

Α.Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ
ΕΔΑΦΩΝ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΠΥΡΚΑΓΙΑ**



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:

ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΜΠΙΦΣΑΣ

ΑΛΕΞΙΟΣ ΣΙΑΧΟΣ

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:

ΜΑΡΙΑ Π.ΘΕΟΔΩΡΟΠΟΥΛΟΥ

ΠΑΤΡΑ 2008

Περιεχόμενα

Σελίδα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Αποτελέσματα της πυρκαγιάς στο έδαφος.....	1
Εισαγωγή.....	2
Φυσικά εδαφολογικά χαρακτηριστικά.....	2
Εδαφολογική Σύσταση και Ορυκτολογία	3
Εδαφολογική δομή.....	5
Φαινόμενο ειδικό βάρος και πορώδες.....	8
Φυσικές διαδικασίες.....	10
Μεταφορά θερμότητας στα χώματα.	11
Επίδραση της Απωθητικότητας του νερού στη διάβρωση του εδάφους μετά από πυρκαγιά.....	13
Διάβρωση Εδάφους.....	17
Διοικητικές επιπτώσεις.....	20
Περίληψη.....	22
Εδαφολογική χημεία:Εισαγωγή.....	23
Εδαφολογικά χημικά χαρακτηριστικά	24
Οργανική ουσία και άνθρακας.....	27
Θέση της οργανικής ουσίας στα διαφορετικά οικοσυστήματα.....	28
Η δυναμική της συσσώρευσης οργανικής ουσίας	30
Χονδροειδή ξύλινα συντρίμια.....	32
Αποτελέσματα πυρκαγιάς	33
Ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων.....	41
Κατιόντα.....	46
pH εδάφους και Ρυθμιστική ικανότητα	48
Άζωτο.....	49
Αντιδράσεις στην εδαφολογική θέρμανση	50

Απώλειες αζώτου και παραγωγικότητα οικοσυστήματος	52
Φώσφορος.....	53
Επίδραση στρωμάτων τέφρας.....	55
Διοικητικές επιπτώσεις	58
Περίληψη	61

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Αποτελέσματα της πυρκαγιάς στις υδραυλικές ιδιότητες

του εδάφους	63
Εισαγωγή	64
Το υπόγειο νερό.....	64
Φυσικοχημικές παράμετροι των νερών.....	65
Θερμοκρασία.....	66
Ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC).....	66
Ενεργός οξύτητα (pH).....	67
Δυναμικό Οξειδοαναγωγής (Redox potential).....	68
Διαλυμένο Οξυγόνο.....	69
Αλκαλικότητα (Alkalinity).....	70
Σκληρότητα (Hardness).....	70
Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD)- Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD).....	71
Υδραυλικά χαρακτηριστικά των υδροφορέων.....	72
Κίνηση του υπόγειου νερού.....	76
Άλλα χαρακτηριστικά του νερού.....	80
Αλληλεπίδραση νερού και περιβάλλοντος.....	82
Υδρολογικός κύκλος (hydrologic cycle).....	86
Παρεμπόδιση.....	90
Διήθηση.....	93
Εξατμισοδιαπνοή.....	98

Αποθήκευση εδαφολογικού ύδατος.....	101
Χερσαία ροή.....	103
Διαβάσεις και διαδικασίες.....	105
Συνθήκη υδροκρίτη.....	107
Απαλλαγή Streamflow.....	108
Ποιότητα νερού.....	110

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Αποτελέσματα πυρκαγιάς με χρήση προτύπων εδαφολογικής διάβρωσης..... 113

Εισαγωγή.....	114
Πρώτο πρότυπο μοντέλο αποτελεσμάτων πυρκαγιάς.....	115
Περιγραφή, επισκόπηση, και χαρακτηριστικά γνωρίσματα.....	116
Εφαρμογές, πιθανές χρήσεις, ικανότητες, και στόχοι.....	117
Πεδίο και αρχικές γεωγραφικές εφαρμογές.....	117
Μεταβλητές εισαγωγής και απαιτήσεις στοιχείων	118
Παραγωγή, προϊόντα, και απόδοση.....	118
Πλεονεκτήματα, οφέλη, και μειονεκτήματα.....	118
Πρότυπα για τη θερμότητα και την υγρασία - Μεταφορά στα χώματα.....	119
Πρότυπα διάβρωσης.....	121
Πρότυπη επιλογή.....	129
Περίληψη προτύπων.....	129

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Επιρροή στις υδραυλικές ιδιότητες ενός μεσογειακού χώματος, που καίγεται με διαφορετικές εντάσεις πυρκαγιάς..... 131

Πειραματική επεξεργασία εδάφους μετά από πυρκαγιά.....	132
Πλοκές διάβρωσης.....	134
Επεξεργασίες πυρκαγιάς.....	135

Αποκατάσταση βλάστησης μετά από πυρκαγιά.....	142
Μεταβλητές βροχοπτώσεων που επηρεάζουν τις απαντήσεις διάβρωσης ύδατος.....	147
Εδαφολογικές μετρήσεις και ανάλυση.....	149
Χαρακτηριστικά βροχοπτώσεων.....	150
Υδρολογικές συμπεριφορές εδαφών.....	153
Ικανότητα διατήρησης νερού.....	155
Καμπύλες pF.....	157
Συμπεράσματα.....	160
Βιβλιογραφία.....	164
Παράρτημα.....	171

Κεφάλαιο 1

Αποτελέσματα της πυρκαγιάς στο έδαφος

**Ο εδαφολογικός πόρος:
Η σημασία, τα
χαρακτηριστικά και οι
γενικές αντιδράσεις του
στην πυρκαγιά**

Εισαγωγή

Οι εδαφολογικές σωματικές ιδιότητες είναι εκείνες οι χαρακτηριστικές, διαδικασίες ή αντιδράσεις ενός χώματος, που προκαλούνται από τις φυσικές δυνάμεις που εκφράζονται μέσα από τους φυσικούς όρους ή τις εξισώσεις. Αυτές οι σωματικές ιδιότητες (συμπεριλαμβανομένων των διαδικασιών) επηρεάζουν το ορυκτό συστατικό του χώματος και την αλληλεπίδραση με τα άλλα δύο συστατικά (χημικός και βιολογικός). Τα φυτά εξαρτώνται από τα φυσικά χαρακτηριστικά των χωμάτων, για να παρέχουν το μέσο για την αύξηση και την αναπαραγωγή. Η πυρκαγιά μπορεί να παραγάγει τις σημαντικές αλλαγές στο χώμα, που έχουν επιπτώσεις βαθιά στην οικολογία των φυτών (Whelan 1995). Η επίδραση της πυρκαγιάς στις μεμονωμένες εδαφολογικές σωματικές ιδιότητες εξαρτάται από την έμφυτη σταθερότητα του εδάφους και των θερμοκρασιών, στις οποίες ένα χώμα θερμαίνεται κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς. Οι φυσικοί μηχανισμοί αρμόδιοι για τη μεταφορά θερμότητας στα χώματα συζητούνται επίσης σε αυτό το κεφάλαιο μαζί με τις θερμοκρασίες που αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια των διαφορετικών εντάσεων του καψίματος σε διάφορα οικοσυστήματα ακαλλιέργητης περιοχής. Οι σχέσεις μεταξύ των εδαφολογικών σωματικών ιδιοτήτων, που επηρεάζονται από την πυρκαγιά και των διαβρωτικών διαδικασιών αναφέρονται επίσης.

Φυσικά εδαφολογικά χαρακτηριστικά

Τα σημαντικά φυσικά χαρακτηριστικά στο χώμα που επηρεάζονται από τη θέρμανσή του περιλαμβάνουν: σύσταση, περιεκτικότητα σε

άργιλο, εδαφολογική δομή, φαινόμενο ειδικό βάρος και πορώδες (ποσό και μέγεθος). Οι θερμοκρασίες κατώτατων ορίων για αυτά τα εδαφολογικά φυσικά χαρακτηριστικά δίνονται στον πίνακα Α.1.Φυσικές ιδιότητες, όπως η διαβρεκτικότητα και η δομή επηρεάζονται στις σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες, ενώ η περιεκτικότητα σε άμμο χαλαζία, που συμβάλλει στη σύσταση, επηρεάζεται ελάχιστα και μόνο στις πιο ακραίες εδαφολογικές θερμοκρασίες.

Εδαφολογική Σύσταση και Ορυκτολογία

Η εδαφολογική σύσταση είναι βασισμένη στο σχετικό ποσοστό των διαφορετικώς ταξινομημένων ανόργανων συστατικών, που βρίσκονται στις 0,08 ίντσες (περίπου 2 χιλ.) του ορυκτού μέρους του ορυκτού χώματος. Αρκετές κατηγορίες εδαφικής σύστασης έχουν διευκρινιστεί σύμφωνα με τα σχετικά ποσοστά της άμμου (0,05 έως 2 χιλ. στη διάμετρο), του βούρκου (0,002 έως 0,05 χιλ. στη διάμετρο) και των μορίων αργίλου (λιγότερο από 0,002 χιλ. στη διάμετρο) στο χώμα. Τα διάφορα ποσοστά της άμμου, του βούρκου και των μερών αργίλου χρησιμοποιούνται ως βάση για την αναγνώριση 12 κατηγοριών σύστασης (παραδείγματος χάριν, άμμος, αμμώδες παχύ στρώμα, παχύ στρώμα αργίλου, παχύ στρώμα βούρκου). Οι άργιλοι είναι μεταλλεύματα πυριτικών αλάτων μικρών διαμέτρων, που έχουν σύνθετες μοριακές δομές οι οποίες συμβάλλουν στις φυσικές και χημικές ιδιότητες ενός χώματος.

Τα συστατικά της εδαφολογικής σύστασης (άμμος, βούρκος και άργιλος) έχουν τα κατώτατα όρια υψηλής θερμοκρασίας και δεν επηρεάζονται συνήθως από την πυρκαγιά, εκτός αν υποβληθούν στις υψηλές θερμοκρασίες στην ορυκτή εδαφολογική επιφάνεια (Α-

ορίζοντας). Το πιο ευαίσθητο μέρος της σύστασης είναι ο άργιλος, ο οποίος αρχίζει να αλλάζει στις εδαφολογικές θερμοκρασίες περίπου 752 ° F (400°C) όταν η υδάτωση αργίλου και η δικτυωτή δομή αργίλου αρχίζουν να καταρρέουν. Στις θερμοκρασίες 1.292 έως 1.472 ° F (700 έως 800 °C), η πλήρης καταστροφή της εσωτερικής δομής αργίλου μπορεί να εμφανιστεί. Εντούτοις, η άμμος και ο βούρκος είναι πρώτιστα μόρια χαλαζία, που έχουν σημείο τήξης στους 2.577 ° F (1.414 °C). Μόνο κάτω από συνθήκες ακραίας θέρμανσης τα υλικά χαλαζία στην εδαφολογική επιφάνεια γίνεται να λιώσουν. Όταν η τήξη εμφανίζεται, η εδαφολογική σύσταση γίνεται πιο χονδροειδής και διαβρώδης. Κατά συνέπεια, οι θερμοκρασίες είναι σπάνια αρκετά υψηλές, ώστε να αλλοιώσουν τους αργίλους πέρα από τα εκατοστόμετρα ζευγών, κάτω από την ορυκτή εδαφολογική επιφάνεια. Η επίδραση της εδαφολογικής θέρμανσης στη σταθερότητα των αργίλων μετριάζεται περαιτέρω από τη συγκέντρωση των αργίλων κατά τη διάρκεια της εδαφολογικής ανάπτυξης στους Β-ορίζοντες. Αυτοί οι ορίζοντες είναι συνήθως μακριά, μετακινούμενοι από τη θέρμανση στην εδαφολογική επιφάνεια και σπάνια αυξάνονται επάνω από τις περιβαλλοντικές θερμοκρασίες επιφάνειας, εκτός αν θερμανθούν από τις ρίζες που σιγοκαίνε. Η επίδραση της εδαφολογικής θέρμανσης στα εδαφολογικά μεταλλεύματα εκτός από τους αργίλους έχει μελετηθεί σε μια περιορισμένη έκταση. Παραδείγματος χάριν, μια μελέτη για την επίδραση του καψίματος των κούτσουρων και των σωρών κάθετων στο χώμα έδειξε ότι οι ουσιαστικές αλλαγές μπορούν να εμφανιστούν στην ορυκτολογία του ελλοχεύοντος χώματος, κατά τη διάρκεια της υψηλής θέρμανσης, καίγοντας δασώδεις περιοχές με ιουνίπερο και βελανιδιά. Αν και οι αλλαγές στα μεταλλεύματα εμφανίστηκαν στις στάσεις ιουνιπέρων, δεν εμφανίστηκαν στα χώματα κάτω από τη βελανιδιά.

Πίνακας Α.1

Κατώτατα όρια θερμοκρασιών για διάφορα φυσικά χαρακτηριστικά του χώματος.

Εδαφολογικό χαρακτηριστικό	Θερμοκρασία κατώτατων ορίων	
	° F	° C
Διαβρεκτικότητα	482	250
Εδαφολογική δομή	572	300
Ασβεστικός σχηματισμός	572-932	300-500
Άργιλος	860-1,796	460-980
Άμμος χαλαζία	2,577	1,414

Εδαφολογική δομή

Η εδαφολογική δομή έχει αναγνωριστεί από καιρό ως ένα σημαντικό εδαφολογικό χαρακτηριστικό το οποίο μπορεί να ενισχύσει τις σχέσεις παραγωγικότητας και ύδατος και στα γεωργικά και στα χώματα ακαλλιέργητης περιοχής. Η βελτίωση της εδαφολογικής δομής διευκολύνει τη διήθηση και τη διείσδυση του ύδατος μέσω της εδαφοτομής, μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο την απορροή επιφάνειας και τη διάβρωση. Η αλληλεπίδραση της οργανικής ουσίας με τα ορυκτά εδαφολογικά μόρια που δημιουργούν την εδαφολογική δομή, αυξάνει επίσης τις ικανότητες προσρόφησης κατιόντων ενός χώματος και την απορροφητική ικανότητα θρέψης του χώματος.

Η εδαφολογική δομή είναι Είναι ένα φυσικό συσσωμάτωμα κόκκων που διαχωρίζεται με μηχανικό τρόπο. Οι κύριοι εδαφικοί ορίζοντες συμβολίζονται διεθνώς με O- A-B-C (Σχήμα Α.1).

Ο ορίζοντας **O** είναι το ανώτατο στρώμα εδάφους που περιλαμβάνει φυτά, οργανικά υπολείμματα, πεσμένα φύλλα δέντρων και μερικώς

αποσυντιθέμενη οργανική ύλη.

Ο ορίζοντας **A** είναι ο ανώτερος ορίζοντας πλούσιος σε οργανικές ουσίες που του προσδίδουν σκουρόχρωμη όψη. Τα αργιλικά υλικά του ορίζοντα αυτού, καθώς και άλλα ευκίνητα υλικά αποπλένονται και μεταφέρονται στους βαθύτερους ορίζοντες.

Ο ορίζοντας **B** είναι ο ενδιάμεσος ορίζοντας στον οποίο συγκεντρώνονται διάφορες χημικές ουσίες που προέρχονται από την απόπλυση του ορίζοντα A (οξειδία του σιδήρου, αργιλικά ορυκτά κ.ά.).

Ο ορίζοντας **C** είναι ο κατώτερος εδαφικός ορίζοντας, που αποτελείται από μητρικό υλικό, μερικά αποσαθρωμένο. Ο ορίζοντας αυτός μπορεί να είναι οξειδωμένος (Cox) ή να περιέχει CaCO₃ (Cca). Κάτω από τον ορίζοντα C υπάρχει το μητρικό πέτρωμα.

Η οργανική ύλη αποτελείται από τμήματα φυτών (φύλλα, κλαδιά, κορμούς), οργανικά λείψανα και άμορφα υπολείμματα, γνωστά ως *humus*. Η ανάπτυξη του humus συνοδεύεται από έκλυση διοξειδίου του άνθρακα, το οποίο προκαλεί μείωση του pH και δημιουργία όξινου περιβάλλοντος. Επιπλέον η παρουσία του αυξάνει την προσρόφηση νερού, καθώς και τις διεργασίες ιοντοανταλλαγής.

Το χρώμα του εδάφους καθορίζει τις συνθήκες αποστράγγισης. Φτωχά σε αποστράγγιση εδάφη έχουν χρώμα κίτρινο, ενώ αντίθετα τα καλά αποστραγγισμένα αερίζονται καλά και έχουν χρώμα κόκκινο, λόγω οξείδωσης του σιδήρου.

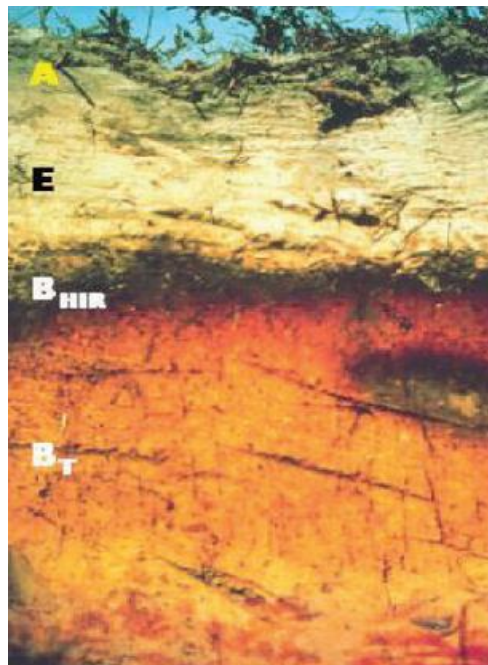
Η ταξινόμηση των εδαφών με βάση τη διάμετρο των κόκκων, σύμφωνα με το Ενοποιημένο Σύστημα Ταξινόμησης είναι:

- Ογκόλιθοι ή και λίθοι (>300 mm)
- Κροκάλες (75-300 mm)
- Χάλικες (4,5-75 mm)
- Άμμος (0,075-4,75 mm)
- Ιλύς (0,002-0,075 mm)

- Άργιλος (<0,002 mm)

Το φυτόχωμα είναι ένα σημαντικό συστατικό της εδαφολογικής δομής, επειδή ενεργεί ως κόλλα που βοηθά να κρατήσει τα ορυκτά εδαφολογικά μόρια ώστε να διαμορφώσει μαζί τα σύνολα και να συμβάλλει έτσι στην εδαφολογική δομή, ιδιαίτερα στο ανώτερο μέρος του ορυκτού χώματος που είναι γνωστό σαν ορίζοντας O (βλ. το σχήμα A 1).

Σχηματική αναπαράσταση εδαφοτομής



Σχήμα A1 - Σχηματική αναπαράσταση μιας καλά ανεπτυγμένης (ώριμης) εδαφοτομής, που παρουσιάζει πλήρη ακολουθία των οργανικών και ανόργανων εδαφολογικών οριζόντων.

Η εδαφολογική δομή, που δημιουργείται ως αποτέλεσμα της οργανικής ουσίας στο χώμα, μπορεί εύκολα να επηρεαστεί από την πυρκαγιά για δύο λόγους. Κατ' αρχάς, η οργανική ουσία σε μια εδαφοτομή συγκεντρώνεται ή πλησιάζει, την εδαφολογική επιφάνεια όπου εκτίθεται άμεσα στη θέρμανση από την ακτινοβολία, η οποία παράγεται κατά τη διάρκεια της καύσης των υπέργειων καυσίμων. Δεύτερον, η αξία κατώτατων ορίων για τις αμετάκλητες αλλαγές σε

οργανική ουσία είναι χαμηλή. Οι οργανισμοί διαβίωσης μπορούν να σκοτωθούν από θερμοκρασίες τόσο χαμηλές, όπως 122 έως 140 ° F (50 έως 60 °C). Η ανόργανη ουσία αρχίζει τις αλλαγές στους 224 ° F (200 °C) και χάνεται εντελώς στις θερμοκρασίες 752 ° F (400 °C). Η απώλεια εδαφολογικής δομής μειώνει και το ποσό και το μέγεθος του διαστήματος εδαφολογικών πόρων, όπως περιγράφεται παρακάτω.

Η εδαφολογική δομή μπορεί επίσης να αλλάξει και από φυσικές διαδικασίες εκτός από την πυρκαγιά, όπως από την παραμόρφωση και τη συμπίεση με το πάγωμα και το ξεπαγώμα, καθώς επίσης και με το βρέξιμο και την ξήρανση. Η αφθονία κατιόντων στα αλατούχα και αλκαλικά χώματα μπορεί να παρέχει μια συνολική επίδραση, που οδηγεί σε μια ισχυρή πρισματική δομή. Οι υδροφοβικές ουσίες, που συζητούνται αργότερα σε αυτό το κεφάλαιο τείνουν επίσης να βελτιώσουν τη σταθερότητα των εδαφολογικών συνόλων με την αύξηση της αντίστασής τους στην αποσύνθεση (κατάσβεση), όταν βρέχονται.

Φαινόμενο ειδικό βάρος και πορώδες

Το φαινόμενο ειδικό βάρος είναι η μάζα του ξηρού χώματος ανά μαζικό όγκο μονάδων (που εκφράζεται σε g/cm^3) και συσχετίζεται με το πορώδες (n), το οποίο είναι ο όγκος των πόρων σε ένα εδαφολογικό δείγμα (V_k , μη συμπεραμβαλομένου του υγρού όγκου) που διαιρείται με το μαζικό όγκο του δείγματος ($V_{ολ}$), δηλ :


$$n = V_k / V_{ολ}$$

Το διάστημα πόρων στα χώματα ελέγχει τα ποσοστά ύδατος (εδαφολογική λύση) και μετακίνησης αέρα μέσω του χώματος. Τα καλά-αθροισμένα χώματα περιέχουν μια ισορροπία των μακροπόρων, που είναι μεγαλύτερα από 0,02 ίντσες (μεγαλύτερη από 0,6 χιλ.) στη διάμετρο, και

μικροπόρους, τα οποία είναι λιγότερο από 0,02 ίντσες (λιγότερο από 0,6 χιλ.) στη διάμετρο. Αυτή η ισορροπία στα μεγέθη πόρων επιτρέπει σε ένα χώμα να διαβιβάσει και το νερό και τον αέρα γρήγορα μέσω των μακροπόρων και να διατηρήσει το νερό από τριχοειδείς μικροπόρους. Οι μακροπόροι στους εδαφολογικούς ορίζοντες επιφάνειας είναι ειδικά σημαντικές διαβάσεις για τη διήθηση του ύδατος στο χώμα και την επόμενη διείσδυσή του προς τα κάτω μέσω της εδαφοτομής.

Η εδαφολογική συνάθροιση βελτιώνει την εδαφολογική δομή, δημιουργεί διάστημα μακροπόρου, και βελτιώνει τον αερισμό, και κατά συνέπεια μειώνει το φαινόμενο ειδικό βάρος. Το διάστημα πόρων όχι μόνο επηρεάζει τη διήθηση και τη διείσδυση του ύδατος μέσω του χώματος, αλλά η παρουσία μεγάλων πόρων διευκολύνει επίσης τη μεταφορά θερμότητας από τη μεταφορά, και την εξάτμιση και τη συμπύκνωση.

Η πυρκαγιά και η σχετική εδαφολογική θέρμανση μπορούν να καταστρέψουν την εδαφολογική δομή, που έχει επιπτώσεις και στο συνολικό πορώδες και στην κατανομή μεγέθους πόρων στους ορίζοντες επιφάνειας ενός χώματος. Αυτές οι αλλαγές σε οργανική ουσία μειώνουν και το συνολικό πορώδες και το μέγεθος πόρων. Η απώλεια μακροπόρων στο χώμα επιφάνειας μειώνει τις ταχύτητες διήθησης και παράγει τη χερσαία ροή. Η αλλοίωση της οργανικής ουσίας μπορεί επίσης να οδηγήσει σε μία απωθητική εδαφολογική συνθήκη ύδατος όπου περαιτέρω ταχύτητες διήθησης μειώνονται. Το σενάριο που εμφανίζεται κατά τη διάρκεια της καταστροφής της εδαφολογικής δομής από την πυρκαγιά είναι:

 Η εδαφολογική δομή καταρρέει και αυξάνει την πυκνότητα του χώματος επειδή η οργανική ουσία που εχρησίμευε ως συνδετικός κρίκος έχει καταστραφεί.

 Η κατάρρευση στην εδαφολογική δομή μειώνει το εδαφολογικό

πορώδες (κυρίως μακροπόρους).

- Η εδαφολογική επιφάνεια συμπιέζεται περαιτέρω από τις σταγόνες βροχής, όταν μετατοπίζονται τα εδαφολογικά μόρια και η τέφρα επιφάνειας και οι εδαφολογικοί πόροι επιφάνειας γίνονται μερικώς ή συνολικά σφραγισμένα.
- Τελικά, η αδιαπέραστη εδαφολογική επιφάνεια μειώνει τις ταχύτητες διήθησης στο χώμα και παράγει τη γρήγορη απορροή και την κεκλιμένη διάβρωση.

Φυσικές διαδικασίες

Η εδαφολογική μήτρα παρέχει το περιβάλλον, που ελέγχει διάφορες φυσικές διαδικασίες ενδιαφερόμενες για τη ροή θερμότητας στα χώματα κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς. Τα αποτελέσματα της μεταφοράς θερμότητας φανερώνονται στις προκύπτουσες εδαφολογικές θερμοκρασίες, που αναπτύσσονται στην εδαφοτομή κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς. Άλλες εδαφολογικές φυσικές διαδικασίες, που επηρεάζονται από την πυρκαγιά, είναι οι ταχύτητες διήθησης και η μεταφορά θερμότητας των οργανικών ουσιών, αρμόδιων για την απωθητικότητα του νερού.

Μεταφορά θερμότητας στα χόματα

Η ενέργεια που παράγεται κατά τη διάρκεια της ανάφλεξης και της καύσης των καυσίμων παρέχει την κατευθυντήρια δύναμη, που είναι αρμόδια για τις αλλαγές που εμφανίζονται στις φυσικές, χημικές, και βιολογικές ιδιότητες των χωμάτων κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς. Οι αρμόδιοι μηχανισμοί για τη μεταφορά θερμότητας στα χόματα περιλαμβάνουν την ακτινοβολία, τη διεξαγωγή, τη μεταφορά, τη μαζική μεταφορά, και την εξάτμιση και τη συμπύκνωση (πίνακας Α1)

Η ακτινοβολία ορίζεται ως η μεταφορά της θερμότητας από ένα σώμα σε άλλο, όχι σε επαφή με αυτό, αλλά από την κίνηση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Η ακτινοβολούσα ενέργεια ρέει εξωτερικά σε όλες τις κατευθύνσεις από την εκπέμπουσα ουσία έως ότου προσπέσει σ'ένα υλικό ικανό να την απορροφήσει. Η ενέργεια που απορροφάται από την ακτινοβολία αυξάνει τη μοριακή δραστηριότητα της απορροφούσας ουσίας, αυξάνοντας με αυτόν τον τρόπο τη θερμοκρασία της (απορροφούσας ουσίας).

Η διεξαγωγή είναι η μεταφορά της θερμότητας από τη μοριακή δραστηριότητα από ένα μέρος μιας ουσίας σε ένα άλλο μέρος, ή μεταξύ των ουσιών σε επαφή, χωρίς την αξιόλογη μετακίνηση ή μετατόπιση της ουσίας συνολικά. Τα μέταλλα είναι γενικά καλοί αγωγοί σε αντίθεση με το ξηρό ορυκτό χόμα, το ξύλο και τον αέρα που άγουν τη θερμότητα αργά. Το νερό ως υγρό είναι ένας καλός αγωγός της θερμότητας μέχρι το σημείο βρασμού και έχει μια ιδιαίτερα υψηλή ικανότητα να αποθηκεύει τη θερμότητα έως ότου εξατμιστεί.

Πίνακας Α2

- σημασία των διαφορετικών μηχανισμών μεταφοράς θερμότητας στη μεταφορά της θερμότητας μέσα στα διαφορετικά τμήματα οικοσυστήματος.

Μηχανισμός μεταφοράς θερμότητας	Τμήμα οικοσυστήματος	Σημασία στη μεταφορά θερμότητας
Ακτινοβολία	Αέρας Καύσιμα Χώμα	Μέσο Υψηλός Χαμηλός
Διεξαγωγή	Αέρας Καύσιμα Χώμα	Μέσο Χαμηλός Χαμηλός (ξηρός), Υψηλός (υγρός)
Μεταφορά	Αέρας Καύσιμα Χώμα	Μέσο Υψηλός Χαμηλός
Μαζική μεταφορά	Αέρας Καύσιμα Χώμα	Μέσο Υψηλός Χαμηλός
Εξάτμιση/συμπύκνωση	Αέρας Καύσιμα Χώμα	Μέσο Υψηλός Χαμηλός

Η μεταφορά είναι μια διαδικασία με την οποία η θερμότητα μεταφέρεται από ένα σημείο σε άλλο με τη μίξη μιας μερίδας ενός ρευστού με ένα άλλο ρευστό. Η μεταφορά θερμότητας από τη μεταφορά διαδραματίζει έναν σημαντικό ρόλο, που το ποσοστό πυρκαγιάς διέδωσε μέσω των υπέργειων καυσίμων. Στα χώματα, εντούτοις, τα περίπλοκα διάκενα αερά και οι διασυνδέσεις μεταξύ τους παρέχουν μια μικρή ευκαιρία για τη μετακίνηση της θερμότητας μέσω του χώματος από τη μεταφορά.

Η εξάτμιση και η *συμπύκνωση* είναι σημαντικοί συνδεδεμένοι μηχανισμοί μεταφοράς θερμότητας που διευκολύνουν τη γρήγορη μεταφορά της μέσω των ξηρών χωμάτων. Η εξάτμιση είναι η διαδικασία κατά την οποία παρέχουμε θερμότητα στο νερό έως ότου αλλάξει φάση

και από υγρό γίνει αέριο. Η συμπύκνωση εμφανίζεται όταν ένα αέριο μετατρέπεται σε υγρό με τη θερμότητα που απελευθερώνεται κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας. Και το νερό και τα οργανικά υλικά μπορούν να κινηθούν μέσω του χώματος από την εξάτμιση και τη συμπύκνωση.

Επίδραση της Αποθητικότητας του νερού στη διάβρωση του εδάφους μετά από πυρκαγιά.

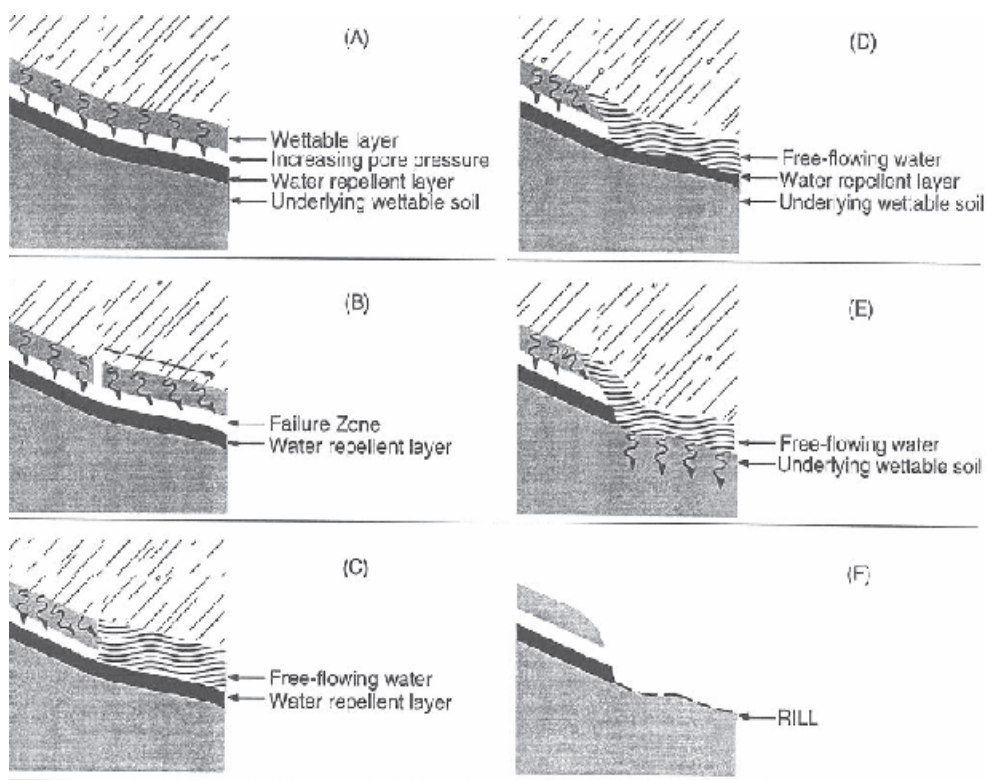
Η πυρκαγιά έχει επιπτώσεις στο νερό που εισάγει το χώμα με δύο τρόπους. Κατ' αρχάς, η καμένη εδαφολογική επιφάνεια είναι μη προστατευμένη από τον αντίκτυπο σταγόνων βροχής, που χαλαρώνει και διασκορπίζει τα λεπτά μόρια χώματος και τέφρας τα οποία μπορούν να σφραγίσουν την εδαφολογική επιφάνεια. Δεύτερον, η εδαφολογική θέρμανση κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς παράγει ένα υγροαποθητικό στρώμα στην εδαφολογική επιφάνεια ή κοντά σε αυτήν που εμποδίζει περαιτέρω τη διήθηση στο χώμα. Η δριμύτητα της αποθητικότητας ύδατος στο επιφανειακό στρώμα εδάφους, εντούτοις, μειώνεται κατά τη διάρκεια του χρόνου όπου εκτίθεται στην υγρασία και σε πολλές περιπτώσεις, δεν έχει επιπτώσεις ουσιαστικά στη διήθηση πέρα από το πρώτο έτος.

Παφλασμός σταγόνων βροχής: Όταν ένα υγροαποθητικό στρώμα διαμορφώνεται στην εδαφολογική επιφάνεια, τα υδροφοβικά μόρια είναι πιο ευαίσθητα στον παφλασμό σταγόνων βροχής από αυτά που παρουσιάζονται σε μια εδαφολογική επιφάνεια με αρκετή απορροφητική ικανότητα. Συνεπώς, οι σταγόνες βροχής που αφορούν μια υδροφοβική επιφάνεια παράγουν λιγότερα και πιο αργά κινούμενα σταγονίδια εκτίναξης, που φέρνουν περισσότερο ίζημα σε μια πιο σύντομη

απόσταση, απ'ό,τι στην περίπτωση ενός χώματος με απορροφητική ικανότητα. Περαιτέρω, οι επιφάνειες με απορροφητική ικανότητα έχουν μια συγγένεια με το νερό και με αυτόν τον τρόπο γίνονται σφραγισμένες και συμπιεσμένες κατά τη διάρκεια των βροχοπτώσεων, οι οποίες τις καθιστούν όλο και περισσότερο ανθεκτικές στην αποσύνδεση παφλασμών. Αντιθέτως, το υδροφοβικό χώμα παραμένει ξηρό και μη συνεκτικό, ενώ τα μόρια μετατοπίζονται εύκολα από τον παφλασμό όταν σπάζει η σταγόνα βροχής την περιβάλλουσα ταινία ύδατος.

Σχηματισμός ποταμακίων: Μια μείωση της διήθησης που προκαλείται από ένα υγροαποθητικό στρώμα προκαλεί με γρήγορο και ιδιαίτερα ορατό τρόπο το σχέδιο, βροχόπτωση-απορροή-διάβρωση. Η αυξανόμενη απορροή επιφάνειας ως αποτέλεσμα ενός υγροαποθητικού στρώματος, παρασύρει γρήγορα τα χαλαρά μόρια του χώματος και των οργανικών συντριμμίων και παράγει την απορροή επιφάνειας που γίνεται γρήγορα συγκεντρωμένη στα καθορισμένα με σαφήνεια ποταμάκια. Κατά συνέπεια, τα εκτενή δίκτυα ποταμακίων αναπτύσσονται όταν υπερβαίνουν οι βροχοπτώσεις τις αργές ταχύτητες διήθησης, που είναι χαρακτηριστικές των υγροαποθητικών χωμάτων.

Η ακολουθία σχηματισμού ποταμακίων ως αποτέλεσμα της προκαλούμενης από την πυρκαγιά αποθητικότητας του νερού έχει τεκμηριωθεί για να ακολουθήσει διάφορα καθορισμένα με σαφήνεια στάδια. Κατ' αρχάς, το στρώμα απορροφητικής εδαφολογικής επιφάνειας, εάν παρουσιάζεται είναι διαποτισμένο κατά τη διάρκεια της αρχικής διήθησης (σχήμα Α2). Διεισδύει γρήγορα στο απορροφητικό στρώμα τέφρας.



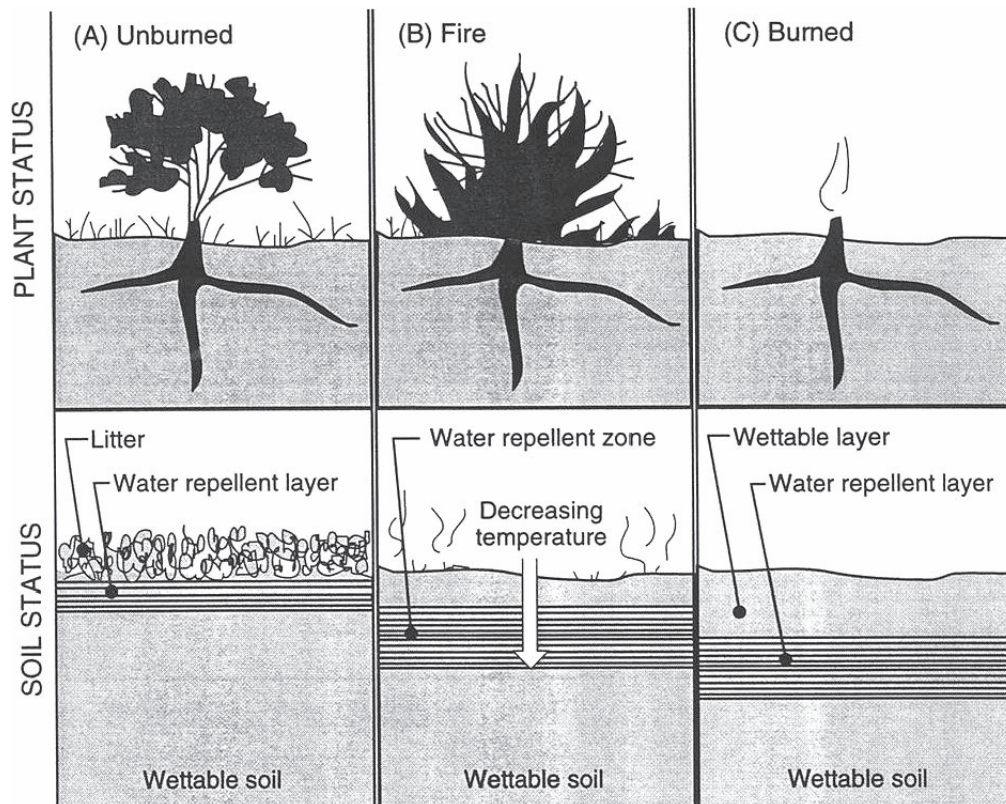
Σχήμα Α 2- Η ακολουθία σχηματισμού ποταμακίων σε μια καμένη κλίση με ένα υγραπώθητικό στρώμα περιλαμβάνει (Α) τον κορεσμό της απορροφητικής περιοχής επιφάνειας, (Β) την ανάπτυξη μιας ζώνης αποτυχίας στο απορροφητικό στρώμα επιφάνειας, (C) την ελεύθερη ροή του νερού πέρα από το υγραπώθητικό στρώμα, (D) τη διάβρωση του υγραπώθητικού στρώματος, (E) την αφαίρεση του απώθητικού στρώματος και της διήθησης ύδατος στο ελλοχεύον απορροφητικό χώμα, και (F) επακόλουθο ποταμάκι.

επιφάνειας έως ότου εμποδιστεί από ένα υγραπώθητικό στρώμα. Αυτή η διαδικασία εμφανίζεται ομοιόμορφα πέρα από το τοπίο έτσι ώστε, όταν φθάνει η βροχή στο υγραπώθητικό στρώμα, δεν μπορεί να στραγγίξει ούτε προς τα κάτω ούτε πλευρικά (σχήμα Α2). Εάν το υγραπώθητικό εδαφολογικό στρώμα είναι στην εδαφολογική επιφάνεια, η απορροή αρχίζει αμέσως αφού φθάνουν τα σταγονίδια βροχής στην εδαφολογική επιφάνεια. Δεδομένου ότι οι βροχοπτώσεις συνεχίζονται, το νερό γεμίζει όλους τους διαθέσιμους πόρους έως ότου το απορροφητικό εδαφολογικό στρώμα γίνεται διαποτισμένο. Λόγω του ελλοχεύοντος

υγροαποθητικού στρώματος, οι διαποτισμένοι πόροι δεν μπορούν να στραγγίξουν, κάτι το οποίο δημιουργεί μια θετική πίεση πόρων επάνω από το υγροαποθητικό στρώμα. Αυτή η αυξανόμενη πίεση πόρων μειώνει την τριχοειδή δύναμη της εδαφολογικής μάζας και παράγει μια ζώνη αποτυχίας που βρίσκεται στο όριο μεταξύ των απορροφητικών και υγροαποθητικών στρωμάτων όπου οι πιέσεις πόρων είναι μέγιστες (σχήμα A2 (B)). Καθώς το νερό ρέει κάτω από αυτήν την αρχική ζώνη αποτυχίας, η ταραχώδης ροή αναπτύσσεται, η οποία επιταχύνει τη διάβρωση και παρασύρει τα μόρια και από το απορροφητικό στρώμα τέφρας, εάν υπάρχει, και από το υγροαποθητικό στρώμα (σχήμα A2 (D)). Η προς τα κάτω διάβρωση του ποταμακίου συνεχίζεται έως ότου διαβρώνεται μακριά το υγροαποθητικό στρώμα και το νερό αρχίζει να φιλτράρεται στο ελλοχεύον απορροφητικό χώμα. Η ροή μικραίνει έπειτα, η αναταραχή μειώνεται, και η κατακοπή παύει. Το τελικό αποτέλεσμα είναι ένα ποταμάκι που έχει σταθεροποιηθεί αμέσως κάτω από το υγροαποθητικό στρώμα (σχήμα A2(E)).



Εικόνα 1. Η εμφάνιση σε σχήμα «μπίλιας» των σταγονιδίων ύδατος που είναι πάνω σε ένα υγροαποθητικό χώμα



Σχήμα A3- σχηματισμός της αποθητικότητας του νερού μετά από πυρκαγιά. Αποθητικότητα νερού πριν από (A), κατά τη διάρκεια (B), και μετά από (C) την πυρκαγιά.

