμερα, έχει δημιουργήσει μια κατηγορία περιβαλλοντικού και ραδιολογικού κινδύνου που δεν έχει αντιστοιχία σε άλλη σύγχρονη σύγκρουση. Οι επτά πυλώνες πυρηνικής ασφάλειας που έχει θέσει η ΙΑΕΑ έχουν παραβιαστεί επανειλημμένα, η εξωτερική ηλεκτροδότηση του σταθμού έχει διακοπεί πολλές φορές εξαναγκάζοντας τη λειτουργία σε γεννήτριες diesel επί ώρες ή ημέρες, ενώ το περιστατικό της 14ης Φεβρουαρίου 2025 με χτύπημα drone στο Νέο Ασφαλές Εγκιβωτισμό του Chornobyl, αν και χωρίς απελευθέρωση ραδιενέργειας, υπογραμμίζει ότι ούτε οι πιο σύγχρονες υποδομές περιορισμού μπορούν να θεωρηθούν ασφαλείς σε συνθήκες σύγκρουσης (ΙΑΕΑ, 2025). Η απειλή ενός πυρηνικού ατυχήματος προσθέτει ένα ποιοτικά διαφορετικό επίπεδο κινδύνου στην ουκρανική σύγκρουση, με δυνητικές συνέπειες που θα εκτείνονταν μακριά από τα εθνικά σύνορα και θα επηρέαζαν άμεσα ή έμμεσα ολόκληρη την Ευρώπη.

4.3.3.2 Από την τοπική κρίση στην παγκόσμια ενεργειακή αγορά: το ουκρανικό παράδειγμα

Η πιο θεμελιώδης διαφορά μεταξύ των δύο συγκρούσεων ως προς το ενεργειακό ζήτημα βρίσκεται στην παγκόσμια διασύνδεση της καθεμιάς. Η Ουκρανία δεν είναι απλώς χώρα καταναλωτής και παραγωγός ενέργειας: υπήρξε ιστορικά κεντρικός

κόμβος διέλευσης του ρωσικού φυσικού αερίου προς την Ευρώπη μέσω του πυκνού δικτύου αγωγών της, ενώ η Ρωσία καθαυτή αποτελούσε έναν από τους βασικούς προμηθευτές φυσικού αερίου, πετρελαίου και άνθρακα της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η έναρξη της σύγκρουσης και οι επακόλουθες ευρωπαϊκές κυρώσεις πυροδότησαν μια κρίση στην ευρωπαϊκή ενεργειακή αγορά, με ιστορικές κορυφώσεις στις τιμές του φυσικού αερίου και του ηλεκτρισμού και με σημαντικές επιπτώσεις στα κόστη παραγωγής και στο βιοτικό επίπεδο των νοικοκυριών σε ολόκληρη την ΕΕ.

Η δολιοφθορά των αγωγών Nord Stream στις 26 Σεπτεμβρίου 2022 αποτελεί το πιο emblematico περιβαλλοντικό γεγονός αυτής της σύζευξης ενέργειας και σύγκρουσης: οι τέσσερις εκρήξεις στον Βαλτικό βυθό απελευθέρωσαν στην ατμόσφαιρα εκτιμώμενες ποσότητες μεθανίου ισοδύναμες με περίπου 14 εκατομμύρια τόνους CO₂e, το μεγαλύτερο μεμονωμένο γεγονός εκπομπής μεθανίου ανθρωπογενούς προέλευσης που έχει καταγραφεί (de Klerk et al., 2025). Το περιστατικό αυτό, πέραν του συμβολικού του βάρους, κατέδειξε ότι η ίδια η υποδομή υδρογονανθράκων μπορεί να λειτουργήσει ως μαζικός κλιματικός πολλαπλασιαστής όταν στοχοποιείται σε συνθήκες σύγκρουσης.

Η ευρωπαϊκή απόκριση, αν και πρωτίστως γεωπολιτικά κινούμενη, είχε μείζονες θετικές μεσοπρόθεσμες συνέπειες για το περιβάλλον. Το πακέτο REPowerEU που ανακοινώθηκε τον Μάιο του 2022 επιτάχυνε δραματικά τη μετάβαση σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, την ενεργειακή απόδοση και τη διαφοροποίηση των πηγών εφοδιασμού. Παράλληλα, η Ουκρανία υπέβαλε αίτηση ένταξης στην ΕΕ τον Φεβρουάριο του 2022 και ανακηρύχθηκε υποψήφια χώρα τον Ιούνιο του ίδιου έτους, γεγονός που της επέβαλε ρητή εναρμόνιση με το ευρωπαϊκό περιβαλλοντικό και κλιματικό κεκτημένο. Το Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (NECP) που υιοθετήθηκε τον Ιούνιο του 2024 θέτει στόχο μείωσης των εκπομπών αερίων

θερμοκηπίου κατά 65% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 έως το 2030 και κλιματικής ουδετερότητας του ενεργειακού τομέα έως το 2050, στόχοι που προκύπτουν κατευθείαν από την εμπειρία της σύγκρουσης (Ministry of Economy of Ukraine, 2024).

Η ουκρανική περίπτωση αναδεικνύει έτσι ένα παράδοξο: ενώ η σύγκρουση έχει προκαλέσει πρωτοφανή καταστροφή και μαζικές εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, έχει ταυτόχρονα επιταχύνει την ευρωπαϊκή ενεργειακή μετάβαση κατά τρόπο που θα ήταν αδιανόητος χωρίς την εξωγενή αυτή πίεση.

4.3.3.3 Η περίπτωση της Γάζας: τοπική ενεργειακή κρίση χωρίς παγκόσμιο αντίκτυπο

Η περίπτωση της Γάζας βρίσκεται σε αντίθεση με την Ουκρανία. Η Λωρίδα δεν είναι εξαγωγέας ενέργειας ούτε κόμβος διέλευσης αγωγών και η προπολεμική της ενεργειακή κατάσταση ήταν ήδη δραματικά ελλειμματική: λιγότερο από το 35% της ζήτησης καλυπτόταν από τον τοπικό σταθμό παραγωγής και τις εισαγωγές από το Ισραήλ, ενώ οι εκτεταμένες διακοπές ρεύματος (load shedding) αποτελούσαν μέρος της καθημερινότητας. Κατά συνέπεια, η κατάρρευση του ενεργειακού συστήματος της Γάζας δεν είχε παγκόσμιες οικονομικές επιπτώσεις και δεν δημιούργησε κρίση τιμών σε διεθνές επίπεδο. Η περιφερειακή ενεργειακή αγορά της Ανατολικής Μεσογείου, με την εντεινόμενη παραγωγή φυσικού αερίου από τα κοιτάσματα Leviathan και Tamar στο ισραηλινό τμήμα της ΑΟΖ, επηρεάστηκε από πλευράς τιμών λόγω του γενικού γεωπολιτικού κινδύνου, αλλά όχι με την ένταση της ουκρανικής περίπτωσης.

Εντούτοις, η κρίση στη Γάζα έχει αναδείξει μια διαφορετικού τύπου ενεργειακή παράμετρο: τη στρατηγική σημασία της ενεργειακής αυτονομίας μέσω ανανεώσιμων πηγών σε περιοχές υπό αποκλεισμό ή σύγκρουση. Η Λωρίδα διαθέτει εξαιρετικό ηλιακό δυναμικό (1.900–2.100 kWh/m² ετήσια ακτινοβολία, περίπου 3.000 ώρες ηλιοφάνειας) και είχε αναπτύξει προπολεμικά 80 MW φωτοβολταϊκών σε στέγες

κτιρίων, ένα από τα υψηλότερα ποσοστά διείσδυσης στη Μέση Ανατολή. Η καταστροφή 67 MW από αυτή την ισχύ στη διάρκεια της σύγκρουσης έχει απελευθερώσει περίπου 1.675 κιλά μολύβδου στο περιβάλλον από τους συσσωρευτές, καθώς και κάδμιο από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, αναδεικνύοντας ότι οι ίδιες οι υποδομές ανανεώσιμων δεν είναι ανοσοποιημένες σε περιβαλλοντικούς κινδύνους σύγκρουσης. Η μεταπολεμική ανοικοδόμηση προβλέπει την αποκατάσταση και επέκταση του φωτοβολταϊκού αποθέματος ως προτεραιότητα, με ενσωμάτωση μπαταριών λιθίου για συνεχή τροφοδότηση κρίσιμων φορτίων και διασύνδεση με μονάδες ηλιακής αφαλάτωσης για την επίλυση του υδατικού προβλήματος, πρότυπο που θα μπορούσε να λειτουργήσει ως παράδειγμα για άλλες ευάλωτες περιοχές. Η κοινή διδασκαλία από τις δύο περιπτώσεις είναι ότι η ενεργειακή ασφάλεια, η περιβαλλοντική προστασία και η ανθεκτικότητα σε συνθήκες σύγκρουσης αποτελούν αλληλένδετους στόχους, οι οποίοι επιβάλλουν την αποκεντρωμένη δομή του ενεργειακού συστήματος με έμφαση στις ανανεώσιμες πηγές και στην αποθήκευση. Τόσο το NECP της Ουκρανίας όσο και η IRDNA για τη Γάζα συγκλίνουν στην αρχή της «πράσινης ανάκαμψης» (green recovery) ως κεντρικού πυλώνα της μεταπολεμικής ανοικοδόμησης. Οι προκλήσεις εφαρμογής, ωστόσο, διαφέρουν: στην Ουκρανία κυριαρχεί το ζήτημα της κλίμακας και της χρηματοδότησης (524 δισ. \$ σε δεκαετία), ενώ στη Γάζα προστίθεται το ζήτημα των περιορισμών εισαγωγής υλικών «διπλής χρήσης» μέσω του ισραηλινού μηχανισμού COGAT και της καταστροφής του τεχνολογικού δυναμικού (17 πανεπιστημιακές εγκαταστάσεις κατεστραμμένες ή πληγείσες).

4.3.4 Περιβαλλοντικό αποτύπωμα στις γύρω περιοχές

Η τρίτη διάσταση της συγκριτικής ανάλυσης αφορά στον τρόπο με τον οποίο κάθε σύγκρουση επεκτείνεται περιβαλλοντικά πέραν των ορίων της ζώνης μάχης. Αυτό μπορεί να συμβεί μέσω τριών κύριων μηχανισμών: διασυνοριακής ρύπανσης υδάτων και αέρα, επιπτώσεων στην παγκόσμια επισιτιστική και οικονομική αλυσίδα και συνεισφοράς στο παγκόσμιο κλιματικό ισοζύγιο. Σε όλους αυτούς τους μηχανισμούς η γεωγραφία κάθε περιοχής παίζει καθοριστικό ρόλο.

4.3.4.1 Διασυνοριακή ρύπανση

Η Ουκρανία αποτελεί παράδειγμα ενσωματωμένης διασυνοριακής περιβαλλοντικής διασύνδεσης. Οι κύριες υδρογραφικές λεκάνες της (Dnipro, Δούναβης, Siverskyi Donets, Dniester) εκτείνονται πέραν των συνόρων και συνδέουν τη χώρα με τη Μολδαβία, τη Λευκορωσία, τη Ρουμανία, τη Βουλγαρία και τη Μαύρη Θάλασσα. Η καταστροφή του Kakhonka προκάλεσε τη μαζική εισροή γλυκού νερού, ιζημάτων και ρύπων στη βορειοδυτική Μαύρη Θάλασσα, αλλάζοντας τοπικά την αλατότητα, την οξυγόνωση και τη χημική σύσταση του νερού με επιπτώσεις που δεν έχουν ακόμη πλήρως αποτιμηθεί. Στο λιμάνι Izmail και αλλού στον Δούναβη, βυθίσεις πλοίων και στρατιωτικές δραστηριότητες δημιούργησαν εστίες ρύπανσης με άμεσες συνέπειες για τη Ρουμανία και τη Μολδαβία. Η θνησιμότητα δελφινιών τριών ειδών της Μαύρης Θάλασσας (ρινοδέλφινο, κοινό δελφίνι, φώκαινα) που αποδίδεται στον συνδυασμό ηχητικής ρύπανσης από ηχοβολιστικά συστήματα, ακουστικού τραύματος από εκρήξεις και άμεσων επιπτώσεων ναρκών, παρότι δύσκολα επιβεβαιώσιμη επιστημονικά, αποτελεί ενδεικτική εικόνα των ευρύτερων θαλάσσιων επιπτώσεων (Shumilova et al., 2023· European Wilderness Society, 2023).