Διάβρωση Εδάφους

Διαδικασίες και μηχανισμοί

Η διαδικασία διάβρωσης περιλαμβάνει τρία χωριστά συστατικά που είναι μια λειτουργία του μεγέθους ιζημάτων και της μέσης (νερό ή αέρας) ταχύτητας μεταφορών. Αυτά είναι: (1) αποσύνδεση, (2) μεταφορά, και (3) απόθεση. Η διάβρωση εμφανίζεται όταν εκτίθενται τα ιζήματα στο νερό ή τον αέρα και οι ταχύτητες είναι επαρκείς για να αποσυνδέσουν και να μεταφέρουν τα ιζήματα. Ο πίνακας A3 δίνει μια γενικευμένη εικόνα των κατηγοριών ιζημάτων και των ταχυτήτων αποσύνδεσης/μεταφοράς /απόθεσης στο νερό.

Πίνακας Α3 - κατηγορίες μεγέθους ιζημάτων και ταχύτητες αποσυνδέσεων/απόθεσης.

Τύπος ιζημάτων	Κατηγορία μεγέθους	Ταχύτητα αποσύνδεσης	Ταχύτητα απόθεσης
	cm	cm/sec	cm/sec
Λίθοι	100.00		
Κροκαλία	25.60	19.00	12.00
Αμμοχάλικο	6.40	15.00	8.00
Αμμος	0.19	3.50	1.48
Βούρκος	0.02	1.70	0.15
Αργίλος	0.01	25.00	0.01

Η διάβρωση είναι μια φυσική διαδικασία που εμφανίζεται στα τοπία σε διαφορετικά ποσοστά και κλίμακες ανάλογα με τη γεωλογία, την τοπογραφία, τη βλάστηση, και το κλίμα. Τα φυσικά ποσοστά διάβρωσης αυξάνονται ως ετήσιες αυξήσεις πτώσης, οξύνοντας το πρόβλημα στις ημιάγονες περιοχές κατά την κίνηση από την έρημο προς το υγρό δάσος. Αυτό εμφανίζεται επειδή υπάρχουν ικανοποιητικές βροχοπτώσεις για να προκαλέσουν τη φυσική διάβρωση από την αραιότερη έρημο έως τις ημιάγονες καλύψεις λιβαδιών. Δεδομένου ότι η πτώση συνεχίζει να αυξάνεται, η έναρξη τοπίων που υποστηρίζει τα ξηρά και τελικά υγρά δάση, τα οποία παράγουν τις όλο και περισσότερο πυκνές καλύψεις φυτών και απορριμάτων που μειώνουν τη φυσική διάβρωση. Εντούτοις, εάν τα τοπία απογυμνώνονται από τη διαταραχή (παραδείγματος χάριν, πυρκαγιά, βοσκή, συγκομιδή ξυλείας, και ούτω καθ'εξής), κατόπιν το ποσοστό διάβρωσης συνεχίζει να αυξάνεται με την αυξανόμενη πτώση (σχήμα Α4 συνθήκες επιφάνειας). Οι συνθήκες της επιφάνειας μετά την πυρκαγιά είναι σημαντικές για το που κινείται το νερό και τον καθορισμό της διάβρωσης που παράγεται (πίνακας Α4).



Εικόνα 2 - Διάβρωση από μια ευδιάκριτη και καμένη περιοχή πεύκων(*Pinus rigida*).

Πίνακας Α4 - Συνθήκες εδαφολογικής επιφάνειας που έχουν επιπτώσεις στη διήθηση, την απορροή, και τη διάβρωση.

Συνθήκες εδαφολογικής επιφάνειας	Διήθηση	Απορροή	Διάβρωση
Απορρίματα που απανθρακώνονται	Υψηλός	Χαμηλός	Χαμηλός
Απορρίματα που καταναλώνονται	Μέσο	Μέσο	Μέσο
Γυμνό χώμα	Χαμηλός	Υψηλός	Υψηλός
Αποθητικά στρώματα νερού	Πολύ χαμηλός	Πολύ Υψηλό	Δριμύς

Η διάβρωση είναι βεβαίως ο πιο ορατός και δραματικός αντίκτυπος της πυρκαγιάς εκτός από την κατανάλωση βλάστησης. Οι διοικητικές δραστηριότητες πυρκαγιάς (καταστολή πυρκαγιών, ορισμένη πυρκαγιά, και αποκατάσταση υδροκρίτη μετά την πυρκαγιά) μπορούν να έχουν επιπτώσεις στις διαδικασίες διάβρωσης στα οικοσυστήματα ακαλλιέργητης περιοχής. Η πυρκαγιά, η κατασκευή προσωρινών δρόμων εύκολης πρόσβασης, και οι μόνιμοι, μη λιθοστρωμένοι δρόμοι που λαμβάνουν την κυκλοφορία βαριών οχημάτων θα αυξήσουν τη διάβρωση. Αυξανόμενες ροές θύελλας μετά από τις πυρκαγιές θα αυξήσουν επίσης τα ποσοστά διάβρωσης. Έκτακτη αποκατάσταση καμένης περιοχής θα μειώσει την πιθανή διάβρωση μετά την πυρκαγιά σε διαφορετικό βαθμό ανάλογα με το συγχρονισμό και ένταση των βροχοπτώσεων.

Φύλλο, ποταμάκι, και διάβρωση σε επίπεδο ρεματιάς: Προοδευτική διάβρωση

Στη διάβρωση φύλλων, οι επιφάνειες κλίσεων διαβρώνουν ομοιόμορφα. Αυτός ο τύπος προχωρά στη διάβρωση ποταμακίων στην οποία τα μικρά, γραμμικά, ορθογώνια κανάλια κόβουν στην επιφάνεια μιας κλίσης. Η περαιτέρω αναδιαμόρφωση των ποταμακίων οδηγεί στο σχηματισμό βαθιού, μεγάλου, ορθογώνιου σε διαμόρφωση κανάλια που κόβονται σε μια κλίση (εικόνα 3).



Εικόνα 3 Χαραγμένο χαντάκι μετά από πυρκαγιά και παραγωγή απορροών.

Διοικητικές επιπτώσεις

Οι διευθυντές των πόρων πρέπει να γνωρίζουν τις αλλαγές στις σωματικές ιδιότητες που εμφανίζονται στο χώμα κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς. Η σημαντικότερη φυσική διαδικασία που λειτουργεί κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς είναι η μεταφορά της θερμότητας στο χώμα. Το χώμα που θερμαίνεται όχι μόνο έχει επιπτώσεις στις εδαφολογικές σωματικές ιδιότητες αλλά αλλάζει επίσης πολλές από τις χημικές και βιολογικές ιδιότητες στα χώματα που περιγράφονται παρακάτω.

Αν και λίγα μπορούν να γίνουν για να τροποποιήσουν την εδαφολογική θέρμανση κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς, οι διευθυντές

πρέπει να γνωρίζουν την ευαισθησία των σοβαρά καμένων περιοχών στην απορροή και τη διάβρωση. Η υπερβολική θέρμανση των ελλοχευόντων χωμάτων κατά τη διάρκεια αυτών των ανεξέλεγκτων πυρκαγιών μπορεί να αλλάξει την εδαφολογική δομή σε τέτοιο βαθμό ώστε η διήθηση ύδατος να εμποδίζεται, δημιουργώντας την υπερβολική απορροή και τη διάβρωση μετά από την πυρκαγιά. Ο σχηματισμός των απωθητικών χωμάτων ύδατος κατά τη διάρκεια αυτών των πυρκαγιών μπορεί να παρουσιάσει ειδικές ανησυχίες με την εμφάνιση διάβρωσης μετά από τις πυρκαγιές και πρέπει να εξεταστεί κατά τον έναρξη των επεξεργασιών μετά την πυρκαγιά. Η αποκατάσταση είναι μια σημαντική δραστηριότητα στις περιοχές που καίγονται από την πυρκαγιά όπου είναι απαραίτητο να επανεγκαθιδρυθεί η κάλυψη φυτών για να προστατεύσει το συντομότερο δυνατόν τη γυμνή εδαφολογική επιφάνεια από τον αντίκτυπο σταγόνων βροχής. Εντούτοις, η διακριτικότητα απαιτείται προκειμένου να εφαρμοστούν οι αποτελεσματικότερες πρακτικές επεξεργασίες αποκατάστασης.

Η χρήση της ορισμένης πυρκαγιάς, εντούτοις, παρουσιάζει τις εναλλακτικές λύσεις για την ελαχιστοποίηση της ζημίας που γίνεται στο χώμα. Το λιγότερο ποσό ζημίας εμφανίζεται κατά τη διάρκεια του δροσερού καψίματος, πυρκαγιές χαμηλής δριμύτητας. Αυτές οι πυρκαγιές δεν θερμαίνουν το χώμα ουσιαστικά, και οι αλλαγές στις περισσότερες εδαφολογικές ιδιότητες είναι μόνο δευτερεύουσες και είναι σύντομης διάρκειας. Εντούτοις, το κάψιμο των συγκεντρωμένων καυσίμων (παραδείγματος χάριν, μεγάλα ξύλινα συντρίμια) μπορεί να προκαλέσει την ουσιαστική ζημία στον εδαφολογικό πόρο, αν και αυτά τα μακροπρόθεσμα αποτελέσματα περιορίζονται μόνο σε ένα μικρό ποσοστό του τοπίου όπου τα καύσιμα συσσωρεύονται. Αυτοί οι τύποι χρήσεων πυρκαγιάς πρέπει να αποφευχθούν όποτε είναι δυνατόν. Το κάψιμο των οργανικών χωμάτων είναι επίσης μια ειδική περίπτωση όπου

η εκτενής ζημία μπορεί να εμφανιστεί εκτός αν οι συνταγές καψίματος προγραμματίζονται προσεκτικά.

Περίληψη

Οι φυσικές διαδικασίες που εμφανίζονται κατά τη διάρκεια των πυρκαγιών είναι σύνθετες και περιλαμβάνουν και τη μεταφορά θερμότητας και τη σχετική αλλαγή στα εδαφολογικά φυσικά χαρακτηριστικά. Το σημαντικότερο εδαφολογικό φυσικό χαρακτηριστικό που επηρεάζεται από την πυρκαγιά είναι η εδαφολογική δομή επειδή το τμήμα οργανικής ουσίας μπορεί να χαθεί στις σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες. Η απώλεια εδαφολογικής δομής αυξάνει το φαινόμενο ειδικό βάρος του χώματος και μειώνει το πορώδες της, μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο την εδαφολογική παραγωγικότητα και καθιστώντας το χώμα πιο τρωτό στην απορροή και τη διάβρωση μετά την πυρκαγιά. Αν και η θερμότητα μεταφέρεται στο χώμα από διάφορους μηχανισμούς, η μετακίνησή της από την εξάτμιση και τη συμπύκνωση είναι η σημαντικότερη. Το αποτέλεσμα της μεταφοράς θερμότητας στο χώμα είναι μια αύξηση στην εδαφολογική θερμοκρασία που έχει επιπτώσεις στις φυσικές, χημικές, και βιολογικές ιδιότητες του χώματος. Όταν οι οργανικές ουσίες κινούνται προς τα κάτω στο χώμα από την εξάτμιση και τη συμπύκνωση μπορούν να προκαλέσουν έναν απωθητικό εδαφολογικό όρο που τονίζει περαιτέρω την απορροή και τη διάβρωση μετά την πυρκαγιά. Η απωθητικότητα του ύδατος επιταχύνει την απορροή μετά την πυρκαγιά, η οποία δημιουργεί στη συνέχεια τα εκτενή δίκτυα της διάβρωσης ποταμακίων επιφάνειας. Η απωθητικότητα του ύδατος αυξάνει επίσης τη διάβρωση από τον παφλασμό σταγόνων βροχής. Το μέγεθος της αλλαγής στις εδαφολογικές σωματικές ιδιότητες εξαρτάται

από το κατώτατο όριο θερμοκρασίας των εδαφολογικών ιδιοτήτων και τη δριμύτητα της πυρκαγιάς. Η μέγιστη αλλαγή στις εδαφολογικές σωματικές ιδιότητες εμφανίζεται όταν οι πυρκαγιές σιγοκαίνε για μεγάλες περιόδους.

Εδαφολογική χημεία

Εισαγωγή

Οι χημικές ιδιότητες του χώματος που επηρεάζονται από την πυρκαγιά περιλαμβάνουν τα μεμονωμένα χημικά χαρακτηριστικά, τις χημικές αντιδράσεις, και τις χημικές διαδικασίες. Τα εδαφολογικά χημικά χαρακτηριστικά που επηρεάζονται συνηθέστερα από την πυρκαγιά είναι οργανική ουσία, άνθρακας (C), άζωτο (N), φώσφορος (P), θείο (S), κατιόντα, ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων, pH, και δύναμη απομονωτών. Μερικές καθαρές χημικές αντιδράσεις εμφανίζονται στα χώματα. Αυτές περιλαμβάνουν την ανταλλαγή των κατιόντων που προσροφώνται στην επιφάνεια των ορυκτών εδαφολογικών μορίων και του φυτοχώματος με τις περιβάλλουσες λύσεις τους. Μια άλλη κυρίως χημική αντίδραση είναι η χημική διάβρωση των βράχων και του ενδεχόμενου μετασχηματισμού τους στα δευτεροβάθμια μεταλλεύματα αργίλου κατά τη διάρκεια του εδαφολογικού σχηματισμού. Κατά τη διάρκεια της χημικής αποσύνθεσης του υλικού βράχου, το χώμα και η περιβάλλουσα λύση του γίνονται εμπλουτισμένα με διάφορα κατιόντα. Συνδεδεμένοι με τις χημικές αλληλεπιδράσεις κατά τη διάρκεια της διάβρωσης και του χώματος ο σχηματισμός είναι σωματικές δυνάμεις (πάγωμα και ξεπαγώμα, βρέξιμο και ξήρανση) και βιολογικές

δραστηριότητες (παραγωγή των οργανικών οξέων κατά τη διάρκεια της αποσύνθεσης του φυτοχώματος) που επιταχύνουν επίσης την εδαφολογική ανάπτυξη. Οι πιο κοινές χημικές διαδικασίες που εμφανίζονται στα χώματα που επηρεάζονται από την πυρκαγιά, εντούτοις, είναι εκείνοι οι μηχανισμοί που περιλαμβάνονται στη θρεπτική διαθεσιμότητα, τις απώλειες και τις προσθήκες των θρεπτικών ουσιών στο χώμα.

Εδαφολογικά χημικά χαρακτηριστικά

Τα χημικά χαρακτηριστικά των χωμάτων κυμαίνονται από τα ανόργανα **κατιόντα** - παραδείγματος χάριν, ασβέστιο (Ca), νάτριο (Na), μαγνήσιο (Mg), κάλιο (K), και ούτω καθ'εξής - που προσροφώνται στην επιφάνεια των υλικών αργίλου σε εκείνα που περιλαμβάνονται κυρίως μέσα στην οργανική μήτρα του χώματος-για παράδειγμα, οργανική ουσία, C, N, P, S . Όλα τα χημικά χαρακτηριστικά επηρεάζονται από την πυρκαγιά, αν και οι θερμοκρασίες στις οποίες οι αλλαγές εμφανίζονται μπορούν να ποικίλουν ευρέως. Οι καλύτερες εκτιμήσεις διαθέσιμες στη λογοτεχνία για τις θερμοκρασίες κατώτατων ορίων των μεμονωμένων εδαφολογικών χημικών χαρακτηριστικών δίνονται στον πίνακα Α5.

Πίνακας Α5 – Κατώτατα όρια θερμοκρασίας για διάφορα εδαφολογικά χημικά χαρακτηριστικά του χώματος.

Εδαφολογικό χαρακτηριστικό	Θερμοκρασία κατώτατων ορίων	
	° F	°C
Οργανική ουσία	212	100
Άζωτο	414	200
Θείο	707	375
Φώσφορος και κάλιο	1,425	774
Μαγνήσιο	2,025	1,107

Ασβέστιο	2,703	1,484
Μαγγάνιο	3,564	1,962

Οι δημοσιευμένες πληροφορίες που περιγράφουν τα αποτελέσματα της πυρκαγιάς στις αλλαγές στα μεμονωμένα χημικά συστατικά των χωμάτων και της οργανικής ουσίας είναι αντιφατικές και έχουν οδηγήσει συχνά στα διαφορετικά συμπεράσματα για το μέγεθος και τη σημασία των χημικών αλλαγών που εμφανίζονται πραγματικά κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς. Οι διαφορετικές μελέτες έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι η εδαφολογική χημική σύσταση αυξάνεται, μειώνεται, ή παραμένει η ίδια. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για τις μελέτες εκθέτοντας τις αλλαγές στο άζωτο (N) και άλλες θρεπτικές ουσίες που μπορούν να εξατμιστούν εύκολα κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς (παραδείγματος χάριν, οργανική ουσία, θείο, και φώσφορος). Τα διαφορετικά συμπεράσματα προκύπτουν πρώτιστα λόγω της μεθόδου που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των χημικών συστατικών. Οι χημικές αλλαγές μπορούν να εκφραστούν είτε στα ποσοστά (ή κάποια άλλη έκφραση των συγκεντρώσεων, παραδείγματος χάριν, του PPM ή του mg/kg) είτε να βασιστούν στις πραγματικές αλλαγές στα συνολικά ποσά του συστατικού (παραδείγματος χάριν, λίβρες/στρέμμα ή kg/εκτάριο). Πριν από την πυρκαγιά, το ποσοστό επί τοις εκατό ενός δεδομένου χημικού συστατικού είναι συνήθως βασισμένο στο ποσό που περιλαμβάνεται σε ένα δείγμα αντιμετώπισης πυρκαγιάς που μπορεί να περιέχει μεταβλητά ποσά οργανικής ουσίας. Αντίθετα, μετά από την πυρκαγιά το τοις εκατό του ίδιου χημικού συστατικού είναι βασισμένο στο βάρος ενός καμένου δείγματος που περιέχει τα ποικίλα ποσά τέφρας μαζί με την απανθρακωμένη και άκαυτη οργανική ουσία. Κατά συνέπεια, η σύγκριση στις θρεπτικές αλλαγές προκύπτει επειδή διαφορετικές βάσεις χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της αλλαγής σε ένα ιδιαίτερο

χημικό συστατικό (δηλαδή βασισμένος κυρίως στην οργανική ουσία πριν από την καύση σε σύγκριση με τα τεφρώδη και άκαυτα υλικά μετά από μια πυρκαγιά). Αυτή η σύγκριση μεταξύ των ποσοστών και των συνολικών ποσών αναφέρθηκε αρχικά σε μια μελέτη στην επίδραση της πυρκαγιάς στην απώλεια αζώτου (N) κατά τη διάρκεια της θέρμανσης. Αυτή η μελέτη έδειξε ότι οι διαφορές μεταξύ του ποσοστού επί τοις εκατό του N και του συνολικού ποσού του N άρχισαν στους 212 ° F (100 °C) και έγιναν μεγαλύτερες μέχρι περίπου 932 ° F (500 °C). Λόγω αυτών των δυσκολιών στην ερμηνεία των στοιχείων συγκέντρωσης και ποσοστού, η ακόλουθη εργασία θα εστιάσει αρχικά στις πιο θεμελιώδεις αλλαγές των χημικών συστατικών στα οικοσυστήματα ακαλλιέργητης περιοχής.

Κατά γενικό κανόνα, τα συνολικά ποσά χημικών στοιχείων δεν αυξάνονται ποτέ από την πυρκαγιά. Τα συνολικά ποσά διαφορετικών χημικών στοιχείων σε μια ιδιαίτερα καμένη περιοχή είναι περισσότερο πιθανό να μειώνονται, αν και σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να παραμένουν ίδια (παραδείγματος χάριν, στοιχεία με τα κατώτατα όρια υψηλής θερμοκρασίας όπως το μαγγάνιο, το ασβέστιο, και άλλα που απαριθμούνται στον πίνακα A5). Η πυρκαγιά, εντούτοις, αλλάζει τη μορφή διαφορετικών στοιχείων και τα καθιστά σε πολλές περιπτώσεις πιο διαθέσιμα για τα φυτά και άλλους βιολογικούς οργανισμούς. Ένα κλασικό παράδειγμα αυτού είναι το συνολικό άζωτο (N) που περιλαμβάνεται στην οργανική ουσία οικοσυστήματος (πίνακας A6). Όταν η οργανική ουσία καίγεται, το συνολικό N στην περιοχή μειώνεται πάντα, αν και οι αυξήσεις στις διαθέσιμες μορφές του N είναι πιθανό να εμφανιστούν όπως συζητείται σε ένα πιο πρόσφατο τμήμα, "Άζωτο." Επομένως, οι διευθυντές πρέπει να είναι άγρυπνοι κατά την ερμηνεία της σημασίας των αντιφατικών αλλαγών στις διαφορετικές θρεπτικές ουσίες κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς που αναφέρονται στη λογοτεχνία. Τα

εξής τμήματα εστιάζουν στην περιγραφή αυτών των αλλαγών από την άποψη των ελλοχευουσών χημικών διαδικασιών και για να δείξουν τις διοικητικές επιπτώσεις αυτών των αλλαγών από την άποψη του χόματος και της παραγωγικότητας οικοσυστήματος και της διαχείρισης μετά την πυρκαγιά.

Πίνακας Α6 - επίδραση του καψίματος στη χαμηλή, μέση, και υψηλή δριμύτητα στην οργανική ουσία και το μεταλλογενές N στα δασικά χόματα στο βόρειο Idaho. (U.S.)

Βάθη επεξεργασίας =	Οργανική ουσία Ορυκτό χόμα 2.5-7.5 cm		Ορυκτογενές N		Συνολικό N
			Μετάλλευμα 2.5-7.5 cm	Οργανικό 0-2.5 cm	
	<i>Τοις εκατό</i>	<i>Αλλαγή (%)</i>	<i>ppm (mg/kg)</i>	<i>ppm (mg/kg)</i>	<i>Αλλαγή (%)</i>
Ανενόχλητος ευδιάκριτος	3.6	0	9.4	68	0
Κανένα έγκαισμα	3.9	+8	9.7	97	+22
Χαμηλός	4.1	+12	9.5	75	+8
Μέσο	2.8	-22	9.3	5	-82
Υψηλός	0.6	-83	0.7	0	-99

Οργανική ουσία και άνθρακας

Πολλές χημικές ιδιότητες και διαδικασίες που εμφανίζονται στα χόματα εξαρτώνται από την παρουσία οργανικής ουσίας. Όχι μόνο διαδραματίζει έναν βασικό ρόλο στη χημεία του χόματος, αλλά έχει επιπτώσεις επίσης στις σωματικές ιδιότητες (βλ. παραπάνω) και τις βιολογικές ιδιότητες των χωμάτων. Η εδαφολογική οργανική ουσία είναι ιδιαίτερα σημαντική για το θρεπτικό ανεφοδιασμό, την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων, και τη διατήρηση ύδατος. Εντούτοις, το κάψιμο καταναλώνει το υπέργειο οργανικό υλικό (μελλοντική εδαφολογική

οργανική ουσία, συμπεριλαμβανομένων των μεγάλων κούτσουρων), και η εδαφολογική θέρμανση μπορεί να καταναλώσει την εδαφολογική οργανική ουσία (εικόνα 4). Ο σκοπός της ακόλουθης εργασίας είναι να εστιάσει όσο το δυνατόν περισσότερο στις καθαρώς χημικές ιδιότητες της οργανικής ουσίας και στις αλλαγές που εμφανίζονται ως αποτέλεσμα της εδαφολογικής θέρμανσης. Επειδή το οργανικό C είναι ένα από τα σημαντικότερα συστατικά της οργανικής ουσίας, οι αλλαγές σε οργανική ουσία και το οργανικό C κατά τη διάρκεια της εδαφολογικής θέρμανσης θεωρούνται παρόμοιες για όλους τους πρακτικούς λόγους.



Εικόνα 4 -μεγάλα κούτσουρα που καίγονται σε μια ορισμένη πυρκαγιά σε ένα πεύκο ponderosa.(Φωτογραφία από τον Ντάνιελ Neary)

Θέση της οργανικής ουσίας στα διαφορετικά οικοσυστήματα

Οι οργανικές ενώσεις βρίσκονται και στην υπέργεια και υπόγεια βιομάζα όπου αποτελούν τις μόνιμες νεκρές και ζωντανές εγκαταστάσεις και τα νεκρά οργανικά συντρίμια (δηλαδή φύλλα, μίσχοι, κλαδίσκοι, και κούτσουρα) που συσσωρεύονται στην εδαφολογική επιφάνεια και σε

όλη την εδαφοτομή. Η οργανική ουσία που βρίσκεται στο χώμα αποτελείται από τουλάχιστον επτά συστατικά, δηλαδή:

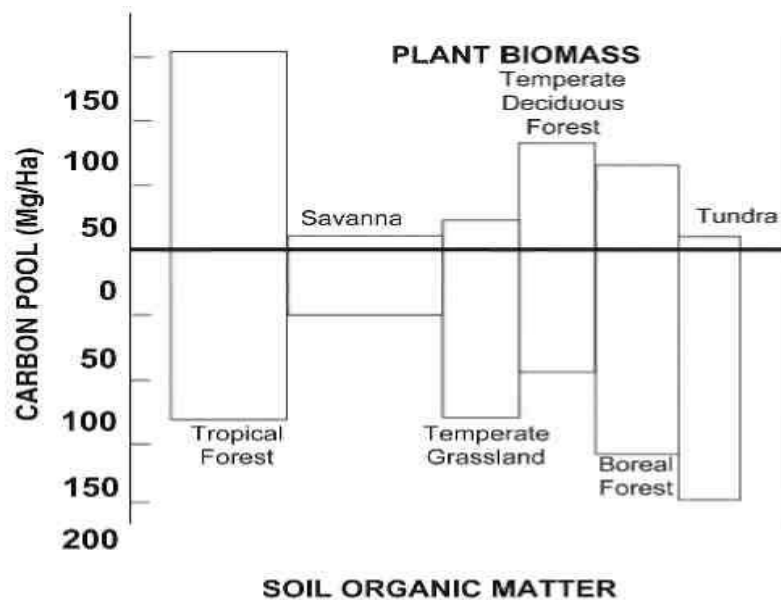
- Το L-στρώμα, (οι) που αποτελείται από τους εύκολα ευπροσδιόριστους φυτικούς ιστούς.
- το F-στρώμα, (οε) που περιέχει τη μερικώς αποσυντεθειμένη οργανική ουσία αλλά μπορεί ακόμα να προσδιοριστεί ως διαφορετικά μέρη εγκαταστάσεων (βελόνες, φύλλα, μίσχοι, κλαδίσκοι, φλοιός, και ούτω καθ'εξής).
- Το H-στρώμα, (οα) που αποτελείται από εντελώς αποσυντιθειμένα οργανικά υλικά, μερικά από τα οποία αναμιγνύονται συνήθως με τα ανώτερα ορυκτά εδαφολογικά στρώματα.
- χονδροειδή ξύλινα συντρίμμια που αποσυντίθενται τελικά αλλά μπορούν να παραμείνουν στην εδαφολογική επιφάνεια ή θαμμένα στο ορυκτό χώμα για μεγάλες περιόδους.
- ξυλάνθρακας ή άλλα απανθρακωμένα υλικά που γίνονται μικτοί με το δασικό πάτωμα και τα ανώτατα στρώματα του ορυκτού χώματος.
- το ανώτατο μέρος του A-ορίζοντα, ο οποίος αποτελείται κυρίως από ένα μίγμα φυτοχώματος και ορυκτών εδαφολογικών μορίων.
- ένα μίγμα ορυκτού χώματος, ριζών εγκαταστάσεων, και βιομάζας (ζωντανό και νεκρό) που συγκεντρώνεται πρώτιστα στον A-ορίζοντα αλλά μπορεί να επεκταθεί προς τα κάτω στο B-ορίζοντα ή βαθύτερα ανάλογα με τον τύπο ανάπτυξης βλάστησης στην περιοχή.

Το ποσό υπέργειας και υπόγειας οργανικής ουσίας ποικίλλει ευρέως μεταξύ των διαφορετικών τύπων βλάστησης ανάλογα με τις συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας που επικρατούν σε μια ιδιαίτερη περιοχή. Σχεδόν σε όλα τα οικοσυστήματα σε όλο τον κόσμο, οι μεγαλύτερες ποσότητες του C (ένα μέτρο της οργανικής ουσίας) βρίσκονται υπόγεια παρά υπέργεια. (σχήμα A5). Στα λιβάδια, στις σαβάννες, και τις

καλυμμένες από τούνδρα περιοχές, οι πολύ μεγαλύτερες ποσότητες του οργανικού C βρίσκονται στα υπόγεια μέρη εγκαταστάσεων παρά στα υπέργεια (λιγότερο από 10 % του συνολικού C σε αυτά τα ποώδη οικοσυστήματα βλάστησης βρίσκονται υπέργεια). Τα οικοσυστήματα τούνδρας είναι μοναδικά δεδομένου ότι τα μεγάλα ποσά οργανικής ουσίας συσσωρεύονται στην εδαφολογική επιφάνεια επειδή οι χαμηλές θερμοκρασίες που κρατάνε όλο το χρόνο περιορίζουν σοβαρά την αποσύνθεση. Στα δασικά οικοσυστήματα, το C είναι πιο ομοιόμορφα κατανεμημένο υπέργεια και υπόγεια (παραδείγματος χάριν, εύκρατα και βόρεια δάση). Γενικά, τα χώματα με τα μεγαλύτερα ποσοστά της οργανικής ουσίας στην υπέργεια βιομάζα και στα δασικά πατώματά τους είναι περισσότερο επιρρεπή σε διαταραχές (συμπεριλαμβανομένης της πυρκαγιάς) θρεπτικών ουσιών και C από εκείνα των οποίων το μεγαλύτερο μέρος του C στο οικοσύστημα είναι τοποθετημένο υπόγεια.

Η δυναμική της συσσώρευσης οργανικής ουσίας

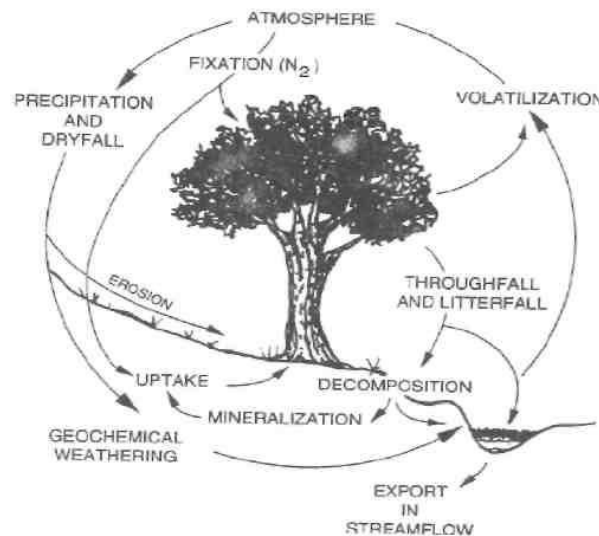
Στα δάση, η δυναμική του δασικού πατώματος είναι αρμόδια για τη συσσώρευση της οργανικής ουσίας, και το δασικό πάτωμα παρέχει μια σημαντική δεξαμενή αποθήκευσης για τις θρεπτικές ουσίες που ανακυκλώνονται μέσα στα φυσικά οικοσυστήματα (σχήμα Α6). Ένα aggrading δασικό οικοσύστημα διαχωρίζει τις θρεπτικές ουσίες και το C,



CARBON POOL: ΛΙΜΝΗ ΑΝΘΡΑΚΑ
PLANT BIOMASS: ΒΙΟΜΑΖΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ
SOIL ORGANIC MATTER: ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΗ ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ
Mg/Ha=Mg/Εκτάριο

Σχήμα Α5 - Διανομή του C και της εδαφολογικής οργανικής ουσίας (συμπεριλαμβανομένων των απορριμάτων) σε σημαντικούς τύπους οικοσυστημάτων στον κόσμο.

υπέργεια και στη βιομάζα και στο δασικό πάτωμα. Κατά τη διάρκεια πολλών ετών αυτό το υλικό διαμορφώνει το δασικό πάτωμα ή τους ορίζοντες οργανικού χώματος (που υποδεικνύεται ως Oi, Oe, και ορίζοντες OA στο σχήμα Α.1). Ανάλογα με τον εδαφολογικό τύπο, η οργανική ουσία μπορεί να συγκεντρωθεί στο δασικό πάτωμα ή να διαδοθεί σε μειωμένα ποσά προς τα κάτω μέσω της εδαφοτομής (στην εικόνα 5 και το σχήμα Α.1). Το δασικό πάτωμα αυξάνεται κατά τη διάρκεια της δασικής ανάπτυξης και του aggradation όταν το ποσοστό προσθήκης είναι μεγαλύτερο από το ποσοστό αποσύνθεσης.



Σχήμα Α6 - θρεπτική ανακύκλωση στα φυσικά περιβάλλοντα.

Χονδροειδή ξύλινα συντρίμια

Τα χονδροειδή ξύλινα συντρίμια (συμπεριλαμβανομένων των σωρών κάθετων) είναι ένα σημαντικό συστατικό των λιμνών οργανικής ουσίας που βρίσκονται στα δασικά οικοσυστήματα (σχέδιο 3.5). Σε πολλές περιπτώσεις μερικώς ή συνολικά καλύπτονται από τα στρώματα χώματος και φυτοχώματος, και έχει βρεθεί να περιλαμβάνει περισσότερα από 50 % της συνολικής οργανικής ουσίας επιφάνειας (αυτό μπορεί να ανέλθει σε 16,5 έως 22,3 τόνους/στρέμμα). Τα χονδροειδή ξύλινα συντρίμια, μαζί με



Εικόνα 6 χονδροειδή ξύλινα συντρίμια: (Α) σωρός κάθετων από τη λειτουργία εκλέπτυνσης ιουνιπέρων, εθνικό δάσος, Αριζόνα (Β) κάθετη αναγραφή σε ένα έλατο και ένα μικτό κωνοφόρο, στο Ντάγκλας των Η.Π.Α.

τη μικρότερη οργανική ουσία, ενισχύουν τις φυσικές, χημικές, και βιολογικές ιδιότητες του χώματος και με αυτόν τον τρόπο συμβάλλουν άμεσα στην παραγωγικότητα περιοχών. Παρέχει επίσης ευνοϊκό μικροπεριβάλλον για την καθιέρωση των σποροφύτων και της αύξησης εγκαταστάσεων.



Εικόνα 5 –Καμένο έδαφος με υψηλή περιεκτικότητα οργανικής ουσίας στην περιοχή της Καλιφόρνια (Φωτογραφία από την Πολεμική Αεροπορία των Η.Π.Α.).

Αποτελέσματα πυρκαγιάς

Η πυρκαγιά όχι μόνο έχει επιπτώσεις στην οργανική ουσία με άμεσες επιπτώσεις στη χημική σύνθεσή της αλλά έχει επίσης έμμεσα επιπτώσεις στα επόμενα ποσοστά αποσύνθεσης. Το μέγεθος των αλλαγών συσχετίζεται με τη δριμύτητα του εγκαύματος (παραδείγματα χαρην, χαμηλός, μέτριος, ή υψηλός).

Χημικές αλλαγές: Το κατώτατο όριο χαμηλής θερμοκρασίας της οργανικής ουσίας το καθιστά ιδιαίτερα ευαίσθητο στην εδαφολογική θέρμανση κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς (πίνακας Α5). Επίσης, μια σημαντική μερίδα της οργανικής ουσίας βρίσκεται στο ανώτατο μέρος της εδαφοτομής (στρώματα απορριμάτων και φυτοχώματος επιφάνειας) όπου εκτίθεται άμεσα στη θερμότητα που ακτινοβολείται προς τα κάτω κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς (βλ. σελ 11 παραπάνω). Οι αλλαγές σε

οργανική ουσία κατά τη διάρκεια της θέρμανσης, ενδιαφέρουν τους επιστήμονες για περισσότερο από 60 έτη (Hosking 1938), και οι αλλαγές που αναφέρθηκαν από αυτές τις πίο πρώτες μελέτες έδειξαν ότι:

- οι απώλειες οργανικής ουσίας μπορούν να εμφανιστούν στις θερμοκρασίες κάτω από 212 ° F (100 °C).
- τα πτητικά συστατικά σε οργανική ουσία χάνονται στις θερμοκρασίες μέχρι 392 °F (200 °C).
- η καταστρεπτική απόσταξη καταστρέφει περίπου 85 τοις εκατό της εδαφολογικής οργανικής ουσίας στις θερμοκρασίες μεταξύ 392 και 572° F (200 και 300 °C).
- επάνω από 572 ° F (300 °C), το μεγαλύτερο μέρος της υπόλοιπης οργανικής ουσίας αποτελείται από το ανθρακούχο υλικό, το οποίο χάνεται τελικά επάνω στην ανάφλεξη.
- θέρμανση του χώματος σε 842 ° F (450°C) για 2 ώρες, ή σε 932 ° F (500 °C) για τη 1/2 ώρα, καταστρέφει περίπου 99 τοις εκατό της οργανικής ουσίας.

Οι πρόσφατες μελέτες για τις λεπτομερείς αλλαγές σε οργανική ουσία, που προκλήθηκαν από τη θερμότητα, έχουν βελτιώσει την κατανόηση των συγκεκριμένων χημικών αλλαγών που εμφανίζονται σε οργανική ουσία κατά τη διάρκεια της θέρμανσης (DeBano και άλλα 1998). Στις χαμηλές θερμοκρασίες, οι αλλαγές σε οργανική ουσία έχουν επιπτώσεις στις πίο ευαίσθητες λειτουργικές ομάδες, ενώ στις υψηλότερες θερμοκρασίες εμφανίζεται η θερμική αποσύνθεση των πυρήνων (Schnitzer και Hoffman 1964). Στις χαμηλότερες θερμοκρασίες μεταξύ 482 και 752 ° F (250 και 400 °C) και το φαινολικό OH και οι καρβοξυλικές ομάδες (COOH) χάνονται, αν και οι φαινολικές ομάδες είναι οι σταθερότερες των δύο. Μια άλλη μελέτη των θερμικών αλλαγών που εμφανίζονται στο Η-στρώμα κάτω από ένα αιθαλές δρύινο δάσος στην Ισπανία έδειξε ότι το οξυγόνο, περιέχοντας τις λειτουργικές ομάδες

που βρέθηκαν στα χουμικά και fulvic οξέα αλλάχτηκε (almendros και άλλα 1990). Τα χουμικά οξέα μετατράπηκαν στις αλκαλικές-αδιάλυτες ουσίες που συνέβαλαν στο εδαφολογικό φυτόχωμα, ενώ τα fulvic οξέα μετασχηματίστηκαν στα αδιάλυτα πολυμερή σώματα.

Σε μια χωριστή μελέτη, βρέθηκε μια μείωση στο συνολικό χόμα C και το θεϊκό αποσπάσιμο άλας καλίου C σε 1,5 και 2,5 έτη μετά από το κάψιμο. Στις άμμους (1983) διαπιστώθηκε ότι 24 έτη μετά από ένα έντονο έγκανμα προετοιμασιών στα αμμώδη χώματα, το χόμα C ήταν ακόμα χαμηλότερο απ'ό,τι στις παρακείμενες άκαυτες περιοχές. Αυτό ήταν γενικά η περίπτωση για όλα τα εδαφολογικά C τμήματα που εξετάστηκαν, συμπεριλαμβανομένου του συνολικού οργανικού C, αποσπάσιμο C, υδροδιαλυτό C, τα χουμικά οξέα, και τους υδατάνθρακες.

Ποσοστά αποσύνθεσης: Στα άκαυτα οικοσυστήματα, οι φυσικές διαδικασίες αποσύνθεσης (που μεσολαβούν πίο βιολογικά) απελευθερώνουν αργά τις θρεπτικές ουσίες στις ρίζες δέντρων και εγκαταστάσεων που αυξάνονται μέσα στο δασικό πάτωμα και στο ορυκτό χόμα κατωτέρω. Αυτές οι βιολογικές διαδικασίες προσθέτουν την οργανική ουσία και τις θρεπτικές ουσίες στα χώματα, κάτω από τις μέτριες θερμοκρασίες μέσω της δραστηριότητας των εντόμων και των μικροβίων (DeBano 1991). Το κάψιμο, εντούτοις, ενεργεί ως στιγμιαία φυσική διαδικασία αποσύνθεσης που όχι μόνο εξατμίζει τις θρεπτικές ουσίες, όπως το μεταλλογενές N, από την περιοχή αλλά και αλλάζει τα υπόλοιπα οργανικά υλικά (ST John και Rundel 1976).

Το κάψιμο όχι μόνο επιταχύνει γρήγορα τα ποσοστά αποσύνθεσης οργανικής ουσίας κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς αλλά μπορεί επίσης έμμεσα να έχει επιπτώσεις στα ποσοστά αποσύνθεσης. Οι παρατηρηθείσες αλλαγές στη θρεπτική απελευθέρωση και τη διαθεσιμότητα μπορούν να οφείλονται στην αλλαγή της διαλυτότητας οργανικής ουσίας ως αποτέλεσμα της εδαφολογικής θέρμανσης κατά τη

διάρκεια μιας πυρκαγιάς. Η αλλαγή στη θρεπτική απελευθέρωση και η διαθεσιμότητα μαζί με το αυξανόμενο περιεχόμενο εδαφολογικής θερμοκρασίας και υγρασίας μπορούν επίσης να αυξήσουν τη βιολογική δραστηριότητα. Αυτή η απάντηση μπορεί να βιωθεί απότομα, εντούτοις, επειδή αυτή η εύκολα διαθέσιμη οργανική ουσία μικραίνει συχνά γρήγορα επέρχεται και μείωση στα ποσοστά αποσύνθεσης (Raison και άλλα 1990). Αντιθέτως, μερικές μελέτες έχουν σημειώσει τις μειώσεις στα ποσοστά επόμενου καψίματος αποσύνθεσης οργανικής ουσίας. Οι Monleon και Cromack (1996) μέτρησαν τα μειωμένα ποσοστά αποσύνθεσης, στα δάση πεύκων *ponderosa*, που ακολουθούν αμέσως μετά το κάψιμο, μέχρι και 12 έτη. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα χαμηλότερα ποσοστά αποσύνθεσης μπορούν να οφείλονται στο συνδυασμό αυξανόμενης θερμοκρασίας και μειωμένης υγρασίας στο δασικό πάτωμα.

Και η δριμύτητα πυρκαγιάς και η συχνότητα του καψίματος έχουν επιπτώσεις στο ποσό οργανικής ουσίας που χάνεται ως αποτέλεσμα του καψίματος. Αυτά είναι δύο χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων πυρκαγιάς που μπορούν να αλλάξουν μέσα στο πλαίσιο ενός ορισμένου προγράμματος καψίματος.

Δριμύτητα πυρκαγιάς: Η επίδραση της δριμύτητας του καψίματος παίζει σημαντικό ρόλο στον τρόπο που η οργανική ουσία καίγεται. Εκθέτοντας διάφορες περιοχές που κήκαν από πυρκαγιά χαμηλής δριμύτητας, τα δασικά στρώματα O_i και O_e πατωμάτων κήκαν εντελώς, αλλά το στρώμα O_A παρέμεινε. Σε αντίθεση με το κάψιμο υψηλής δριμύτητας όμως το στρώμα O_A καταναλώθηκε πλήρως. Από τους 10,1 τόνους/στρέμμα (22,6 Mg/εκτάριο) του παρόντος C στο δασικό πάτωμα στις άκαυτες περιοχές, κανένα C δεν παρέμεινε στις υψηλά καμένες περιοχές έναντι 9,3 τόνων/στρέμμα (20,8 Mg/εκτάριο) C που αφέθηκε στις καμένες περιοχές σε χαμηλές δριμύτητες.

Η επίδραση του ορισμένου καψίματος στο περιεχόμενο C και N του δασικού πατώματος σε μια περιοχή που υποστηρίζει μικτά είδη δέντρων (πεύκο-δρύινο) και ένα στρώμα θάμνων μελετήθηκε. Οι περιοχές μελέτης αντιμετωπίστηκαν με τη μέθοδο “καταρίπτω και καίω” των υπαρχόντων δέντρων για να υποκινήσουν την αναγέννηση πεύκων. Ο άνθρακας και το περιεχόμενο N του δασικού πατώματος σε αυτά τα συστήματα εξετάστηκαν μετά από το κόψιμο και πριν από το κάψιμο, και διαπιστώθηκε ότι το δασικό πάτωμα που περιλήφθηκε μεταξύ 15 και 22 % του συνολικού υπέργειου C στην περιοχή και 44 έως 55 % του συνολικού υπέργειου καψίματος N. Ορισμένο κάψιμο αυτών των περιοχών κατανάλωσε ολόκληρο στρώμα Oi, αλλά 75 έως 116 % του συνολικού δασικού πατώματος C και 65 έως 97 % του N παρέμειναν στα συνδυασμένα στρώματα Oe και OA. Σε αυτές τις περιοχές, για το μισό από το συνολικό υπέργειο N η λίμνη περιλήφθηκε στο δασικό πάτωμα. Οι συνολικές υπέργειες απώλειες N κυμάνθηκαν από 0,086 τόνους/στρέμμα (0,193 Mg/εκτάριο) για τη χαμηλότερη πυρκαγιά δριμύτητας ως 0,214 τόνους/στρέμμα (0,480 Mg/εκτάριο) στο πιο σοβαρό έγκαυμα. Κάτω από ορισμένους όρους είναι συχνά δυνατό να επιλεχθούν οι κατάλληλες καιρικές συνθήκες πριν από το κάψιμο (παραδείγματος χάριν, χρόνος από την τελευταία βροχή, υγρασία, θερμοκρασία) για να ελαχιστοποιήσει τα αποτελέσματα της πυρκαγιάς στην κατανάλωση οργανικής ουσίας. Επομένως, έχει συστηθεί ότι οι καιρικές συνθήκες πριν από το κάψιμο (παραδείγματος χάριν, χρόνος από τις βροχοπτώσεις) θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως προάγγελος της δασικής κατανάλωσης πατωμάτων (Fyles και άλλα 1991).

Οι απαντήσεις του συνολικού C και του N είναι μεταβλητές και εξαρτώνται από τις συνθήκες περιοχών και τα χαρακτηριστικά πυρκαγιάς. Παραδείγματος χάριν, οι Grove και άλλοι (1986) δεν βρήκαν καμία αλλαγή στο οργανικό C στην επιφάνεια 0 έως 1,2 ίντσες (0-3

εκατ.) του χόματος που ακολουθεί αμέσως το κάψιμο, ενώ τα ποσοστά(%) του συνολικού N, αυξήθηκαν. Οι Knoerr και Swank (1993 α, β) δεν βρήκαν καμία συνεπή απάντηση στο συνολικό N στο ανώτερο εδαφολογικό στρώμα, αλλά βρήκαν τις αυξήσεις αμμωνίας (NH₄) στις συγκεντρώσεις και τη μεταλλοποίηση N στις περιοχές όπου εφαρμόστηκε η μέθοδος της κατάρισης και του καψίματος.

Συχνότητα πυρκαγιάς: Όπως θα αναμενόταν, η συχνότητα του καψίματος μπορεί να έχει επιπτώσεις στις συσσωρεύσεις C. Μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε στις τροπικές περιοχές σαβανών στην Αφρική, περιέχει και τον άργιλο και τα αμμώδη χόματα που κάηκαν επανειλημμένα κάθε 1, 3, ή 5 έτη (Berd και άλλοι 2000). Ενώ οι περιοχές με τα χόματα αργίλου είχαν το μεγαλύτερο συνολικό C από τα αμμώδη χόματα, αποκρίθηκαν ομοίως στο κάψιμο. Όλες οι άκαυτες περιοχές είχαν 40 έως το 50 % μεγαλύτερο C από τις καμένες περιοχές. Η χαμηλή συχνότητα που καίει (κάθε 5 έτη) οδήγησε σε μια αύξηση του C στο χόμα περίπου 10 % έναντι του μέσου όρου όλων των καμένων περιοχών. Κάψιμο υψηλής συχνότητας (κάθε έτος) σημαίνει μειωμένο C κατά 10%. Σε μια άλλη μελέτη, Wells και άλλοι (1979) εξέθεσαν τα αποτελέσματα μιας 20ετούς μελέτης καψίματος σε μια φυτεία πεύκων στη νότια Καρολίνα. Διαπίστωσαν ότι το περιοδικό κάψιμο κατά τη διάρκεια της 20ετούς περιόδου αφαίρεσε 27 % του δασικού πατώματος. Το ετήσιο κάψιμο που διευθύνθηκε το καλοκαίρι αφαίρεσε 29 % του δασικού πατώματος σε σύγκριση με μια απώλεια 54 % ως αποτέλεσμα του χειμερινού καψίματος. Το συνολικό περιεχόμενο οργανικής ουσίας του χόματος επιφάνειας (0 έως 2 ίντσες ή 0 έως 5 εκατ.) αυξήθηκε σε όλες τις περιπτώσεις, αλλά δεν υπήρξε καμία επίδραση στις 2 έως 3,9 ίντσες (5-10 εκατ.) εδαφολογικού στρώματος. Κατά τρόπο ενδιαφέροντα, όταν άθροισαν την οργανική ουσία στο δασικό πάτωμα και στην επιφάνεια 0 έως 3,9 ίντσες (0-10 εκατ.) του χόματος διαπίστωσαν ότι

αυτές οι περιοδικές περιοχές εγκαυμάτων χαμηλής δριμύτητας δεν είχαν μειώσει αλλά μόνο είχαν ανακαταναείμει την οργανική ουσία.

Η επίπτωση της πυρκαγιάς έχει βρεθεί να έχει επιπτώσεις επίσης στη σύνθεση οργανικής ουσίας που είναι παρόμοια της βλάστησης σαβάννα (καλούμενης "το cerrado") στην κεντρική Βραζιλία (Roscoe και άλλοι 2000). Στις πλοκές που εκτέθηκαν στις συχνότερες πυρκαγιές (που καίγονται 10 φορές σε 21 έτη) το C και το N μειώθηκαν στα απορρίματα από 1.652 και 0,046 τόνους/στρέμμα (3.703 και 0,104 Mg/εκτάριο), αντίστοιχα, αν και καμία σημαντική διαφορά δεν σημειώθηκε παπαπάνω από 1 μέτρο του ελλοχεύοντος χώματος. Κατά τρόπο ενδιαφέροντα, η αύξηση στην επίπτωση πυρκαγιάς αντικατέστησε το C3 - C με C4 - C κατά περίπου 35 % σε όλη την εδαφοτομή. Αυτό έδειξε ότι ένα γρηγορότερο ποσοστό κύκλου εργασιών εδαφολογικής οργανικής ουσίας εμφανίστηκε στις περιοχές που καηκαν από τις συχνές πυρκαγιές, και κατά συνέπεια το χώμα δεν θα ήταν σε θέση να αντικαταστήσει το ικανοποιητικό C για να διατηρήσει τη μακροπρόθεσμη παραγωγικότητα της περιοχής.

Η ορισμένη πυρκαγιά επιστρατεύθηκε στα είδη πεύκων ponderosa στο πλαίσιο Mogollon της Αριζόνα με σκοπό την αποκατάσταση της οργανικής ουσίας στο οικοσύστημα και την αφαίρεση των συγκεντρωμένων καυσίμων (Nearby και άλλοι 2003). Οι ορισμένες πυρκαγιές αναφλέχτηκαν σε διαστήματα 1, 2, 4, 6, 8, και 10 έτη για να καθορίσουν το καλύτερο διάστημα επιστροφής πυρκαγιάς για τα νοτιοδυτικά οικοσυστήματα πεύκων ponderosa (Sackett 1980, Sackett και άλλοι 1996). Δύο περιοχές μεταχειρίστηκαν-μια στα ηφαιστειακά παραγόμενα χώματα και η άλλη στα ιζηματώδη παραγόμενα χώματα κοντά στο Flagstaff, AZ. Το συνολικό C του χώματος και τα συνολικά επίπεδα N ήταν ιδιαίτερα μεταβλητά και εξέθεσαν μια αύξηση, αλλά την ασυμβίβαστη, τάση συγκέντρωσης σχετικά με το διάστημα εγκαυμάτων.

Κυμάνθηκαν από 2,9 ως περισσότερα από 6,0 % συνολικό C και 0,19 έως 0,40 % συνολικό N (το σχήμα A7 υψηλή χωρική μεταβλητότητα). μετρήθηκε μέσα στις επεξεργασίες, που πιθανώς οφείλονται στις διαφορές θέσεις των δειγμάτων στο ύπαιθρο, (κάτω από τα μεγάλα δέντρα παλιάς αύξησης, θάμνους μικρής διαμέτρου, στις πόλο ταξινομημένες στάσεις, δίπλα στα κατεβασμένα κούτσουρα, και ούτω καθ'εξής). Η στρωματοποίηση των δειγμάτων από τις διαφορές θέσης των δειγμάτων στο ύπαιθρο θα μπορούσε ενδεχομένως να μειώσει τη μεταβλητότητα μέσα στις πλοκές αλλά προσθέτει την πολυπλοκότητα σε οποιοδήποτε σχέδιο δειγματοληψίας. Αν και υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των συνολικών επιπέδων C στα χώματα των άκαυτων πλοκών και του οκταετούς διάστηματος καψίματος, δεν υπήρξε καμία διαφορά μεταξύ των διαστημάτων καψίματος. Αυτή η μελέτη δεν εξέτασε τα ορυκτά μέρη της εδαφολογικής λίμνης N, NH₄ - N, και NO₃ - N. Αν και οι ορυκτές μορφές του N είναι μικρές (λιγότερο από 2 % της συνολικής εδαφολογικής N λίμνης), είναι σημαντικές για τις λειτουργίες διατροφής εγκαταστάσεων και πληθυσμών μικροοργανισμών.

Εδαφολογική οργανική ουσία: Οι συνοπτικές εκθέσεις έχουν περιγράψει την επίδραση των διαφορετικών διοικητικών δραστηριοτήτων (συμπεριλαμβανομένης της επίδρασης της πυρκαγιάς) στην οργανική ουσία και το N που βρίσκονται στην ορυκτή μερίδα των δασικών χωμάτων (D.W. Johnson 1992, Johnson και Curtis 2001). Μια μετανάλυση στα αποτελέσματα 13 μελετών που ολοκληρώνονται μεταξύ 1975 και 1997 (ο πίνακας A7) δείχνει ότι το περιεχόμενο C και N και του A-ορίζοντα και των ελλοχευόντων ορυκτών εδαφολογικών στρωμάτων αλλάζει μόνο κατά ένα μικρό ποσό (λιγότερο από 10 %) μακροπρόθεσμα (σχήμα A7 και A8). Αυτά τα αποτελέσματα που συμφωνούνται με τα συμπεράσματα μιας άλλης αναθεώρησης (E. A. Johnson 1992) που

έδειξε ότι η γενική επίδραση της πυρκαγιάς δεν ήταν σημαντική, αν και υπήρξε μια σημαντική επίδραση του χρόνου από την πυρκαγιά. Πρέπει να αναφερθεί, εντούτοις, ότι αν και μικρές αλλαγές σε εδαφολογική οργανική ουσία και το C εμφανίστηκαν στα χώματα κατά τη διάρκεια αυτών των μελετών, ότι τα ουσιαστικά ποσά σε οργανικά απορρίματα και δασικό πάτωμα καταναλώθηκαν πιθανότατα κατά τη διάρκεια αυτών των πυρκαγιών. Οι απώλειες οργανικής ουσίας και N από το δασικό πάτωμα θα μπορούσαν να έχουν μια μόνιμη επίδραση στη μακροπρόθεσμη παραγωγικότητα και την ικανότητα υποστήριξης των δασικών περιοχών, ιδιαίτερα όταν εμφανίζονται στις θρεπτικόνεπαρκείς περιοχές (βλ. τις πιο πρόσφατες συζητήσεις σε αυτό το κεφάλαιο σχετικά με την απώλεια C και την παραγωγικότητα οικοσυστήματος).

Ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων

Η ανταλλαγή κατιόντων είναι η ανταλλαγή μεταξύ των κατιόντων στη λύση και των διαφορετικών κατιόντων που προσροφώνται στην επιφάνεια οποιωνδήποτε αρνητικά χρεωμένων υλικών όπως ένας άργιλος ή οργανικά κολλοειδή (φυτόχωμα). Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων είναι το ποσό των ανταλλάξιμων κατιόντων που βρίσκονται στα οργανικά και ανόργανα εδαφολογικά κολλοειδή (σχήμα 6). Προκύπτει από τα αρνητικά χρεωμένα μόρια που βρίσκονται στα μόρια αργίλου και την κολλοειδή οργανική ουσία στο χώμα. Οι περιοχές ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων είναι σημαντικές θέσεις αποθήκευσης για τα διαλυτά κατιόντα που βρίσκονται στο χώμα. Η προσρόφηση των κατιόντων αποτρέπει την απώλεια αυτών των κατιόντων από τα χώματα με τη δύλιση μετά από την πυρκαγιά. Αν και οι περισσότερες από τις περιοχές ανταλλαγής στα χώματα είναι αρνητικές και προσελκύουν τα

κατιόντα, υπάρχουν μερικές θετικά χρεωμένες περιοχές που μπορούν να προσελκύσουν τα ανιόντα (η ανταλλαγή ανιόντων έχει αναφερθεί για να εμφανιστεί στα μόρια αργίλου).

Η σχετική συμβολή των μορίων αργίλου και της οργανικής ουσίας στην ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων του χώματος εξαρτάται κατά ένα μεγάλο μέρος από το ποσοστό των δύο συστατικών και τις συνολικές ποσότητες κάθε παρόντος (Tate 1987). Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων εξαρτάται επίσης από τον τύπο αργίλου και οργανικής ουσίας παρόντων. Τα υλικά αργίλου όπως montmorillonites έχουν τις μεγάλες ικανότητες ανταλλαγής, και άλλοι άργιλοι όπως kaolinite είναι πολύ χαμηλότεροι. Άλλα ορυκτά μόρια όπως ο βούρκος και η άμμος περιέχουν λίγες περιοχές προσρόφησης για τα κατιόντα. Σε οργανική ουσία, ο βαθμός αποσύνθεσης έχει επιπτώσεις στην ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων, και όσο πιο εκτενή η αποσύνθεση του οργανικού υλικού, τόσο μεγαλύτερη η ικανότητα ανταλλαγής.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ ΣΤΟΝ ΕΛΑΦΟΛΟΓΙΚΟ ΑΝΘΡΑΚΑ

7.0



ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ ΣΕ ΧΡΟΝΙΑ

- α Ασβεστόλιθος/Ψαμμίτης
- § Χώματα βασαλτών

0.45

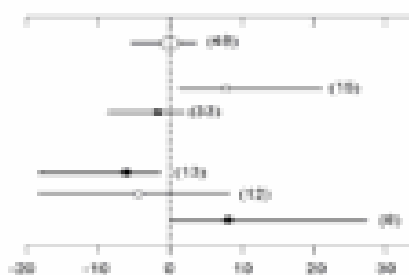
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΟ ΑΖΩΤΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ ΣΕ ΧΡΟΝΙΑ

Σχήμα A7 και A8 - η επίδραση του διαστήματος πυρκαγιάς (A) στον εδαφολογικό συνολικό άνθρακα 0 έως 2 ίντσες (0-5 εκατ.), και (B) το εδαφολογικό άζωτο 0 έως 2 ίντσες (0-5 εκατ.), τα επίπεδα ασβεστόλιθων και Chimney Springs μελέτη διαστήματος καψίματος, Αριζόνα. (Από Neary και άλλοι 2003).

Η εδαφολογική θέρμανση κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς μπορεί να έχει επιπτώσεις στην ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων με τουλάχιστον δύο τρόπους. Η πιο κοινή αλλαγή είναι η καταστροφή των ενώσεων φυτοχώματος. Η θέση του στρώματος φυτοχώματος, στην ή κοντά, στην εδαφολογική επιφάνεια το καθιστά ιδιαίτερα τρωτό στη μερική ή συνολική καταστροφή κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς επειδή τα οργανικά και χουμικά υλικά αρχίζουν να αποσυντίθενται στους περίπου 212 ° F (100 °C) και σχεδόν εντελώς καταστρέφεται στους 932 ° F (500 °C). Αυτές οι θερμοκρασίες επιτυγχάνονται εύκολα κατά τη διάρκεια των δασικών πυρκαγιών (βλ. παραπάνω σχετικά με τις εδαφολογικές θερμοκρασίες). Αντίθετα, η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων των υλικών αργίλου είναι ανθεκτικότερη στην αλλαγή επειδή πρέπει να επιτευχθούν θέρμανση και θερμοκρασίες 752 ° F (400 °C) προτού να εμφανιστεί η αφυδάτωση. Η πλήρης καταστροφή των υλικών αργίλου δεν εμφανίζεται μέχρι να επιτευχθούν οι θερμοκρασίες 1.292 έως 1.472 °F (700 έως 800 °C). Επιπλέον, το υλικό αργίλου δεν

βρίσκεται σπάνια στην εδαφολογική επιφάνεια αλλά αντ' αυτού βρίσκεται λίγα εκατοστόμετρα κάτω από την εδαφολογική επιφάνεια στο Β-ορίζοντα όπου προστατεύεται καλά από τη θέρμανση επιφάνειας. Γενικά, η μείωση της ικανότητας ανταλλαγής ως αποτέλεσμα μιας πυρκαγιάς είναι ανάλογη προς το ποσό της συνολικής ικανότητας κατιόντων που παρέχεται από το οργανικό συστατικό (DeBano και άλλα 1998). Το ποσό ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων που παραμένει μετά από μια πυρκαγιά έχει επιπτώσεις στις απώλειες διύλισης διαλυτών θρεπτικών ουσιών που απελευθερώνονται κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς. Παραδείγματος χάριν, η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων αντιμετώπισης πυρκαγιάς των αμμωδών χωμάτων μπορεί να αποτελεσθεί κυρίως από τις περιοχές ανταλλαγής που βρίσκονται στη μερίδα φυτοχώματος του χώματος. Εάν τα μεγάλα ποσά φυτοχώματος καταστρέφονται σε αυτά τα αμμώδη χώματα κατά τη διάρκεια του καψίματος, κατόπιν κανένας μηχανισμός δεν είναι διαθέσιμος για να αποτρέψει τις μεγάλες απώλειες διαλυτών θρεπτικών ουσιών με τη διύλιση.

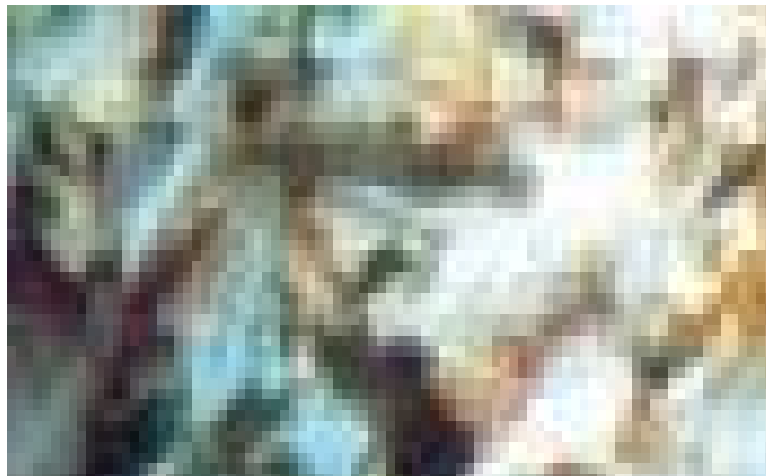
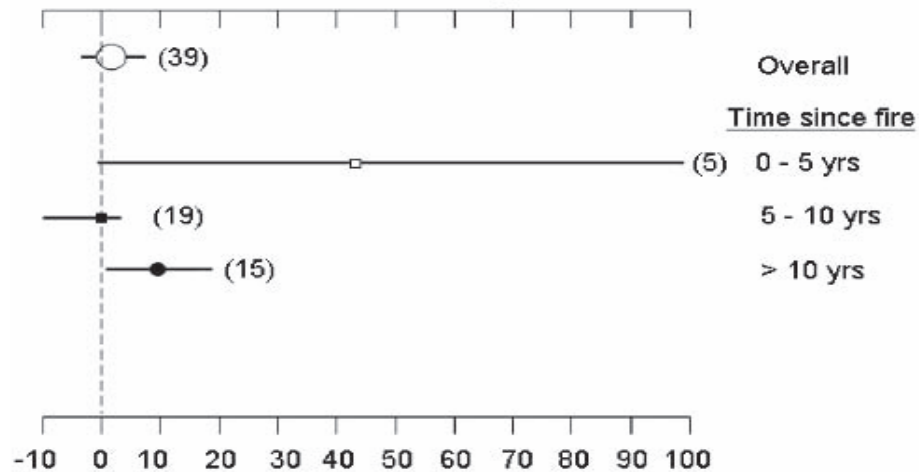
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ ΣΤΟΝ ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΟ ΑΝΘΡΑΚΑ



% ΑΛΛΑΓΗ ΣΤΟΝ ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΟ ΑΝΘΡΑΚΑ

Σχήματα A9,10 -Αποτελέσματα πυρκαγιάς στο εδαφολογικό C, A-ορίζοντα - μετρικά αποτελέσματα μετανάλυσης. Διαστήματα εμπιστοσύνης 99 τοις εκατό (φραγμοί) και αριθμός μελετών (σε παρένθεση) PF= όρισμένη πυρκαγιά, WF = πυρκαγιά, και BB = κάψιμο ραδιοφωνικής μετάδοσης της κάθετου μετά από τη συγκομιδή) (μετά από Johnson και το Curtis 2001, δασική οικολογία και διαχείριση, πνευματικά δικαιώματα © 2001, Elsevier B.V. Όλα τα δικαιώματα διατηρούνται).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΟ ΑΖΩΤΟ



Εικόνα 7 - η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων στο χώμα παρέχεται και από την οργανική ουσία (φυτόχωμα) που βρίσκεται στο δασικό πάτωμα και από τους ανώτερους εδαφολογικούς ορίζοντες καθώς επίσης και ανόργανα ορυκτά μόρια όπως οι βούρκοι και οι άργιλοι που βρίσκονται χαμηλότερα στο σχεδιάγραμμα. (Εδαφοτομή από τα της όξινης απορροής βουνά, εθνικό δάσος Nantahala φωτογραφία από τον Ντάνιελ Neary).

Η απώλεια ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων, ως αποτέλεσμα της οργανικής ουσίας που καταστρέφεται από την πυρκαγιά, έχει αναφερθεί από διάφορους συντάκτες. Οι Soto και Diaz- Fierros (1993) έλεγξαν εντατικά τις αλλαγές στην ικανότητα ανταλλαγής εδαφολογικών κατιόντων για ένα από τα έξι χώματα έκθετοντα στα στις αυξανόμενες θερμοκρασίες. Διαπίστωσαν ότι η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων μειώθηκε από 28,4 meq/100 g (28,4 cmol/kg) σε 77 ° F (25 ° C) κάτω σε 1

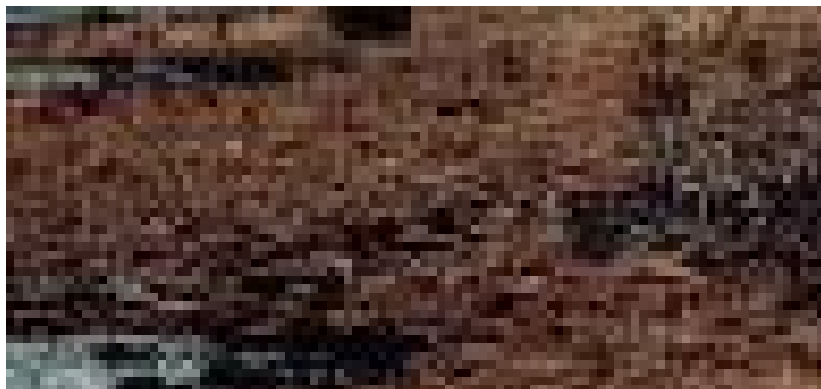
meq/100 g (1 cmol/kg) όταν εκτίθεται σε 1.292 ° F (700 °C). Η μεγαλύτερη μείωση εμφανίστηκε μεταξύ 338 και 716 ° F (170 και 380 °C), που ελαττώνεται από 28,1 έως 6,9 meq/100 g (28,1 έως 6,9 cmol/kg). Ο Sands (1983) εξέτασε δύο παρακείμενες περιοχές πεύκων radiata στα αμμώδη χώματα στη νοτιοανατολική Αυστραλία 24 έτη μετά από την κοπή. Διαπίστωσε ότι οι περιοχές που έλαβαν μια έντονη προετοιμασία καψίματος πριν φυτεύουν είχαν μειώσει την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων προς τα κάτω στα χώματα σε 20 εκατ. έναντι καμίας αλλαγής στις άκαυτες φυσικά αναπαραγμένες περιοχές.

Κατιόντα

Τα κατιόντα που βρίσκονται στο χώμα και επηρεάζονται από την πυρκαγιά περιλαμβάνουν το ασβέστιο(Ca), το μαγνήσιο (Mg), το νάτριο (Na), το κάλιο (K), και την αμμωνία (NH₄), αν και αυτά τα κατιόντα δεν είναι συνήθως ανεπαρκή στα περισσότερα χώματα ακαλλιέργητης περιοχής (DeBano 1991). Το NH₄ κατιόν, που είναι ένα σημαντικό συστατικό της ανακύκλωσης N και της εδαφολογικής παραγωγικότητας, αποκρίνεται διαφορετικά από τα άλλα κατιόντα. Με εξαίρεση NH₄, τα κατιόντα έχουν τα κατώτατα όρια υψηλής θερμοκρασίας και, κατά συνέπεια, δεν είναι εύκολα εξατμισμένα και χαμένα από τις καμένες περιοχές. Η τέφρα που κατατίθεται στην εδαφολογική επιφάνεια κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς περιέχει τις υψηλές συγκεντρώσεις των κατιόντων, και η διαθεσιμότητά τους αυξάνεται, συμπεριλαμβανομένου NH₄ (Marion και άλλοι 1991, DeBano και άλλοι 1998, εικόνα 8). Το ποσό NH₄ απελευθερωμένο με το κάψιμο εξαρτάται από τη φόρτωση καυσίμων και την ποσότητα καυσίμων που κάηκε (Tomkins και άλλοι 1991). Μερικά από τα κατιόντα μπορούν να χαθούν μέσω της μοριακής

μεταφοράς στον καπνό (Clayton 1976).

Τα μονοσθενή κατιόντα, όπως το Na και το K, είναι παρόντα κατά ένα μεγάλο μέρος ως χλωρίδια και ανθρακικά άλατα που κινητοποιούνται



Εικόνα 8 - γκρίζο προς άσπρη τέφρα που παραμένει μετά από τον πηλυον-ιουνίπερο ένας σωρός κάθετων καηκε στις υψηλές θερμοκρασίες κατά μια μακροχρόνια διάρκεια, Sitgreaves εθνικό δάσος, Αριζόνα. (Φωτογραφία από το Steve Overby).

εύκολα (Soto και Diaz- Fierros 1993). Τα δισθενή ιόντα, όπως το ασβέστιο και το Mg, είναι λιγότερο κινητά και είναι συνήθως παρόντα ως οξείδια και ανθρακικά άλατα. Ο σχηματισμός του αδιάλυτου ανθρακικού άλατος ασβεστίου μπορεί να εμφανιστεί, το οποίο περιορίζει τη διαθεσιμότητα του φωσφόρου (P) μετά από την πυρκαγιά. Αν και αυτά τα εύκολα διαθέσιμα μονοσθενή και δισθενή κατιόντα πιθανώς δεν έχουν υλικές επιπτώσεις στην αύξηση των φυτών άμεσα, το ποσό και η σύνθεσή τους καθορίζουν τον κορεσμό βάσεων, ο οποίος διαδραματίζει έναν σημαντικό ρόλο στον έλεγχο των καθεστώτων pH στα χώματα (DeBano και άλλα 1998).

pH εδάφους και Ρυθμιστική ικανότητα

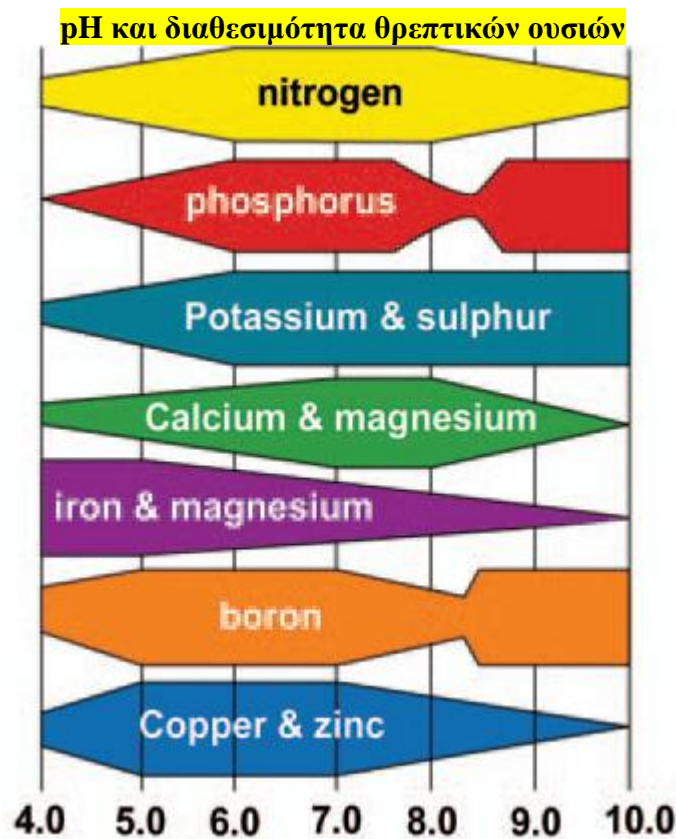
Το *pH* εδάφους είναι ένα μέτρο της ιονικής δραστηριότητας υδρογόνου στο χώμα και καθορίζεται στο διευκρινισμένο περιεχόμενο υγρασίας. Τα ουδέτερα χώματα έχουν ένα *pH* 7, τα όξινα χώματα έχουν ένα *pH* λιγότερο από 7, και τα βασικά χώματα είναι εκείνα με ένα *pH* μεγαλύτερο από 7. Η ρυθμιστική ικανότητα είναι η δυνατότητα των ιόντων που συνδέεται με τη στερεά φάση για να αποθηκεύσει τις αλλαγές στην ιονική συγκέντρωση της εδαφολογικής λύσης .

Η καύση της οργανικής ουσίας κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς και η επόμενη απελευθέρωση των διαλυτών κατιόντων τείνουν να αυξήσουν το *pH* ελαφρώς επειδή τα βασικά κατιόντα απελευθερώνονται κατά τη διάρκεια της καύσης και κατατίθενται στην εδαφολογική επιφάνεια. Η αύξηση στο *pH* του εδάφους, εντούτοις, είναι συνήθως προσωρινή ανάλογα με το αρχικό *pH* εδάφους, το ποσό τέφρας που απελευθερώνεται, τη χημική σύσταση της τέφρας, και την υγρασία του κλίματος (Wells και άλλοι 1979).

Το *pH* του χώματος είναι ένας σημαντικός παράγοντας που έχει επιπτώσεις στη διαθεσιμότητα των θρεπτικών ουσιών των φυτών (σχήμα A11). Οι θρεπτικές ουσίες που είναι πλέον πιθανές να επηρεαστούν και απελευθερώνονται κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς είναι ο χαλκός (Cu) ο φωσφόρος (P) και ο σίδηρος (Fe). Ο φωσφόρος (P) είναι ιδιαίτερα σημαντικός επειδή είναι ένα μακροθρεπτικό που συχνά βρίσκεται σε περιορισμένες ποσότητες στα οικοσυστήματα ακαλλιέργητης περιοχής, και μπορεί επίσης να γίνει αδιάλυτο και σε υψηλό και σε χαμηλό *pH* (βλ.εισαγωγή). Στις χαμηλές τιμές *pH*, ο φωσφόρος (P) σχηματίζει αδιάλυτες ενώσεις με το σίδηρο και σε υψηλά *pH*, οι ενώσεις ασβεστίου τείνουν να τον ακινητοποιήσουν.

Άζωτο

Το άζωτο θεωρείται η πιο περιορισμένη θρεπτική ουσία στα οικοσυστήματα ακαλλιέργητης περιοχής και υπό αυτήν τη συνθήκη απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή κατά τη διαχείριση της πυρκαγιάς, ιδιαίτερα στα ανεπαρκή N οικοσυστήματα (Maars και άλλα 1983). Το άζωτο είναι μοναδικό επειδή είναι η μόνη εδαφολογική θρεπτική ουσία που δεν



Σχήμα A11 Η διαθεσιμότητα μερικών κοινών εδαφολογικών θρεπτικών ουσιών στο διαφορετικό pH εδάφους

παρέχεται στο χώμα από τη χημική διάβρωση του υλικού βράχου γονέων. Σχεδόν όλο το άζωτο που βρίσκεται στη βλάστηση, το ύδωρ, και το χώμα των συστημάτων ακαλλιέργητης περιοχής πρέπει να προστεθεί στο σύστημα από την ατμόσφαιρα. Μια σπάνια εξαίρεση είναι η προσθήκη κάποιου συνθετικού αζώτου-φαιρτιλιζέρς που έχει παραχθεί βιομηχανικά και έχει χρησιμοποιηθεί για τις δασικές περιοχές λίπανσης. Η ανακύκλωση του αζώτου περιλαμβάνει μια σειρά αλληλένδετων

σύνθετων χημικών και βιολογικών διαδικασιών. Οι αλλαγές στη διαθεσιμότητα αζώτου που παράγεται κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς συζητούνται παρακάτω περιγράφοντας την επίδραση της πυρκαγιάς στη θρεπτική διαθεσιμότητα.

Αντιδράσεις στην εδαφολογική θέρμανση

Η αεριοποίηση είναι μία χημικά οδηγούμενη διαδικασία και είναι η πιο αρμόδια για τις απώλειες αζώτου κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς. Υπάρχει μια βαθμιαία αύξηση στην απώλεια αζώτου από την αεριοποίηση καθώς η θερμοκρασία αυξάνεται. Το ποσό απώλειας στις διαφορετικές θερμοκρασίες έχει καθιερώσει την ακόλουθη ακολουθία απωλειών αζώτου επάνω στη θέρμανση:

- η πλήρης απώλεια (100 %) του N εμφανίζεται στις θερμοκρασίες επάνω από 932 ° F (500 °C).
- μεταξύ 75 και 100 τοις εκατό του N χάνεται στις θερμοκρασίες 752 έως 932 ° F (400 έως 500 °C).
- μεταξύ 50 και 75 τοις εκατό του N χάνεται στις θερμοκρασίες 572 έως 752 ° F (300 έως 400 °C).
- μεταξύ 25 και 50 τοις εκατό του N χάνεται στις θερμοκρασίες 392 έως 572 ° F (200 έως 300 °C).
- καμία απώλεια N δεν εμφανίζεται στις θερμοκρασίες κάτω από 392 ° F(200 °C).

Κατά γενικό κανόνα το ποσό του συνολικού N που είναι εξατμισμένο κατά τη διάρκεια της καύσης είναι άμεσα ανάλογο προς το ποσό οργανικής ουσίας που καταστρέφεται (Raison και άλλοι 198δ). Έχει υπολογιστεί ότι σχεδόν 99 % του εξατμισμένου N μετατρέπονται στο αέριο N₂ (DeBell και Ralston 1970). Στις χαμηλότερες θερμοκρασίες,

το N_2 μπορεί να παραχθεί κατά τη διάρκεια της αποσύνθεσης οργανικής ουσίας χωρίς την αεριοποίηση των ενώσεων N (Grier 1975). Το N που δεν είναι εντελώς εξατμισμένο είτε παραμένει ως τμήμα των άκαυτων καυσίμων είτε μετατρέπεται σε ιδιαίτερα διαθέσιμο NH_4-N που παραμένει στο χώμα (DeBano και άλλοι 1979, Covington και Sackett 1986, Kutiel και Naveh 1987, DeBano 1991).

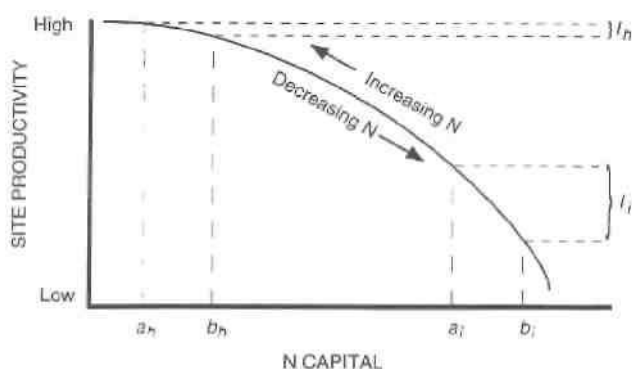
Οι εκτιμήσεις των συνολικών απωλειών N κατά τη διάρκεια της ορισμένης πυρκαγιάς πρέπει να βασιστούν και στη συμπεριφορά πυρκαγιάς και στη συνολική κατανάλωση καυσίμων επειδή τα ανομοιογενή σχέδια καψίματος είναι κοινά. Κατά συνέπεια, η καύση δεν είναι πλήρης σε όλες τις θέσεις στο τοπίο (DeBano και άλλα 1998). Παραδείγματος χάριν, κατά τη διάρκεια ενός ορισμένου εγκαύματος στη νότια Καλιφόρνια, η συνολική απώλεια N ανήλθε μόνο σε 10 % του συνολικού N που περιλήφθηκε στα φυτά, τα απορρίματα, και τα ανώτερα εδαφολογικά στρώματα πριν καεί (DeBano και conrad 1978). Η μέγιστη απώλεια του N εμφανίστηκε στα υπέργεια καύσιμα και τα απορρίματα στην εδαφολογική επιφάνεια. Σε μια άλλη μελέτη του N η απώλεια κατά τη διάρκεια μιας ορισμένης πυρκαγιάς πέρα από τα ξηρά και υγρά χώματα, για τα δύο τρίτα του συνολικού N χάθηκε κατά τη διάρκεια των εγκαυμάτων πέρα από τα ξηρά χώματα έναντι μόνο 25 % όταν τα απορρίματα και το χώμα ήταν υγρά (DeBano και άλλα 1979). Αν και αυτές οι απώλειες ήταν σχετικά μικρές, πρέπει να αναφερθεί ότι ακόμη και οι μικρές απώλειες μπορούν να έχουν επιπτώσεις στη μακροπρόθεσμη παραγωγικότητα του N - ανεπαρκή οικοσυστήματα.

Απώλειες αζώτου - ένα αίνιγμα - έχει καθοριστεί αποφασιστικά από τις πολυάριθμες μελέτες ότι το συνολικό N μειώνεται ως αποτέλεσμα της καύσης (DeBano και άλλα 1998). Το ποσό του N που χάνεται είναι γενικά ανάλογο προς το ποσό οργανικής ουσίας που καίγεται κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς. Οι θερμοκρασίες στις οποίες το N χάνεται

συζητούνται ανωτέρω. Αντίθετα, το διαθέσιμο N αυξάνεται συνήθως ως αποτέλεσμα της πυρκαγιάς, ιδιαίτερα $\text{NH}_4\text{-N}$ (Christensen 1973, DeBano και άλλα 1979, Carballas και άλλα 1993). Αυτή η αυξανόμενη διαθεσιμότητα N ενισχύει την αύξηση φυτών, και δίνει την εντύπωση ότι περισσότερο συνολικό N είναι παρών μετά από την πυρκαγιά. Αυτή η αύξηση στη γονιμότητα, είναι παρών μετά από την πυρκαγιά. Αυτή η αύξηση στη γονιμότητα, εντούτοις, είναι παραπλανητική και μπορεί να είναι βραχύβια. Οποιαδήποτε προσωρινή αύξηση στο διαθέσιμο N μετά από την πυρκαγιά χρησιμοποιείται συνήθως γρήγορα από τις εγκαταστάσεις μέσα στα πρώτα έτη μετά από το κάψιμο.

Απώλειες αζώτου και παραγωγικότητα οικοσυστήματος

Οι συνέπειες των απωλειών N κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς στην παραγωγικότητα οικοσυστήματος εξαρτώνται από το ποσοστό του συνολικού N που χάνεται για ένα δεδομένο οικοσύστημα (Barnett 1989, DeBano και άλλα 1998). Στα N-περιορισμένα οικοσυστήματα ακόμη και οι μικρές απώλειες του N από την αεριοποίηση μπορούν να προσκρούσουν στη μακροπρόθεσμη παραγωγικότητα (σχήμα A12).



Σχήμα A12 - Ανάλογη σημασία του αζώτου. Χαμηλή σε διαφορετικά επίπεδα παραγωγικότητας περιοχών.

Οι αλλαγές στην παραγωγικότητα περιοχών συσχετίζονται με το ποσοστό του συνολικού N στο σύστημα που χάνεται. Παραδείγματος

χάριν, η αριστερή μερίδα του σχήματος A12 αντιπροσωπεύει μια κατάσταση όπου οι μεγάλες ποσότητες του N παρουσιάζονται σε μια περιοχή που έχει την υψηλή παραγωγικότητα. Κινούμενο προς τη δεξιά πλευρά της γραφικής παράστασης, το συνολικό κεφάλαιο N και η παραγωγικότητα μειώνονται. Αυτή η μείωση δεν είναι γραμμική επειδή είναι πιθανό να υπάρξουν μεγαλύτερες απώλειες στην παραγωγικότητα ανά απώλεια μονάδων κεφαλαίου N στις περιοχές που έχουν τη χαμηλότερη παραγωγικότητα (δεξιά πλευρά του σχήματος A12) απ'ότι στις περιοχές που έχουν την υψηλότερη παραγωγικότητα περιοχών (αριστερή πλευρά του σχήματος A12). Κατά συνέπεια, οι απώλειες στην παραγωγικότητα περιοχών ανά μονάδα απωλειών N (a_h σε b_h) από τις περιοχές της υψηλής παραγωγικότητας (I_h) είναι λιγότερες από τις απώλειες στην παραγωγικότητα περιοχών ανά μονάδα απωλειών N (a_i σε b_i) από τις περιοχές που έχουν τη χαμηλή παραγωγικότητα (I_i). Αυτή η σχέση δείχνει κάπως τη σημασία του N που χάνεται κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς στις περιοχές χαμηλής παραγωγικότητας ή κατά χρησιμοποίηση της ορισμένης πυρκαγιάς σε αυτές τις καταστάσεις, που παίρνουν την ειδική προσοχή για να μην καταναλώσει τα μεγάλα ποσά της παρούσας οργανικής ουσίας.