Η ατμοσφαιρική διάσταση εντείνει αυτή τη διασυνδεσιμότητα. Οι πυρκαγιές σε πετρελαϊκές εγκαταστάσεις και διυλιστήρια απελευθερώνουν μαζικά αιωρούμενα σωματίδια, οξείδια του αζώτου και πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες που μεταφέρονται σε εκατοντάδες χιλιόμετρα μέσω των ανέμων. Οι πυρκαγιές στη Ζώνη Αποκλεισμού του Chornobyl το 2022 απελευθέρωσαν στην ατμόσφαιρα ραδιονουκλίδια (κυρίως Cs-137 και Sr-90) που είχαν συσσωρευτεί στη βιομάζα των δασών κατά τις δεκαετίες μετά το 1986, φαινόμενο που η IAEA εκτίμησε ότι παρέμεινε κάτω από τα όρια δημόσιας επικινδυνότητας για πληθυσμούς εκτός Ζώνης, αλλά η σημασία του ως ενδεχόμενου μελλοντικού κινδύνου παραμένει σημαντική. Η δορυφορική ανάλυση των Zalakeviciute et al. (2022) τεκμηρίωσε κορυφώσεις PM_{2.5} έως 24,2 μg/m³, αρκετά πάνω από το όριο του ΠΟΥ (15 μg/m³), με συγκεντρώσεις NO₂ που άγγιζαν τα 139,7 μmol/m² κατά τους πρώτους μήνες της εισβολής. Η ίδια η μαζική μετακίνηση εκατομμυρίων Ουκρανών προς την ΕΕ δημιούργησε ένα έμμεσο αλλά μετρήσιμο περιβαλλοντικό αποτύπωμα που εκτιμάται σε 3,3 MtCO_{2e} από τις πρόσθετες μεταφορές, τη στέγαση και την κατανάλωση ενέργειας (de Klerk et al., 2025).

Η περίπτωση της Γάζας είναι εγγενώς πιο γεωγραφικά περιορισμένη λόγω του περιβάλλοντος αποκλεισμού από ξηρά και θάλασσα. Η πιο άμεση διασυνοριακή διάσταση αφορά στη Μεσόγειο: η καθημερινή απόρριψη 130.000 m³ ανεπεξέργαστων λυμάτων, η διαρροή πετρελαϊκών υδρογονανθράκων από κατεστραμμένες αποθήκες καυσίμων και οι εκβολές ρύπων από τον παράκτιο υδροφορέα επηρεάζουν την ανατολική λεκάνη της Μεσογείου, με επιπτώσεις που μπορούν να φτάσουν στις ακτές του Ισραήλ, της Αιγύπτου και, μέσω των θαλάσσιων ρευμάτων, σε μακρύτερες αποστάσεις. Δεύτερον, ο παράκτιος υδροφορέας της Γάζας συνεχίζεται υπογείως προς τη χερσόνησο του Σινά και την αιγυπτιακή ακτή, δημιουργώντας πιθανή διασυνοριακή ρύπανση των υπόγειων υδατικών πόρων. Τρίτον, η ατμοσφαιρική ρύπανση από τους

συνεχείς βομβαρδισμούς και τις πυρκαγιές επηρεάζει αναπόφευκτα και τις γειτονικές ισραηλινές και αιγυπτιακές περιοχές. Ωστόσο, η γεωγραφική κλίμακα αυτών των επιπτώσεων είναι ασύγκριτα μικρότερη από αυτή της ουκρανικής περίπτωσης, όπως και το δίκτυο διεθνών φορέων που μπορούν να τη μελετήσουν συστηματικά.

4.3.4.2 Επιπτώσεις στην επισιτιστική ασφάλεια: παγκόσμια έναντι τοπικής κλίμακας

Ο γεωργικός τομέας των δύο χωρών καθιστά την επισιτιστική διάσταση της σύγκρουσης μια από τις πιο σημαντικές διαφορές. Η Ουκρανία είναι ένας από τους μεγαλύτερους παραγωγούς σιτηρών, ηλιελαίου και λιπασμάτων στον κόσμο, ενώ η γεωργία αντιπροσώπευε προπολεμικά περίπου 10–12% του ΑΕΠ και 40% των εξαγωγών. Τα ουκρανικά μαυρογαία (chernozems) περιλαμβάνουν μερικά από τα πιο εύφορα εδάφη στον κόσμο. Η έκταση των Υποψιασμένων Επικίνδυνων Περιοχών περιλαμβάνει σημαντικό μέρος της γεωργικής γης: στην περιφέρεια Kharkivska η καλλιεργούμενη γη μειώθηκε κατά 42% σε σχέση με το 2021, με αντίστοιχη μείωση της παραγωγής κατά 43% (3,5 εκατ. τόνοι). Οι πυρκαγιές σε καλλιεργούμενη γη το 2022–2023 κατέστρεψαν 3.063 χιλιάδες τόνους γεωργικής βιομάζας ξηρής ουσίας. Οι επιπτώσεις επεκτείνονται παγκοσμίως: η διακοπή των ουκρανικών εξαγωγών σιτηρών κατά το πρώτο διάστημα της εισβολής, πριν την υπογραφή της Συμφωνίας Θαλάσσιων Σιτηρών τον Ιούλιο του 2022, οδήγησε σε απότομη αύξηση των τιμών τροφίμων διεθνώς, με ιδιαίτερη επιβάρυνση αναπτυσσόμενων χωρών της Αφρικής και της Μέσης Ανατολής. Όπως υποστηρίζουν οι Pereira, Zhao et al. (2022), η σύγκρουση θα επιβαρύνει δραματικά την πορεία προς τον Στόχο Βιώσιμης Ανάπτυξης 2 (μηδενική πείνα), με αντίκτυπο σε χώρες-εισαγωγείς ουκρανικών και ρωσικών σιτηρών και λιπασμάτων όπως η Αίγυπτος, η Νιγηρία, το Μπαγκλαντές και η Κένυα.

Η περίπτωση της Γάζας είναι εγγενώς διαφορετική: η γεωργία της Λωρίδας κάλυπτε πρωτίστως τις τοπικές ανάγκες, με 170.000 στρέμματα καλλιεργούμενης γης που κάλυπταν σχεδόν πλήρως τις ανάγκες σε λαχανικά, αυγά, γαλακτοκομικά, πουλικά και ιχθυρά και συνεισέφερε 6% του ΑΕΠ και 63% των εξαγωγών (αλλά σε πολύ μικρότερη απόλυτη κλίμακα από την Ουκρανία). Η καταστροφή άνω του 80% των αγροτικών υποδομών, η δημιουργία ζωνών αποκλεισμού πλάτους 1–2 χιλιομέτρων κατά μήκος των συνόρων και ο Διάδρομος Netzarim πλάτους 4 χιλιομέτρων που διχοτομεί τη Λωρίδα, έχουν οδηγήσει στην πρακτική κατάρρευση της τοπικής γεωργικής παραγωγής, με σχεδόν το σύνολο του πληθυσμού σε κατάσταση οξείας επισιτιστικής ανασφάλειας. Ωστόσο, η απώλεια αυτή δεν έχει παγκόσμιες συνέπειες στις αγορές, δεδομένης της μικρής κλίμακας της παραγωγής της Γάζας. Η ανθρωπιστική διάσταση της κρίσης, 97,9% του πληθυσμού σε πολυδιάστατη φτώχεια, Δείκτης Ανθρώπινης Ανάπτυξης που οπισθοχώρησε 69 έτη σε έναν χρόνο πολέμου, είναι ασύλληπτη, αλλά εντοπίζεται γεωγραφικά στην ίδια τη Λωρίδα.

4.3.4.3 Κλιματικό αποτύπωμα: συγκριτική αποτίμηση εκπομπών

Η κλιματική διάσταση αποτελεί ίσως το πιο προωθημένο πεδίο έρευνας στο σημερινό περιβαλλοντικό στοχασμό για τις σύγχρονες συγκρούσεις και οι δύο περιπτώσεις έχουν συνεισφέρει ουσιαστικά στη μεθοδολογική τεκμηρίωση του πεδίου. Η Initiative on GHG Accounting of War, υπό την ηγεσία του Lennard de Klerk, έχει καθιερωθεί ως διεθνές πρότυπο κλιματικής αποτίμησης πολεμικών δραστηριοτήτων, με λεπτομερή ανάλυση της ουκρανικής σύγκρουσης (Πίνακας 9). Για τη Γάζα, η μελέτη των Neta Crawford και Benjamin Neimark (2024) εκτίμησε τις εκπομπές από τους πρώτους 60 ημέρες σε πάνω από 281.000 τόνους CO₂e, ενώ το συνολικό κλιματικό αποτύπωμα,

συμπεριλαμβανομένης της ανοικοδόμησης, εκτιμάται σε 30–50 εκατομμύρια τόνους CO₂e.

Παράμετρος	Ουκρανία	Γάζα
Συνολικές εκπομπές σύγκρουσης	229,7 MtCO ₂ e (36 μήνες)	30–50 MtCO ₂ e (με ανοικοδόμηση)
Κυρίαρχες κατηγορίες	Στρατιωτικές δραστηριότητες (36%)· πυρκαγιές τοπίου (21%)	Ανοικοδόμηση (τσιμέντο/χάλυβας)
Πρώμη εκτίμηση	—	>281.000 t CO ₂ e (60 ημέρες)
Σχετική ένταση	Μεγαλύτερες απόλυτες εκπομπές (4–7×)	Πολύ υψηλότερη πυκνότητα ανά km ²
Κοινωνικό κόστος άνθρακα (185 \$/t)	>42 δισ. \$	—
Μεθοδολογία / πηγή	de Klerk et al. (2025)	Crawford & Neimark (2024)

Πίνακας 9 Συγκριτική ανάλυση κλιματικού αποτυπώματος

Η σύγκριση αποκαλύπτει ενδιαφέρουσες δομικές διαφορές. Στην Ουκρανία κυριαρχούν οι άμεσες στρατιωτικές δραστηριότητες και οι πυρκαγιές τοπίου, κατηγορίες που συνδέονται με την κλίμακα και τη διάρκεια της σύγκρουσης, τη χρήση εντατικού πυροβολικού και drones και τη γεωγραφία μιας χώρας με εκτεταμένη δασική και γεωργική βλάστηση. Στη Γάζα κυριαρχεί η ανοικοδόμηση, αντανakλώντας την

εξαιρετική πυκνότητα της αστικής καταστροφής: η ανακατασκευή 292.000

στεγαστικών μονάδων και όλων των υποδομών απαιτεί εντατική χρήση τσιμέντου (8% των παγκόσμιων εκπομπών CO₂, με 0,9 τόνους CO₂ ανά τόνο τσιμέντου) και χάλυβα.

Σε απόλυτους όρους, η ουκρανική σύγκρουση παράγει 4–7 φορές περισσότερες εκπομπές αν και εκτείνεται σε πολύ μεγαλύτερη έκταση· σε σχετικούς όρους, η περίπτωση της Γάζας εμφανίζει δραματικά υψηλότερη πυκνότητα εκπομπών ανά μονάδα επιφάνειας λόγω της αστικής εντατικότητας.