Φώσφορος

Ο φώσφορος (P) είναι πιθανώς η δεύτερη πιο περιορισμένη θρεπτική ουσία που βρίσκεται στα φυσικά οικοσυστήματα. Οι ανεπάρκειες του P έχουν αναφερθεί στον φωσφορικό καθορισμό των χωμάτων (Vlamis και άλλα 1955) και κατά συνέπεια από τις εφαρμογές λίπανσης αζώτου (Heilman και Gessel 1963). Ο φώσφορος χάνεται σε μια υψηλότερη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της θέρμανσης του

χώματος σε σχέση με το N, και περίπου 60 % του συνολικού P χάνεται μόνο από τη μη μοριακή μεταφορά όταν καίγεται συνολικά η οργανική ουσία (Raison και άλλα 1986). Η καύση της οργανικής ουσίας αφήνει ένα σχετικά μεγάλο ποσό του ιδιαίτερα διαθέσιμου P στην τέφρα επιφάνειας που βρίσκεται στην εδαφολογική επιφάνεια αμέσως μετά από την πυρκαγιά (βλ. εικόνα 8). Αυτό το ιδιαίτερα διαθέσιμο P, εντούτοις, μπορεί να ακινητοποιηθεί γρήγορα εάν οι ασβεστούχες ουσίες είναι παρούσες στην τέφρα και μπορεί έτσι να γίνει άχρηστο για την αύξηση φυτών.

Θείο (S)

Ο ρόλος του θείου (S) στην παραγωγικότητα οικοσυστήματος δεν γίνεται εύκολα κατανοητός παρόλο που η διακύμανσή της στο χώμα είναι γενικά παράλληλη με αυτή του ανόργανου N (DeBano και άλλα 1998). Το θείο έχει αναφερθεί σαν περιοριστικό σε μερικά παράκτια δασικά χώματα των ειρηνικών βορειοδυτικών, ιδιαίτερα αφότου έχουν λιπανθεί οι δασικές στάσεις με το N (Barnett 1989). Η απώλεια του θείου από την αεριοποίηση εμφανίζεται στο μέσο όρο των θερμοκρασιών του αζώτου (N) και του φωσφόρου (P) (Tiedemann 1987), και οι απώλειες 20 έως 40 % του θείου στην υπέργεια βιομάζα έχουν αναφερθεί κατά τη διάρκεια των πυρκαγιών (Barnett 1989). Το θείο είναι παρόμοιο με το φώσφορο (P) (και αντίθετα από N) δεδομένου ότι δεν μπορεί να καθοριστεί με τις βιολογικές διαδικασίες, αλλά αντ' αυτού προστίθεται πρώτιστα με το κάψιμο των απολιθωμένων καυσίμων (μια πηγή όξινης βροχής), ως ραδιενεργός τέφρα από τις ηφαιστειακές εκρήξεις, ή από τη διάβρωση των βράχων κατά τη διάρκεια της εδαφολογικής ανάπτυξης (DeBano και άλλα 1998).



Εικόνα 9 - πυρκαγιά κάθετων ιουνιπέρων, Sitgreaves εθνικό δάσος, Αριζόνα. (Φωτογραφία από Malchus Baker).

Επίδραση στρωμάτων τέφρας

Μετά από την πυρκαγιά, τα μεταβλητά ποσά τέφρας αφήνονται στην εδαφολογική επιφάνεια έως ότου είτε φυσιέται μακριά η τέφρα είτε μέσω της διήθησης περνά στο χώμα (Εικόνα 8). Στις σοβαρά καμένες περιοχές, παρουσιάζονται μεγάλα στρώματα τέφρας. Οι καταθέσεις τέφρας είναι συνήθως μέγιστες μετά από το κάψιμο των συγκεντρωμένων καυσίμων (συσσωρευμένα κάθετα) και λιγότερο σημαντικές μετά από πυρκαγιές χαμηλής δριμύτητας.

Η συσσώρευση των παχίων στρωμάτων του τεφρώδους υπολείμματος που παραμένουν στην εδαφολογική επιφάνεια μετά από μια πυρκαγιά αναφέρεται ως "επίδραση κρεβατιών τέφρας" (Pryor 1963, Humphreys και Lambert 1965, Renbuss και άλλοι 1972). Οι αустηροί όροι καψίματος που είναι απαραίτητοι για να δημιουργήσουν αυτά τα πυκνά στρώματα της τέφρας έχουν επιπτώσεις στις περισσότερες από τις φυσικές, χημικές, και βιολογικές εδαφολογικές ιδιότητες. Οι εδαφολογικές αλλαγές που συνδέονται με τα κρεβάτια τέφρας μπορούν να εμφανιστούν ως αποτέλεσμα της ίδιας της πυρκαγιάς (θέρμανση του

χρώματος), της υπόλοιπης επίδρασης της τέφρας που κατατίθεται στην εδαφολογική επιφάνεια (δηλαδή το κρεβάτι τέφρας), ή ενός συνδυασμού και τα δύο (Raison 1979).

Το ποσό και ο τύπος τέφρας που παραμένουν μετά από την πυρκαγιά εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά των καυσίμων που καίγονται, όπως οι πυκνότητες καυσίμων (αναλογίες συσκευασίας), η περιεκτικότητα σε υγρασία καυσίμων, το συνολικό ποσό του φορτίου καυσίμων που καταναλώνεται, και η δριμύτητα της πυρκαγιάς (Gillon και άλλα 1995). Ως αποτέλεσμα της πυρκαγιάς, η τέφρα που παραμένει μετά από μια πυρκαγιά μπορεί να κυμανθεί από τα μικρά ποσά απανθρακωμένων σκοτεινός-χρωματισμένων υπολειμμάτων καυσίμων ως τα παχιά στρώματα της άσπρης τέφρας που είναι μερικά εκατοστόμετρα πυκνά (DeBano και άλλα 1998). Όταν τα πυκνά συσκευασμένα καύσιμα καίγονται εντελώς, τα μεγάλα ποσά υπόλοιπης άσπρης τέφρας είναι συνήθως σε μια θέση στο επόμενο κάψιμο εδαφολογικής επιφάνειας . Η υψηλή θέρμανση κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς θα αλλάξει το χρώμα των εδαφολογικών ορυκτών μορίων σε ένα κοκκινωπό χρώμα, και όπου η ακραία εδαφολογική θέρμανση έχει εμφανιστεί, τα ορυκτά εδαφολογικά μόρια μπορούν να λιωθούν φυσικά από κοινού.(Λειωμένα μέταλλα πυριτίου στις θερμοκρασίες 2.577° F(1.414°C).

Χημικά, η κατανάλωση πυρκαγιάς υπέργειου υλικού καθορίζει το ποσό της παραγόμενης τέφρας. Η τέφρα αποτελείται συνήθως από τα ανθρακικά άλατα και τα οξείδια των μετάλλων και του πυριτίου μαζί με τα μικρά ποσά του φωσφόρου (P), του θείου (S), και του αζώτου (N) (Raison και άλλοι 1990). Το ασβέστιο (Ca) είναι συνήθως το κυρίαρχο κατιόν που βρίσκεται σε αυτές τις συσσωρεύσεις τέφρας. Τα περισσότερα από τα κατιόντα διηθούνται στο χώμα όπου διατηρούνται στις περιοχές ανταλλαγής κατιόντων που βρίσκονται στα μόρια αργίλου

ή φυτοχώματος και αυξάνουν την ορυκτή περιεκτικότητα σε εδαφολογικά κατιόντα (σχήμα A13). Το pH μπορεί να υπερβεί την τιμή 12. Εντούτοις, η σύνθεση του υλικού πριν το κάψιμο και της θερμοκρασίας ή της δριμύτητας πυρκαγιάς καθορίζει τις χημικές ιδιότητες της τέφρας. Οι Johnston και Elliott (1998) διαπίστωσαν ότι η τέφρα στις άκοπες δασικές πλοκές είχε γενικά το υψηλότερο pH και τις χαμηλότερες συγκεντρώσεις φωσφόρου (P).

Οι φυσικές αλλαγές που συνδέονται με την επίδραση κρεβατιών τέφρας περιλαμβάνουν κυρίως τις αλλαγές στην εδαφολογική δομή και τη διαπερατότητα στο νερό. Η καύση της οργανικής ουσίας στο ανώτερο μέρος της εδαφοτομής μπορεί συνολικά να καταστρέψει την εδαφολογική δομή, ενώ το παραγόμενο τεφρώδες υλικό συχνά σφραγίζει την είσοδο του νερού στο χώμα.

Ο βιολογικός αντίκτυπος της επίδρασης κρεβατιών τέφρας είναι διπλός. Κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς η υψηλή εδαφολογική θέρμανση μπορεί να έχει άμεσες επιπτώσεις στη μακροπρόθεσμη λειτουργία των μικροβιακών πληθυσμών επειδή η υψηλή θερμοκρασία αποστειρώνει ουσιαστικά το ανώτερο μέρος του χώματος. Οι ρίζες και οι σπόροι εγκαταστάσεων καταστρέφονται επίσης έτσι ώστε η επαναβλάστηση αυτών των περιοχών εξαρτάται από τη μακροπρόθεσμη οικολογική διαχείριση για να επιστρέψει στην προηγούμενη φυτική κάλυψή της. Έμμεσα, τα μεγάλα ποσά τέφρας έχουν επιπτώσεις στους εδαφολογικούς μικροβιακούς πληθυσμούς. Μια μελέτη των αποτελεσμάτων της τέφρας, της εδαφολογικής θέρμανσης, και της αλληλεπίδρασης τέφρας-θερμότητας στην εδαφολογική αναπνοή σε δύο αυστραλιανά χώματα έδειξε ότι τα μεγάλα ποσά τέφρας μείωσαν ελαφρώς την αναπνοή, αλλά τα μικρά ποσά δεν είχαν καμία επίδραση (Raison και McGarity 1980). Οι προσθήκες της τέφρας στο αποστειρωμένο χώμα δεν παρήγαγαν καμία επίδραση, δείχνοντας ότι η τέφρα ενέργησε μέσω της επιρροής της στους

ενεργούς εδαφολογικούς βιολογικούς πληθυσμούς. Η χημική φύση της τέφρας υποτέθηκε για να έχει επιπτώσεις στην εδαφολογική αναπνοή από την επίδρασή της σε:

- αυξανόμενο pH.
- αλλαγή της διαλυτότητας της οργανικής ουσίας και των σχετικών μεταλλευμάτων στο ύδωρ.
- προσθήκη των διαθέσιμων θρεπτικών ουσιών για τους μικροβιακούς πληθυσμούς.

Διοικητικές επιπτώσεις

Η κατανόηση των αποτελεσμάτων της πυρκαγιάς στις εδαφολογικές χημικές ιδιότητες είναι σημαντική κατά τη διαχείριση της πυρκαγιάς σε όλα τα οικοσυστήματα, και ιδιαίτερα στα εξαρτώμενα από την πυρκαγιά συστήματα. Η πυρκαγιά και η σχετική εδαφολογική θέρμανση καίγοντας την οργανική ουσία, απελευθερώνουν έναν άφθονο ανεφοδιασμό των ιδιαίτερα διαλυτών και διαθέσιμων θρεπτικών ουσιών. Το ποσό αλλαγής στις εδαφολογικές χημικές ιδιότητες είναι ανάλογο προς το ποσό της οργανικής ουσίας που καίγεται στην εδαφολογική επιφάνεια και στο ελλοχεύον ορυκτό χώμα. Όχι μόνο οι θρεπτικές ουσίες απελευθερώνονται από την οργανική ουσία κατά τη διάρκεια της καύσης, αλλά μπορεί επίσης να υπάρξει μια αντίστοιχη απώλεια της ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων των οργανικών υλικών φυτοχώματος. Η απώλεια ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων του φυτοχώματος μπορεί να είναι ένας σημαντικός παράγοντας κατά το κάψιμο, επειδή μόνο μια μικρή ικανότητα ανταλλαγής των υπόλοιπων ορυκτών μορίων είναι διαθέσιμη για να συλλάβει τα ιδιαίτερα κινητά κατιόντα που απελευθερώνονται κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς. Η υπερβολική διύλιση και η απώλεια

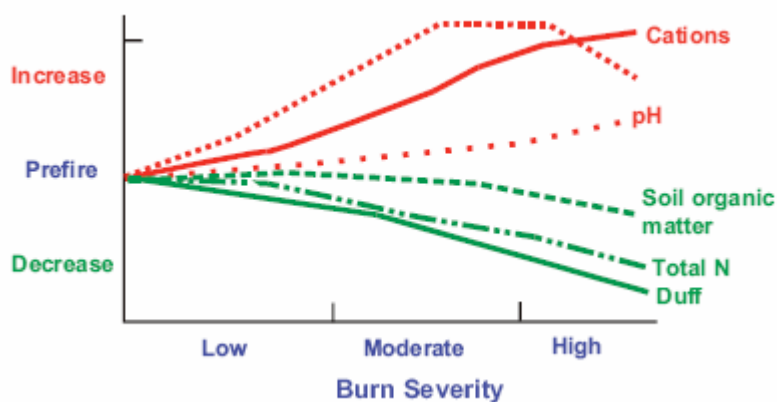
μπορούν έτσι να οδηγήσουν(το οποίο μπορεί να είναι καταστρεπτικό στη διατήρηση της γονιμότητας περιοχών) στον θρεπτικό περιορισμό του αμμώδους χώματος.

Μια σημαντική χημική λειτουργία της οργανικής ουσίας είναι ο ρόλος της στην ανακύκλωση των θρεπτικών ουσιών(ειδικά το άζωτο είναι το πιο περιορισμένο συστατικό στα οικοσυστήματα ακαλλιέργητης περιοχής). Οι ανεπάρκειες αζώτου περιορίζουν συχνά την αύξηση μερικών δασικών οικοσυστημάτων. Η δασική διαταραχή, μέσω των φυσικών ή ανθρώπινος-προκαλούμενων μέσων, οδηγεί συχνά σε μια αύξηση και των εδαφολογικών ανόργανων N συγκεντρώσεων και των ποσοστών πιθανής μεταλλοποίησης και νιτροποίησης N. Οι αυξήσεις N ως αποτέλεσμα ενός συνδυασμού αλλαγών στην εδαφολογική υγρασία και τη θερμοκρασία και της μειωμένης λήψης εγκαταστάσεων του N καθιστούν περισσότερο N διαθέσιμο για τη στήριξη των μικροβιακών πληθυσμών στο χώμα.

Ιστορικά, μερικά οικοσυστήματα ακαλλιέργητης περιοχής έχουν εκτεθεί στα συχνά διαστήματα πυρκαγιάς. Πολλά από αυτά τα οικοσυστήματα είναι χαμηλά στο διαθέσιμο N και άλλες θρεπτικές ουσίες όπως ο φώσφορος (P) και τα κατιόντα. Η ανακύκλωση των θρεπτικών ουσιών, ειδικά του N, μπορεί να είναι αργή, και ο αποκλεισμός της πυρκαγιάς από αυτά τα συστήματα οδηγεί συχνά στα χαμηλά ποσοστά μεταλλοποίησης και νιτροποίησης N. Η συχνή πυρκαγιά, εντούτοις, μπορεί να επιταχύνει αυτά τα βιολογικά ποσοστά μεταλλοποίησης N επειδή καταστρέφει τις ουσίες παρεμπόδισης που εμποδίζουν αυτές τις διαδικασίες. Παραδείγματος χάριν, δάσος πεύκων *ponderosa* στο νοτιοδυτικό σημείο, *monoterpenes* έχουν βρεθεί για να εμποδίζουν τη νιτροποίηση (White 1991). Αυτά τα *monoterpenes* είναι ιδιαίτερα εύφλεκτα και κατά συνέπεια καίγονται κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς. Κατά συνέπεια, η αφαίρεση αυτής της παρεμπόδισης από την

πυρκαγιά επιτρέπει στη μεταλλοποίηση και τη νιτροποίηση N να προχωρήσει. Υποτίθεται ότι αυτές οι ανασταλτικές ενώσεις ενισχύονται κατά τη διάρκεια του χρόνου μετά από μια πυρκαγιά και μειώνουν τη μεταλλοποίηση N. Οι σημαντικές διαφορές monoterpenes στις συγκεντρώσεις έχουν καθιερωθεί μεταξύ των αρχικών και προχωρημένων διαδοχικών σταδίων, αν και οι συγκεκριμένες αλλαγές κατά τη διάρκεια του χρόνου δεν είναι ανιχνεύσιμες λόγω της μεγάλης μεταβλητότητας μεταξύ των περιοχών (White 1996).

Επομένως, το ορισμένο κάψιμο είναι παρουσίαση αποδείξεων ότι είναι ένα αποτελεσματικό εργαλείο για την υγεία του οικοσυστήματος και για τη στήριξη του, και αυτούς τους μοναδικούς βιότοπους.



Σχήμα A13 - γενικευμένα σχέδια των μειώσεων το δασικό πάτωμα (duff), συνολικό N, και οργανική ουσία, και αυξήσεις στο χώμα pH, κατιόντα, και NH₄ συνδεδεμένα με αυξανόμενα επίπεδα δριμύτητας πυρκαγιάς.

Η δριμύτητα πυρκαγιάς είναι πιθανώς το σημαντικότερο χαρακτηριστικό γνώρισμα μιας πυρκαγιάς που έχει επιπτώσεις στις χημικές εδαφολογικές ιδιότητες. Οι γενικευμένες σχέσεις για διάφορες εδαφολογικές ιδιότητες στις διαφορετικές δριμύτητες παρουσιάζονται για το άζωτο στο σχήμα A13 (οργανική ουσία, καθώς η δριμύτητα πυρκαγιάς αυξάνεται). Το διαθέσιμο NH₄, το N και τα κατιόντα αυξάνονται. Το pH του χώματος αυξάνεται γενικά λόγω της απώλειας οργανικής ουσίας και

σχετικών οργανικών οξέων του, οι οποίες αντικαθίστανται με μια αφθονία βασικών κατιόντων στην τέφρα.

Περίληψη

Η πιο βασική εδαφολογική χημική ιδιότητα που επηρεάζεται με την εδαφολογική θέρμανση κατά τη διάρκεια των πυρκαγιών είναι η οργανική ουσία. Η οργανική ουσία όχι μόνο διαδραματίζει έναν βασικό ρόλο στη χημεία το χώματος, αλλά αυτό έχει επιπτώσεις επίσης στις σωματικές ιδιότητες (βλ. παραπάνω) και τις βιολογικές ιδιότητες των χωμάτων επίσης. Η εδαφολογική οργανική ουσία διαδραματίζει έναν βασικό ρόλο στη θρεπτική ανακύκλωση, την ανταλλαγή κατιόντων, και τη διατήρηση ύδατος στα χώματα. Όταν η οργανική ουσία καίγεται, οι αποθηκευμένες θρεπτικές ουσίες είτε εξατμίζονται είτε αλλάζουν στις ιδιαίτερα διαθέσιμες μορφές που μπορούν να ληφθούν εύκολα από τους μικροβιακούς οργανισμούς και τη βλάστηση. Εκείνες οι διαθέσιμες θρεπτικές ουσίες που δεν ακινητοποιούνται χάνονται εύκολα από την απορροή διύλισης ή επιφάνειας και τη διάβρωση. Το άζωτο είναι η σημαντικότερη θρεπτική ουσία που επηρεάζεται από την πυρκαγιά, και είναι εύκολα εξατμισμένο και χαμένο από την περιοχή στις σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες. Το ποσό αλλαγής σε οργανική ουσία και το N συσχετίζεται άμεσα με το μέγεθος της εδαφολογικής θέρμανσης και τη δριμύτητα της πυρκαγιάς. Οι υψηλές και οι μέτριας δριμύτητας πυρκαγιές προκαλούν τις μέγιστες απώλειες. Η απώλεια αζώτου από την αεριοποίηση κατά τη διάρκεια των πυρκαγιών είναι ιδιαίτερου ενδιαφέροντος σχετικά με τις περιοχές χαμηλής γονιμότητας επειδή το N μπορεί μόνο να αντικατασταθεί από N-fixing στους οργανισμούς. Τα κατιόντα δεν είναι εύκολα εξατμισμένα και παραμένουν συνήθως στην

περιοχή σε μια ιδιαίτερα διαθέσιμη μορφή. Μια αφθονία κατιόντων μπορεί να βρεθεί στα παχιά στρώματα τέφρας που παραμένουν στην εδαφολογική επιφάνεια μετά από τις πυρκαγιές υψηλής δριμύτητας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Αποτελέσματα της πυρκαγιάς στις υδραυλικές ιδιότητες του εδάφους

Μέρος β-

Οι υδάτινοι πόροι:

Η σημασία, τα χαρακτηριστικά και οι γενικές αντιδράσεις

στην πυρκαγιά

Εισαγωγή

Τα αποτελέσματα της πυρκαγιάς στον υδρολογικό κύκλο καθορίζονται κατά ένα μεγάλο μέρος από τη δριμύτητα της πυρκαγιάς, των αποφάσεων που λαμβάνονται σχετικά με οποιεσδήποτε δραστηριότητες καταστολής, και του άμεσου καθεστώτος βροχόπτωσης μετά την πυρκαγιά. Επειδή οι πληροφορίες είναι χαρακτηριστικά λιγοστές για τις μερίδες του φάσματος των συνθηκών στις οποίες μια πυρκαγιά μπορεί να εμφανιστεί, δεν είναι δυνατό να περιγραφούν επαρκώς οι πιθανές επιδράσεις της πυρκαγιάς σε όλες τις κατανοητές καταστάσεις. Αλλά με την κατανόηση της φύσης των υδρολογικών διαδικασιών, μπορούμε να ερμηνεύσουμε τον αντίκτυπο της πυρκαγιάς σε αυτές τις διαδικασίες τουλάχιστον στο βαθμό που απαιτείται για να ληφθούν οι επαρκείς διοικητικές αποφάσεις.

Αυτό το κεφάλαιο καλύπτει τις υδρολογικές διαδικασίες που αντιπροσωπεύονται από τα συστατικά του υδρολογικού κύκλου. Επαναλαμβάνουμε πώς οι αλλαγές στις υδρολογικές διαδικασίες που επέρχονται, ή αποδίδονται, στο περιστατικό της πυρκαγιάς, μπορούν να μεταφράστουν στις αλλαγές ροής ρευμάτων.

Το υπόγειο νερό

Το υπόγειο νερό είναι αυτό που βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, ανεξαρτήτως κατάστασης, βάθους και προέλευσης. Τα υπόγεια νερά αποτελούν μέρος του υδρολογικού κύκλου και αντιστοιχούν σε 0,61% του συνολικού νερού στον πλανήτη. Η κυριότερη προέλευσή τους είναι τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (μετεωρικά νερά).

Μικρό ποσοστό των υπόγειων νερών είναι μαγματικής ή κοσμικής προέλευσης, που εισέρχεται για πρώτη φορά στον υδρολογικό κύκλο (νεαρό νερό, juvenile). Το συγγενετικό (connate) είναι νερό που δεν έχει έλθει σε επαφή με την ατμόσφαιρα για μεγάλο χρονικό διάστημα. Το μαγματικό και το μεταμορφωμένο νερό συνδέονται με την άνοδο του μάγματος και τις διαδικασίες της μεταμόρφωσης των πετρωμάτων, αντίστοιχα.

Το νερό εισέρχεται στο υπέδαφος από την επιφάνεια του εδάφους, είτε κατευθείαν από τις βροχοπτώσεις, είτε από σώματα επιφανειακού νερού (ποτάμια, λίμνες). Μετά κινείται αργά σε ποικίλες αποστάσεις μέχρι να επιστρέψει στην επιφάνεια του εδάφους είτε με φυσική εκφόρτιση (πηγές), είτε με ανθρώπινη παρέμβαση (πηγάδια, γεωτρήσεις), είτε τέλος με τη διαπνοή των φυτών.

Ο χρόνος παραμονής του υπόγειου νερού στο υπέδαφος αποτελεί την ηλικία του νερού, η οποία μπορεί να προσδιορισθεί με φυσικά ραδιοϊσότοπα, κυρίως το τρίτιο (H_3) και τον άνθρακα 14 (C_{14}).

Φυσικοχημικές παράμετροι των νερών

Οι κυριότερες παράμετροι του υπόγειου νερού είναι:

- **Φυσικές** (θερμοκρασία, χρώμα, θολότητα, οσμή, ραδιενέργεια)
- **Χημικές** (pH, Αγωγιμότητα, Σκληρότητα, Αλκαλικότητα,

Δυναμικό οξειδοαναγωγής)

Κύρια ιόντα: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^-

Δευτερεύοντα ιόντα: Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , NH_4^+ , F^- , CO_3^{2-} , Al^{3+} κ.ά.

Βαρέα μέταλλα: Pb^{2+} , Cr^{6+} , Hg^{2+} , As^{3+} , Cd^{2+} κ.ά.

Θρεπτικές ενώσεις του N, P

Πρωτεΐνες, Οργανικές ενώσεις, Αέρια (O_2 , N_2 , H_2S , NH_3 , CH_4)

Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία των υπόγειων νερών καθορίζεται κυρίως από τη θερμοκρασία των πετρωμάτων, τα οποία τα περιβάλλουν. Οι θερμοκρασίες του υπόγειου νερού τείνουν να παραμείνουν σταθερές, εκτός από τα επιφανειακά νερά που παρουσιάζουν διακυμάνσεις ως αποτέλεσμα των μεταβολών της ηλιακής ενέργειας πάνω στην επιφάνεια της γης (βλ. παράγραφο 2.2). Η θερμοκρασία του υπόγειου νερού επηρεάζεται και από τις μεταβολές της πιεζομετρικής επιφάνειας του υδροφορέα.

Κατά την ανάμειξη θερμού και ψυχρού νερού με θερμοκρασίες T_{θ} και T_{ψ} με όγκους V_{θ} , V_{ψ} , ισχύει αντίστοιχα:

$$V_{mix} \cdot T_{mix} = V_{\theta} \cdot T_{\theta} + V_{\psi} \cdot T_{\psi} \quad \text{και} \quad V_{mix} = V_{\theta} + V_{\psi} = 100\%$$

Λύνοντας ως προς V_{θ} υπολογίζεται ο όγκος του θερμού νερού (%)

$$V_{\theta} = \frac{(T_{mix} - T_{\psi})100}{(T_{\theta} - T_{\psi})}$$

στο μίγμα:

Ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC)

Το καθαρό νερό δεν είναι καλός αγωγός του ηλεκτρισμού. Η αύξηση της ποσότητας των διαλυμένων αλάτων και η αύξηση της θερμοκρασίας συνεπάγονται και αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, γι' αυτό η μέτρησή της πρέπει να γίνεται σε συγκεκριμένη θερμοκρασία (συνήθως 25 οC). Έτσι η ηλεκτρική αγωγιμότητα συνδέεται άμεσα με την ποσότητα και τη φύση των διαλυμένων ηλεκτρολυτών. Το ενδεικτικό επίπεδο της αγωγιμότητας στο πόσιμο νερό είναι 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Αυξημένη αγωγιμότητα υποδηλώνει αυξημένες ποσότητες αλάτων, που ανάλογα με τη φύση τους και τη συγκέντρωσή τους μπορεί να δημιουργήσουν

προβλήματα υγείας.

Κατά την ανάμειξη δύο νερών με διαφορετικές τιμές EC ισχύει:

$$EC_{mix} = EC1 \cdot x + EC2 \cdot (1-x),$$

όπου: EC_{mix} είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα του μίγματος που προκύπτει, $EC1$, $EC2$ οι αγωγιμότητες των νερών που αναμείχθηκαν και x =το ποσοστό ανάμειξης του ενός νερού στο μίγμα

Ενεργός οξύτητα (pH)

Ενεργός οξύτητα είναι η συγκέντρωση των ιόντων H_3O^+ που περιέχεται στο διάλυμα και εκφράζεται με το pH, δηλ. με τον αρνητικό δεκαδικό λογάριθμο της συγκέντρωσης των ιόντων H_3O^+ . Ο προσδιορισμός του pH γίνεται χρωματομετρικά και ηλεκτρομετρικά.

Το pH του υπόγειου νερού καθορίζεται από τις διάφορες χημικές αντιδράσεις και ισορροπίες μεταξύ των διαλυμένων ιόντων μέσα σε αυτό. Το pH που οφείλεται στην παρουσία του CO_2 αποτελεί το pH ισορροπίας ή pHs κορεσμού. Αν το pH του νερού είναι μικρότερο από το pHs κορεσμού τότε το νερό έχει μεγάλη διαλυτική ικανότητα και μπορεί να διαλύσει το $CaCO_3$. Στην αντίθετη περίπτωση το διάλυμα είναι κορεσμένο και αποθέτει το $CaCO_3$.

Το pH των νερών γενικά μειώνεται όσο η υδάτινη μάζα ενηλικιώνεται. Μια νέα υδάτινη μάζα είναι συνήθως αλκαλική ($pH > 7$) και σιγά-σιγά με τον χρόνο γίνεται όξινη ($pH < 7$). Αυτό οφείλεται κυρίως στη συγκέντρωση οργανικού υλικού, που εκλύει CO_2 όταν αποσυντίθεται.

Η όξινη βροχή (acid rain) που οφείλεται στην έκλυση οξειδίων (SO_2 , NO_x) από την καύση υδρογονανθράκων και τη μετατροπή τους σε οξέα στην ατμόσφαιρα (H_2SO_4 , HNO_3), συμβάλλει στη μείωση του pH

και στη δημιουργία *όξινων υπόγειων νερών*.

Το pH του νερού του υπεδάφους είναι σημαντικός παράγοντας αποσάθρωσης. Όξινο περιβάλλον ευνοεί την αφαίρεση Fe και Al από τα μητρικά ορυκτά, καθώς και τη συγκέντρωση του SiO₂. Το pH επίσης μπορεί να μειωθεί από την οξείδωση της αμμωνίας, που προέρχεται από τη χρήση της κοπριάς σαν λίπασμα, καθώς και την οξείδωση των πυριτών (FeS₂).

Δυναμικό Οξειδοαναγωγής (Redox potential)

Το δυναμικό οξειδοαναγωγής (Eh) ενός υδατικού διαλύματος μπορεί να υπολογισθεί από την εξίσωση του Nerst. Μετράται με ευαίσθητα ηλεκτρόδια και εξαρτάται από τη θέση ισορροπίας της αντίδρασης:

Οξειδωμένη μορφή + e⁻ - Ανηγμένη μορφή

Η θέση της ισορροπίας εξαρτάται από τις συγκεντρώσεις του οξειδωτικού και του αναγωγικού σώματος. Το πιο άφθονο και ισχυρό οξειδωτικό στη φύση είναι το οξυγόνο και το ισχυρότερο αναγωγικό θεωρείται το υδρογόνο.

Η μεταβολή του pH στο περιβάλλον προκαλεί σημαντική μεταβολή της τιμής του δυναμικού οξειδοαναγωγής, λόγω της συμμετοχής των ιόντων OH⁻ στις αντιδράσεις οξειδοαναγωγής. Γνωρίζοντας τις τιμές του δυναμικού οξειδοαναγωγής σε συνάρτηση με το pH, είναι δυνατός ο προσδιορισμός των μορφών με τις οποίες βρίσκεται ένα χημικό στοιχείο σε ένα συγκεκριμένο φυσικό περιβάλλον.

Στο Σχήμα 3.4 φαίνεται η σχέση Eh-pH και διακρίνονται περιοχές όπου το νερό οξειδώνεται σε O₂ και περιοχές όπου ανάγεται σε H₂. Επίσης η κατανομή των H₂S, CH₄, Fe²⁺ και άλλων ενώσεων καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από την τιμή του Eh.

Με τη βοήθεια του Eh ενός υδάτινου περιβάλλοντος είναι δυνατόν να υπολογισθούν με ακρίβεια οι συγκεντρώσεις ιόντων ή ενώσεων στο περιβάλλον αυτό. Στην επιφάνεια της θάλασσας το Eh=+0,3 (οξειδωτικό περιβάλλον), λόγω εμπλουτισμού με αέρα και κοντά στον πυθμένα Eh=-0,6 (αναγωγικό περιβάλλον), λόγω περίσσειας οργανικού υλικού και έλλειψης οξυγόνου (Θεοδωρίκας, 1997). Χαμηλό Eh συμβάλλει στη διατήρηση οργανικής ύλης σ' ένα ίζημα. Στην ξηρά, άφθονη οργανική ύλη υπάρχει στον πυθμένα λιμνών και ελών και στη θάλασσα σε κλειστούς κόλπους με περιορισμένη κυκλοφορία νερού και απουσία αδρόκοκκων κλαστικών υλικών.

Διαλυμένο Οξυγόνο

Η παρουσία του οξυγόνου στο υπόγειο νερό, υποδηλώνει πρόσφατη έκθεση του νερού στην επίδραση της ατμόσφαιρας. Το οξυγόνο παρουσιάζει μικρή διαλυτότητα στο νερό, η οποία κυμαίνεται από 6 έως 15 ppm. Μικρές τιμές περιεκτικότητας σε οξυγόνο παρατηρούνται σε παλαιά νερά που δεν ανανεώνονται, ενώ αντίθετα μεγάλες συγκεντρώσεις συναντώνται σε νερά, τα οποία δεν παραμένουν για μεγάλο χρονικό διάστημα στους υδροφόρους ορίζοντες και ανανεώνονται συνεχώς. Μικρές τιμές του διαλυμένου οξυγόνου φανερώνουν έντονα ρυπασμένα νερά με οργανικές ουσίες.

Γενικά η περιεκτικότητα του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό εξαρτάται από:

α) Τη θερμοκρασία. Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία του νερού, τόσο μικρότερη είναι η περιεκτικότητα σε οξυγόνο.

β) Την ποσότητα της οργανικής ύλης, η οποία αποσυντίθεται στο νερό.

γ) Την παρουσία ή απουσία φυτών (μικροσκοπικών και μακροσκοπικών), τα οποία μπορούν να κάνουν φωτοσύνθεση.

δ) Το βαθμό της διείσδυσης του φωτός, που εξαρτάται από το βάθος.

Κατά την κίνηση του νερού στην ακόρεστη ζώνη μειώνεται η συγκέντρωση του οξυγόνου, λόγω κατανάλωσης στις οξειδωτικές διεργασίες που συντελούνται εκεί. Η μείωση του οξυγόνου με το βάθος είναι εκθετική και σπάνια περιέχεται διαλυμένο οξυγόνο σε βάθη μεγαλύτερα των 20 m από την υδροστατική επιφάνεια. Στα στάσιμα νερά η περιεκτικότητα σε οξυγόνο μεταβάλλεται με το βάθος και την εποχή. Το θέρος η περιεκτικότητα οξυγόνου στα μεγάλα βάθη ελαττώνεται και μπορεί να μηδενισθεί.

Αλκαλικότητα (Alkalinity)

Η αλκαλικότητα είναι ένα μέτρο της ικανότητας των νερών να εξουδετερώνουν ορισμένη ποσότητα υδρογονοκατιόντων. Η εξουδετέρωση αυτή οφείλεται στην παρουσία των ιόντων OH^- , CO_3^{2-} και HCO_3^- . Επιπλέον δρουν οι συζυγείς βάσεις του φωσφορικού και πυριτικού οξέος. Η παρουσία οργανικής ύλης μπορεί να έχει σημαντική επίδραση στον καθορισμό της αλκαλικότητας των υπόγειων νερών. Τα χλωριούχα, θειϊκά και νιτρικά ιόντα δεν συμβάλλουν στην αλκαλικότητα.

Σκληρότητα (Hardness)

Η σκληρότητα των νερών προέρχεται από την παρουσία δισθενών μεταλλικών κατιόντων, εκ των οποίων τα πιο συνηθισμένα είναι το Ca^{2+} και το Mg^{2+} . Τα ιόντα αυτά αντιδρούν με το σαπούνι και σχηματίζουν ίζημα και μαζί με ορισμένα ανιόντα, που βρίσκονται στο νερό δημιουργούν κρούστα.

Ο προσδιορισμός της σκληρότητας έχει μεγάλη σημασία γιατί αποτελεί κριτήριο καταλληλότητας για πολλές χρήσεις των νερών γιατί δείχνει την τάση για σχηματισμό ανθρακικών επικαθήσεων στους λέβητες και τις ψυκτικές δεξαμενές, την ικανότητα δέσμευσης σαπώνων και χρωμάτων κ.ά (Μήτρακας, 2001). Η σκληρότητα του πόσιμου νερού μεταξύ των άλλων συνδέεται και με την υγεία του ανθρώπου και συγκεκριμένα σχετίζεται με καρδιακές παθήσεις.

Πίνακας: Ταξινόμηση των νερών με βάση τη σκληρότητα.

<i>Ισοδύναμο CaCO₃ (mg/L)</i>	<i>Γαλλικοί βαθμοί</i>	<i>Χαρακτηρισμός του νερού</i>
0-100	0-10	Μαλακό
101-200	10-20	Μέτρια σκληρό
201-300	20-30	Σκληρό
>300	>30	Πολύ σκληρό

Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD)- Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD) BOD

Είναι η ποσότητα του οξυγόνου που καταναλώνεται από τους μικροοργανισμούς για τη βιολογική αποικοδόμηση των οργανικών ενώσεων που περιέχονται στα νερά, σε διάστημα 5 ημερών και σε θερμοκρασία 20 οC. Οι τιμές του BOD δίνουν χρήσιμες πληροφορίες για την ολική φόρτιση των νερών με οργανικές ενώσεις.

COD είναι η ποσότητα του οξυγόνου που καταναλώνεται για τη χημική οξείδωση των οργανικών ενώσεων, οι οποίες βρίσκονται στα νερά.

Υδραυλικά χαρακτηριστικά των υδροφορέων

Τα σημαντικότερα υδραυλικά χαρακτηριστικά των υπόγειων υδροφορέων είναι:

A) Το υδραυλικό φορτίο (Hydraulic head)

Τα υπόγεια νερά κινούνται με την επίδραση της συνολικής ενέργειας που φέρουν και η οποία ανά μονάδα όγκου ισούται με το άθροισμα της κινητικής, της δυναμικής και της υδροστατικής.

Πρακτικά η ενέργεια αυτή (H) ανά μονάδα βάρους (ή υδραυλικό φορτίο) είναι ίση με το άθροισμα του *φορτίου πίεσης* P/γ (pressure head) και του *φορτίου ύψους* (ή υψομετρικό ή θέσης) της απόστασης δηλ. από το επίπεδο αναφοράς z (elevation head): $H=(P/\gamma)+z$

όπου P = η υδροστατική πίεση και γ =το ειδικό βάρος του νερού ίσο με την πυκνότητά του επί την επιτάχυνση της βαρύτητας.

Το φορτίο H αναφέρεται και ως πιεζομετρικό φορτίο ή πιεζομετρικό δυναμικό και ταυτίζεται με το απόλυτο υψόμετρο της στάθμης του υπόγειου νερού σε μια γεώτρηση ανορυγμένη σε ελεύθερο υδροφορέα. Στους υπό πίεση υδροφορείς το φορτίο είναι το απόλυτο υψόμετρο που θα έφτανε το νερό, αν ο σωλήνας της γεώτρησης επεκτεινόταν πάνω από την επιφάνεια του εδάφους. Έτσι η κίνηση του υπόγειου νερού σε ένα πορώδες μέσο οφείλεται στην υδροστατική πίεση και στη θέση του ως προς το επίπεδο αναφοράς. Οι γραμμές ίσου υδραυλικού φορτίου (ισοδυναμικές γραμμές) μπορεί να απεικονισθούν με τη βοήθεια χαρτών. Οι γραμμές ροής είναι κάθετες στις ισοδυναμικές γραμμές.

Η μεταβολή του υδραυλικού φορτίου ανά μονάδα μήκους κατά τη διεύθυνση της υπόγειας ροής ονομάζεται *υδραυλική κλίση* και δίνεται από τη σχέση: $i=dH/dl$

Το υδραυλικό φορτίο H σε ένα σημείο του πορώδους μέσου

πολλαπλασιασμένο με την επιτάχυνση της βαρύτητας g , δίνει το δυναμικό ροής Φ στο σημείο αυτό: $\Phi=Hg$

Με άλλα λόγια το Φ είναι η ενέργεια ανά μονάδα μάζας και το H η ενέργεια ανά μονάδα βάρους. Το υδραυλικό φορτίο δεν μένει σταθερό, αλλά μειώνεται κατά την κίνηση του υπόγειου νερού, λόγω απωλειών (τριβές).

B) Διαπερατότητα-Υδροπερατότητα (Permeability-Hydraulic conductivity)

Η διαπερατότητα είναι μια σταθερά, που εξαρτάται μόνο από τα χαρακτηριστικά του πορώδους μέσου (το σχήμα, το μέγεθος, τη διάταξη των κόκκων) με διαστάσεις L^2 .

Η υδροπερατότητα ή υδραυλική αγωγιμότητα (k) χρησιμοποιείται στην Υδρογεωλογία γιατί το ρευστό είναι το νερό. Ένα μέσο έχει υδραυλική αγωγιμότητα ίση με τη μονάδα, όταν μεταβιβάζει στη μονάδα του χρόνου κάθετα στη διεύθυνση της υπόγειας ροής, τη μονάδα του όγκου νερού από μοναδιαία διατομή με υδραυλική κλίση ίση με τη μονάδα και την επικράτηση του κινηματικού ιξώδους. Το κινηματικό ιξώδες σχετίζεται με την εσωτερική τριβή, την αντίσταση δηλ. του υγρού στη ροή

Η υδραυλική αγωγιμότητα έχει διαστάσεις ταχύτητας LT^{-1} και υπολογίζεται από τον νόμο του Darcy (βλ. παράγραφο 1.7).

Γενικά οι γεωλογικοί σχηματισμοί χαρακτηρίζονται ως (Πίν. 1.2):

- Πολύ υδροπερατοί όταν $k > 10^{-1}$ m/s
- Υδροπερατοί όταν $10^{-6} < k < 10^{-1}$ m/s
- Λίγο υδροπερατοί όταν $10^{-9} < k < 10^{-6}$ m/s
- Πρακτικά στεγανοί όταν $k < 10^{-9}$ m/s

Πίν. 1.2: Τιμές της υδραυλικής αγωγιμότητας (Καλλέργης, 1999).