Και στις δύο περιπτώσεις, το κλιματικό κόστος της σύγκρουσης αντιστοιχεί στις ετήσιες εκπομπές μεσαίου μεγέθους ευρωπαϊκών κρατών, υποδεικνύοντας ότι οι σύγχρονες ένοπλες συγκρούσεις αποτελούν σημαντική αλλά αθέατη κατηγορία στο παγκόσμιο κλιματικό ισοζύγιο. Η παραδοσιακή εξαίρεση των στρατιωτικών εκπομπών από τις υποχρεωτικές δηλώσεις UNFCCC, κληρονομιά του Πρωτοκόλλου του Κιότο, οφειλόμενη σε αμερικανική πίεση την περίοδο 1997, έχει πλέον τεθεί σε σοβαρή αμφισβήτηση, με αυξανόμενες φωνές από επιστημονικές και περιβαλλοντικές κοινότητες να ζητούν υποχρεωτική δημοσιοποίηση (Bun et al., 2024· CEOBS, 2024). Η εφαρμογή του κοινωνικού κόστους άνθρακα των 185 δολαρίων ανά τόνο CO₂e, τιμή που χρησιμοποιείται από την Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των ΗΠΑ, δίνει συνολικό κλιματικό κόστος άνω των 42 δισ. δολαρίων για την ουκρανική σύγκρουση, το οποίο οι ερευνητές υποστηρίζουν ότι θα έπρεπε να ενσωματωθεί στη συνολική οικονομική αποτίμηση ευθύνης της Ρωσικής Ομοσπονδίας (de Klerk et al., 2025).

4.3.5 Συμπεράσματα: δομικές ομοιότητες και ποιοτικές διαφορές

Η συγκριτική ανάλυση των δύο συγκρούσεων αποκαλύπτει ένα σύνολο δομικών ομοιοτήτων και ποιοτικών διαφορών που συνθέτουν ένα νέο θεωρητικό πλαίσιο για την κατανόηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σύγχρονων ένοπλων συγκρούσεων.

Οι δομικές ομοιότητες είναι εντυπωσιακές. Και στις δύο περιπτώσεις εντοπίζεται συστηματική στοχοποίηση κρίσιμων υποδομών, ενεργειακών, υδατικών, μεταφορικών, που παράγει αλυσιδωτές περιβαλλοντικές επιπτώσεις πέραν της άμεσης καταστροφής. Και στις δύο περιπτώσεις, η κατάρρευση της διαχείρισης λυμάτων και στερεών αποβλήτων οδηγεί σε ρύπανση υδάτων και εδαφών με μακροχρόνιες συνέπειες. Και στις δύο παρατηρείται εκτεταμένη ρύπανση από υπολείμματα εκρηκτικών (TNT, RDX, HMX), βαρέα μέταλλα και πετρελαϊκούς υδρογονάνθρακες, καθώς και μαζική επιμόλυνση με μη εκραγέντα πυρομαχικά που θα απαιτήσουν δεκαετίες εργασιών εκκαθάρισης. Και στις δύο, οι υφιστάμενες RDNA μεθοδολογίες υποεκτιμούν συστηματικά τις πραγματικές περιβαλλοντικές ζημιές, αναγνωρίζοντας ρητά τα όρια τους. Και στις δύο, η ανοικοδόμηση αναδεικνύεται ως η σημαντικότερη μελλοντική κλιματική επιβάρυνση και ταυτόχρονα ως η μέγιστη ευκαιρία μετάβασης σε βιώσιμα ενεργειακά και κτιριακά πρότυπα μέσω της αρχής «build back better».

Οι ποιοτικές διαφορές είναι εξίσου σημαντικές. Η ουκρανική σύγκρουση είναι γεωγραφικά εκτεταμένη και διασυνοριακά ενσωματωμένη, με την περιβαλλοντική της διάσταση να ακτινοβολεί παγκοσμίως μέσω της Μαύρης Θάλασσας, του Δούναβη, της ευρωπαϊκής ενεργειακής αγοράς, των παγκόσμιων σιτηροφόρων αγορών και της ίδιας της κλιματικής λογιστικής. Η σύγκρουση στη Γάζα είναι χωρικά συμπυκνωμένη σε μία από τις πιο πυκνοκατοικημένες περιοχές του κόσμου, με εντατικότητα περιβαλλοντικών ζημιών ανά μονάδα επιφάνειας που δεν έχει ιστορικό προηγούμενο, αλλά με διαφεύγον άμεσο περιβαλλοντικό αποτύπωμα πέραν της Ανατολικής Μεσογείου. Η ουκρανική σύγκρουση εισάγει νέες κατηγορίες κινδύνου όπως η πυρηνική ασφάλεια σε εμπόλεμη ζώνη. Από τη άλλη, η σύγκρουση στη Γάζα αναδεικνύει την ακραία περιβαλλοντική ευπάθεια μικρών, υπερπληθυσμιακών και αποκλεισμένων περιοχών, όπου κάθε σύγκρουση υπερβαίνει αμέσως την ικανότητα απορρόφησης του οικοσυστήματος.

Η ευρύτερη σημασία αυτής της σύγκρισης ξεπερνά τις δύο συγκεκριμένες περιπτώσεις. Συνολικά, τόσο η σύγκρουση στην Ουκρανία όσο και η σύγκρουση στη Γάζα λειτουργούν ως πεδία δοκιμασίας και ανάπτυξης νέων εννοιολογικών, μεθοδολογικών και θεσμικών εργαλείων για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σύγχρονων συγκρούσεων. Η ανάπτυξη του νομικού πλαισίου για την «οικοκτονία» (ecocide) ως πέμπτου εγκλήματος στο Καταστατικό της Ρώμης, η ενσωμάτωση των στρατιωτικών εκπομπών στα εθνικά κλιματικά αποθετήρια, η θεσμοποίηση της αρχής της πράσινης ανάκαμψης σε μεταπολεμικά χρηματοδοτικά εργαλεία (όπως το Ukraine Facility) και η ενίσχυση των αρμοδιοτήτων διεθνών φορέων όπως η IAEA σε ζητήματα πυρηνικής ασφάλειας εμπόλεμης ζώνης, συνιστούν στοιχεία μιας αναδύομενης διεθνούς περιβαλλοντικής διακυβέρνησης του πολέμου. Η επιτυχία αυτής της διακυβέρνησης θα καθορίσει σε σημαντικό βαθμό την ικανότητα της διεθνούς κοινότητας να ανταποκρίνεται στις μελλοντικές συγκρούσεις του 21ου αιώνα, συγκρούσεις που, σε ένα πλαίσιο κλιματικής κρίσης και αυξανόμενων πιέσεων σε πόρους, δεν μπορούν πλέον να αντιμετωπίζονται αποκλειστικά ως γεωπολιτικά αλλά και ως θεμελιωδώς περιβαλλοντικά φαινόμενα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

5.1 Εισαγωγή

Η αναλυτική πορεία των προηγούμενων κεφαλαίων μέσω της καταγραφής των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στη Γάζα, την Ουκρανία και τη συγκριτική ανάλυσή τους, επιτρέπει πλέον τη διατύπωση ενός συνολικού σώματος συμπερασμάτων και προτάσεων. Το παρόν καταληκτικό κεφάλαιο οργανώνεται σε δύο άξονες. Το πρώτο μέρος (5.2), παρατίθενται τα συμπεράσματα της ανάλυσης, με έμφαση στην ανάδειξη της περιβαλλοντικής διάστασης του πολέμου ως αυτόνομου επιστημονικού και πολιτικού πεδίου, στα ειδικά μαθήματα των δύο περιπτώσεων μελέτης και στις μεθοδολογικές ελλείψεις που χρειάζεται να καλυφθούν σε μελλοντικές αποτιμήσεις. Το δεύτερο μέρος (5.3–5.5) διατυπώνει συγκεκριμένες προτάσεις βιώσιμης ανοικοδόμησης, δομημένες σε τεχνικό και θεσμικό πυλώνα, με αναφορά και στις δύο περιπτώσεις και με ιδιαίτερη προσοχή στις ειδικές γεωγραφικές και πολιτικές ιδιαιτερότητές τους. Οι προτάσεις αντλούνται από την τεχνική και επιστημονική βιβλιογραφία που παρουσιάστηκε στα προηγούμενα κεφάλαια και επιχειρούν να διατυπώσουν ένα πλαίσιο που να είναι τεχνικά ρεαλιστικό και να λαμβάνει υπόψη τους πολιτικούς και οικονομικούς περιορισμούς της μεταπολεμικής περιόδου.

5.2 Συμπεράσματα από τη συγκριτική ανάλυση

5.2.1 Η περιβαλλοντική διάσταση του σύγχρονου πολέμου ως αυτόνομο αντικείμενο μελέτης

Το πρώτο και πλέον θεμελιώδες συμπέρασμα που προκύπτει από τη σύγκριση των δύο συγκρούσεων είναι η επιβεβαίωση της ανάδυσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του πολέμου ως αυτόνομου επιστημονικού και πολιτικού αντικειμένου μελέτης. Μέχρι πρόσφατα, η συζήτηση για τις περιβαλλοντικές συνέπειες των ένοπλων συγκρούσεων αντιμετωπιζόταν περιφερειακά σε σχέση με τις ανθρωπιστικές, γεωπολιτικές και οικονομικές τους διαστάσεις. Η συστηματική αποτίμηση τόσο της ουκρανικής κρίσης όσο και της σύγκρουσης της Γάζας από διεθνείς οργανισμούς (Παγκόσμια Τράπεζα, ΕΕ, ΟΗΕ, UNEP), η καθιέρωση του μεθοδολογικού πλαισίου RDNA καθώς και η παράλληλη ανάπτυξη εξειδικευμένων επιστημονικών εργαλείων, όπως η Initiative on GHG Accounting of War και η ερευνητική παραγωγή σε peer-reviewed περιοδικά, υποδεικνύουν ότι η περιβαλλοντική διάσταση της σύγκρουσης έχει πλέον αναγνωριστεί ως αντικείμενο που απαιτεί ειδική μεθοδολογική προσέγγιση, εξειδικευμένους δείκτες και αυτοτελές θεσμικό πλαίσιο.

Η αναγνώριση αυτή έχει ήδη πρακτικά αποτελέσματα. Η ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής διάστασης στις επίσημες εκτιμήσεις ζημιών, η ανάπτυξη εισαγγελικών δομών για περιβαλλοντικά εγκλήματα (όπως στην περίπτωση της Ουκρανίας), η αξιοποίηση δορυφορικών δεδομένων για την παρακολούθηση των επιπτώσεων σε πραγματικό χρόνο και η εμφάνιση ειδικών οργανισμών όπως το Conflict and Environment Observatory (CEOBS), το Zoï Environment Network και άλλοι, συνθέτουν ένα αναδύμενο πεδίο διεπιστημονικής εργασίας που συνδυάζει στοιχεία από τις περιβαλλοντικές επιστήμες, το διεθνές δίκαιο, την οικονομική επιστήμη και τη

μελέτη συγκρούσεων. Η παρούσα εργασία εντάσσεται σε αυτό το ερευνητικό πλαίσιο, φιλοδοξώντας να συνεισφέρει στην εξέλιξη του.

5.2.2 Ειδικά μαθήματα από την ουκρανική σύγκρουση

Η ουκρανική σύγκρουση προσφέρει τέσσερα κεντρικά διδάγματα, τα οποία εμπλουτίζουν την επιστημονική κατανόηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σύγχρονων ένοπλων συγκρούσεων. Αρχικά, η κατάληψη του πυρηνικού σταθμού της Zaporizhzhia και η μετατροπή της Ζώνης Αποκλεισμού του Chornobyl σε εμπόλεμη ζώνη αποτελούν φαινόμενα άνευ προηγουμένου στην ιστορία της εμπορικής πυρηνικής ενέργειας. Οι εξελίξεις αυτές οδήγησαν στη διαμόρφωση του πλαισίου των *«Επτά Πυλώνων Πυρηνικής Ασφάλειας»* από τον ΙΑΕΑ και ανέδειξαν την ανάγκη για διαρκή μεσολαβητική παρουσία διεθνών φορέων σε εμπόλεμες πυρηνικές εγκαταστάσεις – μια εμπειρία που αναμένεται να αναδιαμορφώσει τη μελλοντική παγκόσμια πυρηνική διακυβέρνηση.