Υλικό	k (m/s)
Μεγάλα χαλίκια	1,7. 10 ⁻³
Χαλίκια μεσαίου μεγέθους	3,1.10 ⁻³
Χαλίκια μικρού μεγέθους	5,2.10 ⁻³
Χονδρόκοκκη άμμος	5,2.10 ⁻⁴
Μεσόκοκκη άμμος	1,4.10 ⁻⁴
Λεπτόκοκκη άμμος	2,9.10 ⁻⁵
Ίλύς	9,2.10 ⁻⁷
Άργιλος	2,3.10 ⁻⁹

Η διαπερατότητα (Ks) συνδέεται με την υδραυλική αγωγιμότητα (k) με τη σχέση: $Ks=k\mu/\gamma$

όπου μ =το δυναμικό ιξώδες (μονάδες ML⁻¹T⁻¹ δηλ. N.s/m² ή poise P=dyn .s /cm²)

γ =το ειδικό βάρος του ρευστού (N/m³)

Η υδραυλική αγωγιμότητα υπολογίζεται από επιτόπου πειραματικές μετρήσεις, από δοκιμαστικές αντλήσεις, από την κοκκομετρία με τη βοήθεια εμπειρικών τύπων, με εργαστηριακές μεθόδους και με ιχνηθετήσεις.

Η ακόρεστη υδραυλική αγωγιμότητα, ως μέτρο κίνησης του νερού σε ακόρεστο μέσο, είναι μικρότερη από την τιμή της υδραυλικής αγωγιμότητας σε κορεσμένο μέσο. Με βάση την περιεκτικότητα του νερού, η υδραυλική αγωγιμότητα ενός ακόρεστου μέσου (k_{unsat}) σε σχέση με την κορεσμένη τιμή (k) δίνεται από τη σχέση: $k_{unsat} = k [(S_s - S_o) / (1 - S_o)]^3$

Όπου: $S_s=0$ βαθμός κορεσμού και $S_o=0$ υπολειμματικός κορεσμός που αντιπροσωπεύει το νερό των πόρων που δεν κινείται και δεσμεύεται από τις τριχοειδείς δυνάμεις (Καλλέργης κ.ά., 2004).

Γ) Μεταβιβαστικότητα (Transmissivity)

Είναι το γινόμενο της υδραυλικής αγωγιμότητας (k) επί το πάχος του υδροφόρου στρώματος (D): $T=kD$. Η μεταβιβαστικότητα εκφράζει τον όγκο νερού που περνά από μια μοναδιαία διατομή του υδροφόρου στρώματος με υδραυλική κλίση ίση με τη μονάδα και την επικράτηση του κινηματικού ιζώδους.

Δ) Αποθηκευτικότητα (Storativity)

Ο συντελεστής εναποθήκευσης ή αποθηκευτικότητας ή υδροχωρητικότητας (S) είναι ο όγκος νερού που μπορεί να ληφθεί ή αποθηκευθεί από ένα κατακόρυφο πρίσμα ενός υδροφόρου στρώματος με μοναδιαία επιφάνεια ανά μονάδα μεταβολής του φορτίου.

Έτσι η αποθηκευτικότητα ορίζεται από τη σχέση: $S=\Delta V/(A.\Delta h)$

Όπου ΔV είναι ο όγκος νερού που απελευθερώνεται (ή προστίθεται) από τη μονάδα οριζόντιας επιφάνειας A , εξαιτίας μοναδιαίας πτώσης (ή αύξησης) του φορτίου Δh .

Από τον ανωτέρω ορισμό προκύπτει ότι ο **ρυθμός ταπείνωσης της στάθμης** ($\Delta h/\Delta t$) σε έναν υδροφορέα επιφάνειας A και συντελεστή αποθηκευτικότητας S , για άντληση με παροχή Q , χωρίς να συμβαίνει εμπλουτισμός, δίνεται από τη σχέση:

$$\Delta h/\Delta t=Q/(S.A)$$

Ο συντελεστής αποθηκευτικότητας είναι καθαρός αριθμός και στους ελεύθερους υδροφορείς παίρνει τιμές που κυμαίνονται από 1%-30%, ενώ στους υπό πίεση από 0,0001%-0,5%. Η διαφορά αυτή οφείλεται στον διαφορετικό μηχανισμό απελευθέρωσης νερού από τα ανωτέρω είδη υδροφορέων. Στους υπό πίεση υδροφορείς η αφαίρεση ή η προσθήκη νερού οφείλεται σε διόγκωση του νερού και συμπίεση του υδροφορέα και συνεπώς η αποθηκευτικότητα είναι συνάρτηση της ελαστικότητας του υδροφορέα και της συμπιεστότητας του περιεχομένου σ' αυτόν υπόγειου

νερού. Πρακτικά σημαίνει ότι για να πάρουμε αξιόλογες ποσότητες από τα υπό πίεση υδροφόρα στρώματα απαιτούνται μεγάλες πτώσεις της πιεζομετρικής στάθμης και σε μεγάλη έκταση υδροφορέα (βλ. εφαρμογή 1.1).

Ο συντελεστής αποθηκευτικότητας S στους ελεύθερους υδροφορείς συμπίπτει με το ενεργό πορώδες, ενώ στους υπό πίεση υδροφορείς ισχύει:

$$S = \gamma D (\alpha + \beta S_y)$$

όπου γ =το ειδικό βάρος του νερού, D =το πάχος του υδροφορέα, S_y =το ενεργό πορώδες, α =ο συντελεστής συμπίεστικότητας του υδροφορέα και β =ο συντελεστής συμπίεστικότητας του νερού.

Κίνηση του υπόγειου νερού

Η κίνηση των υπόγειων νερών ακολουθεί τους νόμους των Νευτώνιων ρευστών. Το νερό είναι *Νευτώνειο ρευστό* και αυτό σημαίνει ότι η διατμητική τάση (τ = δύναμη ανά μονάδα επιφάνειας) είναι ανάλογη της βαθμίδας ταχύτητας (du/dy) και του *δυναμικού ιξώδους* (μ):
 $\tau = \mu(du/dy)$

Η σχέση αυτή αποτελεί το νόμο της εσωτερικής τριβής (ιξώδες) του Νεύτωνα. Ιξώδες είναι η αντίσταση ενός υγρού στη ροή και συσχετίζεται με τους διαμοριακούς δεσμούς. Η εσωτερική τριβή κατά την κίνηση του νερού, παράγει έργο το οποίο μετατρέπεται σε θερμότητα αυξάνοντας τη θερμοκρασία του νερού. Σε προβλήματα ροής, όπου αντεπιδρούν δυνάμεις αδράνειας και δυνάμεις τριβής εμφανίζεται ο λόγος του δυναμικού ιξώδους (μ) προς την πυκνότητα (ρ). Ο λόγος αυτός ονομάζεται *κινηματικό ιξώδες*: $\nu = \mu/\rho$

Οι συντελεστές μ και ν μειώνονται με την αύξηση της θερμοκρασίας

και έχουν διαστάσεις: $\mu=L^{-1}M^{-1}T^{-1}$ και $\nu=L^2M^0T^{-1}$. Ένα υγρό είναι ιδανικό, όταν $\mu=0$ (δεν εμφανίζει εσωτερική τριβή). Το νερό και τα υγρά γενικότερα εμφανίζουν μεγάλη αντίσταση σε κάθε μεταβολή του όγκου τους και γι' αυτό πρακτικά χαρακτηρίζονται σαν *ασυμπίεστα*. Οι δυνάμεις *συνοχής* (δυνάμεις μεταξύ ομοειδών μορίων) δίνουν στο νερό χαρακτηριστική επιφανειακή τάση, σχηματίζοντας σφαιρικές σταγόνες κατά την πτώση του. Οι δυνάμεις *συνάφειας* εμφανίζονται μεταξύ ετεροειδών μορίων, δηλ. μεταξύ του νερού και των στερεών σωμάτων με τα οποία έρχεται σε επαφή.

Οι εξισώσεις που διέπουν την κίνηση των υπόγειων ροών είναι:

1) Ο *νόμος του Darcy* που περιγράφεται από την εξίσωση:

$$\vec{v} = -k \text{ grad}h \quad (1.8.1)$$

Ο νόμος του Darcy έχει θεμελιωθεί πάνω σε πειράματα υπό καθεστώς ισορροπίας (μόνιμη ροή). Δεχόμαστε όμως ότι ισχύει στιγμιαία και για τις μη μόνιμες ροές. Οι φυσικές υπόγειες ροές είναι κατά κανόνα «ανεπαίσθητα» μη μόνιμες και υπακούουν στον νόμο του Darcy.

2) Ο *νόμος της συνέχειας* (εξίσωση διατήρησης της μάζας) που εκφράζεται από τη μαθηματική σχέση:

$$\text{div } \vec{v} = 0 \longrightarrow \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \right) \quad (1.8.2)$$

Στις παραπάνω εξισώσεις το \mathbf{v} αντιστοιχεί στην ταχύτητα (m/s) με συνιστώσες \mathbf{u} , \mathbf{v} , \mathbf{w} στο τρισσορθόγωνιο σύστημα αξόνων, \mathbf{k} είναι η υδραυλική αγωγιμότητα (m/s) και το \mathbf{h} εκφράζει το πιεζομετρικό φορτίο (m).

Εισάγοντας στην εξίσωση της συνέχειας (1.8.2) τη σχέση (1.8.1) από το νόμο του Darcy και θεωρώντας το πορώδες μέσο ανομοιογενές και ανισότροπο προκύπτει η εξίσωση της διάχυσης (1.8.3):

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k_x \frac{dh}{dx} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_y \frac{dh}{dy} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k_z \frac{dh}{dz} \right) = S_s \frac{dh}{dt} \quad (1.8.3)$$

Όπου: k_x, k_y, k_z =οι τιμές της υδραυλικής αγωγιμότητας στους άξονες x, y, z

S_s =η ειδική αποθηκευτικότητα ($m-1$), που εκφράζει την ποσότητα του νερού που μπορεί ν' ανακτηθεί από ένα μοναδιαίο όγκο ενός υδροφορέα ανά μονάδα πτώσης του φορτίου.

Αν η ροή είναι **μόνιμη** ($\frac{\partial h}{\partial t} = 0$, σταθερή πιεζομετρική επιφάνεια, σταθερή ταχύτητα ροής), η ανωτέρω εξίσωση είναι ελλειπτικού τύπου και η επίλυσή της επιτυγχάνεται μόνο με τη γνώση οριακών συνθηκών.

Αντίθετα στις **μη μόνιμες ροές** ($\frac{\partial h}{\partial t} \neq 0$, η πιεζομετρική επιφάνεια αλλάζει με τον χρόνο), η εξίσωση γίνεται παραβολικού τύπου και η επίλυσή της απαιτεί τη γνώση εκτός των οριακών και των αρχικών συνθηκών.

Η αναλυτική λύση των εξισώσεων ροής είναι δυσχερής και γι' αυτό προτιμάται η αριθμητική επίλυση με τη βοήθεια πεπερασμένων διαφορών και στοιχείων.

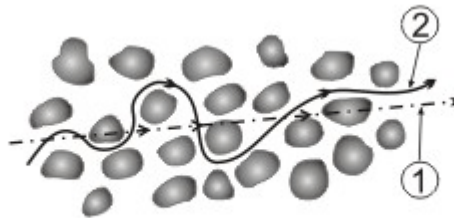
Ο νόμος του Darcy στην απλή μορφή του εκφράζεται με την εξίσωση: $v = -k \cdot i$

όπου: k =η υδραυλική αγωγιμότητα και $i = dh/dl$ η υδραυλική κλίση, που αντιπροσωπεύει τη μεταβολή του φορτίου (h) ανά μονάδα μήκους διαδρομής (l) και στην πράξη αναπαριστά την κλίση (i) της πιεζομετρικής επιφάνειας του υδροφόρου ορίζοντα μεταξύ δύο σημείων. Το πρόσημο (-) στην εξίσωση Darcy υποδηλώνει ότι η ροή γίνεται από περιοχές υψηλότερου προς περιοχές χαμηλότερου υδραυλικού φορτίου.

Η ταχύτητα που υπολογίζεται με το νόμο ονομάζεται **φαινόμενη ταχύτητα** Darcy (μακροσκοπική ταχύτητα), ενώ η **πραγματική ταχύτητα**

(μικροσκοπική ταχύτητα) ισούται με: $v=v\phi/Sy$, όπου $Sy=to$ ενεργό πορώδες.

Ένα μόριο νερού δεν κινείται ευθύγραμμα σε πορώδη μέσα, αλλά ακολουθεί μια σύνθετη τροχιά, λόγω πρόσκρουσης με τους κόκκους του μέσου και τα γειτονικά μόρια νερού (Σχ. 1.8).



Σχήμα 1.8: Θεωρητική (1) και πραγματική (2) τροχιά μορίων νερού σε πορώδες μέσο.

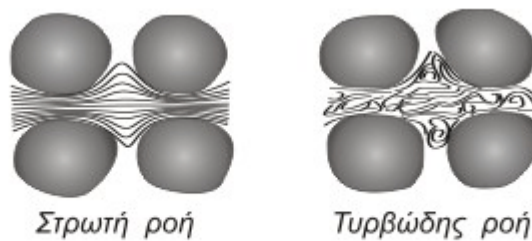
Σε γενικευμένη μορφή ο νόμος του Darcy εκφράζεται με τη σχέση:
 $Q=k.i.A$

όπου $Q=$ η παροχή και $A=$ η διατομή από την οποία περνά το νερό.

Για να ισχύει ο νόμος του Darcy πρέπει η ροή να είναι στρωτή και όχι τυρβώδης (Σχ. 1.9). Στη στρωτή ροή η ταχύτητα είναι ανάλογη με την πρώτη δύναμη της υδραυλικής κλίσης. Δείκτης για το είδος ροής αποτελεί ο **αριθμός Reynolds (R)**, που ισούται με:

$$R=\rho.v.dm/\mu$$

όπου: $\rho=$ η πυκνότητα του νερού, $v=$ η μέση ταχύτητα ροής, $dm=$ η μέση διάμετρος κόκκων του πορώδους μέσου και $\mu=$ το δυναμικό ιξώδες.



Σχήμα 1.9: Στρωτή και τυρβώδης ροή.

Στην ακόρεστη ζώνη δεν ισχύει ο τύπος του Darcy μιας και η ροή δεν είναι μονοφασική, λόγω της παρουσίας σ' αυτήν αέρα. Λόγω της μεγάλης ταχύτητας ροής, της ανισοτροπίας και της ανομοιογένειας, που εμφανίζουν τα καρστικά υδροφόρα συστήματα κατά κανόνα δεν ισχύει

σε αυτά ο νόμος του Darcy.

Η μικροσκοπική ταχύτητα σε συνθήκες ακόρεστης ροής δίνεται από τη σχέση: $v = v_f / \theta$ όπου $\theta = \theta_0$ το περιεχόμενο κατ' όγκο εδαφικό νερό.

Για ακόρεστες συνθήκες ροής ο συνδυασμός του νόμου του Darcy και της εξίσωσης της συνέχειας δίνει την παρακάτω γενική εξίσωση κίνησης του εδαφικού νερού:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(k(\theta) \frac{\partial h_p}{\partial z} \right) - \frac{\partial k}{\partial z}$$

όπου: θ το περιεχόμενο κατ' όγκο εδαφικό νερό, $k(\theta)$ η συνάρτηση κατανομής της υδραυλικής αγωγιμότητας, h_p το φορτίο πίεσης και z το φορτίο θέσης ή η απόσταση από κάποιο επίπεδο αναφοράς.

Ο υπολογισμός των συναρτήσεων $k(\theta)$ και $h_p(\theta)$ είναι δύσκολος και περιγράφονται από τις σχέσεις του van Genuchten (1980). Η ανωτέρω εξίσωση ροής στην ακόρεστη εδαφική ζώνη είναι μη γραμμική, γιατί όπως έχει προαναφερθεί η υδραυλική αγωγιμότητα εξαρτάται από το περιεχόμενο κατ' όγκο εδαφικό νερό.

Άλλα χαρακτηριστικά του νερού

Θρεπτικά άλατα

Τα διαλυμένα στο νερό θρεπτικά άλατα παίζουν καθοριστικό ρόλο στη βιολογική παραγωγικότητα. Το **άζωτο** και ο **φωσφόρος** θεωρούνται οι πλέον σημαντικοί παράγοντες για την ανάπτυξη των οργανισμών.

Το άζωτο βρίσκεται στο νερό με διάφορες μορφές: αέριο σε διάλυση, αμμωνία (ως NH_4^+ ή NH_4OH), NO_3^- , NO_2^- , οργανικό άζωτο.

Ο φωσφόρος δεν βρίσκεται ελεύθερος και στα νερά απαντά με τη μορφή ορθο-φωσφορικών ιόντων, πολυ-φωσφορικών ιόντων και ιόντων

σε οργανικές ενώσεις. Ο ολικός φώσφορος περιλαμβάνει το φώσφορο σε σωματιδιακή μορφή και τον διαλυμένο. Η συγκέντρωση των θρεπτικών παίζει σημαντικό ρόλο στην εμφάνιση του ευτροφισμού, στην υπέρμετρη δηλ. ανάπτυξη φυτικών οργανισμών σε υδάτινα σώματα με άμεση διατάραξη της οικολογικής ισορροπίας (βλ. παράγραφο 5.4).

Αιωρούμενα σωματίδια

Λόγω της διάλυσης και της αποσάθρωσης των πετρωμάτων το νερό μεταφέρει αιωρούμενα σωματίδια, πολλές φορές μη ορατά με γυμνό μάτι. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες (ρύπανση με απόβλητα) συμβάλλουν στην επιπλέον δημιουργία αιωρούμενων. Όσον αφορά τα αιωρούμενα βιολογικής προέλευσης αυτά είναι κυρίως βακτήρια και άλγη. Η παρουσία των αιωρούμενων στο νερό μειώνει τη διαύγειά του, λόγω διάχυσης του φωτός. Λειτουργούν δε ως μέσο προσρόφησης διαφόρων επιβλαβών συστατικών π.χ. βαρέων μετάλλων, οργανικών ουσιών κ.λπ. και για το λόγο αυτόν παίζουν σημαντικό ρόλο στο γεωχημικό και βιολογικό κύκλο.

Η μέτρηση των αιωρούμενων γίνεται με τη **θολότητα** σε μονάδες θολότητας. Η θολότητα είναι η ιδιότητα του νερού να προκαλεί διάχυση και απορρόφηση του φωτός, χωρίς να επιτρέπει τη διέλευσή του (Μήτρακας, 2001).

Τα φυσικοχημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά των αιωρούμενων σωματιδίων καθορίζουν την ποιότητα του νερού και τις μεθόδους επεξεργασίας του. Η απομάκρυνσή τους γίνεται με την εφαρμογή της καθίζησης, της διήθησης από στρώμα άμμου ή από γη διατόμων και της θρόμβωσης / κροκίδωσης (βλ. παράγραφο 9.5).

Οργανικές ουσίες

Οι οργανικές ουσίες προέρχονται είτε από φυσικές διαδικασίες, είτε

από ανθρωπογενείς.

Οι φυσικές οργανικές ενώσεις στο νερό προέρχονται από τις διαδικασίες αποδόμησης προϊόντων φυτικής και ζωικής προέλευσης (χουμικά συστατικά).

Οργανικές ουσίες από ανθρώπινες δραστηριότητες είναι αυτές που προέρχονται από την επεξεργασία του νερού π.χ. αλογονούχες οργανικές ενώσεις μετά τη χλωρίωση του νερού, ή ρύπανση (απορρυπαντικά, αρωματικές ενώσεις κ.λπ.). Τις τελευταίες δεκαετίες η εντατική χρήση φυτοφαρμάκων είχε ως αποτέλεσμα τη ρύπανση του υπόγειου νερού με οργανικές ενώσεις. Οι οργανοχλωριωμένες ενώσεις που χρησιμοποιούνται ως εντομοκτόνα, δεν είναι εύκολα αποδομήσιμες και αποτελούν πηγή ρύπανσης των υπόγειων νερών.

Για τον προσδιορισμό των οργανικών ενώσεων συνήθως προσδιορίζεται το σύνολο αυτών μετρώντας τον ολικό οργανικό άνθρακα (TOC) και τα ολικά οργανικά αλογόνα (TOX).

Αλληλεπίδραση νερού και περιβάλλοντος

Χημικές διαδικασίες

Διάλυση (dissolution) είναι μια από τις πιο αποτελεσματικές διαδικασίες στη χημεία των υπόγειων νερών και μπορεί να θεωρηθεί το πρώτο βήμα στη χημική εξέλιξη του νερού. Επηρεάζει και τα αέρια και τα στερεά. Τυπικές περιοχές διάλυσης αερίων από υπόγεια νερά είναι η εδαφική ζώνη, η ακόρεστη ζώνη και η ζώνη συσσώρευσης πετρελαίου και αερίων. Αέρια που αλληλεπιδρούν με το υπόγειο νερό είναι: N₂, O₂, H₂, He, Ar, CO₂, NH₃, CH₄ και H₂S.

Ενυδάτωση (hydration) είναι η είσοδος νερού στο κρυσταλλικό πλέγμα των ορυκτών ή η προσκόλληση μορίων νερού στα ιόντα διαλυμένων αλάτων. Η διεργασία αυτή οδηγεί στη δημιουργία νέων

ορυκτών, περισσότερο σύνθετων π.χ αιματίτη σε λειμωνίτη, ανυδρίτη σε γύψο. Παρατηρείται σε θειϊκά, ανθρακικά και πυριτικά άλατα, καθώς και σε μερικά οξείδια. Παίζει δε σημαντικό ρόλο σαν πρώτο βήμα της αποσάθρωσης των ορυκτών.

Υδρόλυση (hydrolysis) είναι η αντίδραση ενός ιόντος με το νερό με αποτέλεσμα τη δημιουργία OH⁻ και H⁺, σύμφωνα με τις αντιδράσεις:



Ο βαθμός υδρόλυσης είναι ανάλογος του σθένους (*Z*) και αντιστρόφως ανάλογος της ακτίνας (*r*) του ιόντος. Ο λόγος *Z/r* ονομάζεται **ιοντικό δυναμικό**.

Αντιδράσεις οξειδοαναγωγής (oxidation- reduction reactions) είναι χημικές αντιδράσεις στις οποίες μεταφέρονται ηλεκτρόνια από ένα άτομο σε ένα άλλο.

Η οξείδωση επιτυγχάνεται με αποβολή e⁻ και η αναγωγή με πρόσληψη e⁻. Η οξείδωση είναι πιο σημαντική στην ακόρεστη ζώνη, όπου υπάρχει σε αφθονία το οξυγόνο από τον ατμοσφαιρικό αέρα και το διοξείδιο του άνθρακα. Η σημασία της οξείδωσης μειώνεται γρήγορα με το βάθος

Προσρόφηση είναι η διαδικασία κατά την οποία μια ουσία προσκολλάται στην επιφάνεια των εδαφικών κόκκων ή στη διεπιφάνεια στερεών και νερού. Η έλξη οφείλεται σε ασθενείς δυνάμεις van der Waals. Η ικανότητα προσρόφησης των στερεών σωματιδίων των υδροφορέων αυξάνεται με την ειδική επιφάνεια. Τα σωματίδια της αργίλου, τα αδρομερέστερα σωματίδια με επικάλυψη από οργανικό υλικό και τα οξείδια και υδροξείδια του σιδήρου έχουν μεγάλη ειδική επιφάνεια. Συνεπώς η ικανότητα προσρόφησης σχετίζεται με την

περιεκτικότητα σε αργιλικά ορυκτά

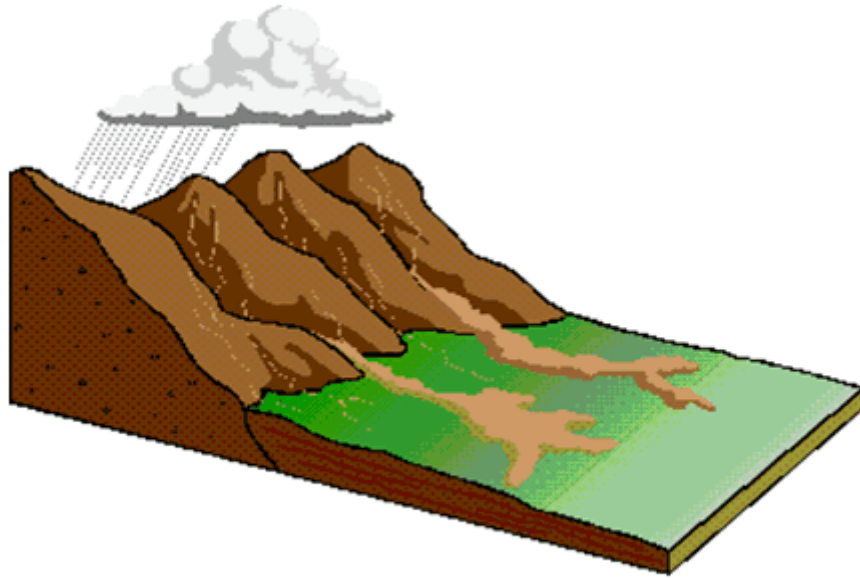
Ιοντοανταλλαγή (ion exchange) είναι η διαδικασία κατά την οποία ανταλλάσσονται ιόντα μεταξύ ρυπαντών και εδάφους, λόγω των αρνητικών επιφανειακών φορτίων που προέρχονται από τη δομή των αργιλοπυριτικών ορυκτών που υπάρχουν στο έδαφος (ηλεκτροστατική προσρόφηση).

Οι πλέον σημαντικές ουσίες ικανές για ιοντοανταλλαγή είναι τα αργιλικά ορυκτά, σε οργανικά υλικά και σε οξείδια και υδροξείδια. Παράδειγμα ιοντοανταλλαγής είναι η αντικατάσταση Na^+ από Ca^{2+} και/ή Mg^{2+} . Η ιοντοανταλλαγή οδηγεί σε απελευθέρωση Ca^{2+} και δέσμευση του Na^+ . Το υπόγειο νερό μετατρέπεται από Ca-HCO_3 σε Na-Cl υδροχημικό τύπο.

Φυσικές διαδικασίες

- **Μεταβολές στην πίεση του νερού των πόρων.** Σχετικά υψηλές ή αυξητικές πιέσεις του νερού των πόρων είναι χαρακτηριστικό στα τμήματα εκφόρτισης των υπόγειων συστημάτων ροής.

Το αποτέλεσμα είναι η αυξημένη τρωτότητα της επιφάνειας του εδάφους στη διάβρωση, κατολισθήσεις και άλλες μορφές εδαφικής κίνησης σε περιοχές εκφόρτισης (Σχ. 4.2).



Σχήμα 4.2: Εδαφικές κινήσεις λόγω της επίδρασης του νερού.

Η μεταφορά νερού στα συστήματα ροής είναι η πλέον θεμελιώδης διαδικασία του υπόγειου νερού. Εκτός από τη λειτουργία του ως μέσο μεταφοράς και τον ενεργητικό ρόλο στο υπεδάφιο περιβάλλον, το νερό αποτελεί επίσης μια συνιστώσα αυτού του περιβάλλοντος

Η μεταφορά θερμότητας από την κίνηση του υπόγειου νερού είναι μια από τις πλέον ορατές διαδικασίες. Το νερό μπορεί να περιέχει και έτσι μεταφέρει θερμότητα εξαιτίας της ειδικής ικανότητας θερμότητας. Εάν υπάρχει θερμική διαφορά μεταξύ νερού και γειτονικού περιβάλλοντος, τότε μεταφέρεται θερμότητα προς την κατεύθυνση της χαμηλότερης θερμοκρασίας.

Ο ρυθμός μεταφοράς θερμότητας εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, που περιλαμβάνουν τις θερμοδυναμικές ιδιότητες του κορεσμένου μέσου, της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ νερού και περιβάλλοντος και την ταχύτητα ροής του υπόγειου νερού. Ο μεγαλύτερος ρυθμός ανταλλαγής θερμότητας σχετίζεται με την ταχύτερη μείωση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ νερού και περιβάλλοντος.

Υδρογεωλογικό περιβάλλον (hydrogeologic environment) είναι ένα σύστημα γεωλογικών, κλιματικών και μορφολογικών παραμέτρων, που

καθορίζουν τα αρχικά χαρακτηριστικά του καθεστώτος του υπόγειου νερού (groundwater regime) σε μια δοσμένη περιοχή.

Οι έξι (6) κύριοι παράμετροι του καθεστώτος του υπόγειου νερού είναι:

1. το περιεχόμενο νερό στα πετρώματα
2. η γεωμετρία του συστήματος ροής
3. η χημική σύσταση του νερού
4. η ειδική παροχή
5. η θερμοκρασία

οι μεταβολές όλων των ανωτέρω παραγόντων με τον χρόνο.

Το κλίμα καθορίζει τις ποσότητες νερού σε μια περιοχή, καθώς και την κατανομή τους στο χρόνο.

Η μορφολογία καθορίζει την ενεργειακή κατάσταση του νερού για κίνηση.

Η γεωλογία καθορίζει τον ρυθμό ροής, τις ποσότητες νερού που αποθηκεύονται στο υπέδαφος και το χημισμό του νερού.

Πίν. 4.1: Παράμετροι που καθορίζουν το καθεστώς του υπόγειου νερού.

<i>Γεωλογία</i>	<i>Μορφολογία</i>	<i>Κλίμα</i>
Λιθολογικά και στρωματογραφικά χαρακτηριστικά Τεκτονικά στοιχεία (ρηγμάτωση, καρστ, διαρρήξεις κ.λπ.)	Μέγεθος, σχήμα τοπογραφικών εξάρσεων και ταπεινώσεων Γεωμορφικά χαρακτηριστικά	Θερμοκρασία Βροχοπτώσεις Εξάτμιση Υγρασία

Υδρολογικός κύκλος (hydrologic cycle)

Ο υδρολογικός κύκλος αντιπροσωπεύει τις διαδικασίες και τις διαβάσεις από τις οποίες το νερό κυκλοφορεί από τους οργανισμούς εδάφους και ύδατος στην ατμόσφαιρα και πίσω πάλι. Ενώ ο υδρολογικός

κύκλος είναι σύνθετης φύσης και δυναμικής στη λειτουργία του, μπορεί να απλοποιηθεί ως σύστημα νερού -σε τμήματα αποθήκευσης της στερεής , υγρής, ή αέριας ροής του ύδατος ανάμεσα στα σημεία αποθήκευσης (το σχέδιο Β.1).Οι εισαγωγές πτώσης (βροχή, χιόνι, χιονόνερο, και ούτω καθ'εξής) σε έναν υδροκρίτη επηρεάζονται σε μικρό βαθμό με το κάψιμο. Εντούτοις, η παρεμπόδιση, η διήθηση, η εξατμισοδιαπνοή, η αποθήκευση εδαφολογικής υγρασίας, και η χερσαία ροή του ύδατος μπορούν να επηρεαστούν σημαντικά από την πυρκαγιά. Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι αυτά τα συστατικά του υδρολογικού κύκλου έχουν άμεση σχέση μεταξύ τους, και επομένως, είναι δύσκολο στην πράξη να απομονωθούν οι επιδράσεις της πυρκαγιάς σε ένα συστατικό μόνο.

Πιο αναλυτικά ο υδρολογικός κύκλος (hydrologic cycle) περιλαμβάνει μια σειρά διαδικασιών με τις οποίες το νερό κυκλοφορεί μεταξύ υδρόσφαιρας, ατμόσφαιρας, ξηράς και θάλασσας. Σε αυτή την αλυσίδα το νερό εμφανίζεται με όλες τις μορφές: υγρό, αέριο (υδρατμοί), στερεό (χιόνι, χαλάζι). Το σύνολο της ενέργειας που κατευθύνει τον κύκλο του νερού προέρχεται σχεδόν αποκλειστικά από τον ήλιο.Το συνολικό φαινόμενο της κυκλοφορίας και κατανομής του νερού στην ατμόσφαιρα και τη γη μπορεί να εκφρασθεί από τη σχέση: $P=R+E+I$

Όπου:

P = τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (precipitation)

E = η πραγματική εξατμισοδιαπνοή (evapotranspiration)

R = η επιφανειακή απορροή (runoff)

I = η κατείσδυση (infiltration)

Τα παραπάνω μεγέθη μπορούν να εκφραστούν σε ύψος νερού (mm) ή σε όγκο νερού (m³) ή σε ποσοστό επί τοις εκατό (%).

Το νερό στην ατμόσφαιρα βρίσκεται με τη μορφή υδρατμών και αφού υποστεί συμπύκνωση πέφτει στην επιφάνεια της γης σε υγρή

(βροχή) ή στερεή μορφή (χαλάζι, χιόνι). Με τον όρο ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα περιλαμβάνονται όλες οι μορφές με τις οποίες το νερό φθάνει στη γη (βροχή, χιόνι, χαλάζι κ.λ.π.). Όλες οι μορφές κατακρημνισμάτων ανάγονται σε ισοδύναμο ύψος βροχής

Όσον αφορά τη χιονόπτωση, όταν δεν υπάρχουν ακριβή στοιχεία (πυκνότητα χιονιού), θεωρείται ότι 10 mm ύψος χιονιού ισοδυναμούν με 1 mm ύψος βροχής (αναλογία 10:1).

Η εξατμισοδιαπνοή αντιπροσωπεύει τις ποσότητες του νερού, που επανέρχονται στην ατμόσφαιρα με τη συνδυασμένη δράση της εξατμησης και της διαπνοής.

Εξάτμιση είναι η διαδικασία μεταφοράς, με τη μορφή υδρατμών, του νερού από την επιφάνεια της γης στην ατμόσφαιρα με σύγχρονη κατανάλωση ηλιακής ενέργειας, απαραίτητης για την αλλαγή της φάσης του νερού από υγρή σε αέρια. Με τον όρο διαπνοή εννοούνται οι διαδικασίες εκείνες με τις οποίες το νερό μεταβαίνει από την υγρή στην αέρια φάση διαμέσου του σώματος των φυτών.

Η εξατμισοδιαπνοή εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως: θερμοκρασία εδάφους-αέρα, υγρασία εδάφους-αέρα, ταχύτητα ανέμου, βαρομετρική πίεση, ηλιακή ακτινοβολία, είδος χλωρίδας, πορώδες, κ.λπ. Υπάρχουν πολλοί εμπειρικοί τύποι υπολογισμού της πραγματικής ή δυνητικής εξατμισοδιαπνοής (Turc, Coutagne, Thornthwaite κ.ά).

Η δυνητική εξατμισοδιαπνοή είναι ένας κλιματικός δείκτης και εκφράζει τη μέγιστη ποσότητα νερού που θα εξατμιζόταν ή διαπνεόταν από τα φυτά, αν τα αποθέματα ήσαν αρκετά για να αναπληρώσουν τις απώλειες.



Σχήμα Β.1: Απλοποιημένη γραφική απεικόνιση του υδρολογικού κύκλου

Η απορροή αντιπροσωπεύει το μέρος των κατακρημνισμάτων το οποίο, αφού πέσει στην επιφάνεια της γης και ένα μέρος του κατακρατηθεί για τη συμπλήρωση των αναγκών του εδάφους, παραλαμβάνεται από τους χειμάρρους και οδηγείται με τη βαρύτητα στους τελικούς αποδέκτες (θάλασσα, λίμνες). Η ολική απορροή περιλαμβάνει τόσο την επιφανειακή, όσο και την υπόγεια απορροή δηλ. το νερό το οποίο αφού αρχικά διηθηθεί βρίσκει διέξοδο και επανέρχεται στην επιφάνεια προστιθέμενο στα επιφανειακά νερά.

Κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την επιφανειακή απορροή είναι: κλιματικοί (ένταση βροχοπτώσεων, υγρασία αέρα, άνεμοι, εξάτμιση), γεωμορφολογικοί (κλίση λεκάνης απορροής, υδρογραφική πυκνότητα), λιθολογικοί (είδος πετρωμάτων, περατότητα), καθώς και το είδος της φυτοκάλυψης.

Η κατείσδυση αποτελεί τη σημαντικότερη διεργασία για τον καθορισμό της υδρο-οικονομίας μιας περιοχής γιατί συμβάλλει στην ανανέωση των αποθεμάτων των υπόγειων υδροφορέων. Αντιπροσωπεύει το μέρος εκείνο των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που διαπερνά την επιφάνεια του εδάφους και φθάνει στους υπόγειους υδροφόρους

ορίζοντες προστιθέμενο στα αποθέματα των υπόγειων νερών και μετέχει στις κινήσεις του υπόγειου νερού. Η ικανότητα κατεΐσδυσης (infiltration capacity) εξαρτάται από την υγρασία του εδάφους, τη λιθολογία, την κλίση και τον τύπο του εδάφους, τη βλάστηση, την ένταση και κατανομή των βροχοπτώσεων κ.λπ.

Μέτρο της κατεΐσδυσης είναι ο συντελεστής κατεΐσδυσης, ο οποίος εκφράζει το ποσοστό του νερού που κατεΐσδύει σε σχέση με την ολική βροχόπτωση. Οι τιμές του συντελεστή κατεΐσδυσης κυμαίνονται από 3% (φλύσχης, φυλλίτες, σχιστόλιθοι, γνεύσιοι, ηφαιστειακά πετρώματα) έως 60% (ανθρακικά πετρώματα).

Πρέπει να σημειωθεί ότι η ένταση και η συχνότητα του κύκλου εξαρτώνται από το κλίμα και τη γεωγραφική θέση της περιοχής. Ο χρόνος πραγματοποίησης του κύκλου δεν είναι σταθερός, στη διάρκεια π.χ. μιας παρατεταμένης ξηρασίας ο κύκλος μπορεί να διακοπεί. Ο κύκλος μπορεί να συντομευθεί όταν τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα πέφτουν απευθείας στη θάλασσα /λίμνες, οπότε δεν υπάρχει επιφανειακή απορροή.

Η μελέτη του υδρολογικού κύκλου γίνεται στη λεκάνη απορροής ενός ποταμού ή υδρολογική λεκάνη. Η λεκάνη απορροής καθορίζεται από τον υδροκρίτη και είναι η εδαφική έκταση από την οποία συγκεντρώνεται το σύνολο της απορροής, μέσω διαδοχικών ρευμάτων και ποταμοχειμάρρων και παροχετεύεται στη θάλασσα με ενιαίο στόμιο ποταμού, εκβολές ή δέλτα.

Παρεμπόδιση

Η παρεμπόδιση είναι η υδρολογική διαδικασία κατά την οποία οι φυτικοί θόλοι και οι συσσωρεύσεις των απορριμάτων και άλλης αποσυντιθέμενης οργανικής ουσίας στην εδαφολογική επιφάνεια

διακόπτουν την πτώση των κατακρημνισμάτων από την ατμόσφαιρα στην εδαφολογική επιφάνεια. Η παρεμπόδιση διαδραματίζει έναν υδρολογικό ρόλο της προστασίας της εδαφολογικής επιφάνειας από την ενέργεια των μειωμένων σταγόνων βροχής. Χωρίς αυτόν τον διασκεδασμό της ενέργειας, η ορυκτή εδαφολογική επιφάνεια μπορεί να γίνει συμπιεσμένη ή απομακρυνμένη από τον παφλασμό σταγόνων βροχής, ο οποίος προσκρούει έπειτα στα χαρακτηριστικά διήθησης της εδαφολογικής επιφάνειας και τις διαβάσεις του ύδατος στα συστήματα ρευμάτων μέσα σε έναν υδροκρίτη.

Ένα μεγάλο μέρος της πτώσης(που είναι παρεμποδισμένες επιστροφές στην ατμόσφαιρα από την εξάτμιση) γίνεται μια απώλεια ύδατος από την εδαφολογική επιφάνεια. Κατά συνέπεια, η παρεμπόδιση είναι ένας όρος αποθήκευσης που αφαιρείται από την ακαθάριστη πτώση που εισάγεται σε έναν υδροκρίτη στις μελέτες προϋπολογισμών ύδατος. Εντούτοις, δεν επιστρέφεται στην ατμόσφαιρα όλη η πτώση που παρεμποδίζεται από ένα φυτικό στρώμα θόλων ή απορριμάτων. Μερικό από το νερό που παρεμποδίζεται από έναν φυτικό θόλο στάζει από το φύλλωμα (μέσω της πτώσης) ή τις ροές κάτω από τους μίσχους των δέντρων στην εδαφολογική επιφάνεια (ροή μίσχων). Μια μερίδα του ύδατος που παρεμποδίζεται από τα στρώματα απορριμάτων στραγγίζει επίσης στην εδαφολογική επιφάνεια.

Υπάρχει ιδιαίτερη μεταβλητότητα στο μέγεθος της παρεμπόδισης βροχοπτώσεων από τους φυτικούς θόλους. Οι απώλειες παρεμπόδισης στα εύκρατα δάση της Βόρειας Αμερικής κυμαίνονται από 0,05 έως 0,26 ίντσες (13 έως 66 χιλ.) στα μεμονωμένα γεγονότα θύελλας (Helvey 1971, Luce 1995). Αυτό ανέρχεται σε λιγότερο από 5 και σε περισσότερο από 35 % των ετήσιων βροχοπτώσεων που εισάγονται σε έναν υδροκρίτη (Aldon 1960, Rothacher 1963, Helvey και Patric 1965, Fuhrer 1981, Roth και Chang 1981, Plamondon και άλλοι 1984). Οι απώλειες παρεμπόδισης

στις αραιά εφοδιασμένες δασώδεις και θαμνώδεις περιοχές, , και τα λιβάδια των ξηρών και ημιάγονων περιοχών είναι χαρακτηριστικά λιγότερο από 10 % των ετήσιων βροχοπτώσεων (Skau 196β, Tromble 1983, Haworth και McPherson 1991). Ανεξάρτητα από την περιοχή, εντούτοις, η παρεμπόδιση των βροχοπτώσεων αντιπροσωπεύει μια παροδική μορφή αποθήκευσης ύδατος στη φυτική κάλυψη ενός υδροκρίτη.

Η παρεμπόδιση των χιονοπτώσεων είναι δυσκολότερο να ποσολογηθεί από την παρεμπόδιση των βροχοπτώσεων, επειδή κατά ένα μεγάλο μέρος ούτε το αρχικό ποσό χιονοπτώσεων ούτε το ποσό ύδατος του χιονιού που συσσωρεύεται στο φύλλωμα των φυτικών θόλων δεν μπορεί να μετρηθεί επαρκώς. Σε πολλές καταστάσεις, ένα μεγάλο μέρος του παρεμποδισμένου χιονιού κατατίθεται τελικά στη συσσώρευση χιονιού στο έδαφος μέσω της διάβρωσης αέρα και του λιωμένου χιονιού, με το επόμενο στάλαγμα και το πάγωμα στο χιόνι του εδάφους (Hoover και Leaf 1967, Satterlund και Haupt 1970, Tennyson και άλλων 1974).

Η παρεμπόδιση είτε της βροχής είτε του χιονιού από τους φυτικούς θόλους είναι κατά ένα μεγάλο μέρος μια λειτουργία που εξαρτάται από:

- τη μορφή (βροχή ή χιόνι), την ένταση, και τη διάρκεια του γεγονότος πτώσης.
- την ταχύτητα αέρα, την κλίση υδρατμού μακριά από την παρεμπόδιση των επιφανειών, και άλλων χαρακτηριστικών θύελλας.
- τον τύπο βλάστησης (ευρείας - ή βελονοειδή φύλλα), τον αριθμό φυτικών στρωμάτων στο θόλο, και το ποσό των φύλλων στην περιοχή επιφανείας.