Δεύτερον, η καταστροφή του φράγματος Kakhovka, η επακόλουθη ρύπανση της Μαύρης Θάλασσας και του Δούναβη, καθώς και η ατμοσφαιρική μεταφορά ρύπων και ραδιονουκλιδίων, αποδεικνύουν έμπρακτα ότι οι οικολογικές καταστροφές αυτού του βεληνεκούς ξεπερνούν τα γεωγραφικά σύνορα και δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν ως αμιγώς εθνικά ζητήματα. Τρίτον, Οι 229,7 εκατομμύρια τόνοι ισοδυνάμου διοξειδίου του άνθρακα που υπολογίζονται από τους de Klerk et al. (2025) καταδεικνύουν ότι η σύγκρουση συνιστά –αποκλειστικά και μόνο από κλιματική άποψη– ένα μέγεθος απολύτως συγκρίσιμο με τις ετήσιες εκπομπές μεσαίων ευρωπαϊκών κρατών.

Τέταρτον, το Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (NECP) της Ουκρανίας και η αναγκαία εναρμόνιση της χώρας με το ευρωπαϊκό κλιματικό κεκτημένο αναδεικνύουν πώς η μεταπολεμική ανοικοδόμηση μπορεί να μετατραπεί σε μια στρατηγική ευκαιρία

για τον ριζικό μετασχηματισμό προς ένα πιο βιώσιμο και ανθεκτικό ενεργειακό μοντέλο.

5.2.3 Ειδικά μαθήματα από τη σύγκρουση στη Λωρίδα της Γάζας

Η περίπτωση της Λωρίδας της Γάζας προσφέρει τέσσερα αντίστοιχα κρίσιμα διδάγματα για τη διεθνή βιβλιογραφία. Πρώτον, σε μια περιορισμένη έκταση μόλις 365 τετραγωνικών χιλιομέτρων έχουν συσσωρευτεί περίπου 41–47 εκατομμύρια τόνοι συντριμμίων, μέγεθος που μεταφράζεται σε μια πρωτοφανή πυκνότητα 107 κιλών μπάζων ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας της Λωρίδας. Σε συνθήκες τέτοιας χωρικής συμπίεσης, κάθε επιμέρους περιβαλλοντικό φαινόμενο –από τη ρύπανση και τις εκπομπές αερίων έως την υποβάθμιση των εδαφών και των υδροφορέων– ενισχύεται εκθετικά, υπερβαίνοντας ακαριαία την ικανότητα αυτοκαθαρισμού και απορρόφησης του τοπικού οικοσυστήματος.

Δεύτερον, ένα περιβάλλον που βρισκόταν ήδη σε κατάσταση χρόνιας και συστημικής κρίσης (υπεράντληση υδροφόρου ορίζοντα, 63% ποσοστό φτώχειας, 45% ανεργία και μόλις 6% πρόσβαση σε ασφαλώς διαχειριζόμενο πόσιμο νερό) στερείται της απαραίτητης ανθεκτικότητας για να απορροφήσει μια πρόσθετη καταστροφή τέτοιας κλίμακας. Η προϋπάρχουσα υποβάθμιση λειτουργεί ως καταλύτης που εκμηδενίζει κάθε περιθώριο οικολογικής άμυνας.

Τρίτον, η διατήρηση των περιορισμών στην εισαγωγή υλικών «διπλής χρήσης» (μέσω του μηχανισμού COGAT), η αδυναμία πρόσβασης διεθνών επιστημονικών φορέων για τη διενέργεια αξιόπιστων επιτόπιων μετρήσεων, καθώς και το έλλειμμα σε σύγχρονο τεχνολογικό εξοπλισμό ανακύκλωσης και εξυγίανσης, μεταβάλλουν τη φύση του προβλήματος. Η τεχνική υλοποίηση οποιουδήποτε σχεδίου ανοικοδόμησης παύει να είναι ένα αμιγώς τεχνολογικό ζήτημα και καθίσταται άμεσα εξαρτώμενη από

γεωπολιτικές και πολιτικές αποφάσεις. Τέταρτον, Το εξαιρετικό ηλιακό δυναμικό της περιοχής (1.900–2.100 \$kWh/m² ετήσια ακτινοβολία), σε συνδυασμό με την υψηλή πυκνότητα δόμησης, δημιουργεί τις προϋποθέσεις για μια πρωτοποριακή εφαρμογή ολοκληρωμένων αποκεντρωμένων λύσεων. Αυτές μπορούν να συνδυάσουν την ηλεκτροπαραγωγή, την αφαλάτωση υδάτων και την ενεργειακή αυτονομία σε μια ενιαία, ανθεκτική στρατηγική ανοικοδόμησης.

5.2.4 Τα κενά της υφιστάμενης μεθοδολογίας

Παρά τη σημαντική επιστημονική πρόοδο που έχει συντελεστεί, η παράλληλη ανάλυση των δύο περιπτώσεων αναδεικνύει σοβαρά μεθοδολογικά κενά που απαιτούν άμεση κάλυψη από τη διεθνή κοινότητα.

Το πρώτο και πλέον εμφανές έλλειμμα αφορά στη συστημική υποεκτίμηση των περιβαλλοντικών ζημιών από τις καθιερωμένες μεθοδολογίες Ταχείας Αποτίμησης Ζημιών και Αναγκών (Rapid Damage and Needs Assessment – RDNA). Στην περίπτωση της Ουκρανίας, η εξειδικευμένη αποτίμηση του Υπουργείου Προστασίας Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων (MEPR), η οποία προσεγγίζει τα 73,2 δισεκατομμύρια ευρώ, υπερβαίνει κατά τάξεις μεγέθους την αντίστοιχη κατηγορία της έκθεσης RDNA4, η οποία περιορίζεται στα 1,7 δισεκατομμύρια δολάρια. Η αναντιστοιχία αυτή αναγνωρίζεται ρητά στο σώμα της ίδιας της RDNA4, όπου επισημαίνεται ότι το υιοθετημένο μοντέλο αδυνατεί να ποσοτικοποιήσει επαρκώς την ατμοσφαιρική ρύπανση, τη χημική επιβάρυνση των εδαφών και των υδάτινων πόρων, καθώς και τις μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στη δομή και τη λειτουργία των οικοσυστημάτων.

Ανάλογη μεθοδολογική απόκλιση παρατηρείται και στη Λωρίδα της Γάζας. Οι άμεσες περιβαλλοντικές ζημιές ύψους 92 εκατομμυρίων δολαρίων και οι ανάγκες

αποκατάστασης ύψους 1,9 δισεκατομμυρίων δολαρίων που αποτυπώνονται στην ενδιάμεση έκθεση (Interim IRDNA), αντανακλούν σχεδόν αποκλειστικά το άμεσο οικονομικό κόστος διαχείρισης και απομάκρυνσης των προϊόντων κατεδαφίσεων. Ως εκ τούτου, παραμένουν εκτός οικονομικής αποτίμησης κρίσιμες παράμετροι, όπως η τοξική επιμόλυνση του εδαφικού υποστρώματος, η μη αναστρέψιμη ποιοτική υποβάθμιση του παράκτιου υδροφόρου ορίζοντα και οι συνέργειες των αέριων ρύπων. Το δεύτερο κρίσιμο κενό εντοπίζεται στην αντικειμενική αδυναμία διεξαγωγής επιτόπιας επαλήθευσης (ground-truthing). Εκτεταμένα τμήματα των πληγείσων περιοχών παραμένουν εντελώς απρόσιτα για την ερευνητική κοινότητα λόγω των συνεχιζόμενων στρατιωτικών επιχειρήσεων και της καθολικής επιμόλυνσης του εδάφους από μη εκραγέντα πυρομαχικά (UXO). Στην Ουκρανία, η αδυναμία πρόσβασης αφορά στις υπό ρωσικό έλεγχο περιοχές του Donetsk, του Luhansk, της Zaporizhzhia, της Kherson και της Κριμαίας, ενώ στη Λωρίδα της Γάζας επεκτείνεται στο σύνολο του θυλάκου. Η έλλειψη πρωτογενών δεδομένων αναγκάζει τους αναλυτές να βασίζονται σχεδόν αποκλειστικά σε μεθόδους τηλεπισκόπησης (remote sensing), γεγονός που περιορίζει τη δυνατότητα ποιοτικής ανάλυσης των δειγμάτων εδάφους και υδάτων.

Τρίτον, εντοπίζεται σημαντική αναντιστοιχία όσον αφορά στη χρονική κλίμακα των αποτιμήσεων. Οι σοβαρότερες κατηγορίες οικολογικών επιπτώσεων παρουσιάζουν φαινόμενα χρονικής υστέρησης. Η βαθιά ρύπανση των βαθέων υδροφόρων οριζόντων, οι δομικές μεταβολές στη βιοποικιλότητα και η βιοσυσσώρευση βαρέων μετάλλων απαιτούν μακροχρόνια πρωτόκολλα παρακολούθησης (monitoring), τα οποία υπερβαίνουν κατά πολύ τον βραχυπρόθεσμο ορίζοντα σύνταξης των εκθέσεων RDNA. Τέλος, διαπιστώνεται έντονη μεθοδολογική ετερογένεια μεταξύ των διάφορων θεσμικών φορέων αποτίμησης. Η απουσία ενός ενιαίου, διεθνώς τυποποιημένου

πρωτοκόλλου δυσχεραίνει τη συγκριτική ανάλυση και τη μετα-ανάλυση των δεδομένων. Η διαμόρφωση μιας κοινής μεθοδολογικής βάσης, η οποία θα ενσωματώνει κοινούς περιβαλλοντικούς δείκτες (Key Environmental Indicators), ενιαία κριτήρια οικονομικής αποτίμησης της οικολογικής ζημίας και αυστηρά διεπιστημονικά πρωτόκολλα, συνιστά την πρωταρχική πρόκληση για τη μελλοντική έρευνα στο πεδίο των περιβαλλοντικών επιστημών του πολέμου.

5.2.5 Η ελληνική περίπτωση: συμπεράσματα από μια χώρα-μέλος της ΕΕ υπό διπλή έκθεση

Η συγκριτική ανάλυση των δύο συγκρούσεων αποκτά ιδιαίτερη αναλυτική αξία όταν εξετάζεται μέσα από το πρίσμα ενός κράτους που βρίσκεται γεωγραφικά και θεσμικά εκτεθειμένο και στις δύο. Η Ελλάδα συνιστά μια τέτοια περίπτωση: ως κράτος-μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης συμμετέχει στις θεσμικές αποκρίσεις στην ουκρανική σύγκρουση (κυρώσεις, REPowerEU, Ukraine Facility), ενώ ταυτόχρονα ως παράκτιο κράτος της Ανατολικής Μεσογείου εκτίθεται στις διασυνοριακές περιβαλλοντικές και ενεργειακές επιπτώσεις της σύγκρουσης στη Γάζα και της ευρύτερης αναταραχής στη Μέση Ανατολή. Η εμπειρία της επιβεβαιώνει εμπρακτώς τη βασική θεωρητική θέση της παρούσας εργασίας: ότι οι σύγχρονες ένοπλες συγκρούσεις παράγουν περιβαλλοντικές συνέπειες οι οποίες εκτείνονται πολύ πέραν των ορίων της εμπόλεμης ζώνης, μέσω αλληλένδετων μηχανισμών οικονομικής, ενεργειακής και κλιματικής διασύνδεσης.

Το πιο εμφανές συμπέρασμα από την ελληνική εμπειρία είναι ότι η ρωσοουκρανική σύγκρουση λειτούργησε ως εξωγενής καταλύτης για την επιτάχυνση της ενεργειακής μετάβασης. Η ενσωμάτωση του εθνικού κεφαλαίου REPowerEU στο Σχέδιο Ανάκαμψης και Ανθεκτικότητας, η αναθεώρηση του Εθνικού Σχεδίου για την Ενέργεια

και το Κλίμα (ΕΣΕΚ) το 2024 με στόχο συμμετοχής των ανανεώσιμων πηγών 87% στην ηλεκτροπαραγωγή έως το 2030 (από 80% στην προηγούμενη έκδοση), καθώς και η ταχεία ανάπτυξη υποδομών αποθήκευσης και διασυνδέσεων, αποτελούν θεσμικές αποκρίσεις τις οποίες η ελληνική πολιτεία δύσκολα θα είχε αναλάβει με αυτή την ένταση χωρίς την πίεση της σύγκρουσης (ΥΠΕΝ, 2024· Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2022). Παράλληλα, η μετατροπή της χώρας σε ενεργειακό κόμβο εισαγωγής υγροποιημένου φυσικού αερίου μέσω του πλωτού τερματικού FSRU της Αλεξανδρούπολης, σε λειτουργία από τον Οκτώβριο του 2024 και της επέκτασης της Ρεβυθούσας, σε συνδυασμό με τον λεγόμενο Κάθετο Διάδρομο που τροφοδοτεί Βουλγαρία, Ρουμανία, Μολδαβία και Ουκρανία, αναδεικνύει ένα κρίσιμο παράδοξο της μετάβασης: η ίδια κρίση που επιταχύνει τις ανανεώσιμες, επιβάλλει ταυτόχρονα μαζικές επενδύσεις σε υποδομές ορυκτών καυσίμων με χρόνους ζωής πολλών δεκαετιών, παράγοντας ένα τεχνολογικό “lock-in” που ενδέχεται μακροπρόθεσμα να αντιστρατευτεί τους ίδιους τους κλιματικούς στόχους τους οποίους η αρχική απόκριση επιδίωκε να εξυπηρετήσει. Η ελληνική εμπειρία αναδεικνύει επίσης τρεις λιγότερο εμφανείς αλλά εξίσου σημαντικούς μηχανισμούς έμμεσων επιπτώσεων. Πρώτον, τις μακροοικονομικές πιέσεις: η Ελλάδα κατατάχθηκε επανειλημμένα στις υψηλότερες θέσεις πληθωρισμού της ΕΕ μετά το 2022, με τις εαρινές προβλέψεις της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για το 2026 να τοποθετούν τον πληθωρισμό στο 3,7% και την επιβράδυνση της ανάπτυξης στο 1,8%, λόγω κυρίως του ενεργειακού σοκ που πυροδότησε η κλιμάκωση στη Μέση Ανατολή σε διαδοχή με τον ουκρανικό πόλεμο. Δεύτερον, τις αυξανόμενες αμυντικές δαπάνες: η Ελλάδα δαπάνησε 3,1% του ΑΕΠ της σε στρατιωτικές δαπάνες το 2024 (περίπου 7,7 δισ. δολάρια) και έχει υιοθετήσει δωδεκαετές εξοπλιστικό πρόγραμμα ύψους 25 δισ. ευρώ για την περίοδο 2025–2036 (IISS, 2025). Η εξέλιξη αυτή, που αναπαράγεται σε όλη την ΕΕ μετά τη ρωσική εισβολή, καθιστά επιτακτικότερη την

κεντρική θεσμική πρόταση που διατυπώνεται στη συνέχεια της παρούσας εργασίας για υποχρεωτική ενσωμάτωση των στρατιωτικών εκπομπών στο πλαίσιο της UNFCCC (βλ. ενότητα 5.4.1). Τρίτον, τη ροή προσφύγων από την Ουκρανία και τη συνεχιζόμενη ανθρωπιστική πίεση από τη Μέση Ανατολή, η οποία, αν και μικρότερη σε απόλυτους όρους από εκείνη των χωρών πρώτης γραμμής, παράγει πρόσθετο περιβαλλοντικό αποτύπωμα μέσω μεταφορών, στέγασης και κατανάλωσης πόρων, αποτύπωμα που εντάσσεται στα 3,3 εκατομμύρια τόνους CO₂e που έχει υπολογίσει ο de Klerk et al. (2025) για το σύνολο της ευρωπαϊκής υποδοχής Ουκρανών προσφύγων.

Σε τελική ανάλυση, η περίπτωση της Ελλάδας λειτουργεί ως μικρογραφία της ευρωπαϊκής εμπειρίας και επιβεβαιώνει τρία από τα κεντρικά συμπεράσματα της παρούσας εργασίας. Πρώτον, ότι ο αναλυτικός διαχωρισμός μεταξύ “εμπόλεμης” και “μη εμπόλεμης” ζώνης είναι σε σημαντικό βαθμό τεχνητός: οι σύγχρονες συγκρούσεις παράγουν περιβαλλοντικές συνέπειες σε διηπειρωτική κλίμακα μέσω των ενεργειακών, εμπορικών και θεσμικών αλληλεξαρτήσεων. Δεύτερον, ότι η πράσινη ανάκαμψη δεν είναι αποκλειστικά υπόθεση των κρατών που υπέστησαν άμεσα τη σύγκρουση, αλλά παράγεται ως απόκριση ολόκληρων ευρωπαϊκών οικοσυστημάτων ενεργειακής εξάρτησης και απαιτεί ενσωματωμένη πολιτική σε ευρωπαϊκό και όχι μόνο σε εθνικό επίπεδο. Τρίτον, ότι η ίδια η κρίση μπορεί να λειτουργήσει ως ευκαιρία επιτάχυνσης στρατηγικών μετασχηματισμών οι οποίοι σε συνθήκες κανονικότητας θα προχωρούσαν με βραδύτερους ρυθμούς, αρκεί οι σχετικές αποφάσεις να ευθυγραμμίζονται με τους μακροπρόθεσμους στόχους κλιματικής ουδετερότητας και να μην οδηγούν σε νέες μορφές εξάρτησης από υποδομές ορυκτών καυσίμων. Η ελληνική εμπειρία υπενθυμίζει ότι η περιβαλλοντική γεωγραφία του πολέμου δεν συμπίπτει με την πολιτική γεωγραφία του πολέμου και ότι κάθε σύγχρονη συγκρουσιακή κρίση καλεί τις γειτονικές κοινωνίες

σε στρατηγικές επιλογές οι οποίες θα κρίνουν την περιβαλλοντική τους τροχιά για τις επόμενες δεκαετίες.

5.3 Προτάσεις για βιώσιμη ανοικοδόμηση: τεχνικός πυλώνας

Οι τεχνικές προτάσεις που ακολουθούν οργανώνονται σε τρεις άξονες: ενεργειακός σχεδιασμός, βιώσιμα υλικά και κτιριακή αναβάθμιση και περιβαλλοντική αποκατάσταση. Σε κάθε άξονα παρουσιάζονται τόσο οι κοινές αρχές που ισχύουν και για τις δύο περιπτώσεις, όσο και οι ειδικές προσαρμογές που επιβάλλονται από τη γεωγραφική και πολιτική ιδιαιτερότητα της κάθε σύγκρουσης.

5.3.1 Ενεργειακός σχεδιασμός

Η κοινή αρχή που προκύπτει από την ανάλυση και των δύο συγκρούσεων είναι η στρατηγική ανωτερότητα της αποκεντρωμένης ενεργειακής δομής έναντι των συγκεντρωτικών μοντέλων. Η συστηματική στοχοποίηση κεντρικών ενεργειακών υποδομών σε αμφότερες τις περιπτώσεις έχει αποδείξει ότι μεγάλα συγκεντρωτικά δίκτυα αποτελούν τρωτά σημεία σε περιόδους σύγκρουσης, ενώ τα αποκεντρωμένα συστήματα, μικροδίκτυα, φωτοβολταϊκά σε στέγες κτιρίων, συστήματα αποθήκευσης σε επίπεδο κοινότητας— προσφέρουν ανθεκτικότητα καθώς η καταστροφή μεμονωμένων μονάδων δεν διακόπτει τη λειτουργία του συνόλου. Η εκμετάλλευση του φωτοβολταϊκού δυναμικού αναδεικνύεται ως πρωταρχική στρατηγική λόγω της χαμηλής πολυπλοκότητας εγκατάστασης, του συνεχώς μειούμενου κόστους (σταθμισμένο κόστος ενέργειας 0,03–0,05 δολάρια/kWh στη Μέση Ανατολή, σύμφωνα με IRENA, 2023) και της ευκολίας κατανομής σε πολλαπλά σημεία.

Στην περίπτωση της Γάζας, η εφαρμογή της αρχής αυτής οδηγεί σε τέσσερις συγκεκριμένες τεχνικές κατευθύνσεις. Η πρώτη αφορά στην ανάπτυξη αυτόνομων

φωτοβολταϊκών συστημάτων με αποθήκευση σε μπαταρίες λιθίου για την τροφοδότηση κρίσιμων φορτίων, νοσοκομεία, μονάδες ύδρευσης και αφαλάτωσης, τηλεπικοινωνιακές εγκαταστάσεις, με εξασφαλισμένη αδιάλειπτη λειτουργία ακόμη και χωρίς κεντρικό δίκτυο. Η δεύτερη αφορά στην ανάπτυξη μικροδικτύων (microgrids) σε επίπεδο γειτονιάς ή δήμου, που συνδυάζουν κεντρικές φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις με έξυπνη διαχείριση φορτίου. Η τρίτη αφορά στη σύζευξη φωτοβολταϊκών με ηλιακή αφαλάτωση μέσω αντίστροφης όσμωσης: δεδομένου ότι η αφαλάτωση απαιτεί 3–5 kWh ανά κυβικό μέτρο παραγόμενου νερού και το υδατικό έλλειμμα της Γάζας αποτελεί εξίσου σημαντική κρίση με την ενεργειακή, η ολοκληρωμένη αυτή προσέγγιση μπορεί να αντιμετωπίσει ταυτόχρονα και τις δύο κρίσεις. Η τέταρτη αφορά στην ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών στο κτιριακό κέλυφος (BIPV) ως λύση ειδικά κατάλληλη για τη μεγάλη πυκνότητα δόμησης: τα φωτοβολταϊκά πλαίσια αντικαθιστούν ή συνοδεύουν συμβατικά δομικά υλικά, κεραμίδια, υαλοπίνακες, εξωτερικά πετάσματα, μεγιστοποιώντας την παραγωγή ενέργειας χωρίς πρόσθετη κατανάλωση χώρου.

Στην περίπτωση της Ουκρανίας, η στρατηγική κατεύθυνση διαφέρει ως προς την κλίμακα αλλά όχι ως προς την αρχή. Εδώ η ανοικοδόμηση πρέπει να αξιοποιήσει την ένταξη στο ευρωπαϊκό ενεργειακό σύστημα, διαδικασία που έχει ήδη προχωρήσει με τον συγχρονισμό του ουκρανικού δικτύου με το ENTSO-E τον Μάρτιο 2022, για να προσελκύσει επενδύσεις σε μεγάλης κλίμακας φωτοβολταϊκά και αιολικά πάρκα, αξιοποιώντας παράλληλα το υπάρχον υδροηλεκτρικό και πυρηνικό δυναμικό.