Μια προφανής υδρολογική συνέπεια της πυρκαγιάς από την καταστροφή των φυτικών θόλων, ή της μείωσης των συσσωρευμένων

απορριμάτων, ή και των δύο είναι τα επακόλουθα αποτελέσματά της στις απώλειες παρεμπόδισης. Είναι μια από τις μεγαλύτερες αλλαγές στην υδρολογική απάντηση της μικρής διάρκειας, αλλά μεγάλης έντασης θύελλες θερινής βροχής που επέρχονται από την πυρκαγιά. Το μεγαλύτερο μέρος του φυτικού θόλου και των απορριμάτων χάνεται εντελώς στις δριμύτατες πυρκαγιές, και κατά συνέπεια, λίγη παρεμπόδιση της πτώσης εμφανίζεται μετά την φωτιά (Bond και βαν Wilgen 1996, Pyne και άλλοι 1996, DeBano και άλλοι 1998). Η επίδραση της πυρκαγιάς στην παρεμπόδιση είναι σε αυτήν την περίπτωση μια πιθανή αύξηση στο ποσό καθαρής πτώσης που φθάνει στο χώμα επιφανείας που είναι, το ποσό throughfall. Όταν μόνο οι μικρές ποσότητες μιας φυτικής κάλυψης ή απορριμάτων καταναλώνονται σε μια πυρκαγιά χαμηλής δριμύτητας, η επίδραση της πυρκαγιάς στη διαδικασία παρεμπόδισης είναι λιγότερο έντονη. Η εμμόνη των επιπέδων αντιμετώπισης πυρκαγιάς απορριμάτων και άλλης αποσυντεθειμένης οργανικής ουσίας είναι σημαντική στην προστασία της εδαφολογικής επιφάνειας σε εκείνες τις καταστάσεις όπου η βλάστηση καταστρέφεται από την πυρκαγιά. Η αυξανόμενη εδαφολογική απώλεια μέσω των διαβρωτικών διαδικασιών είναι συχνά μια συνέπεια που εμφανίζεται όταν χάνονται οι μεγάλες ποσότητες και των δύο προστατευτικών στρωμάτων (βλάστηση και απορρίματα) στην πυρκαγιά.

Διήθηση

Διήθηση ονομάζεται η διαδικασία του ύδατος που εισάγεται στο χώμα. Το μέγιστο ποσοστό στο οποίο το νερό μπορεί να εισαγθεί στο χώμα είναι η ικανότητα διήθησης. Το νερό που διεισδύει στο χώμα είτε κινείται αργά προς τα κάτω και πλευρικά προς ένα κανάλι ρευμάτων ή

προς τα κάτω ακόμα μακρύτερα προς ένα υδροφόρο στρώμα υπόγειων νερών. Όταν περισσότερο νερό παρέχεται σε μια περιοχή από αυτό που μπορεί να διεισδύσει, τότε το περισσευούμενο νερό ρέει από την επιφάνεια, με τη διαδικασία της *χερσαίας ροής* ή *επιφάνειας απορροής*, σε ένα κανάλι ρευμάτων.

Το σχετικό ποσοστό της καθαρής πτώσης που διεισδύει στο χώμα και κινείται σε ένα κανάλι ρευμάτων ή διηθείται μέσω του χώματος στο υδροφόρο ορίζοντα υπόγειων νερών καθορίζει κατά ένα μεγάλο μέρος το ποσό και το συγχρονισμό του streamflow που εμφανίζεται τελικά σε έναν υδροκρίτη. Οι μετρήσεις διήθησης δείχνουν ότι τα ανενόχλητα δασικά χώματα έχουν τις υψηλές ικανότητες διήθησης έναντι άλλων τύπων χωμάτων (Meeuwig 1971, Johnson 1978, Johnson και Beschta 1980, Sidle και Drlica 1981). Αυτό το υψηλό ποσοστό διήθησης είναι ένας σημαντικός παράγοντας που συμβάλλει στη γενικά κρατημένη ιδέα ότι τα δάση έχουν μια επίδραση μετριασμού στα καθεστώτα streamflow.

Τα δασικά χώματα είναι γενικά πορώδη και ανοικτά στην επιφάνεια λόγω των συσσωρεύσεων της οργανικής ουσίας στην εδαφολογική επιφάνεια, του σχετικά υψηλού οργανικού περιεχομένου των δασικών χωμάτων, και του μεγάλου αριθμού μακροπόρων που εμφανίζονται ως αποτέλεσμα του γεωσκώληκα, του εντόμου, και άλλων υπόγειων ζωικών δραστηριοτήτων. Η διήθηση στα δασικά χώματα στις πιο υγρές εύκρατες περιοχές είναι γενικά υψηλότερη από αυτή που παρατηρείται στα χώματα των ξηρών και ημιάγονων περιοχών λόγω της πιο διαπερατής δομής τους και της μεγαλύτερης σταθερότητας των συνόλων (Hewlett και Troendle 1975). Οι ικανότητες διήθησης των χωμάτων στις ξηρές και ημιάγονες περιοχές είναι συχνά υψηλότερες στις περιοχές που υπάρχουν δέντρα παρά σ' αυτές που υπάρχουν θάμνοι ή χλόωδης βλάστηση (πίνακας Β.1). Ανεξάρτητα από την περιοχή, εντούτοις, οι μεταβλητές που έχουν επιπτώσεις στο τμήμα διήθησης περιλαμβάνουν:

- την εδαφολογική σύσταση, δομή, πορώδες, και ούτω καθ'εξής.
- τις συσσωρεύσεις των απορριμάτων και άλλης αποσυντεθειμένης οργανικής ουσίας στην εδαφολογική επιφάνεια.
- τη σύνθεση και τη δομή της φυτικής κάλυψης.
- τη χρήση εδάφους και τις επακόλουθες φυτικές αλλαγές, οι οποίες επηρεάζουν τις ικανότητες διήθησης πρώτιστα με την αλλαγή της αποθήκευσης εδαφολογικού ύδατος.
- ποσοστό πτώσης εναντίον της ταχύτητας διήθησης.

Ο τελευταίος παράγοντας είναι σημαντικός και εξετάζεται στα δυτικά των Ηνωμένων Πολιτειών και μέρος του νότου. Χαρακτηριστικές θερινές καταιγίδες έχουν συχνά υψηλές εκρήξεις βροχοπτώσεων αλλά μικρής διάρκειας (παραδείγματος χάριν, 10 έως 15 λεπτά συνεχόμενα στο ποσοστό των 2 ιντσών/ώρα (50 mm/hr). Αυτές οι βροχοπτώσεις είναι συχνά περιορισμένες σε 250 έως 500 στρέμματα (1 έως 2 km²) (Neary 2002).

Οι ιδιότητες διήθησης των χωμάτων αλλάζουν συχνά όταν η πυρκαγιά καταστρέφει τις καλύψεις βλάστησης και απορριμάτων σε έναν υδροκρίτη (Pyne και άλλοι 1996, DeBano και άλλοι 1998, άλλοι 2003). Όταν το κάψιμο έχει υψηλή δριμύτητα εκθέτει το γυμνό χώμα και η διήθηση μπορεί να μειωθεί λόγω:

- μιας κατάρρευσης της εδαφολογικής δομής και μιας συνεπακόλουθης αύξησης στο φαινόμενο ειδικό βάρος του χώματος λόγω της αφαίρεσης της οργανικής ουσίας, η οποία χρησιμεύει ως ένα δεσμευτικό υλικό.
- της επακόλουθης μείωσης στο εδαφολογικό πορώδες.
- των επιδράσεων σταγόνων βροχής στην εδαφολογική επιφάνεια που προκαλούν τη συμπίεση και μια περαιτέρω απώλεια εδαφολογικού πορώδους.

- των κινητικών δυνάμεων σταγόνων βροχής που προσκρούουν στη μετατόπιση των εδαφολογικών μορίων επιφάνειας και την πρόκληση μιας σφράγισης των πόρων επιφάνειας.
- υπολείμματος τέφρας και ξυλάνθρακα που φράζουν τους εδαφολογικούς πόρους.

Οι μεταβλητές που έχουν επιπτώσεις και στην ικανότητα διήθησης και στη συσσωρευτική διήθηση στο χώμα μπορούν να επηρεαστούν από την πυρκαγιά σε διαφορετικό βαθμό, με συνέπεια τη μειωμένη διήθηση (Zwolinski 1971, Biswell 1973, MaNabb και άλλοι 1989), την αυξανόμενη χερσαία ροή (DeBano και άλλες 1998, και άλλοι 2003) και τελικά την αυξανόμενη streamflow απαλλαγή. Τα ποσοστά διήθησης είναι μια

Πίνακας Β.1 - ταχύτητες διήθησης υπό τις διάφορες συνθήκες επιφάνειας.

(Προσαρμοσμένος από Hewlett 1982, πανεπιστήμιο πνευματικών δικαιωμάτων του Τύπου της Γεωργίας, Αθήνα, GA).

Συνθήκες επιφάνειας	Διήθηση	
	Ποσοστό (mm/hr)	Περιγραφή
1. άθικτο δασικό πάτωμα	>160	Πολύ γρήγορο
2. βλάστηση	5 – 50	Επιβραδύνετε
3. γυμνό χώμα	0 – 25	Πολύ για να επιβραδύνει συγκρατημένα
4. αποθητικό χώμα ύδατος	0 – 10	πολύ αργό σε κανένα

λειτουργία διάφορων παραγόντων όπως η εδαφολογική σύσταση, η βλάστηση και η κάλυψη απορριμάτων, και το εδαφολογικό πορώδες. Οι ταχύτητες διήθησης με την παρουσία απορριμάτων, μπορούν συχνά να υπερβούν τις εντάσεις βροχοπτώσεων μεγαλύτερες από 6,3 ίντσες/ώρα (μεγαλύτερη από 160 χιλ./ωρ.). Η διήθηση μειώνεται όταν μειώνονται τα μεγέθη εδαφολογικών μορίων και η κάλυψη. Οι ταχύτητες διήθησης βροχοπτώσεων λιγότερο από 1 ίντσα/ώρα (λιγότερο από 25 χιλ./ωρ.) στις γυμνές άμμους γίνονται λιγότερο από 0,2 ίντσα/ώρα (λιγότερο από 5

χιλ./ωρ.) στα αργιλώδη χώματα. Οι μεταβλητές που επηρεάζουν τη διήθηση περιλαμβάνουν:

- το φυτικό τύπο κάλυψης.
 - τη μερίδα της εδαφολογικής επιφάνειας που καλύπτεται από τις συσσωρεύσεις απορριμάτων και άλλη αποσυντεθειμένη οργανική ουσία.
 - το βάρος (βάθος) των απορριμάτων και άλλου οργανικού υλικού.
 - την εδαφολογική σύσταση, δομή, πορώδες, φαινόμενο ειδικό βάρος, και ούτω καθ'εξής.

Μια άλλη εδαφολογική ιδιότητα που επηρεάζει τη διαδικασία διήθησης είναι η **διαβρεκτικότητα** του χώματος (βλ.1^ο μέρος). Τα εδάφη σε μερικούς φυτικούς τύπους και περιοχές μπορούν να αναπτύξουν ένα χαρακτηριστικό της απωθητικότητας ύδατος μετά από το περιστατικό μιας πυρκαγιάς, η οποία (στη συνέχεια) μπορεί να μειώσει τις ικανότητες διήθησης. Αν και η παρουσία αυτών των **υδροφοβικών χωμάτων** είναι συχνή σε αυτές τις καταστάσεις, οι αιτίες αυτών των συνθηκών δεν είναι πάντα ευρέως γνωστές (DeBano 1981 2000a, b, DeBano και άλλοι 1998). Τα περισσότερα υδροφοβικά χώματα αποκρούουν το νερό ως αποτέλεσμα των οργανικών, μακροαλυσίδων υδρογονάνθρακα, "ντύνοντας" τα εδαφολογικά μόρια. Κατά συνέπεια, το νερό σχηματίζει " χάντρες " στην εδαφολογική επιφάνεια και δεν θα διαπεράσει εύκολα την επιφάνεια (βλ. εικόνα1 σελ 20), με συνέπεια μια αλλαγή στη διήθηση. Υπο αυτήν την συνθήκη,η επιταχυνόμενη χερσαία ροή και η αυξανόμενη διάβρωση επιφάνειας μπορούν να εμφανιστούν, ειδικά στις πιο απότομες κλίσεις.

Τα υδροφοβικά χώματα βρίσκονται χαρακτηριστικά στις σκασμένες θαμνώδεις περιοχές της (περιλαμβάνοντας *quercus turbinella* και άλλα sclerophyllous είδη) νότιας Καλιφόρνιας. Εντούτοις, τα υδροφοβικά

χώματα μπορούν να βρεθούν μετά από τις πυρκαγιές σε άλλους τύπους βλάστησης. Οι πυρκαγιές που εμφανίζονται συχνά σε σκασμένη περιοχή εντείνουν τον υδροφοβικό όρο και, προφανώς, εξατμίζουν τις οργανικές ουσίες που συσσωρεύονται στο στρώμα απορριμάτων στο διάστημα μεταξύ των πυρκαγιών (DeBano 1981, Dunn και άλλες 1988, DeBano και άλλα 1998). Το προκύπτον απωθητικό στρώμα ύδατος οδηγείται έπειτα βαθύτερα στην εδαφοτομή. Αυτή η ρύθμιση διάταξης σε στρώματα επιτρέπει στις βροχοπτώσεις να διεισδύσουν μόνο σε ένα περιορισμένο βάθος προτού να φθάσει το μέτωπο βροχής στο απωθητικό στρώμα ύδατος, προκαλώντας συχνά τις ταυτόχρονες αυξήσεις στο ποσό χερσαίας ροής του νερού. Το εδαφολογικό στρώμα επάνω από αυτό το απωθητικό στρώμα ύδατος διαβρώνεται επίσης εύκολα και, επομένως, έχει επιπτώσεις στην ιζηματογένεση και την παραγωγή ροής συντριμμίων μετά από την πυρκαγιά.

Μια πυρκαγιά μπορεί επίσης να επηρεάσει το μικροκλίμα μιας περιοχής με την πρόκληση των μεγαλύτερων άκρων θερμοκρασίας, αέρα και χώματος (Fowler και Helvey 1978, Pyne και άλλοι 1996, DeBano και άλλοι 1998). Στις πιο δροσερές περιοχές, αυτές οι αλλαγές θερμοκρασίας μπορούν να αυξήσουν τις δυνατότητες για τον εδαφολογικό παγετό συγκεκριμένων τύπων στη μορφή, η οποία μπορεί έπειτα να προκαλέσει μια μείωση της ικανότητας διήθησης που, επομένως, συσχετίζεται έμμεσα με το κάψιμο (Bullard 1954).

Εξατμισοδιαπνοή

Η εξάτμιση από τα χώματα, τις επιφάνειες φυτών, τους οργανισμούς ύδατος και τις απώλειες ύδατος από τον ιδρώτα των φυτών, είναι συλλογικά το τμήμα *εξατμισοδιαπνοής* του υδρολογικού κύκλου.

Μέρος του τμήματος εξατμισοδιαπνοής είναι όταν οι θόλοι βλάστησης παρεμποδίζουν την πτώση που εξατμίζεται από το φύλλωμα των φυτών.

Το τμήμα εξατμισοδιαπνοής του υδρολογικού κύκλου ενδιαφέρει τους υδρολόγους και τους διευθυντές υδροκρίτη επειδή το μέγεθός του καθορίζει κατά ένα μεγάλο μέρος το ποσοστό της συνολικής πτώσης που εισάγεται σε έναν υδροκρίτη που είναι πιθανό να γίνει τελικά χείμαρρος ή να οδηγήσει στην επαναφόρτιση υπόγειων νερών. Η εξατμισοδιαπνοή αντιπροσωπεύει επίσης το συστατικό του υδρολογικού κύκλου που επηρεάζει τις περισσότερες από τις φυτικές αλλαγές σε έναν υδροκρίτη που επέρχονται από τις προγραμματισμένες και μη σχεδιασμένες διοικητικές δραστηριότητες εδάφους. Η διαδικασία εξατμισο-εφίδρωσης ελέγχει κατά ένα μεγάλο μέρος την υδρολογική απάντηση ενός υδροκρίτη στις βροχοπτώσεις. Εντούτοις, οι υδρολόγοι και οι διευθυντές υδροκρίτη καταλαβαίνουν ακόμα, λίγα για την ίδια τη διαδικασία ή τους μηχανισμούς ανατροφοδότησης που ελέγχουν τη διαδικασία εξατμισοδιαπνοής στα φυσικά περιβάλλοντα (Morton 1990, Ffolliott 1996 και άλλοι 2003). Είναι γνωστό, εντούτοις, ότι η σύνθεση, η πυκνότητα, και η δομή των απωλειών εφίδρωσης επιρρεάζουν τις απώλειες εφίδρωσης μέσω του χρόνου. Οι διαφορές στα ποσοστά εφίδρωσης μεταξύ των κοινοτήτων φυτών και των ειδών μεμονωμένων φυτών σε έναν υδροκρίτη αποδίδονται κατά ένα μεγάλο μέρος σε:

- διαφορές στα χαρακτηριστικά των ριζών
 - αντίδραση Stomatal
 - albedo των επιφανειών φύλλων
 - μήκος της αυξανόμενης εποχής

Οι κατ' εκτίμηση τιμές εξατμισοδιαπνοής στα εύκρατα δάση της Βόρειας Αμερικής κυμαίνονται από 40 ως πάνω από 85 % της ετήσιας πτώσης. Εντούτοις, αυτές οι εκτιμήσεις της εξατμισοδιαπνοής ποικίλλουν

πολύ με τις διαφορετικές συνθέσεις και τις δομές των δασικών υπερ-ιστοριών (Monninger 1953, Thompson 1965, Johnson 1970). Σε μια κλίμακα υδροκρίτη, έχει υπολογιστεί ότι 80 έως 95 % της ετήσιας πτώσης εξατμίζονται από τις επιφάνειες εδάφους ή επιδρώνονται από τα φυτά στους δασικούς υδροκρίτες στις νοτιοδυτικές Ηνωμένες Πολιτείες, που αφήνουν μόνο 5 έως 20 % διαθέσιμο για την απορροή (Ffolliott και Thorud 1977). Σε αντίθεση, η απορροή πλησιάζει το 50 % των βροχοπτώσεων, και υπάρχουν μεγαλύτερες εισαγωγές λιωμένου χιονιού στα υψηλότερα βουνά υδροκρίτη των δυτικών Ηνωμένων Πολιτειών. Εντούτοις, το τμήμα εξατμισοδιαπνοής υπόκειται ενδεχομένως σε τροποποίηση.

Η εξατμισοδιαπνοή αντιπροσωπεύει τη μεγαλύτερη απώλεια ύδατος από την άποψη των συστατικών του υδρολογικού κύκλου. Αυτό είναι ένα πρόβλημα στις ξηρές και ημιάγονες περιοχές λόγω των χαμηλών βροχοπτώσεων (Pillsbury και άλλοι 1963, Skau 1964b, Branson και άλλοι 1976). Στις τροπικές περιοχές, η εξατμισοδιαπνοή είναι υψηλή αλλά τα διαστήματα βροχοπτώσεων είναι έντονα. Σε μερικές καταστάσεις, η αποθήκευση εδαφολογικού ύδατος μετά από το τέλος της αυξανόμενης εποχής σε αυτά τα σκληρά περιβάλλοντα είναι μηδέν, ανεξάρτητα από τον τύπο φυτικής κάλυψης, που δείχνει ότι οι μεγάλες ποσότητες πτώσης χάνονται μέσω της διαδικασίας εξατμισοδιαπνοής.

Οι διοικητικές μελέτες υδροκρίτη σε όλο τον κόσμο έχουν καταδείξει ότι streamflow μπορεί να αυξηθεί μετά από τις φυτικές αλλαγές που μειώνουν τις απώλειες εξατμισοδιαπνοής (Bosch και Hewlett 1982, Troendle 1985, Hornbeck και άλλοι 1993, Whitehead και Robinson 1993). Δηλαδή μετά από μια φυτική αλλαγή, η λιγότερη πτώση μετατρέπεται σε ατμό μέσω της διαδικασίας εξατμισοδιαπνοής, και ως συνέπεια, περισσότερο νερό είναι διαθέσιμο για το streamflow. Η βλάστηση-τροποποίηση ή η βλάστηση-αντικατάσταση της πυρκαγιάς,

επομένως, μπορεί να αλλάξει την εξατμισοδιαπνοή (Bond και βαν Wilgen 1996, Pyne και άλλοι 1996, DeBano και άλλα 1998). Η φωτιά που τροποποιεί τη σύνθεση και τη δομή της βλάστησης με την αφαίρεση του φυλλώδους όγκου θα οδηγήσει στις λιγότερες απώλειες εξατμισοδιαπνοής από έναν υδροκρίτη. Η πυρκαγιά που προκαλεί μια αντικατάσταση μεγάλης ακτινοβολίας στα δέντρα με βαθιές ρίζες ή μικρής ακτινοβολίας στους θάμνους και τις χλόες, είναι επίσης πιθανό να μειώσει τις απώλειες εξατμισοδιαπνοής. Σε καθεμία περίπτωση, η λιγότερη απώλεια εξατμισοδιαπνοής μετά από μια πυρκαγιά μεταφράζεται συχνά σε αυξανόμενο streamflow.

Αποθήκευση εδαφολογικού ύδατος

Το μέγιστο ποσό ύδατος που ένα εδαφολογικό σώμα διατηρεί ενάντια στη δύναμη της βαρύτητας είναι η *ικανότητα τομέων* του χώματος. Όταν το νερό προστίθεται σε ένα χώμα που χρεώνεται ήδη στην ικανότητα τομέων, τις υπερβολικές ροές ύδατος είτε δια ξηράς σε ένα κανάλι ρευμάτων είτε τους αγωγούς από το χώμα. Το χώμα χρεώνεται κανονικά στην ικανότητα τομέων στις περιόδους υψηλών γεγονότων πτώσης και στην έναρξη της αυξανόμενης εποχής εγκαταστάσεων. Εντούτοις, ένα μεγάλο μέρος του ύδατος που αποθηκεύεται στο χώμα καταναλώνεται από τα φυτά στις περιόδους αραιής πτώσης, όπως επίσης και με τη διαδικασία εξατμισοδιαπνοής καθώς η αυξανόμενη εποχή προχωρεί. Το έλλειμμα εδαφολογικού ύδατος που εμφανίζεται στο τέλος της αυξανόμενης εποχής είναι ικανοποιητικό όταν εμφανίζονται τα υψηλά ποσά πτώσης άλλη μια φορά.

Το ποσό αποθηκευμένου εδαφολογικού ύδατος που χάνεται στην εξατμισοδιαπνοή είναι κατά ένα μεγάλο μέρος μια λειτουργία του

φυτικού τύπου που καταλαμβάνει την περιοχή υδροκρίτη. Τα δέντρα και οι θάμνοι έχουν τις ρίζες που μπορούν να διαπεράσουν βαθιά στο χώμα και, κατά συνέπεια, είναι σε θέση να εξαγάγουν το νερό σε όλο το μέρος του εδαφολογικού σώματος. Αφ' ετέρου, οι χλόες και οι χαμηλής βλάστησης φυτά έχουν τα σχετικά ρηγά συστήματα ρίζας και είναι μόνο ικανά να χρησιμοποιήσουν το νερό στο ανώτερο πόδι του εδαφολογικού μανδύα. Το νερό που διεισδύει στην εδαφολογική επιφάνεια αποθηκεύεται στα ανώτερα στρώματα της εδαφοτομής και διηθείται μέσω του εδαφολογικού σώματος, ή και των δύο. Η φυτική αλλαγή έχει μια μικρότερη επίδραση στις ιδιότητες υπεδάφους που επηρεάζουν την αποθήκευση εδαφολογικού ύδατος σε εκείνες τις ιδιότητες που προσκρούουν στη διήθηση. Ακολουθούν, επομένως, τα αποτελέσματα της φυτικής αλλαγής κάτω από την επιφάνεια με τις εδαφολογικές ιδιότητες ότι η αποθήκευση εδαφολογικού ύδατος επιρροής δεν είναι πιθανό να επηρεάσει τους παράγοντες στον υδρολογικό κύκλο ενός υδροκρίτη (Brooks και άλλοι 2003). Εντούτοις, μια φυτική αλλαγή που έχει επιπτώσεις και στις διαδικασίες εξατμισοδιαπνοής και διήθησης μπορεί να επηρεάσει την αποθήκευση εδαφολογικού ύδατος.

Τα αποτελέσματα της πυρκαγιάς στην αποθήκευση εδαφολογικού ύδατος προκύπτουν συνήθως από την απώλεια βλάστησης από το έγκαυμα, το οποίο χαμηλώνει τις απώλειες εξατμισοδιαπνοής (DeBano και άλλοι 1998, Brooks και άλλοι 2003). Οι χαμηλότερες απώλειες εξατμισοδιαπνοής (στη συνέχεια) αφήνουν περισσότερο νερό στο χώμα στο τέλος της αυξανόμενης εποχής από αυτό που θα ήταν παρών εάν η βλάστηση δεν είχε καεί (Tiedemann και άλλα 1979, DeBano και άλλοι 1998). Οι χερσαίες ροές του ύδατος και τελικά, τα streamflow καθεστώς γίνονται πιο απαντητικές στα επόμενα γεγονότα πτώσης συνεπεία αυτής της αυξανόμενης αποθήκευσης εδαφολογικού ύδατος. Είναι συχνά πιθανό ότι τα ελλείμματα εδαφολογικού ύδατος στις καμένες περιοχές

στο τέλος της αυξανόμενης εποχής θα επιστρέψουν στα επίπεδα αντιμετώπισης πυρκαγιάς εγκαίρως εάν η φυτική κάλυψη ανακτήσει τις συνθήκες που χαρακτήριζαν τον υδροκρίτη πριν καεί.

Τα αποτελέσματα της πυρκαγιάς στην αποθήκευση ύδατος καλλιεργήσιμων χωμάτων είναι πίο μεταβλητά από εκείνα στα δασικά χώματα. Μερικοί υδρολόγοι έχουν αναφέρει ότι η αποθήκευση εδαφολογικού ύδατος είναι υψηλότερη στις καμένες περιοχές, άλλοι έχουν βρεί τη χαμηλότερη αποθήκευση εδαφολογικού ύδατος σε αυτές τις περιοχές, και ακόμα άλλοι δεν παρατήρησαν καμία αλλαγή. Οι διάφορες δριμύτητες πυρκαγιάς αναφέρονται συχνά ως λόγος για αυτές τις διαφορές. Οι αυξήσεις στις πιέσεις περιεκτικότητας πόρων σε εδαφολογικό νερό μπορούν να είναι παρόμοιες με εκείνες που παρατηρούνται μετά από τη δασική συγκομιδή (Sidle 1985).

Χερσαία ροή

Εκείνη η μερίδα της καθαρής πτώσης που ρέει από την εδαφολογική επιφάνεια ονομάζεται *χερσαία ροή*, κάλείται επίσης και *απορροή επιφάνειας*, η οποία συνεισφέρει σημαντικά σε πολλά συστήματα streamflow και ο κύρια συνεισφέρει στα περισσότερα διαλείποντα ρεύματα. Αυτή η υδρολογική διαδικασία εμφανίζεται όταν υπερβαίνει η ένταση βροχοπτώσεων ή το ποσοστό λιωμένου χιονιού την ικανότητα διήθησης μιας περιοχής. Η χερσαία ροή είναι η διάβαση που κινεί την καθαρή πτώση ο αμεσότερα προς ένα κανάλι ρευμάτων και, με αυτό τον τρόπο, παράγει γρήγορα streamflow (το εξής τμήμα καθεστώτων Streamflow συζητά τις διαβάσεις και τη διαδικασία από τις οποίες η υπερβολική πτώση γίνεται streamflow).

Η σχετική συμβολή της χερσαίας ροής στο streamflow από έναν

υδροκρίτη είναι μεταβλητή, εξαρτημένη κατά ένα μεγάλο μέρος από πόσο αδιαπέραστη είναι η εδαφολογική επιφάνεια. Η χερσαία ροή εμφανίζεται γενικά στις περιοχές που είναι αδιαπέραστες, τοπικά διαποτισμένες, ή όπου η ικανότητα διήθησης έχει ξεπεραστεί από την καθαρή πτώση ή το ποσοστό snowmelt (Satterlund και Adams 1992, ρυάκια και άλλα 2003). Κάποια χερσαία ροή μπορεί να τεθεί υπό κράτηση μέσα στις ρίζες, σε ένα κανάλι ρευμάτων από την τραχύτητα της εδαφολογικής επιφάνειας και επομένως να επιβραδύνει τη μετακίνησή της στο κανάλι. Οι επιρροές που η βλάστηση και το χώμα ασκούν στην παρεμπόδιση, την εξατμισοδιαπνοή, τις ταχύτητες διήθησης, και την περιεκτικότητα σε εδαφολογική υγρασία έχουν επιπτώσεις τελικά στο μέγεθος της χερσαίας ροής.

Η χερσαία ροή είναι ένα συγκριτικά μεγάλο συστατικό στο streamflow υδρογράφημα για τις ιδιαίτερα αδιαπέραστες περιοχές όπως τα αστικά τοπία, είναι χαρακτηριστικά ασήμαντη για τους δασικούς υδροκρίτες με τα καλά αποστραγγιζόμενα και βαθιά χώματα, αλλά είναι ένα πρόβλημα όπου τα χώματα είναι ρηχά, δύσκολα, ή τέλεια κατασκευασμένα (όπως η υψηλή περιεκτικότητα σε άργιλο ή βούρκου).

Μια αύξηση στη χερσαία ροή παρατηρείται συχνά όταν μια πυρκαγιά μειώνει τα ποσοστά παρεμπόδισης και διήθησης. Αυτό είναι ένας σημαντικός παράγοντας στις παρατηρηθείσες αυξήσεις στο streamflow και την πλημμύρα peakflows, ιδιαίτερα μετά από τις υψηλής δριμύτητας πυρκαγιές. Μια υψηλής δριμύτητας πυρκαγιά μπορεί να καταναλώσει όλα ή σχεδόν όλο το προστατευτικό στρώμα φυτικής κάλυψης και απορριμάτων πέρα από τις εκτενείς περιοχές υδροκρίτη, παράγοντας μια σημαντική επίδραση στο μέγεθος της χερσαίας ροής και, όπως συζητείται κατωτέρω, στο streamflow από έναν υδροκρίτη (Tiedemann και άλλοι 1979, Baker 1990, DeBano και άλλα 1998). Ο σχηματισμός των υδροφοβικών χωμάτων μετά από την πυρκαγιά μειώνει

επίσης τη διήθηση, αυξάνει τη χερσαία ροή, και επιταχύνει την παράδοση της χερσαίας ροής στα κανάλια ρευμάτων (Hibbert και άλλα 1974, Scott και Van Wyk 1990). Η εμμόνη της αυξανόμενης χερσαίας ροής μετά από την πυρκαγιά αφορά το ποσοστό στο οποίο οι καμένες περιοχές γίνονται revegetated. Το ορισμένο κάψιμο έχει συχνά τη μέγιστη υδρολογική επιρροή του στις διαδικασίες διήθησης και, κατά συνέπεια, στη δυνατότητα για την αυξανόμενη χερσαία ροή.

Διαβάσεις και διαδικασίες

Πρίν εξετάσουμε πώς η πυρκαγιά έχει επιπτώσεις streamflow στα καθεστώτα, εντούτοις, είναι χρήσιμο να αναθεωρηθούν οι διαβάσεις και οι διαδικασίες της ροής του νερού από ενός υδροκρίτη hillslope σε ένα κανάλι ρευμάτων. Το υπερβολικό ύδωρ αντιπροσωπεύει εκείνη την μερίδα της συνολικής πτώσης που οι ροές προέρχονται από την επιφάνεια εδάφους συν αυτήν από τους αγωγούς και από το χώμα, οι οποίες, ούτε καταναλώνονται από την εξατμισοδιαπνοή ούτε διαρρέουν στα βαθιά υδροφόρα στρώματα υπόγειων νερών (πίνακας Β.2). Διάφορες διαβάσεις από τις οποίες το υπερβολικό νερό γίνεται τελικά streamflow (Brooks και άλλοι 2003) περιλαμβάνουν:

- παρεμπόδιση της πτώσης που περιέρχεται άμεσα σε ένα κανάλι ρευμάτων, μια διάβαση streamflow καλούμενη η παρεμπόδιση καναλιών.
- χερσαία ροή (βλ. παραπάνω).
- κάτω από την επιφανειακή ροή που αντιπροσωπεύει το μέρος της πτώσης που διεισδύει στο χώμα και φθάνει σε ένα κανάλι ρευμάτων σε μια αρκετά μικρή χρονική περίοδο που θεωρείται

μέρος του υδρογραφήματος της ροής θύελλας. Τα τμήματα ροής θύελλας ενός υδρογραφήματος είναι το ποσό της παρεμπόδισης καναλιών, της χερσαίας ροής, και της υπόγειας ροής.

Είναι σχεδόν αδύνατο να χωριστούν οι διαβάσεις της ροής του νερού στις περισσότερες έρευνες για τις απαντήσεις streamflow στα αποτελέσματα της πυρκαγιάς ή άλλων διαταραχών υδροκρίτη (Dunne και Leopold 1978, Satterlund και Adams 1992, DeBano και άλλοι 1998, Brooks και άλλοι 2003).

Το σχήμα Β.2 απεικονίζει την έννοια για το πώς ένα σύστημα καναλιών ρευμάτων επεκτείνεται κατά τη διάρκεια της πτώσης. Είναι σημαντικό να γίνει κατανοητή αυτή η έννοια προκειμένου να γίνει κατανοητή η υδρολογική απάντηση ενός υδροκρίτη και των συστατικών περιοχών του, ιδιαίτερα μετά από διαταραχές όπως η πυρκαγιά. Σημαντικές υδρολογικές και γεομορφικές διαδικασίες (η μεταφορά ιζημάτων, διάβρωση, ζημία βιότοπων ψαριών, παρόχθια ζημία βλάστησης, θρεπτική μεταφορά, ξύλινη μεταφορά συντριμμίων και απόθεση, και ούτω καθ'εξής) εμφανίζονται κατά τη διάρκεια των ροών θύελλας όταν οι όγκοι και οι ταχύτητες ύδατος εμφανίζουν τις υψηλότερες τιμές τους. Οι χαμηλής δριμύτητας πυρκαγιές συνήθως δεν έχουν επιπτώσεις στις διαβάσεις ροής που παρουσιάζονται στο σχήμα Β.2, αλλά οι αυστηρές πυρκαγιές μετατοπίζουν περισσότερο την μετακίνηση του ύδατος στη μη διεισδυμένη "πλευρά" ύδατος του διαγράμματος ροής. Το μέγεθος και η διάρκεια της ροής θύελλας είναι μια λειτουργία της έντασης και της διάρκειας της πτώσης καθώς επίσης και ένας παράγοντας αποκαλούμενος συνθήκη υδροκρίτη.

Συνθήκη υδροκρίτη

Ο συγχρονισμός, το μέγεθος, και η διάρκεια μιας απάντησης stormflow στην πυρκαγιά είναι κατά ένα μεγάλο μέρος μια λειτουργία της υδρολογικής συνθήκης υδροκρίτη. Η **συνθήκη υδροκρίτη** είναι ένας όρος που περιγράφει τη δυνατότητα ενός συστήματος υδροκρίτη να παραληφθεί και να υποβληθεί σε επεξεργασία η πτώση χωρίς το οικοσύστημα να υποστεί υδρολογική υποβάθμιση (Brooks και άλλοι 2003).

Πίνακας Β.2 - ετήσιες εισαγωγές πτώσης και επακόλουθα ετήσια σύνολα streamflow για τους διαφορετικούς φυτικούς τύπους. (Προσαρμοσμένος από Dortignac 1956).

Ζώνη βλάστησης	Πτώση <i>mm</i>	Απορροή <i>mm</i>	Streamflow ως τοίς εκατό της πτώσης	Ύψος <i>m</i>
ερυθρελάτες έλατο	772	241	29.0	2,740
Λιβάδι βουνών	584	152	26.0	2,440
Πεύκο Ponderosa	584	97	17.0	2,290
Sagebrush	386	20	5.3	1,520
Pinyon-ιουνίπερος	363	10	2.8	1,520
Ημιάγιο λιβάδι	310	3	0.8	1,520

Μια αυστηρή πυρκαγιά μπορεί να αλλάξει τη συνθήκη ενός υδροκρίτη, εντούτοις, μειώνοντας το σε μια γενικά πιο κακή κατάσταση. Με την κακή συνθήκη υδροκρίτη, το ποσό διεισδυμένων βροχοπτώσεων μειώνεται σημαντικά, η υπερβολικότερη πτώση ρέει έπειτα πέρα από την επιφάνεια του χώματος, και υπάρχει ελάχιστη ή καμία βασική ροή μεταξύ των θυελλών. Τα ποσοστά διάβρωσης είναι σχετικά υψηλότερα λόγω της υπερβολικής χειρσαίας ροής. Οι υδροκρίτες στις ξηρές ή ημιάγιονες περιοχές με τα δύσκολα και λεπτά χώματα σχεδόν πάντα λειτουργούν υδρολογικά με αυτόν τον τρόπο λόγω του έμφυτου κλίματος, των χωμάτων, και των φυτικών χαρακτηριστικών γνωρισμάτων τους. Αυτοί οι υδροκρίτες είναι επιρρεπείς σε καταστροφές προερχόμενες από ξαφνική πλημμύρα.

Η συνθήκη υδροκρίτη σε ένα χρονικό σημείο ελέγχεται κατά ένα μεγάλο μέρος από τη σύνθεση και την πυκνότητα της φυτικής κάλυψης,

των συσσωρεύσεων των απορριμάτων και άλλου οργανικού υλικού, και του ποσού εκτεθειμένων βράχων και γυμνών χωμάτων που χαρακτηρίζει τον υδροκρίτη. Μια πυρκαγιά υψηλής δριμύτητας μπορεί να καταστρέψει το στρώμα βλάστησης και απορριμάτων σε έναν υδροκρίτη και να αλλάξει τις σωματικές ιδιότητες του χώματος, τις ικανότητες διήθησης και διείδυσης του χώματος που προσκρούεται επιβλαβώς (βλ.το 2^ο μέρος). Στη συνέχεια, αυτά τα αθροιστικά αποτελέσματα πυρκαγιάς μπορούν να αλλάξουν τη συνθήκη υδροκρίτη σε καλή στα φτωχά χώματα, με συνέπεια τις συνεχώς αυξανόμενες χερσαίες ροές, τη διάβρωση, και την εδαφολογική απώλεια. Μια αναλογία σε αυτήν την κατάσταση είναι μια απώλεια λειτουργίας στο ανθρώπινο δέρμα με την αυξανόμενη δριμύτητα του καψίματος. Δεδομένου ότι η συνθήκη υδροκρίτη επιδεινώνεται, οι έμφυτες υδρολογικές διαδικασίες αλλάζουν, αυξάνοντας την πιθανότητα των δυσμενών υδρολογικών αντιδράσεων στην πυρκαγιά. Η αλλαγή στις ταχύτητες διήθησης που πηγαινούν από "καλό" (άθικτο δασικό πάτωμα)"στους φτωχούς" (γυμνό χώμα συν την απωθητικότητα ύδατος) είναι ένα παράδειγμα αυτής της αντίδρασης.

Απαλλαγή Streamflow

Η *απαλλαγή streamflow* για ένα διευκρινισμένο χρονικό διάστημα (έτος, μήνας, εποχή, και ούτω καθ'εξής) απεικονίζεται από το stormflow, baseflow, ή τους συνδυασμούς των δύο διαβάσεων. Το Stormflow προκύπτει άμεσα από μια βροχοπτώση ή λιώσιμο χιονιού. Όταν η βλάστηση και η οργανική ουσία στην εδαφολογική επιφάνεια καταστρέφονται από την πυρκαγιά, η παρεμπόδιση και η εξατμισοδιαπνοή μειώνονται, η διήθηση μειώνεται, και η χερσαία ροή

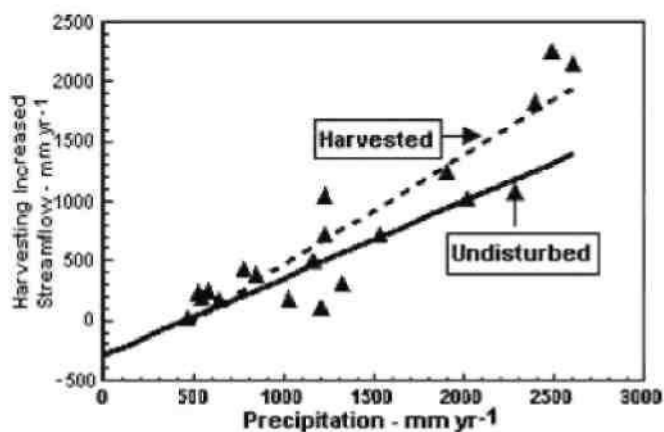
και η υπόγεια ροή μπορούν να αυξηθούν. Στη συνέχεια, οι αυξήσεις στη χερσαία ροή και την υπόγεια ροή μεταφράζονται συχνά σε:

- αυξήσεις στο stormflow από τον καμένο υδροκρίτη.
- αυξάνεται στο baseflow εάν το ρεύμα είναι αιώνιο στη ροή του.
- αυξάνεται στην απαλλαγή streamflow συνεπεία των αυξήσεων στο stormflow, baseflow, ή και στα δύο.

Τα αποτελέσματα της πυρκαγιάς στην περιοχή πρέπει να καθοριστούν αρχικά, και αυτά τα αποτελέσματα μπορούν έπειτα να αξιολογηθούν μέσα στο πλαίσιο του ολόκληρου υδροκρίτη για να καθορίσουν τις απαντήσεις της απαλλαγής streamflow και, γενικότερα, τις άλλες αλλαγές σε ένα καθεστώς streamflow σε μια πυρκαγιά. Καθοριστικά τα αποτελέσματα μιας πυρκαγιάς στην περιοχή μπορούν να είναι σχετικά απλά μέσω των κατάλληλων μετρήσεων και οι αξιολογήσεις, που καθορίζουν τα αποτελέσματα της πυρκαγιάς σε μια κλίμακα υδροκρίτη να είναι δυσκολότερες (Pyne και άλλοι 1996, DeBano και άλλες 1998). Σχετικά με την απαλλαγή streamflow στην έξοδο ενός υδροκρίτη, τα αποτελέσματα της πυρκαγιάς στο συγχρονισμό μπορούν να μικραίνουν και το μέγεθος μπορεί να κινείται προς τα κάτω.

Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η πυρκαγιά έχει συχνά μια επιρροή στην απαλλαγή streamflow, ειδικά μια πυρκαγιά υψηλής δριμύτητας. Τα συνδυασμένα αποτελέσματα μιας απώλειας φυτικής κάλυψης, μιας μείωσης στις συσσωρεύσεις των απορριμάτων και άλλης αποσυντεθειμένης οργανικής ουσίας στην εδαφολογική επιφάνεια, και του πιθανού σχηματισμού των αποθητικών χωμάτων ύδατος είναι μεταξύ των αιτιολογικών μηχανισμών για την αύξηση στην απαλλαγή streamflow (Tiedemann και άλλοι 1979, Baker 1990, Pyne και άλλοι 1996, DeBano και άλλοι 1998,). Ενώ οι αυξήσεις στην απαλλαγή streamflow είναι ιδιαίτερα μεταβλητές, είναι γενικά μεγαλύτερες στις

περιοχές με την υψηλότερη πτώση όπως εμφανίζονται από μελέτες στις Ηνωμένες Πολιτείες και αλλού (σχέδιο Β.3).



Σχέδιο Β.3 - ετήσια απάντηση streamflow στη συγκομιδή και την πτώση ξυλείας.

Ποιότητα νερού

Η ποιότητα νερού αναφέρεται στα φυσικά, χημικά, και βιολογικά χαρακτηριστικά του ύδατος σχετικά με μια ιδιαίτερη χρήση. Τα σημαντικά χαρακτηριστικά ενδιαφέροντα για τους υδρολόγους και τους διευθυντές υδροκρίτη περιλαμβάνουν το ίζημα, τη θερμοκρασία ύδατος, και τα διαλυμένα χημικά συστατικά όπως το άζωτο, ο φώσφορος, το ασβέστιο, το μαγνήσιο, και το κάλιο. Η βακτηριολογική ποιότητα είναι επίσης σημαντική εάν το ύδωρ χρησιμοποιείται για την ανθρώπινη κατανάλωση ή την αναψυχή. Αυτό συμβαίνει με πολλά ύδατα που βγαίνουν από δασικά εδάφη, αλλά είναι και μέσα σε αυτά.

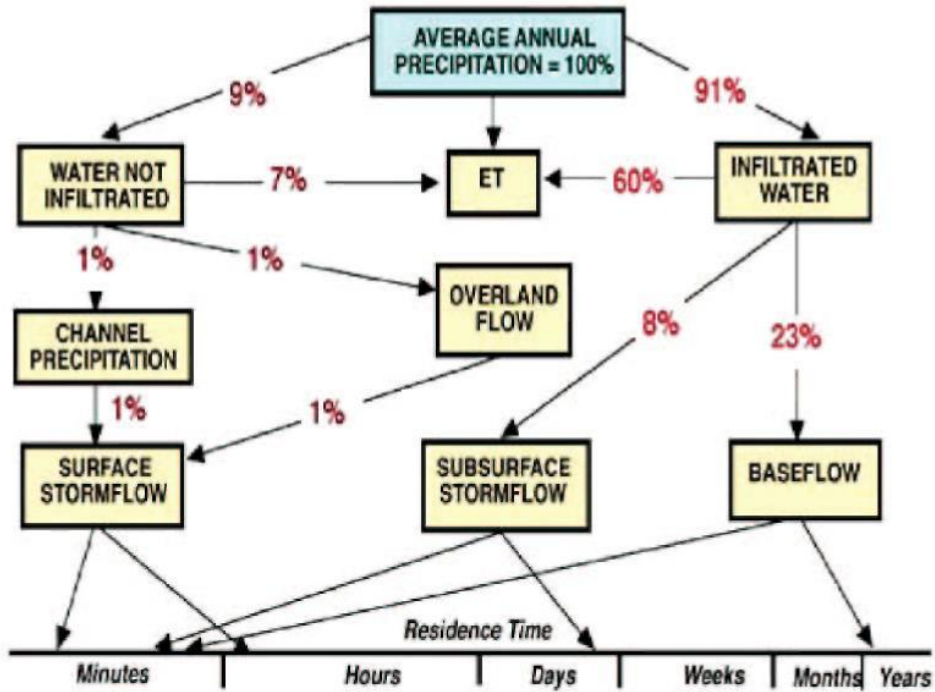
Πρότυπα ποιότητας νερού αναφέρονται στα φυσικά, χημικά, ή βιολογικά χαρακτηριστικά του ύδατος σε σχέση με μια διευκρινισμένη χρήση. Οι αλλαγές στην ποιότητα νερού λόγω μιας διοικητικής πρακτικής υδροκρίτη ή οι φυσικές και ανθρώπινος-προκαλούμενες διαταραχές μπορούν να κάνουν το νερό ακατάλληλο για την

κατανάλωση. Εντούτοις, να είναι αποδεκτό για άλλες χρήσεις. Σε μερικές περιπτώσεις, οι νόμοι ή οι κανονισμοί αποτρέπουν τα χαρακτηριστικά ποιότητας νερού από το να γίνουν υποβιβασμένα στο σημείο όπου πρότυπα ποιότητας νερού διακυβεύονται (DeBano και άλλοι 1998, Landsberg και Tiedemann 2000,). Ο κύριος σκοπός αυτών των νόμων και κανονισμών διατηρεί την ποιότητα του ύδατος για μια πιθανή και ίσως απρόβλεπτη μελλοντική χρήση.

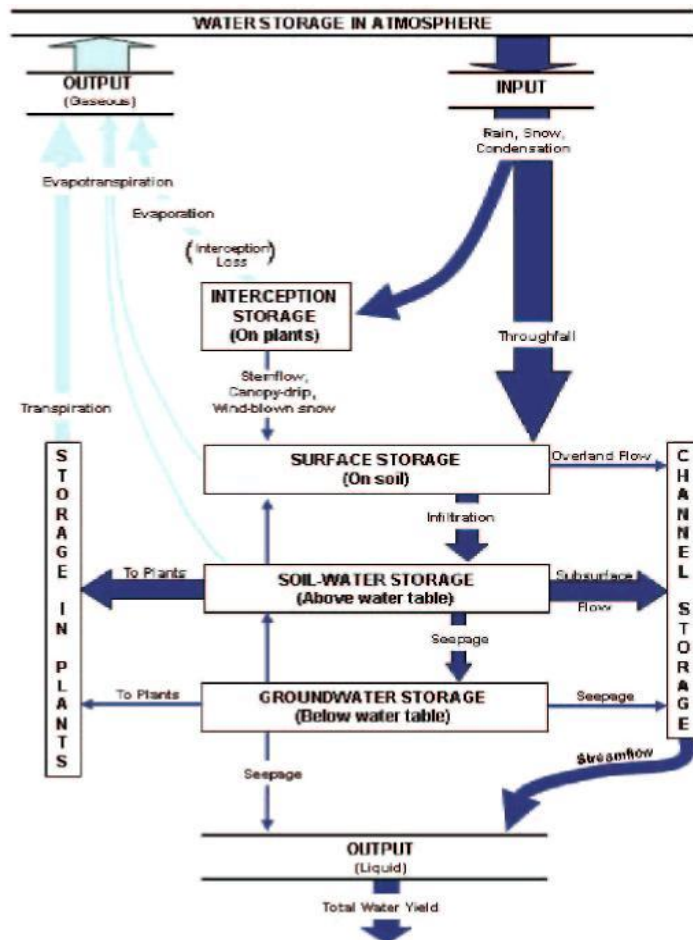
Τα δυσμενέστερα αποτελέσματα από τις πυρκαγιές στα πρότυπα ποιότητας νερού προέρχονται από τα φυσικά αποτελέσματα του ιζήματος και της τέφρας που κατατίθενται στα ρεύματα.

Οι αλλαγές στον υδρολογικό κύκλο που προκαλείται από τις πυρκαγιές μπορούν να έχουν επιπτώσεις στο ποσοστό εδαφολογικής διάβρωσης, και την μεταφορά και την απόθεση του διαβρωμένου χώματος ως ίζημα στα ρεύματα, τις λίμνες, και τις δεξαμενές (DeBano και άλλοι 1998).

Η διατήρηση μιας φυτικής κάλυψης ή μιας κάλυψης των απορριμάτων και άλλου οργανικού υλικού στην εδαφολογική επιφάνεια είναι ο καλύτερος τρόπος πρόληψης για αποφυγή υπερβολικών ποσοστών εδαφολογικής διάβρωσης. Εντούτοις, η πυρκαγιά μπορεί να αφαιρέσει αυτές τις προστατευτικές καλύψεις και να επιταχύνει την εδαφολογική διάβρωση (Dunne και Leopold 1978, Satterlund και Adams 1992). Η αυξανόμενη εδαφολογική διάβρωση είναι συχνά η πιο βιώσιμη επίδραση μιας πυρκαγιάς εκτός από την απώλεια βλάστησης με το κάψιμο.



Σχέδιο Β.2 - εισαγωγές, αποτελέσματα, και ροές του ύδατος στους δασικούς υδροκρίτες.



Σχήμα Β.4 - σχέση μεταξύ των διαβάσεων της ροής από έναν υδροκρίτη και του επακόλουθου streamflow υδρογραφήματος. (Προσαρμοσμένος από τον Άντερσον και άλλους 1976).

Κεφάλαιο 3

Αποτελέσματα πυρκαγιάς με χρήση προτύπων εδαφολογικής διάβρωσης

Εισαγωγή

Σε πολλές περιπτώσεις, οι αποφάσεις για την πυρκαγιά πρέπει να ληφθούν σε άμεσα χρονικά πλαίσια και με περιορισμένες πληροφορίες. Τα πρότυπα αποτελεσμάτων πυρκαγιάς έχουν αναπτυχθεί ή προσαρμοστεί για να βοηθήσουν τη γη και τους διευθυντές πυρκαγιάς να λάβουν τις αποφάσεις σχετικά με τα πιθανά και πραγματικά αποτελέσματα και των ορισμένων πυρκαγιών και των πυρκαγιών στους πόρους οικοσυστήματος (εικόνα Γ.1). Τα πρότυπα αποτελεσμάτων πυρκαγιάς και σχετικά πρότυπα διάβρωσης και απορροών εφαρμόζουν την καλύτερη αντιμετώπιση πυρκαγιάς στις κρίσιμες διοικητικές αποφάσεις. Αυτά τα πρότυπα υποβάλλονται στη σταθερή αναθεώρηση και ενημερώνουν για να καταστήσουν τις πιο πρόσφατες πληροφορίες διαθέσιμες στους διευθυντές πυρκαγιάς χρησιμοποιώντας το υλικό και το λογισμικό υπολογιστών κατάστασης προόδου. Η χρήση αυτών των προτύπων απαιτεί μια υποχρέωση να γίνουν κατανοητές οι υποθέσεις τους, τα οφέλη, και οι ανεπάρκειες, και μια δέσμευση για τη σταθερή επαγγελματική ανάπτυξη.



Εικόνα Γ1 - οι πυρκαγιές ακαλλιέργητης περιοχής όπως η πυρκαγιά Rodeo- Chediski του 2002 έχουν επιπτώσεις στην πλήρη σειρά των φυσικών, χημικών, και βιολογικών συστατικών των οικοσυστημάτων. (Φωτογραφία από την Υπηρεσία του Δασικού Εφαρμογής USDA).

Πρώτο πρότυπο μοντέλο αποτελεσμάτων πυρκαγιάς

Πρώτο πρότυπο μοντέλο αποτελεσμάτων οργανωμένης πυρκαγιάς είναι ένα πρόγραμμα υπολογιστών που αναπτύχθηκε για να ικανοποιήσει τις ανάγκες των διευθυντών, των αρμόδιων για το σχεδιασμό, και των αναλυτών των πόρων που προγραμματίζουν τα αποτελέσματα πυρκαγιάς. Το πρόγραμμα παρέχει τις ποσοτικές προβλέψεις των αποτελεσμάτων πυρκαγιάς για τον προγραμματισμό των ορισμένων πυρκαγιών που ολοκληρώνουν καλύτερα τις ανάγκες των πόρων, για την αξιολόγηση του αντίκτυπου, και για το μεγάλης ακτίνας προγραμματισμό και τη χάραξη πολιτικής. Αναπτύχθηκε από τα μακροπρόθεσμα στοιχεία αποτελεσμάτων πυρκαγιάς, ενώ τα δεδομένα συλλέχθηκαν από την Υπηρεσία του Δασικού Εφαρμογής USDA και άλλους επιστήμονες στις Ηνωμένες Πολιτείες και τον Καναδά (εικόνα Γ 1).



Εικόνα Γ.2 – Από την ανάπτυξη των Πρότυπων Μοντέλων Αποτελεσμάτων Πυρκαγιάς και άλλα πρότυπα αποτελεσμάτων πυρκαγιάς προήλθαν τα μακροπρόθεσμα στοιχεία αποτελεσμάτων πυρκαγιάς που συλλέχθηκαν από από την Υπηρεσία του Δασικού Εφαρμογής USDA και άλλους επιστήμονες πέρα από τη Βόρεια Αμερική. (Φωτογραφία από την Υπηρεσία του Δασικού Εφαρμογής USDA).

Περιγραφή, επισκόπηση, και χαρακτηριστικά γνωρίσματα

Τα πρώτα αποτελέσματα ορισμένης πυρκαγιάς είναι εκείνα που αφορούν άμεσα ή έμμεσα τις συνέπειες της πυρκαγιάς. Τα πρώτα αποτελέσματα ορισμένης πυρκαγιάς αποτελούν μια σημαντική βάση για τα δευτεροβάθμια αποτελέσματα όπως η διαδοχή εγκαταστάσεων αναγέννησης δέντρων, η εδαφολογική διάβρωση, και οι αλλαγές στην παραγωγικότητα περιοχών. Αυτά τα μακροπρόθεσμα αποτελέσματα περιλαμβάνουν γενικά την αλληλεπίδραση με πολλές μεταβλητές (παραδείγματος χάριν, καιρός, ζωική χρήση, έντομα, και ασθένεια) και δεν προβλέπονται από αυτό το πρόγραμμα. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα προβλέπει την κατανάλωση καυσίμων, την παραγωγή καπνού, και τη θνησιμότητα δέντρων. Ο τομέας της δυνατότητας εφαρμογής είναι σε εθνικό επίπεδο στους δασικούς και μη τύπους βλάστησης. Το πρόγραμμα περιέχει επίσης έναν τρόπο προγραμματισμού για την ανάπτυξη “συνταγών” πυρκαγιάς.



Εικόνα Γ3 Ερευνητές παίρνουν δείγματα καμένων εδαφών για να τα εξετάσουν.

Εφαρμογές, πιθανές χρήσεις, ικανότητες, και στόχοι

Το πρόγραμμα καθιστά τα ερευνητικά αποτελέσματα αποτελεσμάτων πυρκαγιάς εύκολα διαθέσιμα στους διευθυντές. Οι πιθανές χρήσεις περιλαμβάνουν την αξιολόγηση του αντίκτυπου πυρκαγιών, την ανάπτυξη των προδιαγραφών διάσωσης, το σχέδιο των συνταγών πυρκαγιάς, την περιβαλλοντική εκτίμηση, και το διοικητικό προγραμματισμό πυρκαγιάς. Το πρόγραμμα μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί στον πραγματικό χρόνο, υπολογίζοντας γρήγορα τη θνησιμότητα δέντρων, την παραγωγή καπνού, και την κατανάλωση καυσίμων των πυρκαγιών σε εξέλιξη.

Πεδίο και αρχικές γεωγραφικές εφαρμογές

Το πρόγραμμα χρησιμοποιεί τέσσερις γεωγραφικές περιοχές: Ειρηνική δύση, εσωτερική δύση, βορειοανατολικά, και νοτιοανατολικό σημείο. Οι δασικοί τύποι κάλυψης παρέχουν ένα πρόσθετο επίπεδο ανάλυσης μέσα σε κάθε περιοχή, και τους τύπους βλάστησης SAF και FRES για να στρωματοποιήσουν τα στοιχεία και τις μεθόδους. Οι γεωγραφικοί περιοχές και οι τύποι κάλυψης χρησιμοποιούνται και ως τμήμα του κλειδιού επιλογής αλγορίθμου, και επίσης ως κλειδί για να προκαθορίσουν τις τιμές εισαγωγής. Το πρόγραμμα περιέχει τις εξισώσεις στοιχείων και πρόβλεψης που ισχύουν σε όλες τις Ηνωμένες Πολιτείες για τους περισσότερους τύπους βλάστησης δασών και οροσειρών που δοκιμάζουν την πυρκαγιά.

Μεταβλητές εισαγωγής και απαιτήσεις στοιχείων

Το πρόγραμμα σχεδιάστηκε έτσι ώστε οι απαιτήσεις στοιχείων να είναι ελάχιστες και εύχρηστες. Οι προκαθορισμένες αξίες παρέχονται για σχεδόν όλες τις εισαγωγές, αλλά οι χρήστες μπορούν να τροποποιήσουν οποιαδήποτε ή όλες τις προεπιλογές για να παρέχουν τις συνήθεις εισαγωγές.

Παραγωγή, προϊόντα, και απόδοση

Το πρόγραμμα υπολογίζει τα άμεσα αποτελέσματα της ορισμένης πυρκαγιάς ή της τυχαίας πυρκαγιάς. Υπολογίζει την κατανάλωση καυσίμων από το τμήμα καυσίμων για το δασικό πάτωμα, τα απορρίματα, τα μικρά και μεγάλα ξύλινα καύσιμα, τα χορτάρια, τους θάμνους, την αναγέννηση δέντρων, το φύλλωμα και τα κλαδιά. Υπολογίζει επίσης την ορυκτή εδαφολογική έκθεση, την παραγωγή καπνού του μονοξειδίου του άνθρακα (CO), PM10, και PM2.5, και τα τοις εκατό θνησιμότητας δέντρων από τα είδη και την κατηγορία μεγέθους. Εναλλακτικά, εάν ο χρήστης εισάγει τα επιθυμητά επίπεδα αυτών των αποτελεσμάτων πυρκαγιάς, το πρόγραμμα υπολογίζει την υγρασία των καυσίμων και τις εντάσεις πυρκαγιάς που πρέπει να οδηγήσουν στα επιθυμητά αποτελέσματα.

Πλεονεκτήματα, οφέλη, και μειονεκτήματα

Το πρόγραμμα είναι εύχρηστο, ισχύει για τους περισσότερους τύπους βλάστησης και γεωγραφικές περιοχές, συνθέτει και παρέχει μια

ευρεία σειρά των διαθέσιμων ερευνητικών αποτελεσμάτων, ενσωματώνει τους τρόπους προγραμματισμού και πρόβλεψης, και παρέχει ένα ευρύ φάσμα των στοιχείων υπό μορφή εισαγωγών προεπιλογής για τους διαφορετικούς τύπους βλάστησης και καυσίμων. Το κύριο μειονέκτημα είναι ότι το πρόγραμμα δεν συνδέεται αυτήν την περίοδο με οποιαδήποτε άλλα πρότυπα (συμπεριφορά πυρκαγιάς, διασπορά καπνού, διαδοχή μετά πυρκαγιάς).

Πρότυπα για τη θερμότητα και την υγρασία - Μεταφορά στα χώματα

Η μεταφορά της θερμότητας στο χώμα κάτω από μια πυρκαγιά παράγει έναν μεγάλο αριθμό αποτελεσμάτων πυρκαγιάς στις φυσικές, χημικές, και βιολογικές ιδιότητες των χωμάτων (Hungerford 1990) που περιλαμβάνουν:

- θνησιμότητα και τραυματισμός φυτών
 - θνησιμότητα και τραυματισμός εδαφολογικών οργανισμών
 - θερμική αποσύνθεση της οργανικής ουσίας
 - οξείδωση ή αεριοποίηση των χημικών συστατικών της ανώτερης εδαφοτομής άλλες φυσικοχημικές αλλαγές

Για να προβλέψουμε τη φύση και την έκταση αυτών των αποτελεσμάτων, πρέπει να καταλάβουμε τα σχεδιαγράμματα θερμοκρασίας μέσα στο χώμα κάτω από τις καμένες περιοχές (Albini και άλλα 1996). Τα σχεδιαγράμματα θερμοκρασίας μετριοούνται σπάνια στις πραγματικές πυρκαγιές, έτσι κάποιος τύπος προτύπου απαιτείται για να προβλέψει τις εδαφολογικές θερμοκρασίες και την απάντηση των χωμάτων στη θερμική εισαγωγή. Ο Albini και άλλοι (1996)

αναθεώρησαν διάφορα υπάρχοντα πρότυπα για να καθορίσουν τη δυνατότητα εφαρμογής τους και να συστήσουν τους μελλοντικούς στόχους ανάπτυξης.

Ο Albinι και άλλοι (1996) έκαναν αναθεώρηση των προτύπων μεταφοράς θερμότητας από την εδαφολογική επιστήμη, την εφαρμοσμένη μηχανική, και τους τομείς γεωφυσικής και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα μόνα χρήσιμα πρότυπα για την περιγραφή των φαινομένων μεταφοράς θερμότητας για τις πυρκαγιές ακαλλιέργητης περιοχής προέρχονται από το χώρο εδαφολογικής επιστήμης. Τα πρότυπα Campbell και άλλων (1992 ..1995) φαίνονται να λειτουργούν καλά στην πρόβλεψη των ιστοριών θερμοκρασίας και των σχεδιαγραμμάτων των χωμάτων που θερμαίνονται στα ποσοστά και τις θερμοκρασίες σύμφωνα με τις πυρκαγιές ακαλλιέργητης περιοχής. Το πρότυπό τους δεν απέδωσε τόσο με το περιεχόμενο εδαφολογικής υγρασίας όπως με τις θερμοκρασίες. Επειδή πολλά από τα αποτελέσματα θέρμανσης είναι μια λειτουργία της εδαφολογικής υγρασίας, αυτό είναι μια σημαντική δυνατότητα για τα πρότυπα πρόβλεψης μεταφοράς θερμότητας.

Ο Albinι και άλλοι (1996) προσδιόρισαν την παράλειψη διάφορων σημαντικών χαρακτηριστικών γνωρισμάτων στα πρότυπα εδαφολογικής επιστήμης. Αυτοί περιλαμβάνουν τη διάχυτη μεταφορά του ύδατος όπως ένας ατμός ή ένα υγρό, εξισώσεις ορμής, προβλέψεις της παροδικής μετακίνησης, της αλλαγής φάσης ορίων, πλευρική ανομοιογένεια των χωμάτων, και η γρήγορη πτώση του βρεξίματος της έλξης του υγρού ύδατος στο χαλαζία κοντά σε 149 ° F (65 ° C).

Τέλος, ο Albinι και άλλοι (1996) έκαναν συστάσεις για την περαιτέρω πρότυπη ανάπτυξη και απλοποιήσεις των υπάρχοντων προτύπων. Θεώρησαν ότι κάποια απλοποίηση θα βελτίωνε τη χρήση των υπάρχοντων προτύπων χωρίς να αλλοιώσει την ακρίβεια των προβλέψεών τους.

Πρότυπα διάβρωσης

Μετά από μια πυρκαγιά, είναι συχνά απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί κάποια τυποποιημένη τεχνολογία πρόβλεψης για να αξιολογήσει τον κίνδυνο εδαφολογικής διάβρωσης. Για τα δάση που τείνουν να αναπαραγάγουν γρήγορα, ο κίνδυνος διάβρωσης μειώνεται γρήγορα μετά από το πρώτο έτος, σε ένα ποσοστό σχεδόν 90 % κάθε έτος. Παραδείγματος χάριν, το έτος που ακολουθεί μετά από μια πυρκαγιά μπορεί να δοκιμάσει τη διάβρωση από 0,4 έως 0,9 τόνους/στρέμμα (1 έως 2 Mg/εκτάριο), το δεύτερο έτος λιγότερο από 0,04 έως 0,10 τόνοι/στρέμμα (0,1 έως 0,3 Mg/εκτάριο), και το τρίτο έτος μπορεί να είναι αμελητέο (Robichaud και Brown, 1999). Το ποσοστό διάβρωσης εξαρτάται από το κλίμα, την τοπογραφία, τις εδαφολογικές ιδιότητες (συμπεριλαμβανομένου της υδροφοβικότητας), και το ποσό κάλυψης επιφάνειας. Η κάλυψη επιφάνειας μπορεί να περιλάβει άκαυτα δασικά πατώματα, το βράχο, και τη βελόνα που πετιέται μετά από την πυρκαγιά.

Τρία πρότυπα χρησιμοποιούνται συνήθως μετά από την εδαφολογική διάβρωση. Στις περιοχές 1 έως 4 των Υπηρεσιών της Δασικής Εφαρμογής USDA, το WATSED και τα παρόμοια πρότυπα έχουν χρησιμοποιηθεί συχνά (Υπηρεσία του Δασικού Εφαρμογής USDA 1990b). Η καθολική εξίσωση εδαφολογικής απώλειας (USLE) έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως για πολλά έτη, και πιο πρόσφατα, το αναθεωρημένο USLE, ή RUSLE, έχει γίνει κοινό (Renard και άλλα 1997). Το πρότυπο Πρόγραμμα Πρόβλεψης Διάβρωσης Υδατος (WEPP), προσομειώθηκε πρόσφατα για την πρόβλεψη της διάβρωσης μετά από την πυρκαγιά, και μια διεπαφή έχει αναπτυχθεί σαν ενίσχυση σε εκείνη την πρόβλεψη. Οι βελτιώσεις στη δυνατότητα χρησιμοποίησης και των τεχνολογιών της πρόβλεψης RUSLE και WEPP βρίσκονται σε εξέλιξη. Το πρότυπο WATSED προορίζεται να είναι ένα συσσωρευτικό πρότυπο

επιρροών, που εφαρμόζεται στην κλίμακα υδροκρίτη. RUSLE και WEPP είναι πρότυπα για χρήσεις σε κλίσεις λόφων. WEPP έχει μια έκδοση υδροκρίτη υπό ανάπτυξη, αλλά έχει λάβει λίγη χρήση έξω από την ερευνητική αξιολόγηση.

Το πρότυπο WATSED προορίζεται ως πρότυπο υδροκρίτη για να συνδυάσει τα αθροιστικά αποτελέσματα των δασικών διαδικασιών, των πυρκαγιών, και των δρόμων στην παραγωγή απορροών και ιζημάτων για έναν δεδομένο υδροκρίτη. Οι παράγοντες που αποτελούν την καμένη περιοχή μέσα στον υδροκρίτη, τις εδαφολογικές ιδιότητες, την τοπογραφία, και τις αναλογίες παράδοσης προσδιορίζονται, και μια μέση παράδοση ιζημάτων υπολογίζεται. Αυτή η παράδοση ιζημάτων μειώνεται κατά τη διάρκεια μιας 15-έτους περιόδου μετά από μια πυρκαγιά προτού υποτεθεί ότι ο αντίκτυπος ήταν μηδέν. Μέσα στο δυτικό γεωγραφικό έδαφος των περιοχών που ελέγησαν από τις Υπηρεσίες του Δασικού Εφαρμογής, μερικοί από τους παράγοντες έχουν ρυθμιστεί για να βαθμολογήσουν το πρότυπο για τις τοπικές συνθήκες, που οδηγούν στην ανάπτυξη των προτύπων όπως NEZSED και BOISED. Οι προβλέψεις διάβρωσης είναι βασισμένες στις παρατηρήσεις που έγιναν στα βουνά στις περιοχές 1 και 4, και δεν προορίζονται για άλλη χρήση. Ο πίνακας Γ.1 παρέχει τα ποσοστά διάβρωσης που προβλέπονται σε πρότυπα WATSED, που διορθώνεται για έναν παράγοντα *USLE LS* 11,2 (Wischmeier και Smith 1978). Αυτά τα ποσοστά ρυθμίζονται για την τοπογραφία, το τοπίο, και τις εδαφολογικές ιδιότητες πριν φθάσουν σε μια τελική πρόβλεψη. Μια παραλλαγή της τεχνολογίας σε WATSED έχει υιοθετηθεί από το κράτος της Ουάσιγκτον για τη διαδικασία ανάλυσης υδροκρίτη της (πίνακας δασικών πρακτικών της Ουάσιγκτον 1997).

Το αναθεωρημένο USLE αναπτύχθηκε όχι μόνο για τη γεωργία, αλλά περιέλαβε επίσης συνθήκες οροσειράς. Η εξίσωση βάσεων RUSLE είναι:

$$A = R K L S C P$$

Όπου το A είναι το μέσο ετήσιο ποσοστό διάβρωσης, το R είναι ο παράγοντας διάβρωσης βροχοπτώσεων, το K είναι ο παράγοντας εδαφολογικής διαβρωτικής ικανότητας, το LS είναι ο παράγοντας μήκους και κατηφοριάς-ανηφοριάς κλίσεων, το C είναι ο διοικητικός παράγοντας κάλυψης, και το P είναι ο διοικητικός παράγοντας συντήρησης. Αν και δεν έχει εξεταστεί ευρέως, οι τιμές RUSLE εμφανίζονται να δίνουν τις λογικές τιμές διάβρωσης για οροσειρές (Renard και Simanton 1990, Elliot και άλλοι 2000) και θα κάνουν πιθανώς το ίδιο πράγμα για τα δάση. Δεν υπάρχει κανένα δασικό κλίμα διαθέσιμο στη βάση δεδομένων RUSLE. Ο πίνακας Γ.1 παρέχει μερικές υποθέσεις για το ποσοστό αναγέννησης βλάστησης και χαρακτηριστικών ποσοστών διάβρωσης που υπολογίζονται για τις καμένες και ανακτημένες δασικές συνθήκες βασισμένες σε εκείνες τις υποτιθέμενες τιμές κάλυψης. Ο παράγοντας RUSLE LS ήταν περίπου 6,54, σχεδόν μισό του C-παράγοντα USLE που χρησιμοποιήθηκε για WATSED. Ο παράγοντας RUSLE LS είναι βασισμένος στην πιο πρόσφατη έρευνα και την ανάλυση ενός μεγαλύτερου αριθμού πλοκών (McCool και άλλες 1987 ..1989), έτσι πρέπει πιθανώς να χρησιμοποιηθεί με την τεχνολογία WATSED για να ρυθμίσει το μήκος κλίσεων και την ανηφοριά-κατηφοριά κλίσης. Ο παράγοντας RUSLE R υπολογίστηκε ως 20 από την τεκμηρίωση (Renard και άλλα 1997). Αυτό είναι μια σχετικά χαμηλή αξία επειδή ένα μεγάλο μέρος της πτώσης στο βόρειο Rockies έρχεται ως χιονοπτώσεις, και τα γεγονότα λειωμένου χιονιού προκαλούν πολύ λιγότερη διάβρωση από τα γεγονότα βροχοπτώσεων. Κάτι τέτοιο είναι πολύ φυσικό να συμβαίνει σκεπτόμενοι το εξής απλό: το χιόνι όταν πέφτει στην εδαφολογική επιφάνεια έχει πολύ χαμηλότερη ταχύτητα από αυτή που αναπτύσσουν οι σταγόνες βροχής αμέσως μετά το σχηματισμό τους. Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το χιόνι λόγω της χαμηλής

του ταχύτητας έρχεται και επικάθεται πάνω στην επιφάνεια του εδάφους και στη συνέχεια λιώνει πάνω στην επιφάνεια του εδάφους χωρίς να την τραυματίζει ,ενώ οι σταγόνες της βροχής προσπίπτουν πάνω στην εδαφολογική επιφάνεια προκαλώντας αποκόλληση μικρών τμημάτων του εδάφους με συνέπεια να εμφανίζεται το φαινόμενο της διάβρωσης του εδάφους.

Η πιο πρόσφατη τεχνολογία πρόβλεψης διάβρωσης είναι το πρότυπο Προγράμματος Πρόβλεψης Διάβρωσης Ύδατος (WEPP) (Flanagan και Livingston 1995). WEPP είναι μία σύνθετη διαδικασία,βασισμένη στο πρότυπο υπολογιστών που προβλέπει την εδαφολογική διάβρωση με τη διαμόρφωση των διαδικασιών που προκαλούν τη διάβρωση. Αυτές οι διαδικασίες περιλαμβάνουν την καθημερινή αύξηση εγκαταστάσεων, τη συσσώρευση και την αποσύνθεση υπολειμμάτων, και την καθημερινή ισορροπία εδαφολογικού ύδατος. Κάθε ημέρα που υπάρχει μια πτώση ή ένα γεγονός λειωμένου χιονιού, το WEPP υπολογίζει τη διήθηση, την απορροή, και την αποσύνδεση ιζημάτων, τη μεταφορά, την απόθεση, και την παραγωγή.

Το WEPP απελευθερώθηκε για τη γενική χρήση το 1995, με μια διεπαφή MS-DOS βασισμένη σε κείμενο. Αυτήν την περίοδο μια διεπαφή παραθύρων είναι υπό ανάπτυξη και είναι διαθέσιμη για τη γενική χρήση (USDA 2000). Ο Elliot και Hall (1997) ανέπτυξαν ένα σύνολο προτύπων εισαγωγής για να περιγράψουν τους δασικούς όρους για το πρότυπο WEPP, για τη διεπαφή MS-DOS. Το πρότυπο WEPP επιτρέπει στο χρήστη να περιγράψει τις συνθήκες περιοχών με τις εκατοντάδες των μεταβλητών, που καθιστούν το πρότυπο εξαιρετικά εύχρηστο, αλλά και που το καθιστούν δύσκολο για τον περιστασιακό χρήστη να το χρησιμοποιήσει για ένα δεδομένο σύνολο συνθηκών. Για να καταστήσουν το πρότυπο WEPP ευκολότερο στη χρήση για τις δασικές συνθήκες, ο Elliot και άλλοι (2000) ανέπτυξαν μια ακολουθία

των διεπαφών για να τρέξουν το WEPP μέσω του Διαδικτύου χρησιμοποιώντας τους ξεφυλλιστές Ιστού.

Πίνακας Γ.1 ποσοστά διάβρωσης που παρατηρούνται και που προβλέπονται από WATSED, RUSLE, και WEPP για την κάλυψη που παρουσιάζεται, για 30 % κατηφορική κλίση και 60m μήκος(Από Robinhaud and Brown 1999)

Χρόνος Μετά την πυρκαγιά	Κατ' εκτίμηση κάλυψη <i>Τις εκατό (%)</i>	Παρατηρηθ έν ποσοστό διάβρωσης <i>Mg/εκτάριο</i>	Προβλεφθέν ποσοστό διάβρωσης		
			WATSED	RUSLE	WEPP
1	50	2.2	1.92	3.35	1.74
2	65	0.02	1.64	1.30	0.37
3	80	0.01	0.96	0.54	0.02
4	95	0.00	0.48	0.20	0.00
5	97	0.00	0.29	0.16	0.00
6	99	0.00	0.15	0.09	0.00
7	100	0.00	0.06	0.07	0.00

Μια από τις διεπαφές είναι διαταραγμένο WEPP, το οποίο επιτρέπει στο χρήστη να επιλέξει από ένα σύνολο συνθηκών βλάστησης που περιγράφουν τη δριμύτητα πυρκαγιάς και ανάκτηση των συνθηκών. Το διαταραγμένο WEPP αλλάζει και το χώμα και τις ιδιότητες βλάστησης όταν επιλέγεται μια δεδομένη επεξεργασία βλάστησης. Ο πίνακας Γ.2 παρουσιάζει επεξεργασία βλάστησης που επιλέγεται για κάθε ένα από τα έτη αποκατάστασης. Σε όλες τις περιπτώσεις, η εισαγωγή κάλυψης ήταν βαθμολογημένη για να εξασφαλίσει ότι το WEPP παρήγαγε την επιθυμητή κάλυψη που δόθηκε στον πίνακα Γ.1. Η διαταραγμένη διεπαφή WEPP έχει πρόσβαση σε μια βάση δεδομένων περισσότερων από 2.600 καιρικών σταθμών για να επιτρέψει στο χρήστη να επιλέξει τον κοντινότερο σταθμό στη διαταραγμένη περιοχή. Οι τιμές στον πίνακα Γ.3 προβλέφθηκαν για την περιοχή Warren, ταυτότητα, κλίμα. Το κλίμα του Warren είναι παρόμοιο με το κλίμα της μελέτης του Robichaud και του Brown, και επίσης κοντά στην περιοχή όπου τα ποσοστά διάβρωσης

βάσεων WATSED αναπτύχθηκαν στο κεντρικό Idaho.

Πίνακας Γ.2 επεξεργασία βλάστησης που επιλέγεται για κάθε έτος αποκατάστασης με τη διαταραγμένη διεπαφή WEPP.

Έτη μετά την πυρκαγιά	Διαταραγμένη επεξεργασία βλάστησης WEPP
0	Υψηλής δριμύτητας πυρκαγιά
1	Χαμηλής δριμύτητας πυρκαγιά
3	Κοντή χλόη
4	Ψηλή χλόη
5	Θάμνοι
6	5 ετών παλιό δάσος (κάλυψη 99 %)
7	5 ετών παλιό δάσος (κάλυψη 100%)

Μια σημαντική πτυχή της εδαφολογικής διάβρωσης μετά από μια πυρκαγιά είναι ότι ο βαθμός διάβρωσης εξαρτάται από τον καιρό και τον χρόνο αμέσως μετά από την πυρκαγιά. Ο πίνακας Γ.1 παρουσιάζει γρήγορη αποκατάσταση ενός δάσους στα έτη μετά από την πυρκαγιά. Εάν το έτος μετά την πυρκαγιά έχει ένα πλήθος από διάφορες διαβρωτικές θύελλες, κατόπιν το ποσοστό διάβρωσης θα είναι υψηλό. Εάν το έτος αφότου η πυρκαγιά είναι σχετικά ξηρό, κατόπιν το ποσοστό διάβρωσης θα είναι χαμηλό. Οι τιμές που παρουσιάζονται στον πίνακα Γ.1 είναι όλες μέσες τιμές. Υπάρχει μια πιθανότητα 50 % ότι η διάβρωση σε αυτό το πιο ευαίσθητο έτος θα είναι λιγότερο από τη μέση αξία. Για να επιτρέψει στους διευθυντές να αξιολογήσουν καλύτερα τον κίνδυνο δεδομένου επιπέδου διάβρωσης μετά από μια πυρκαγιά, η διαταραγμένη διεπαφή WEPP περιλαμβάνει μερικές αναλύσεις πιθανότητας με την παραγωγή, που δίνει στο χρήστη μια ένδειξη της πιθανότητας που συνδέεται με ένα δεδομένο επίπεδο διάβρωσης. Ο πίνακας Γ.3 δείχνει ότι υπάρχει ένα στα 50, ή 2 %, πιθανότητα το ποσοστό διάβρωσης να υπερβεί το διευκρινισμένο λόφο των 3,18 τόνων/στρέμμα (7,12 Mg/εκτάριο), και η παράδοση ιζημάτων θα υπερβεί τους 2,88 τόνους/στρέμμα ή (6,45 Mg/εκτάριο). Υπάρχει ένα στα 10, ή 10 % , πιθανότητα ότι η διάβρωση και το ποσοστό παράδοσης ιζημάτων θα υπερβούν τους 2,11 τόνους/στρέμμα (4,72 Mg/εκτάριο), και ούτω

καθ'εξής. Αυτό το χαρακτηριστικό γνώρισμα θα επιτρέψει στους χρήστες να αξιολογήσουν τους κινδύνους της διάβρωσης υψίπεδων και παράδοσης ιζημάτων για να καθορίσει καλύτερα το βαθμό μετριασμού που μπορεί να δικαιολογηθεί μετά από μια δεδομένη πυρκαγιά. Στην Καλιφόρνια, για παραδείγμα, η διάβρωση υπολογίζεται συχνά για ένα διάστημα πέντε ετών, το οποίο είναι σε αυτήν την περίπτωση 1,47 τόνοι/στρέμμα (3,3 Mg/εκτάριο). Διαταραγμένο WEPP επίσης πρόβλεψε ότι υπήρξε μια πιθανότητα 80% να εμφανιστεί διάβρωση σε αυτή τη χαμηλή κλίση το πρώτο έτος μετά από την πυρκαγιά.

Η μεταβλητότητα της διάβρωσης μετά από μια πυρκαγιά λόγω του κλίματος καθιστά οποιεσδήποτε μετρήσεις δύσκολες να αξιολογηθούν. Παρατηρήστε στον πίνακα Γ.1 τη μεγάλη πτώση από 1^ο χρόνο σε 2^ο χρόνο στο ποσοστό διάβρωσης. Αυτή η πτώση οφειλόταν πιθανώς όχι μόνο στην αναγέννηση αλλά και στη χαμηλότερη πτώση το 1996. Στο κοντινό Warren, η μέση πτώση είναι 696 χιλ. Το έτος μετά από την πυρκαγιά ήταν 722 χιλ., και το δεύτερο έτος μετά από την πυρκαγιά μόνο 537 χιλ. Αυτές οι παραλλαγές από το μέσο, επίσης βοηθάνε να εξηγήσουμε γιατί τα διαταραγμένα προβλεφθέντα WEPP ποσοστά διάβρωσης στον πίνακα Γ.1 για τους "μέσους" όρους ήταν κάτω από την παρατηρηθείσα αξία το πρώτο έτος αλλά επάνω από την παρατηρηθείσα αξία το δεύτερο έτος.

Η μεταβλητότητα στις παρατηρήσεις και τις προβλέψεις διάβρωσης επηρεάζεται όχι μόνο από το κλίμα αλλά και από τη χωρική μεταβλητότητα του χώματος και των τοπογραφικών ιδιοτήτων. Στην έρευνα εδαφολογικής διάβρωσης για να καθοριστούν οι εδαφολογικές ιδιότητες, δεν είναι ασυνήθιστο να υπάρξει μια σταθερή απόκλιση στις παρατηρήσεις από τις ίδιες πλοκές μεγαλύτερες από το μέσο όρο. Μια εμπειροτεχνική μέθοδος στην ερμηνεία των παρατηρήσεων ή των προβλέψεων διάβρωσης είναι ότι η αληθινή "μέση" αξία είναι πιθανό να

είναι μέσα συν ή μείον 50% της παρατηρηθείσας αξίας. Με άλλα λόγια, εάν μια αξία 0,9 τόνων/στρέμμα (2 Mg/εκτάριο) παρατηρείται στον τομέα από μια ενιαία παρατήρηση, η αληθινή "μέση" διάβρωση από εκείνη την βουνοπλαγιά είναι πιθανό να είναι μεταξύ 0,4 και 1,3 τόνων/στρέμμα (1 και 3 Mg/εκτάριο). Ακολουθώντας αυτούς τους κανόνες οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι οι προβλέψεις WATSED, RUSLE, και WEPP στον πίνακα Γ.1 δεν είναι διαφορετικές από τα παρατηρηθέντα ποσοστά διάβρωσης.

Στα έτη αναγέννησης, φαίνεται ότι και WATSED και RUSLE τα παρατηρηθέντα ποσοστά διάβρωσης, ενώ οι διαταραγμένες προβλέψεις WEPP είναι κοντινότερες στις παρατηρηθείσες τιμές. WATSED, σαν συσσωρευτικό πρότυπο αποτελεσμάτων εξετάζει τον αντίκτυπο της διαταραχής σε μια κλίμακα υδροκρίτη. Τα συχνά διαβρωμένα ιζήματα μετά από μια διαταραχή μπορούν να πάρουν αρκετά έτη για να καθοδηγηθούν μέσω του υδροκρίτη, ενώ το WEPP εξετάζει μόνο τη μέτρια κλίση στις προβλέψεις του. RUSLE είναι επίσης ένα πρότυπο μέτριας κλίσης αλλά εξετάζει μόνο το υψίπεδο που διαβρώνει μέρος της βουνοπλαγιάς και δεν εξετάζει οποιαδήποτε απόθεση κατηφόρας. Αυτό σημαίνει ότι οι τιμές RUSLE θα είναι συχνά εκτός, αν οι μέθοδοι υπολογισμού της αναλογίας παράδοσης εξετάζονται.