Ειδικότερα, η δυνατότητα ανάπτυξης υπεράκτιων αιολικών πάρκων στη Μαύρη Θάλασσα μετά την αποκατάσταση των συνθηκών ασφαλείας, η ανάπτυξη πράσινης παραγωγής υδρογόνου από ανανεώσιμες πηγές με προοπτική εξαγωγής στην ΕΕ και η ενεργειακή αναβάθμιση του παλαιού κτιριακού αποθέματος σοβιετικής περιόδου με

υψηλές ενεργειακές απώλειες, αποτελούν πυλώνες της πράσινης ανοικοδόμησης που υιοθετούνται στο NECP 2025–2030. Και στις δύο περιπτώσεις, η τεχνολογική λύση πρέπει να συνοδεύεται από εκπαιδευτικά και καταρτιστικά προγράμματα τεχνικού προσωπικού, δεδομένης της καταστροφής του πανεπιστημιακού δυναμικού στη Γάζα και της μαζικής μετακίνησης πληθυσμού στην Ουκρανία.

5.3.2 Βιώσιμα υλικά και κτιριακή ανασυγκρότηση

Το ζήτημα των βιώσιμων υλικών αναδεικνύεται ως ίσως ο πιο κρίσιμος τεχνικός πυλώνας, καθώς η ανοικοδόμηση αποτελεί τη μεγαλύτερη μεμονωμένη πηγή μελλοντικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε αμφότερες τις περιπτώσεις (62,2 MtCO_{2e} ή 27% του συνολικού κλιματικού αποτυπώματος για την Ουκρανία· περίπου 30 MtCO_{2e} και κυρίαρχη κατηγορία για τη Γάζα). Η πρώτη και πιο άμεση πρόταση αφορά στην ανακύκλωση των αποβλήτων κατεδαφίσεων ως αδρανών για νέο σκυρόδεμα. Το σενάριο ανακύκλωσης 50% των μπαζών της Γάζας, όπως αναφέρεται από τη UNEP, αν και θα απαιτούσε εκτιμώμενα 45 έτη υπό τρέχουσες συνθήκες εξοπλισμού, μπορεί να επιταχυνθεί σημαντικά με επένδυση σε σύγχρονες μονάδες θραύσης, κοσκίνισης και διαχωρισμού. Η αξιοποίηση των ανακυκλωμένων αδρανών μπορεί να μειώσει την ανάγκη εξόρυξης παρθένων πρώτων υλών, να περιορίσει τη μεταφορά υλικών στο περιορισμένο και γεωγραφικά απομονωμένο περιβάλλον της Λωρίδας και να μειώσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά τόνο παραγόμενου σκυροδέματος.

Η δεύτερη πρόταση αφορά στη μείωση της περιεκτικότητας σε κλίνκερ τσιμέντου μέσω της χρήσης συμπληρωματικών τσιμεντοειδών υλικών (Supplementary Cementitious Materials, SCMs). Η ιπτάμενη τέφρα από θερμοηλεκτρικά εργοστάσια, η σκωρία από τη χαλυβουργία και φυσικές ποζολάνες μπορούν να υποκαταστήσουν 25–50% του

τσιμέντου σε νέο σκυρόδεμα, με αντίστοιχη μείωση των ενσωματωμένων εκπομπών (δεδομένου ότι κάθε τόνος τσιμέντου παράγει περίπου 0,9 τόνους CO₂). Στην ουκρανική περίπτωση, η εκτεταμένη βιομηχανική βάση προσφέρει άμεση πρόσβαση σε αυτά τα υλικά, ενώ στην περίπτωση της Γάζας, η χρήση τους θα απαιτούσε ιδιαίτερο σχεδιασμό εισαγωγής και διαχείρισης αλυσίδας εφοδιασμού.

Η τρίτη πρόταση αφορά στον βιοκλιματικό σχεδιασμό. Για τη Γάζα, όπου οι θερινές θερμοκρασίες υπερβαίνουν συχνά τους 35°C και οι ανάγκες ψύξης αποτελούν κυρίαρχη συνιστώσα της ενεργειακής κατανάλωσης, ο βιοκλιματικός σχεδιασμός, κατάλληλος προσανατολισμός, θερμομόνωση κελύφους (μείωση απωλειών και θερμικών κερδών 40–60%), θερμική αδράνεια μέσω μαζικών υλικών, σκίαση, διαμπερής αερισμός που αξιοποιεί τις μεσογειακές αύρες— μπορεί να μειώσει δραστικά τη ζήτηση ψύξης και θέρμανσης. Στην Ουκρανία, όπου κυριαρχεί το ζήτημα της χειμερινής θέρμανσης, ο βιοκλιματικός σχεδιασμός εστιάζει στην αξιοποίηση του χειμερινού ηλίου, τη μαζική θερμομόνωση του κελύφους και τη μετατροπή του παλαιού κτιριακού αποθέματος με τζάμια τριπλής υαλοπίνακας, συστήματα ανάκτησης θερμότητας και αντλίες θερμότητας υψηλής απόδοσης. Η τέταρτη πρόταση αφορά στην ενσωμάτωση στοιχείων πρασίνου, πράσινες στέγες, κάθετοι κήποι, δενδροφυτεύσεις σε δρόμους και πλατείες, που συμβάλλουν στη μείωση της θερμοκρασίας, στη συγκράτηση της υγρασίας, στην απορρόφηση CO₂ και στην αισθητική αναβάθμιση. Η πρακτική αυτή αποκτά ιδιαίτερη σημασία στη Γάζα, όπου η απώλεια του 40–60% της βλάστησης έχει διαταράξει το τοπικό μικροκλίμα και έχει επιδεινώσει τις αστικές θερμικές νησίδες.

5.3.3 Περιβαλλοντική αποκατάσταση

Η περιβαλλοντική αποκατάσταση αποτελεί τον τρίτο τεχνικό πυλώνα, με τέσσερις κύριες συνιστώσες. Η πρώτη αφορά στη διαχείριση των αποβλήτων κατεδαφίσεων και

τη συνακόλουθη αποναρκοθέτηση. Η εκκαθάριση UXO και ναρκών αποτελεί προϋπόθεση για κάθε μεταγενέστερη παρέμβαση· για την Ουκρανία η εκτίμηση ανέρχεται σε 29,8 δισεκατομμύρια δολάρια σε δεκαετή ορίζοντα, ενώ για τη Γάζα η ποσοτικοποίηση είναι ατελής. Σε αμφότερες τις περιπτώσεις, η πρόταση είναι η θεσμοποίηση ενιαίων εθνικών δομών διαχείρισης, αντίστοιχων με το ουκρανικό Center for Humanitarian Demining που εγκαινιάστηκε το 2024, με υποχρεωτική πιστοποίηση φορέων και ανοιχτούς διαγωνισμούς μέσω διαφανών ηλεκτρονικών συστημάτων. Παράλληλα, η ενσωμάτωση της διαχείρισης μπαζών με τη διαχείριση ιατρικών, ηλεκτρονικών και χημικών αποβλήτων σε ενιαία στρατηγική κυκλικής οικονομίας, με διαλογή στην πηγή, ανακύκλωση και ασφαλή διάθεση επικίνδυνων κλασμάτων, επιτρέπει τη μέγιστη αξιοποίηση των πόρων και ελαχιστοποιεί τις περιβαλλοντικές πιέσεις.

Η δεύτερη συνιστώσα αφορά στην εξυγίανση εδαφών. Για περιοχές με επιμόλυνση από βαρέα μέταλλα, υπολείμματα εκρηκτικών (TNT, RDX, HMX) και πετρελαϊκούς υδρογονάνθρακες, η κατάλληλη τεχνική επιλέγεται με βάση τον τύπο ρύπου και την έκταση της ρύπανσης. Σε ευρείες γεωργικές εκτάσεις, η φυτοεξυγίανση (phytoremediation) μέσω υπερσυσσωρευτών όπως τα φυτά των γενών Brassica, Helianthus και Salix μπορεί να αποτελέσει οικονομικά εφικτή λύση, αν και απαιτεί πολλαπλά έτη εφαρμογής. Σε εντοπισμένες «hotspots» ρύπανσης, όπως οι χώροι πρατηρίων καυσίμων και η πλημμυρισμένη περιοχή των ανθρακωρυχείων του Donbas, η κατεύθυνση είναι η εκσκαφή και εξυγίανση εκτός θέσης (ex-situ remediation), με συνδυασμό φυσικών, χημικών και βιολογικών μεθόδων. Σε αμφότερες τις περιπτώσεις, η συστηματική χαρτογράφηση της ρύπανσης αποτελεί απολύτως προτεραιότητα και πρέπει να ξεκινήσει ήδη από τη φάση της πρόσβασης σε κάθε εξυγιαινόμενη περιοχή.

Η τρίτη συνιστώσα αφορά στην αποκατάσταση υδροφορέων και υγροτόπων. Για τον παράκτιο υδροφορέα της Γάζας, η στρατηγική πρέπει να συνδυάσει άμεσα μέτρα, διακοπή εισροής λυμάτων μέσω αποκατάστασης των επτά μονάδων επεξεργασίας, μείωση άντλησης σε βιώσιμα επίπεδα, ενίσχυση της τεχνητής ανατροφοδότησης, με μακροπρόθεσμα μέτρα όπως η αντικατάσταση της χρήσης του υδροφορέα με ηλιακά τροφοδοτούμενη αφαλάτωση και η αποκατάσταση της κρίσιμης περιοχής Wadi Gaza ως λειτουργικού υγροτοπικού οικοσυστήματος. Για την Ουκρανία, η αποκατάσταση του κάτω Dnipro μετά την καταστροφή του Kakhovka αποτελεί ίσως το πιο σύνθετο εγχείρημα: οι επιλογές εκτείνονται από την ανακατασκευή του φράγματος (με περιβαλλοντικά κόστη λόγω επανακατάκλυσης της εκτεθειμένης γης), έως τη στρατηγική απόφαση διατήρησης του νέου οικοσυστήματος του πρώην πυθμένα, με παράλληλη ανάπτυξη εναλλακτικών συστημάτων άρδευσης για τη νότια Ουκρανία και αποκατάσταση του υδρολογικού καθεστώτος των υγροτόπων Ramsar του δέλτα. Η απόφαση αυτή πρέπει να ληφθεί με βάση ολοκληρωμένη υδρολογική, οικολογική, οικονομική και κοινωνική αποτίμηση.

Η τέταρτη συνιστώσα αφορά στην αποκατάσταση δασικών και γεωργικών οικοσυστημάτων. Για την Ουκρανία, η αναδάσωση των καμένων δασικών εκτάσεων με χρήση ιθαγενών ειδών και εφαρμογή αρχών αειφορικής διαχείρισης, σε συνδυασμό με την ενίσχυση των προστατευόμενων περιοχών του δικτύου Emerald και των υγροτόπων Ramsar, αποτελεί προτεραιότητα. Για τη Γάζα, η αντικατάσταση των κατεστραμμένων ελαιώνων, εσπεριδοειδώνων και άλλων οπωροφόρων καλλιεργειών με ποικιλίες ανθεκτικές σε ξηρασία και αλμυρότητα, η εφαρμογή πρακτικών αγροοικολογίας και η υιοθέτηση στάγδην άρδευσης με επαναχρησιμοποιημένα επεξεργασμένα λύματα, αποτελούν κρίσιμες στρατηγικές επιλογές.

5.4 Προτάσεις σε θεσμικό επίπεδο

Οι τεχνικές λύσεις, όσο ώριμες και αν είναι, δεν επαρκούν χωρίς κατάλληλο θεσμικό και κανονιστικό πλαίσιο. Οι ακόλουθες τέσσερις θεσμικές κατευθύνσεις παρουσιάζονται ως πεδία όπου η επιστημονική και πολιτική συζήτηση βρίσκεται σε εξέλιξη και όπου η ουκρανική και εμπειρία της Γάζας μπορούν να συνεισφέρουν στην ωρίμανση των διεθνών πλαισίων.

5.4.1 Ενσωμάτωση των στρατιωτικών εκπομπών στο UNFCCC

Η παραδοσιακή εξαίρεση των στρατιωτικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τις υποχρεωτικές δηλώσεις UNFCCC, κληρονομιά του Πρωτοκόλλου του Κιότο, αποτελεί ίσως το πιο σαφές κενό στο σύγχρονο κλιματικό καθεστώς. Όπως τεκμηριώνεται από τους Bun et al. (2024), de Klerk et al. (2025) και το CEOBS, οι στρατιωτικές δραστηριότητες συνεισφέρουν σε σημαντικό ποσοστό των παγκόσμιων εκπομπών. Η ουκρανική σύγκρουση αναμένεται να προσθέσει αυτόνομα μεγέθη ισοδύναμα με τις ετήσιες εκπομπές μεσαίων ευρωπαϊκών κρατών, ενώ η σύρραξη στη Γάζα προσθέτει επιπλέον 30–50 εκατ. τόνους CO₂e. Η ενσωμάτωση αυτών των εκπομπών στα εθνικά αποθετήρια αποτελεί καταρχάς ζήτημα επιστημονικής διαφάνειας και ακρίβειας, πέραν των πολιτικών του διαστάσεων. Η πρόταση είναι η ανάπτυξη υποχρεωτικών μεθοδολογιών αποτίμησης, στην κατεύθυνση του εγχειριδίου Guidance on the Assessment of Conflict-Related GHG Emissions των de Klerk et al. και η σταδιακή ενσωμάτωσή τους στις υποχρεωτικές δηλώσεις UNFCCC, αρχίζοντας από εθελοντικές δοκιμαστικές εφαρμογές σε ενδιαφερόμενες χώρες.

5.4.2 Ενίσχυση του διεθνούς περιβαλλοντικού δικαίου σε ένοπλες συγκρούσεις

Τα υφιστάμενα εργαλεία διεθνούς περιβαλλοντικού δικαίου σε εμπόλεμες συνθήκες, κυρίως τα άρθρα 35(3) και 55 του Πρώτου Πρόσθετου Πρωτοκόλλου στις Συμβάσεις της Γενεύης που απαγορεύουν μεθόδους πολέμου προκαλούσες «εκτεταμένη, μακροχρόνια και σοβαρή» ζημιά στο περιβάλλον, έχουν αποδειχθεί ανεπαρκή στην πράξη, όπως αποτυπώνεται και στις δύο υπό μελέτη συγκρούσεις. Οι προϋποθέσεις αυτές είναι δύσκολο να θεμελιωθούν νομικά, δεν ορίζονται με επαρκή σαφήνεια και δεν συνοδεύονται από αποτελεσματικούς μηχανισμούς επιβολής. Η πρόταση κατευθύνεται προς δύο κατευθύνσεις. Η πρώτη αφορά στη σύναψη νέας διεθνούς σύμβασης ειδικά για την περιβαλλοντική προστασία σε ένοπλες συγκρούσεις, με σαφή ορισμό των απαγορευμένων πρακτικών (στοχοποίηση υδραυλικών υποδομών, πυρηνικών σταθμών, επεξεργασίας λυμάτων) και υποχρεωτικές διαδικασίες περιβαλλοντικής εκτίμησης σε στρατιωτικές επιχειρήσεις. Η δεύτερη κατεύθυνση αφορά στην ενίσχυση των υφιστάμενων πλαισίων με ειδικά πρωτόκολλα που θα αντιμετωπίζουν τις σύγχρονες μορφές περιβαλλοντικής επιβάρυνσης, συμπεριλαμβανομένων των κλιματικών εκπομπών, της ρύπανσης υδροφορέων και των επιπτώσεων στη βιοποικιλότητα.

5.4.3 Οικοκτονία ως διεθνές έγκλημα

Η συζήτηση για τη θεσμική κατοχύρωση της «οικοκτονίας» (ecocide) ως πέμπτου εγκλήματος στο Καταστατικό της Ρώμης του Διεθνούς Ποινικού Δικαστηρίου, δίπλα στη γενοκτονία, στα εγκλήματα πολέμου, στα εγκλήματα κατά της ανθρωπότητας και στο έγκλημα της επιθετικότητας, έχει λάβει σημαντική ώθηση από τις σύγχρονες εμπειρίες. Η Γαλλία, το Βέλγιο και η Ολλανδία έχουν ταχθεί υπέρ της ενσωμάτωσης,

ενώ η ουκρανική δικαστική εμπειρία, με άνω των 3.300 δικαστικών διαδικασιών για περιβαλλοντικές ζημιές, αποτελεί κρίσιμο δοκιμαστικό πεδίο για τη διατύπωση της νομικής έννοιας. Η παρούσα εργασία δεν τοποθετείται οριστικά υπέρ ή κατά της ενσωμάτωσης, καθώς η εκτίμηση της σκοπιμότητας απαιτεί πιο ενδελεχή νομική ανάλυση. Ωστόσο, αναδεικνύει ότι η ανάγκη για ένα πιο αποτελεσματικό νομικό εργαλείο προστασίας του περιβάλλοντος σε ακραίες περιπτώσεις καταστροφής είναι εμφανής και ότι η διεθνής κοινότητα χρειάζεται να αναπτύξει μηχανισμούς που να συνδυάζουν αποτροπή, λογοδοσία και αποζημίωση σε κλίμακα αντίστοιχη με τη σοβαρότητα των φαινομένων που καταγράφονται στις δύο υπό μελέτη συγκρούσεις.

5.4.4 Χρηματοδοτικοί μηχανισμοί πράσινης ανάκαμψης

Ο τέταρτος θεσμικός άξονας αφορά στους χρηματοδοτικούς μηχανισμούς που απαιτούνται για τη μεταπολεμική ανοικοδόμηση. Η συνολική ανάγκη ανοικοδόμησης υπερβαίνει αθροιστικά τα 577 δισ. δολάρια σε ορίζοντα δεκαετίας για τις δύο περιπτώσεις. Η πρόταση είναι η θεσμοποίηση ειδικών χρηματοδοτικών εργαλείων που προωθούν ρητά τις βιώσιμες λύσεις, κατά το πρότυπο του Ukraine Facility (50 δισ. ευρώ, 2024–2027) της Ευρωπαϊκής Ένωσης, το οποίο συνδέει τη χρηματοδότηση με την υλοποίηση του Εθνικού Σχεδίου για την Ενέργεια και το Κλίμα. Αντίστοιχοι μηχανισμοί για τη Γάζα θα μπορούσαν να δομηθούν γύρω από πολυμερή εμπιστεύματα (multi-donor trust funds) με αυστηρά περιβαλλοντικά κριτήρια, πράσινα ομόλογα με συγκεκριμένους στόχους μείωσης εκπομπών και πιστοποίηση βιωσιμότητας βάσει διεθνώς αναγνωρισμένων προτύπων. Η πιστοποίηση EDGE (Excellence in Design for Greater Efficiencies) του IFC, ειδικά σχεδιασμένη για αναπτυσσόμενες χώρες και θέτοντας ελάχιστα κριτήρια 20% εξοικονόμησης ενέργειας, νερού και ενσωματωμένης ενέργειας σε υλικά, προσφέρει ρεαλιστικό εργαλείο για μαζική εφαρμογή. Παράλληλα,

η ενσωμάτωση αρχών κυκλικής οικονομίας ως προϋπόθεση χρηματοδότησης, με μετρήσιμους στόχους ανακύκλωσης μπαζών, χρήσης SCMs, ενσωμάτωσης ΑΠΕ και εφαρμογής βιοκλιματικού σχεδιασμού, μπορεί να εξασφαλίσει ότι η χρηματοδότηση κατευθύνεται σε πραγματικά βιώσιμες λύσεις και όχι σε φθηνές, βραχυπρόθεσμα εξυπηρετικές εναλλακτικές που αναπαράγουν τις αδυναμίες του παρελθόντος.

5.5 Περιορισμοί της έρευνας και προτάσεις μελλοντικής μελέτης

Η παρούσα εργασία υπόκειται σε μια σειρά περιορισμών που είναι απαραίτητο να αναγνωριστούν. Πρώτον, αμφότερες οι υπό μελέτη συγκρούσεις παραμένουν ενεργές ή σε πρώιμη μετασυγκρουσιακή φάση κατά τη συγγραφή, γεγονός που σημαίνει ότι τα ποσοτικά μεγέθη παρουσιαζόμενα ως οριστικά θα αναθεωρηθούν σημαντικά σε μελλοντικές εκτιμήσεις. Δεύτερον, η πρόσβαση σε επηρεασμένες περιοχές παραμένει περιορισμένη λόγω στρατιωτικών, πολιτικών και ασφαλιστικών παραγόντων, με αποτέλεσμα σημαντικές κατηγορίες επιπτώσεων να αποτιμώνται μέσω τηλεπισκόπησης ή έμμεσης ανάλυσης αντί για επιτόπια μέτρηση. Τρίτον, η peer-reviewed βιβλιογραφία για τη σύγκρουση στη Γάζα παραμένει περιορισμένη λόγω της σύντομης χρονικής διάρκειας, σε αντίθεση με την ουκρανική όπου το πεδίο έχει αναπτυχθεί σημαντικά. Οι προτεινόμενες κατευθύνσεις μελλοντικής έρευνας περιλαμβάνουν: την ανάπτυξη ενιαίας μεθοδολογίας περιβαλλοντικής αποτίμησης ένοπλων συγκρούσεων με κοινούς δείκτες, τη συστηματική επιτόπια μέτρηση ρύπανσης εδαφών, υδροφορέων και αέρα μόλις η πρόσβαση καταστεί εφικτή· την πιο ακριβή ποσοτικοποίηση των κλιματικών εκπομπών με βελτιωμένη μεθοδολογία· τη μακροπρόθεσμη παρακολούθηση της επιδημιολογικής διάστασης (καρκινογενέσεις σχετιζόμενες με αμιάντο, βαρέα μέταλλα, υπολείμματα εκρηκτικών)· την ολιστική αποτίμηση των κοινωνικών και οικονομικών διαστάσεων της περιβαλλοντικής υποβάθμισης στο πλαίσιο του πολυδιάστατου δείκτη

φτώχειας· και την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των εφαρμοζόμενων λύσεων πράσινης ανοικοδόμησης ως βάση για μεταφορά στην εμπειρία σε μελλοντικές μετασυγκρουσιακές φάσεις.

5.6 Επίλογος

Οι συγκρούσεις σε Ουκρανία και Γάζα δεν αποτελούν απλώς δύο ακόμη γεωπολιτικές κρίσεις του 21ου αιώνα· αποτελούν φαινόμενα που αποκαλύπτουν τη βαθιά διασύνδεση μεταξύ πολέμου, περιβάλλοντος και κλιματικής κρίσης και καθιστούν αναπόφευκτη την αναθεώρηση του τρόπου με τον οποίο η διεθνής κοινότητα αντιλαμβάνεται και αντιμετωπίζει αυτές τις κρίσεις. Η παραδοσιακή διχοτόμηση μεταξύ «ανθρωπιστικής κρίσης» και «περιβαλλοντικής κρίσης» δεν είναι πλέον λειτουργική: η υποβάθμιση του παράκτιου υδροφορέα της Γάζας μεταφράζεται άμεσα σε επανεμφάνιση της πολιομυελίτιδας μετά από 25 χρόνια απουσίας· η κατάρρευση του ενεργειακού συστήματος συνδέεται άμεσα με την εξάπλωση λοιμωδών νοσημάτων· η καταστροφή του φράγματος Kakhonka απειλεί ταυτόχρονα την άρδευση εκατομμυρίων στρεμμάτων γης, τη λειτουργία πυρηνικού σταθμού και τη βιοποικιλότητα παραδουναβικών υγροτόπων.

Σε ένα παγκόσμιο περιβάλλον κλιματικής αλλαγής και αυξανόμενων πιέσεων σε φυσικούς πόρους, τέτοιες συγκρούσεις είναι δύσκολο να αντιμετωπιστούν αποκλειστικά ως ζητήματα διακρατικής διπλωματίας. Απαιτούν ολιστική προσέγγιση που συνδυάζει την περιβαλλοντική επιστήμη, το διεθνές δίκαιο, την οικονομική επιστήμη και τη μελέτη συγκρούσεων σε ένα κοινό πλαίσιο αναφοράς. Η μετασυγκρουσιακή ανοικοδόμηση, πέραν της υποχρέωσης αποκατάστασης προς τους άμεσα πληγέντες πληθυσμούς, αποτελεί μοναδική ευκαιρία συστηματικής μετάβασης προς ένα πιο βιώσιμο, πιο ανθεκτικό και πιο ενεργειακά αυτόνομο μέλλον. Εάν η

ανοικοδόμηση της Ουκρανίας και της Γάζας σχεδιαστεί και υλοποιηθεί με γνώμονα τις αρχές της πράσινης ανάκαμψης, της κυκλικής οικονομίας και της κλιματικής προσαρμογής, τότε οι ίδιες αυτές συγκρούσεις, παρά τη δραματική τους ανθρώπινη και περιβαλλοντική επιβάρυνση, μπορούν να λειτουργήσουν ως πεδία ανάπτυξης ενός νέου μοντέλου μετασυγκρουσιακής αποκατάστασης που θα καθοδηγήσει τον τρόπο αντιμετώπισης μελλοντικών κρίσεων σε παγκόσμιο επίπεδο. Αυτή είναι η ουσιαστική κληρονομιά που μπορεί να προκύψει από την τραγωδία των δύο αυτών πολέμων και η ευθύνη για την υλοποίησή της ανήκει στο σύνολο της διεθνούς επιστημονικής, πολιτικής και θεσμικής κοινότητας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Οι εγγραφές παρατίθενται αλφαβητικά. Όπου είναι σχετικό, διατηρείται η διάκριση μεταξύ peer-reviewed επιστημονικών άρθρων, θεσμικών εκθέσεων και επίσημων εγγράφων και συμπληρωματικών πηγών.

Peer-reviewed επιστημονικά άρθρα

Artemenko, O., Puhach, S., Kaidyk, O., Terletskyi, T., & Zdolbitska, N. (2025). Analysis of wildfires using GIS technologies (case study of Volyn region, Ukraine). CEUR Workshop Proceedings, AIT&AIS'2025.

Bun, R., Marland, G., Oda, T., See, L., Puliafito, E., Nahorski, Z., Jonas, M., Kovalyshyn, V., Ialongo, I., Yashchun, O., & Romanchuk, Z. (2024). Tracking unaccounted greenhouse gas emissions due to the war in Ukraine since 2022. Science of the Total Environment, 914, 169879.

de Klerk, L., Shlapak, M., Zibtsev, S., Myroniuk, V., Soshenskyi, O., Vasylyshyn, R., Krakovska, S., & Kryshchuk, L. (2025). Climate Damage Caused by Russia's War in Ukraine: 24 February 2022 – 23 February 2025. Preliminary assessment by the Initiative on GHG Accounting of War.

Leal Filho, W., Eustachio, J. H. P. P., Fedoruk, M., & Lisovska, T. (2024). War in Ukraine: an overview of environmental impacts and consequences for human health. Frontiers in Sustainable Resource Management, 3, 1423444.

<https://doi.org/10.3389/fsrma.2024.1423444>

Pereira, P., Bašić, F., Bogunovic, I., & Barceló, D. (2022). Russian - Ukrainian war impacts the total environment. Science of the Total Environment, 837, 155865.

- Pereira, P., Zhao, W., Symochko, L., Inacio, M., Bogunovic, I., & Barceló, D. (2022). The Russian - Ukrainian armed conflict will push back the sustainable development goals. *Geography and Sustainability*, 3(3), 277–287.
<https://doi.org/10.1016/j.geosus.2022.09.003>
- Petrushka, K., Malovanyy, M., Skrzypczak, D., Chojnacka, K., & Warchoń, J. (2024). Risks of soil pollution with toxic elements during military actions in Lviv. *Journal of Ecological Engineering*. <https://doi.org/10.12911/22998993/175136>
- Shumilova, O., Tockner, K., Sukhodolov, A., Khilchevskyi, V., De Meester, L., Stepanenko, S., et al. (2023). Impact of the Russia-Ukraine armed conflict on water resources and water infrastructure. *Nature Sustainability*, 6, 578–586.
<https://doi.org/10.1038/s41893-023-01068-x>
- Vasylyshyn, R., Bun, R., Myroniuk, V., de Klerk, L., Soshenskyi, O., Zibtsev, S., See, L., Shlapak, M., Blyshchuk, V., Kryshchuk, L., Romanchuk, Z., Yashchun, O., Kalchuk, E., & Rymarenko, Y. (2025). Landscape fires and decreasing carbon sequestration capacity: Quantifying greenhouse gas emissions due to the Russo–Ukrainian war. *Ecological Indicators*, 181, 114453. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2025.114453>
- Waśniewski, A., Rynkiewicz, A., Hościło, A., Havryliuk, S., & Chaskovskyy, O. (2026). Impact of the war on forest ecosystem in Ukraine based on Sentinel-2 data. *Scientific Reports*, 16, 5190.
- Xue, S., Huang, S., Fang, P., Liang, Y., Li, Y., Wang, L., & Wang, J. (2026). Negative impacts of Russian-Ukrainian war on forests are overshadowed by climate-driven vegetation greening. *Ecological Indicators*, 183, 114607.
- Zalakeviciute, R., Mejia, D., Alvarez, H., Bermeo, X., Bonilla-Bedoya, S., Rybarczyk, Y., et al. (2022). War impact on air quality in Ukraine. *Sustainability*, 14, 13832.
<https://doi.org/10.3390/su142113832>

Θεσμικές εκθέσεις και επίσημα έγγραφα

IAEA (International Atomic Energy Agency). (2006). Environmental Consequences of the Chernobyl Accident and their Remediation: Twenty Years of Experience. Report of the Chernobyl Forum Expert Group 'Environment'. Radiological Assessment Reports Series, STI/PUB/1239. Vienna: International Atomic Energy Agency.

IAEA (International Atomic Energy Agency). (2022). Nuclear Safety, Security and Safeguards in Ukraine — Issues, Response and Current Status. Initial Report, September 2022. Vienna: IAEA.

IAEA (International Atomic Energy Agency). (2025). Annual Report for 2024 [GC(69)/3]. Vienna: International Atomic Energy Agency, July 2025.

IAEA (International Atomic Energy Agency). (2026). Nuclear Safety, Security and Safeguards in Ukraine: Implications of Unstable Energy Infrastructure Critical to Safety and Security of Nuclear Power Plants in Ukraine [Resolution GOV/2026/25, adopted 5 March 2026]. Board of Governors, International Atomic Energy Agency, Vienna.

Ministry of Economy of Ukraine. (2024). National Energy and Climate Plan of Ukraine 2025–2030. Kyiv: Ministry of Economy of Ukraine / DiXi Group / Institute of Economics and Forecasting of the National Academy of Sciences of Ukraine, adopted June 2024.

OCHA (UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs). (2024). Humanitarian Situation Report – Occupied Palestinian Territory. New York: UN OCHA.

OHCHR (UN Office of the High Commissioner for Human Rights). (2024). Ukraine: Protection of Civilians in Armed Conflict: December 2024 Update. Geneva: OHCHR.

PCBS (Palestinian Central Bureau of Statistics). (2024). Preliminary Estimates of Quarterly National Accounts, Second Quarter 2024. Ramallah: PCBS.

UNDP & ESCWA (United Nations Development Programme & Economic and Social Commission for Western Asia). (2024). Gaza War: Expected Socio-Economic Impacts on the State of Palestine. October 2024.

UNEP (United Nations Environment Programme). (2009). Environmental Assessment of the Gaza Strip Following the Escalation of Hostilities in December 2008 – January 2009. Nairobi: UNEP.

UNEP (United Nations Environment Programme). (2020). State of Environment and Outlook Report for the Occupied Palestinian Territory. Nairobi: UNEP.

UNEP (United Nations Environment Programme). (2022). The Environmental Impact of the Conflict in Ukraine: A Preliminary Review. Nairobi: United Nations Environment Programme.

UNEP (United Nations Environment Programme). (2024). Environmental Impact of the Conflict in Gaza: Preliminary Assessment of Environmental Impacts. Nairobi: United Nations Environment Programme.

UNICEF (United Nations Children's Fund). (2022). 14 million people without running water across war-affected eastern Ukraine. New York: UNICEF.

UNICEF (United Nations Children's Fund). (2024). Nutrition Cluster Achievements, January–December 2024. New York: UNICEF.

UNOSAT. (2022). Ukraine — Area of Interest in Livoberezhnyi and Zhovtnevyi Districts, Mariupol City: Damage Assessment Overview Map. UNITAR-UNOSAT, 15 June 2022.

WHO (World Health Organization). (2014). Chrysotile Asbestos: Summary of the Scientific Consensus. Geneva: WHO.

WHO (World Health Organization). (2016). Dioxins and their effects on human health. Fact Sheet. Geneva: WHO.

WHO (World Health Organization). (2024). Surveillance System for Attacks on Health Care (SSA), Occupied Palestinian Territory Emergency Situation Reports. Geneva: WHO.

World Bank, Government of Ukraine, European Union, & United Nations. (2025). Ukraine — Fourth Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA4): February 2022 – December 2024. Washington, DC: World Bank, April 2025.

World Bank, European Union, & United Nations. (2025). Gaza and West Bank Interim Rapid Damage and Needs Assessment (IRDNA). Washington, DC: World Bank, February 2025.

Συμπληρωματικές πηγές

CEOBS (Conflict and Environment Observatory). (2023). Toxic Remnants of War: Soil Contamination in Conflict Zones. Mytchett, UK: CEOBS. <https://ceobs.org/>

CEOBS (Conflict and Environment Observatory). (2024). Various reports on the environmental dimensions of the war in Ukraine. Mytchett, UK: CEOBS. <https://ceobs.org/>

European Wilderness Society. (2023). How the War has Affected Ukrainian Protected Areas. <https://wilderness-society.org/>

FAO (Food and Agriculture Organization). (2024). Remote Sensing Analysis of Agricultural Land and Vegetation in the Gaza Strip (NDVI Analysis). Rome: FAO.

Global Solar Atlas. (2024). Solar Resource Data for the Gaza Strip. World Bank Group / Solargis. <https://globalsolaratlas.info/>

IEA (International Energy Agency). (2023). World Energy Outlook 2023. Paris: IEA.

IRENA (International Renewable Energy Agency). (2023). Renewable Power Generation Costs in 2022. Abu Dhabi: IRENA.

MEDRC (Middle East Desalination Research Center). (2022). Solar Powered Desalination: Applications in Water-Scarce Regions. Muscat: MEDRC.

PAX for Peace. (2024). Environmental Damage in the Gaza Strip: Monitoring Reports. Utrecht: PAX.

RAMSAR Convention. (2022). Ukraine Country Profile. Convention on Wetlands. <https://www.ramsar.org/wetland/ukraine>

State Forest Enterprise of Ukraine. (2024). Forest Industry of Ukraine: Annual Report 2024. Kyiv.

Tony Blair Institute for Global Change. (2024). From Economic Recovery to Global Food Security: The Urgent Need to Demine Ukraine. London: Tony Blair Institute, 10 September 2024.

Wetlands International Europe. (2022). Wetlands and the War in Ukraine — Hope Amid Catastrophe. Ede: Wetlands International Europe.