Πίνακας Γ.3 – Υπέριμετρες πιθανότητες που συνδέονται με τα διαφορετικά επίπεδα πτώσης, απορροής, και εδαφολογικής διάβρωσης για το έτος μετά από μια αυστηρή άγρια πυρκαγιά στο κεντρικό Idaho.

Περίοδος επιστροφής	Πτώση		Απορροή		Διάβρωσ η		Ίζημα
	<i>mm</i>	<i>in</i>	<i>mm</i>	<i>in</i>	<i>Mg/ha</i>	<i>tons/ac</i>	
<i>Years</i>	<i>mm</i>	<i>in</i>	<i>mm</i>	<i>in</i>	<i>Mg/ha</i>	<i>tons/ac</i>	<i>Mg/hatons/ac</i>
50.0	973.60	38.33	31.82	1.25	7.12	3.18	6.45
25.0	892.80	35.15	31.79	1.25	6.45	2.88	6.32
10.0	811.50	31.95	27.65	1.09	4.72	2.11	4.72
5.0	756.10	29.77	20.56	0.81	3.30	1.47	3.30
2.5	671.80	26.45	14.74	0.58	1.80	0.80	1.80
Average	670.92	26.41	12.47	0.49	1.74	0.78	1.74

Πρότυπη επιλογή

Οι διευθυντές πρέπει να καθορίσουν ποιο πρότυπο ταιριάζει περισσότερο στο πρόβλημα. Η τεχνολογία WATSED είναι γεωγραφική συγκεκριμένη, όπως είναι το δασικό πρότυπο πρακτικών της Ουάσιγκτον. Αυτά τα πρότυπα δεν πρέπει να χρησιμοποιηθούν έξω από τις περιοχές για τις οποίες αναπτύχθηκαν. Η τεχνολογία WATSED προορίζεται να βοηθήσει στην ανάλυση υδροκρίτη και δεν προορίζεται απαραίτητα για τον υπολογισμό της εδαφολογικής διάβρωσης μετά από τις πυρκαγιές. Η RUSLE προορίζεται να προβλέψει τη διάβρωση υψίπεδων και είναι καταλληλότερη για τον υπολογισμό των πιθανών επιδράσεων της διάβρωσης στην παραγωγικότητα 1^{ου} επιπέδου (1^η μορφή βλάστησης μετά την πυρκαγιά). Η τεχνολογία WEPP παρέχει εκτιμήσεις για: τη διάβρωση υψίπεδων, την εδαφολογική παραγωγικότητα και την παράδοση ιζημάτων σε σχέση με την ποιότητα του νερού. Η διαταραγμένη διεπαφή WEPP απαιτεί λίγη κατάρτιση, και η τεκμηρίωση με τα παραδείγματα συμπεριλαμβάνεται στον ιστοχώρο, καθιστώντας την διαθέσιμη σε ένα ευρύτερο φάσμα των χρηστών.

Περίληψη προτύπων

Αυτό το κεφάλαιο δεν σημαίνεται ως μια προσεκτική ματιά στα πρότυπα προσομοίωσης. Διάφορες παλιότερες τεχνολογίες προτύπων συνήθως χρησιμοποιούσαν τα κατ'εκτίμηση αποτελέσματα πυρκαγιάς κατά τη διάρκεια και μετά από την πυρκαγιά (FOFEM, WATSED, WEPP, RUSLE, και άλλα). Νέες τεχνολογίες όπως Η DELTA-Q, FOREST (ΔΑΣΟΣ) έχουν αναπτυχθεί πρόσφατα, και άλλες είναι κάτω από κατασκευή. Αυτά τα πρότυπα που βασίζονται στην επεξεργασία δεδομένων, παρέχουν στους διευθυντές τα πρόσθετα εργαλεία για να

υπολογίσουν το μέγεθος των αποτελεσμάτων πυρκαγιάς στο χώμα και το νερό που παράγονται από τη διαταραχή εδάφους . Το Πρώτο Πρότυπο Μοντέλο Αποτελεσμάτων Πυρκαγιάς αναπτύχθηκε για να ικανοποιήσει τις ανάγκες των διευθυντών, των αρμόδιων για το σχεδιασμό, και των αναλυτών των πόρων στην πρόβλεψη και τον προγραμματισμό για τα αποτελέσματα πυρκαγιάς. Οι ποσοτικές προβλέψεις των αποτελεσμάτων πυρκαγιάς απαιτούνται για τον προγραμματισμό των ορισμένων πυρκαγιών που ολοκληρώνουν καλύτερα τις ανάγκες των πόρων, για την αξιολόγηση του αντίκτυπου, και για το μεγάλης ακτίνας προγραμματισμό και τη χάραξη πολιτικής. Η τεχνολογία WATSED αναπτύχθηκε για την ανάλυση υδροκρίτη. Το πρότυπο RUSLE αναπτύχθηκε για τη γεωργία και την οροσειρά και έχει επεκταθεί στα δασικά εδάφη. Το πρότυπο WEPP σχεδιάστηκε ως βελτίωση των RUSLE που μπορούν είτε να οργανωθούν ως αυτόνομο πρότυπο υπολογιστών από τους ειδικούς, είτε να προσεγγιστούν μέσω μιας ειδικής διεπαφής Διαδικτύου που σχεδιάζεται για τις δασικές εφαρμογές, συμπεριλαμβανομένων των άγριων πυρκαγιών.

Όλα αυτά τα πρότυπα έχουν τους περιορισμούς που πρέπει να γίνουν κατανοητοί από τους διευθυντές πυρκαγιάς ή τους ειδικούς υδροκρίτη προτού να εφαρμοστούν. Η απόδοση των προτύπων είναι τόσο καλή, όσο τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται για να τα δημιουργήσουν και να τα επικυρώσουν. Μερικές διαδικασίες όπως τα ακραία γεγονότα ροής και διάβρωσης δεν μιμούνται πολύ καλά λόγω της έλλειψης καλών στοιχείων ή της πολυπλοκότητας των διαδικασιών. Εντούτοις, παρέχουν τα χρήσιμα εργαλεία για να υπολογίσουν τις αλλαγές τοπίων στις διαταραχές όπως η πυρκαγιά. Οι δυνητικοί χρήστες πρέπει να χρησιμοποιήσουν την εκτενή τεκμηρίωση αυτών των προτύπων και να συσχεφτούν με τους υπεύθυνους για την ανάπτυξη για να εξασφαλίσουν την πιο κατάλληλη εφαρμογή των προτύπων .

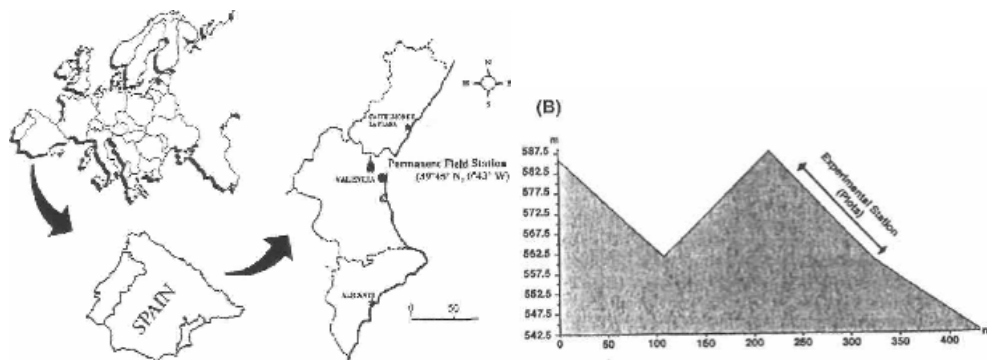
Κεφάλαιο 4

Επιρροή στις υδραυλικές
ιδιότητες ενός μεσογειακού
χώματος, που καίγεται με
διαφορετικές εντάσεις πυρκαγιάς



Πειραματική επεξεργασία εδάφους μετά από πυρκαγιά

Στην περιοχή της Βαλένθιας, στην Ισπανία, πάρθηκε δείγμα από τον κύριο εδαφολογικό ορίζοντα Ο που αποτελεί την πρώτη επιφανειακή στρώση του εδάφους. Η περιοχή μελέτης ήταν μια λωρίδα εδάφους 100x400 m σε πλαγιά με ελαφριά κλίση. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων καταχωρήθηκαν στον παρακάτω πίνακα 1.



Σχέδιο 1. Τοποθεσία περιοχής μελέτης.

Πίνακας 1

	Έλεγχος °C	200 °C	300 °C	400 °C	500 °C
pH (H ₂ O)	7.65±0.23	7.68 ±0.94	9.73±0.34	10.34 + 0,28	10.55 + 0,46
EK (dS/m)	0,69 ±0.15	1.90 ±0.64	2.10 + 0,51	1.69 + 0,55	1.75 + 0,66
OC (%)	32.6 ±6.9	31.0±3.7	24.1 ±6.6	17.0+9.7	6.7 + 5,7
N (%)	1.18 + 0,19	1.58 + 0,34	1.61 ±0.44	0,84 + 0,28	0,42 + 0,30
C/N	24.5 ±4.8	20.4±5.0	15.1+3.3	19.8 + 8,9	12.6 + 6,4
Απώλεια βάρους (%)		12.6 + 1,53	40.2 ±6.09	50.5 ±9.46	58.7 ±3.63

EK: ηλεκτρική αγωγιμότητα, OC: οργανικός άνθρακας



Ο κύριος εδαφολογικός ορίζοντας Ο από τον οποίο πάρθηκε το δείγμα προς εξέταση στο εργαστήριο

Παρατηρώντας τον πίνακα βλέπουμε ότι καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία που υποβάλλεται το δείγμα έχουμε και ανάλογη αύξηση του pH, δηλαδή το έδαφος τείνει να γίνεται αλκαλικό. Ακολούθως η ηλεκτρική αγωγιμότητα αυξάνεται και αυτή με την αύξηση της θερμοκρασίας και φτάνει τη μέγιστη τιμή της στους 300°C, ενώ μετά παρουσιάζει μείωση.

Στη συνέχεια παρατηρούμε μια φυσιολογική πτώση του ποσοστού περιεκτικότητας οργανικού άνθρακα στο δείγμα μας με την αύξηση της θερμοκρασίας. Ακόμα το ποσοστό του αζώτου έχει παρόμοια συμπεριφορά με αυτή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, αυξάνεται δηλαδή με την αύξηση της θερμοκρασίας φτάνοντας και αυτό την μεγαλύτερη τιμή του στους 300 °C και συνέχεια όσο αυξάνεται η θερμοκρασία αυτό μειώνεται. Ο λόγος του οργανικού άνθρακα προς το άζωτο (C/N) παρατηρούμε ότι παρουσιάζει μια μέγιστη τιμή στις κανονικές συνθήκες θερμοκρασίας και στη συνέχεια αυξομειώσεις. Το παραπάνω είναι φυσιολογικό καθώς η περιεκτικότητα σε άνθρακα μειώνεται όσο αυξάνεται η θερμοκρασία. Τέλος παρατηρούμε ότι το ποσοστό της απώλειας βάρους αυξάνεται (δηλαδή το βάρος του δείγματος μειώνεται) όσο αυξάνεται και η θερμοκρασία.

Επιπτώσεις της επαναβλάστησης στη διάβρωση των υδάτων ύστερα από πειραματικές πυρκαγιές σε μια μεσογειακή θαμνώδη γη.

Πλοκές διάβρωσης

Πλοκές ονομάζουμε τα πειραματικά ισοκατανεμημένα εδαφικά τμήματα.

Η πειραματική οργάνωση αποτελείται από εννέα πλοκές, 20x4 m η κάθε μία. Οι πλοκές είναι προσανατολισμένες παράλληλα στην κλίση του εδάφους και χωρίζονται μεταξύ τους με τούβλα. Στη κατάληξη κάθε πλοκής ένας συλλέκτης 2 m καταλήγει σε μια δεξαμενή 1500 L για να συλλέξει όλη την απορροή και το ίζημα που παράγονται μετά από κάθε βροχοπτώση. Μέσα σε αυτή υπάρχει μια μικρότερη δεξαμενή χωρητικότητας 30 L για τη συλλογή της απορροής και των ιζημάτων που παράγονται από μικρής έντασης βροχοπτώσεις. Τα θερμοβροχομετρικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα του πειραματικού σταθμού που εδράζεται στην Ισπανία καταχωρούνται από έναν αυτόματο μετεωρολογικό σταθμό που τοποθετείται μέσα στα όριά του.

Ο εξοπλισμός παρέχει τις μεταλλαγμένες τιμές σε διαστήματα 5min. Αυτά τα στοιχεία χρησιμοποιούνται για να καθορίσουν τη διάρκεια, το συνολικό όγκο και την ένταση των γεγονότων βροχοπτώσεων. Η ένταση βροχοπτώσεων είναι μετρημένη σαν I_{30} και εκφρασμένη ως χιλιοστόμετρα ανά ώρα, στο μέγιστο ποσό βροχής κατά τη διάρκεια μιας περιόδου 30min.

Η απορροή και το ίζημα που παράχθηκαν, συλλέχθηκαν και μετρήθηκαν για όλες τις πλοκές μετά από κάθε γεγονός βροχής.

Πίνακας 2

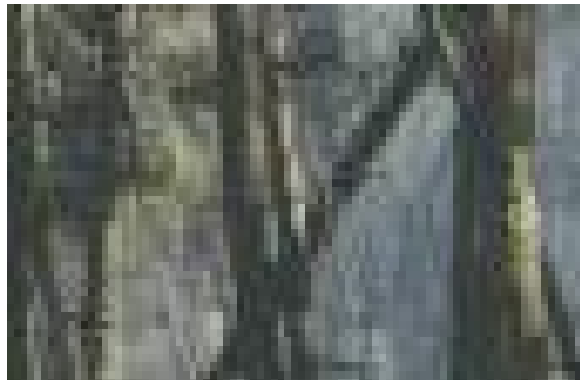
Χαρακτηριστικά των διαβρωτικών γεγονότων βροχοπτώσεων κατά τη διάρκεια κάθε περιόδου μετά-πυρκαγιάς εξεταζόμενα στον πειραματικό σταθμό La Concordia.

		ένας χρόνος μετά τη φωτιά. Ιούνιος 1995-1996	οχτώ χρόνια μετά τη φωτιά. Ιούνιος 2002-2003
Ετήσιος συνολικός όγκος των βροχοπτώσεων (mm)	385.44	446.40	
Αριθμός διαβρωτικών γεγονότων βροχοπτώσεων	24	12	
Ετήσιος συνολικός όγκος των διαβρωτικών βροχοπτώσεων	321	390.4	
Σειρά της παραλλαγής του διαβρωτικού όγκου βροχοπτώσεων (mm)	2.6-33.54	5.7-67.10	
Ετήσιος μέσος όρος I30(mm h ⁻¹)	10.37	6.18	
Σειρά παραλλαγής I30(mm h ⁻¹)	1.4-35.4	1.6-21.2	
Ο χαμηλότερος I ₃₀ για να παραγάγει την απορροή (mm h ⁻¹)	1.4-2.6	1.6-2.6	
Ο χαμηλότερος I ₃₀ για να παραγάγει το ίζημα (mm h ⁻¹)	1.6-2.6	3.8	
Ετήσια μέση διάρκεια των βροχοπτώσεων(λεπτά)	482	1515	
Σειρά της παραλλαγής της διάρκειας βροχοπτώσεων (λεπτά)	30-1850	185-5450	

Επεξεργασίες πυρκαγιάς

Χρησιμοποιήθηκε ένα σχέδιο με δύο διαφορετικές επεξεργασίες πυρκαγιάς όπου η κάθε μια περιείχε τρεις πλοκές. Οι επεξεργασίες της πυρκαγιάς βασίστηκαν στην προσθήκη των ποσών βιομάζας με στόχο να ληφθούν οι διαφορετικές εντάσεις πυρκαγιάς. Το ένα βασίζεται στην προσθήκη βιομάζας 4kg/m² πλοκής. Το δεύτερο βασίζεται στην

προσθήκη βιομάζας 2 kg/ m^2 πλοκής. Για να μετρήσουν τις θερμοκρασίες στην εδαφολογική επιφάνεια κατά την διάρκεια της πυρκαγιάς χρησιμοποιήθηκαν τα θερμοαισθητικά χρώματα και τα θερμοηλεκτρικά ζεύγη. Έξι θερμοηλεκτρικά ζεύγη ανά πλοκή εγκαταστάθηκαν σύμφωνα με τις παράλληλες γραμμές υπό ελαφριά κλίση και χωρίστηκαν μεταξύ τους σε απόσταση τριών μέτρων. Κάθε θερμοηλεκτρικό ζεύγος συνδέθηκε με έναν πομπό που καταγράφει τις θερμοκρασίες κάθε 5 sec. Από τις μετρήσεις αυτές προκύπτει ότι η θερμοκρασία υπερέβη το κατώτατο όριο των $100 \text{ }^\circ\text{C}$. Αυτή η αξία επιλέχθηκε επειδή πέραν από αυτή τη θερμοκρασία έχουμε αλλαγές στις εδαφολογικές ιδιότητες.

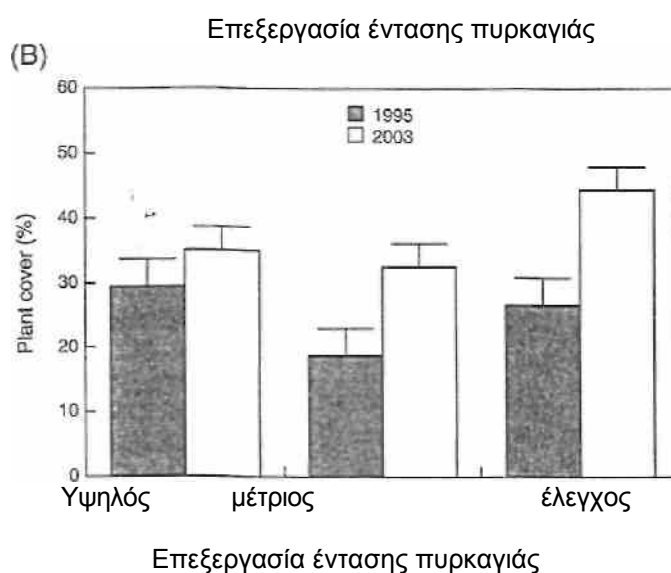
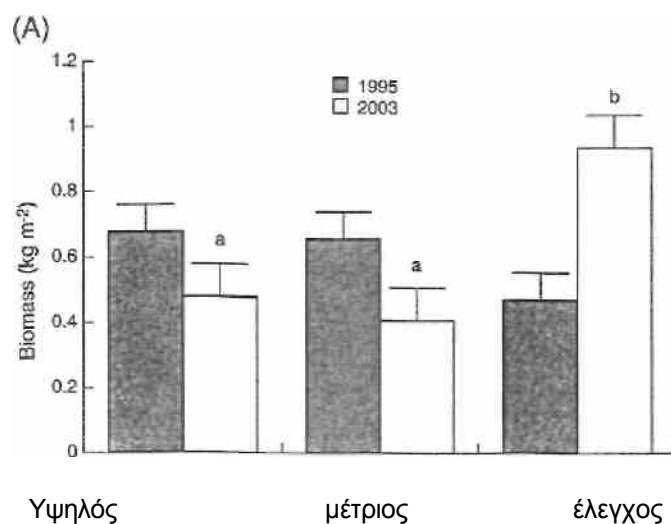


Ορισμένη πυρκαγιά χαμηλής έντασης με ελάχιστη επίδραση στα συστατικά του εδάφους λόγω των μικρών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται από την καύση

Το δεύτερο σύστημα που χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση των εδαφολογικών θερμοκρασιών είναι ένα σύνολο εικοσιτεσσάρων θερμοαισθητικών χρωμάτων μεταξύ 100 και $677 \text{ }^\circ\text{C}$. Εφαρμόστηκαν σε κάθε μια ράβδο σιδήρου που καλύφθηκε με μια άλλη ράβδο αλλά που δεν χρωματίστηκε για να τους προστατεύσει από τις τέφρες και τις φλόγες.

Πριν από την πειραματική πυρκαγιά μια ράβδος σιδήρου ανά τετραγωνικό μέτρο τοποθετήθηκε (συνολικά 80 ράβδοι ανά πλοκή) με τη χρωματισμένη πλευρά σε επαφή με το χώμα. Αμέσως μετά την πυρκαγιά

οι ράβδοι σιδήρου μαζεύτηκαν και μελετήθηκαν. Οι πυρκαγιές προχώρησαν πάνω στην κλίση και τα σχέδιά τους ήταν ομοιόμορφα σε όλες τις πλοκές εκτός από την πλοκή 6 όπου υπέστη τις συνεχείς αλλαγές στην κατεύθυνση του αέρα.



Σχέδιο 2. Εκτίμηση της ποσότητας βιομάζας (kg/m²) και (B) το ποσοστό του χώματος που καλύφθηκε από τις εγκαταστάσεις για κάθε επεξεργασία έντασης πυρκαγιάς στα δύο χρόνια μελέτης. Οι διαφορετικές επιστολές παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές ($p < 0.05$) στο ποσό βιομάζας μεταξύ του ελέγχου και καμένων επεξεργασιών στο 2003. Οι κάθετες μπάρες αντιπροσωπεύουν το τυποποιημένο λάθος.

Η διάρκεια για τις θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 100 °C ήταν

36,3min. και 17,6 min. στις επεξεργασίες H(high) και M(moderate), αντίστοιχα - υποθέτοντας ότι η θερμοκρασία που μετριέται με μια ράβδο σιδήρου αντιστοιχεί σε 1 m² της επιφάνειας πλοκών, διαπιστώσαμε ότι στις πλοκές H περισσότερο από 50% της επιφάνειας είχε τις θερμοκρασίες μεταξύ 400 °C και 600 °C (μέση αξία 439 °C), ενώ στις πλοκές M, 50% της επιφάνειάς τους είχε τις θερμοκρασίες μεταξύ 200 °C και 400 °C (μέση αξία 232 °C). Οι εμφανίσεις της απανθρακωμένης βλάστησης, της κατανάλωσης απορριμμάτων και του χρώματος τέφρας (η χαμηλότερη ένταση χρωματίστηκε με το σκοτεινότερο χρώμα), είναι άλλοι δείκτες της έντασης πυρκαγιάς. Παρατηρώντας τους τομείς παρουσιάστηκε μεγάλη βλάστηση και κατανάλωση απορριμμάτων και στις δύο επεξεργασίες πυρκαγιάς (H και M), αλλά το χρώμα τέφρας ήταν σαφώς διαφορετικό. Χρωματίστηκε άσπρο για την επεξεργασία H και σκοτεινό γκρι για την επεξεργασία M. Εάν οι μέσες τιμές της εδαφολογικής θερμοκρασίας λαμβάνονταν υπόψη, καθώς επίσης και η διάρκεια των θερμοκρασιών μεγαλύτερων από 100 °C, τότε τα αποτελέσματα θα έδειχναν ότι όσο περισσότερη η βιομάζα τόσο υψηλότερες οι θερμοκρασίες στην εδαφολογική επιφάνεια, όπως επίσης και η διάρκειά τους επάνω από 100 °C θα ήταν μεγαλύτερη.



Πυρκαγιά υψηλής δριμύτητας

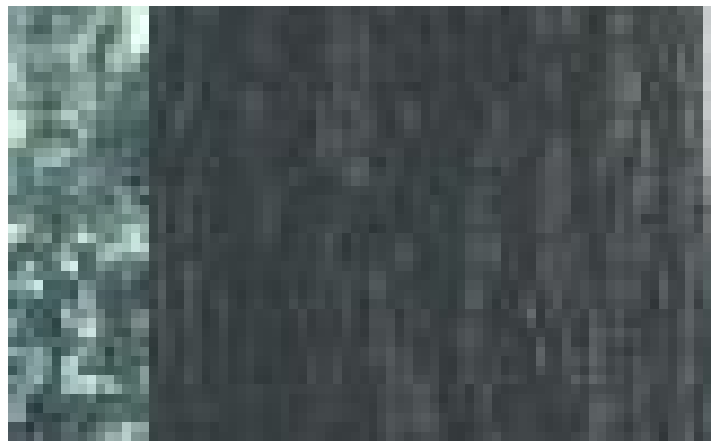


Οι πυρκαγιές υψηλής δριμύτητας μπορούν να αφαιρέσουν όλα τα απορρίμματα από το δασικό πάτωμα και να αφήσουν ένα παχύ στρώμα άσπρης τέφρας

A



B



Γ



A) Άκαυτο δάσος

B) Καμένο δάσος με Μεσαίας έντασης πυρκαγιά

Γ) Καμένο δάσος με Υψηλής έντασης πυρκαγιά

Σημαίνεται ότι οι τιμές θερμοκρασίας και η διάρκεια θερμοκρασίας

πέρα από 100 °C για τις πλοκές Η είναι δύο φορές μεγαλύτερη απ'ό,τι για τις πλοκές Μ. Λαμβάνοντας υπόψη αυτά τα αποτελέσματα, θα μπορούσαμε να υποθέσουμε ότι οι πλοκές Η υπέστησαν μια υψηλή ένταση πυρκαγιάς και οι πλοκές Μ υπέστησαν μια πυρκαγιά της μέτριας έντασης.



Κάψιμο συσσωρευμένων καυσίμων σε δασώδεις περιοχές ιουνιτέρων για παραγωγή στρώματος άσπρης τέφρας και εκτενή εδαφολογική θέρμανση.

Πίνακας 3

Η μήτρα συσχετισμού μεταξύ του όγκου βροχοπτώσεων, της έντασης βροχοπτώσεων (I30), της διάρκειας βροχοπτώσεων, της παραγωγής απορροών και του ιζήματος που παράγονται για κάθε περίοδο μετά-πυρκαγιάς και για κάθε επεξεργασία έντασης πυρκαγιάς.

	Όγκος βροχοπτώσεων	I30	Διάρκεια
<i>1995-1996(n=24)</i>			
Παραγωγή απορροών υψηλό μέτριο	0.632** 0.597**	0.811** 0.821**	-0.177 (ns) -0.188 (ns)
Παραγωγή ιζημάτων υψηλό μέτριο έλεγχος	0.321 (ns) 0.326 (ns) 0.553**	0.772** 0.846** 0.737**	-0.254 (ns) -0.287 (ns) -0.321 (ns)
<i>2002-2003 (n = 12)</i>			

Παραγωγή απορροών υψηλό μέτριο έλεγχος	0.473 (ns) 0.492 (ns) 0.601*	0.745** 0.742** 0.501 (ns)	0.062 (ns) 0.001 (ns) 0.195 (ns)
Παραγωγή ιζημάτων υψηλό μέτριο έλεγχος	0.182 (ns) 0.194 (ns) 0.055 (ns)	0.292 (ns) 0.262 (ns) 0.140 (ns)	-0.288 (ns) -0.291 ins) -0.246 (ns)

**Σημαντικός συσχετισμός σε επίπεδο 0.01; *σημαντικός συσχετισμός σε επίπεδο 0.05; ns:μη σημαντικός

Αποτελέσματα

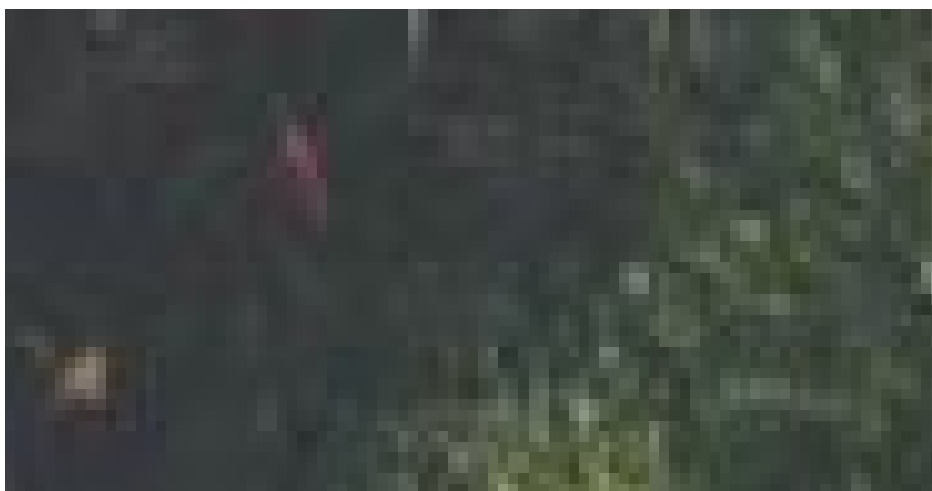
Αποκατάσταση βλάστησης μετά από πυρκαγιά.

Το 1995, το μετρημένο ποσό βιομάζας στις πλοκές, πριν από τις πειραματικές πυρκαγιές, ήταν μεταξύ 0,5 και 0,8 kg/ m² και το ποσοστό της κάλυψης εγκαταστάσεων ποίκιλε από 19 σε 29% (σχέδιο 1).

Η βιομάζα καταναλώθηκε εντελώς από τις φλόγες και στις επεξεργασίες πυρκαγιάς και στην εδαφολογική επιφάνεια. Στην δεύτερη καλύφθηκε με τις τέφρες και το απανθρακωμένο υλικό. Αυτό το στρώμα παρέμεινε μερικώς στην εδαφολογική επιφάνεια μέχρι το φθινόπωρο του 1995, όπου αφαιρέθηκε προοδευτικά από τις βαριές βροχοπτώσεις και την ανεπαίσθητη επίδραση του αέρα. Οι ποιοτικές παρατηρήσεις, μετά τον πρώτο χρόνο της πυρκαγιάς, έδειξαν ότι η βλάστηση των ποωδών ειδών πραγματοποιήθηκε την πρώιμη άνοιξη. Το μέσο ποσοστό της κάλυψης εγκαταστάσεων στο πρώτο έτος μετά την πυρκαγιά ήταν 12% για την έντονη επεξεργασία πυρκαγιάς και 9% για τη μέτρια.

Το αναπαραγόμενο ποσό βιομαζών το 2003 ήταν 0,5 kg/ m² για την έντονη επεξεργασία πυρκαγιάς, και 0,4 kg/ m² για τη μέτρια. Αυτό σημαίνει ότι η βιομάζα στις έντονες και μέτριες επεξεργασίες πυρκαγιάς ήταν 69% και 63% το 1995, αντίστοιχα. Το αναπαραγόμενο ποσό

βιομαζών αυτών των θαμνόδεντρων μετά από οχτώ χρόνια ήταν σημαντικά χαμηλότερο από αυτό των παρόμοιων καμένων θαμνόδεντρων που ανήκαν σε παρόμοια οικοσυστήματα και είχαν ηλικίες τριών, εννέα και δώδεκα ετών (1,2, 3,8 και 4,4 kg/ m², αντίστοιχα). Αφ' ετέρου, το ποσοστό της εδαφολογικής κάλυψης οκτώ έτη μετά από την πυρκαγιά, αυξήθηκε κατά 16% για τις έντονες πλοκές πυρκαγιάς και 42,5% για τις μέτριες έναντι της θέσης το 1995 (σχέδιο IB).



1^η Μορφή βλάστησης μετά από την πυρκαγιά

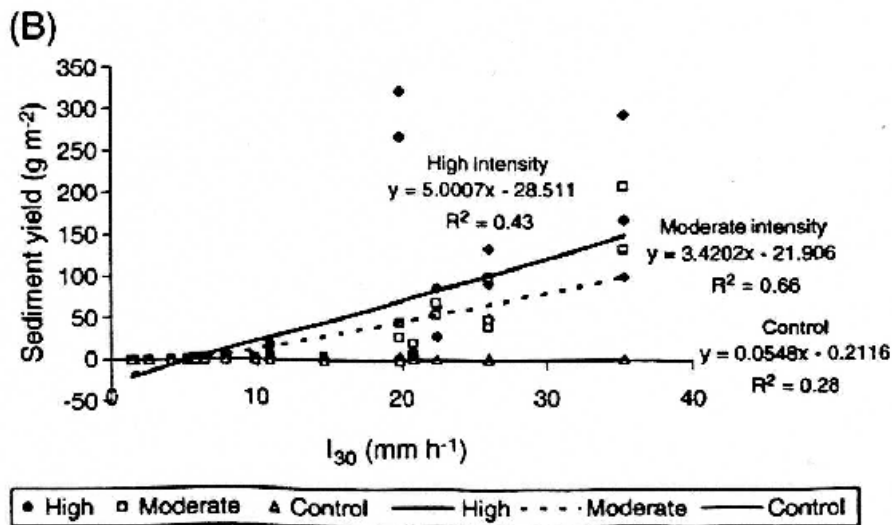
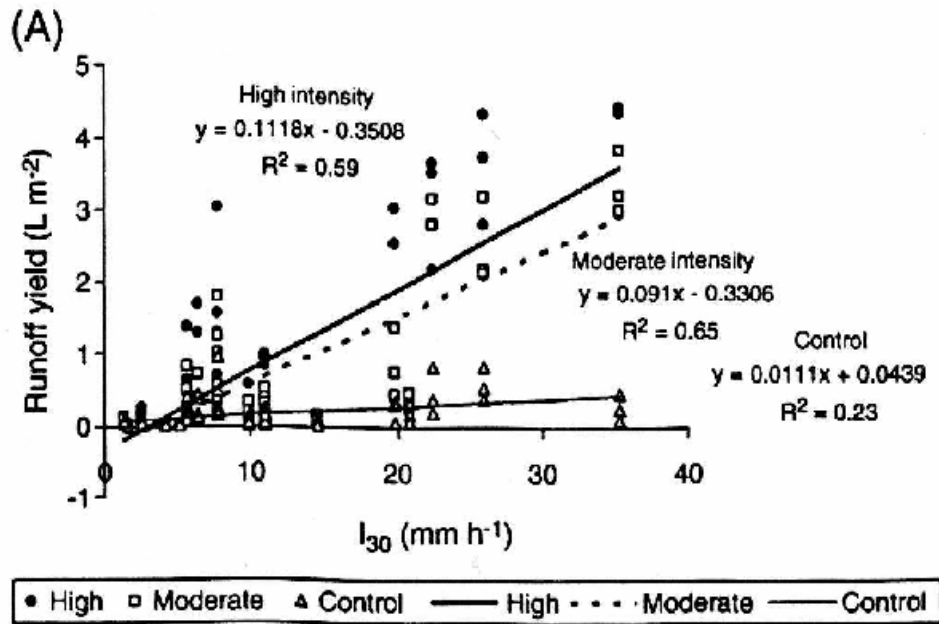
Η φυσική ανάπτυξη της βλάστησης στις πλοκές, που δεν επηρεάστηκαν από την πυρκαγιά παρουσίασε αξιοσημείωτη αύξηση στη βιομάζα κατά τη διάρκεια της περιόδου οκτώ ετών, από 0,45 kg/ m² το 1995 σε 0,90 kg/ m² το 2003 (σχέδιο 1A). Αυτό το ποσό βιομάζας στις πλοκές ελέγχου το 2003 ήταν σημαντικά διαφορετικό στις τιμές που παρακολούθηθηκαν και για τις δύο επεξεργασίες πυρκαγιάς στο ίδιο έτος. Επιπλέον, το ποσοστό της κάλυψης βλάστησης στις πλοκές ελέγχου παρουσίασε επίσης αξιοσημείωτη αύξηση κατά τη διάρκεια των οκτώ ετών μελέτης, από 26% το 1995 σε 45% το 2003 (σχέδιο IB).

Μεταβλητές βροχοπτώσεων που επηρεάζουν τις απαντήσεις διάβρωσης ύδατος

Οι δυο περίοδοι που μελετήθηκαν (1995-1996 και 2002-2003), παρουσίασαν διαφορετικά σχέδια πτώσης, όχι μόνο στον αριθμό

διαβρωτικών γεγονότων βροχοπτώσεων, αλλά και στον όγκο βροχοπτώσεων, τη διάρκεια και την ένταση. Στις δύο περιόδους, 36 διαβρωτικά γεγονότα βροχοπτώσεων καταχωρήθηκαν, 24 στο πρώτο έτος μετά την πυρκαγιά και 12 στην περίοδο από τον Ιούνιο του 2002 μέχρι τον Ιούνιο του 2003 (πίνακας 2). Η πρώτη περίοδος μετά από την πυρκαγιά χαρακτηρίστηκε από τις περισσότερες επιθετικές βροχές, με το μέγιστο I_{30} 35.4 mm h⁻¹, και από την πιο σύντομη διάρκεια (482 λεπτά κατά μέσον όρο) και τη μικρότερη ποσότητα (321 mm) απ'ό,τι στη δεύτερη μελετημένη περίοδο (πίνακας 2). Η παραγωγή απορροών παρουσίασε σημαντική και θετική σχέση ($p < 0.01$) με τον όγκο βροχοπτώσεων και την ένταση των βροχοπτώσεων (I_{30}) καθ'όλη τη διάρκεια της πρώτης περιόδου μετά την πυρκαγιά για όλες τις επεξεργασίες πυρκαγιάς (πίνακας 3). Εντούτοις, η παραγωγή ιζημάτων από τις καμένες πλοκές συσχετίστηκε σημαντικά μόνο ($p < 0.01$) με I_{30} για τις έντονες και μέτριες επεξεργασίες πυρκαγιάς κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου.

Η διάρκεια των γεγονότων βροχοπτώσεων δεν παρουσίασε σημαντικό συσχετισμό ούτε με την παραγωγή απορροών ούτε ιζημάτων. Οκτώ έτη μετά από την πυρκαγιά, καμία σημαντική σχέση μεταξύ των μεταβλητών βροχοπτώσεων (όγκου, I_{30} και διάρκεια) και την παραγωγή ιζημάτων δεν παρατηρήθηκε. Μόνο η παραγωγή απορροών από τις καμένες πλοκές, συσχετίστηκε σημαντικά και θετικά με I_{30} σε εκείνη την περίοδο (πίνακας 3). Οι σχέσεις μεταξύ I_{30} και της παραγωγής απορροών, και I_{30} και της παραγωγής ιζημάτων για τις τρεις διαφορετικές επεξεργασίες πυρκαγιάς κατά τη διάρκεια του πρώτου έτους μετά την πυρκαγιά (1995-1996) παρουσίασαν γενικά ευρεία διασπορά, αλλά οι σημαντικές γραμμικές σχέσεις ($p < 0.05$) βρέθηκαν (σχέδιο 3)



Σχέδιο 3.(A) Στατιστικές σχέσεις μεταξύ της παραγωγής απορροών, τις επεξεργασίες ελέγχου και την ένταση βροχοπτώσεων (I_{30}) στις καμένες εκτάσεις στο πρώτο έτος μετά την πυρκαγιά (Ιούνιος 1995- Ιούνιος του 1996) (B) Η παραγωγή ιζημάτων, οι επεξεργασίες ελέγχου και η ένταση βροχοπτώσεων (I_{30}) στο πρώτο έτος μετά την πυρκαγιά (Ιούνιος 1995- Ιούνιος 1996).

Κατά τη διάρκεια του πρώτου έτους μετά την πυρκαγιά, τα υψηλά επίπεδα παραγωγής απορροών και ιζημάτων δόθηκαν γενικά όταν η ένταση βροχοπτώσεων ήταν μεγαλύτερη από 20 mm h^{-1} (σχέδιο 3). Αυτά

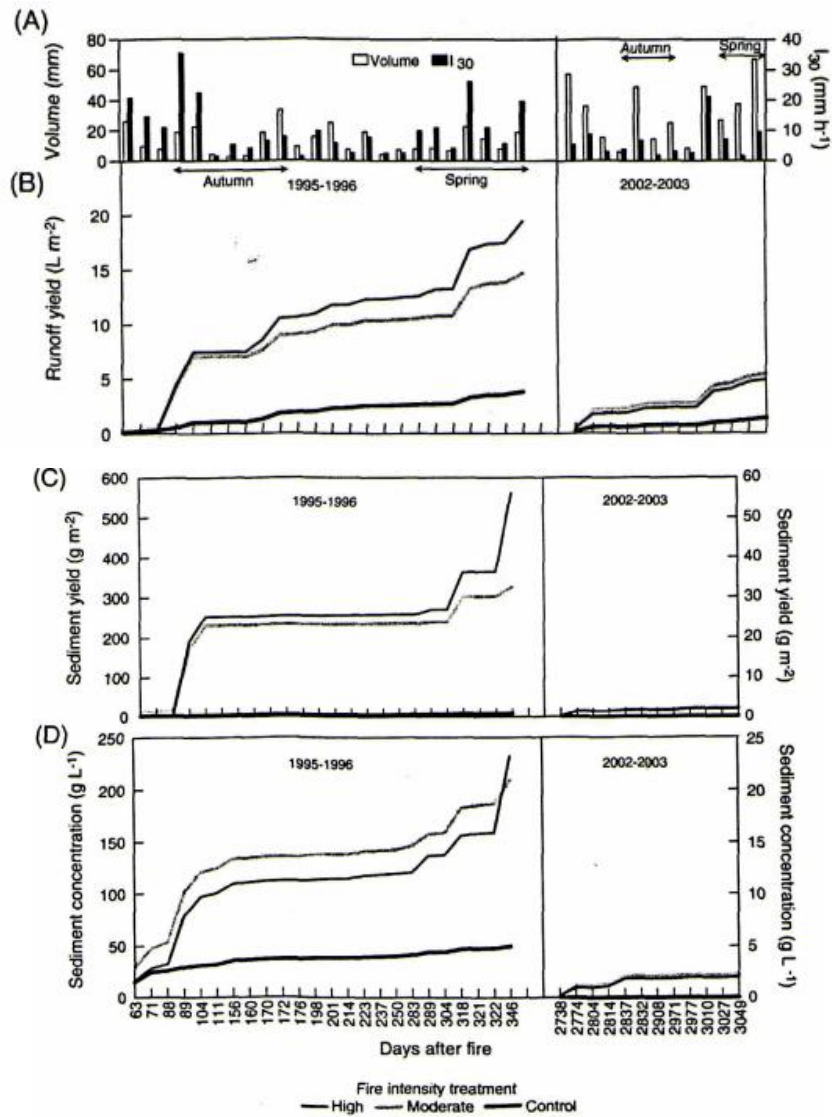
τα ιδιαίτερα διαβρωτικά γεγονότα βροχοπτώσεων, που συγκεντρώθηκαν το φθινόπωρο και την άνοιξη, παρήγαγαν τη μέση παραγωγή απορροών $3,15 \text{ L m}^{-2}$ και σημαίνουν τις εδαφολογικές απώλειες 134 g m^{-2} για την έντονη επεξεργασία πυρκαγιάς. Εντούτοις, τα δύο γεγονότα βροχοπτώσεων εμφανίστηκαν αμέσως μετά από τον αντίκτυπο πυρκαγιάς, παρά την ένταση βροχοπτώσεων (I_{30}) με τιμές $20,8$ και $14,5 \text{ mm h}^{-1}$, παράγοντας πολύ χαμηλή απορροή και παραγωγές ιζημάτων στις καμένες πλοκές μεταξύ $0,1$ και $0,35 \text{ L m}^{-2}$ και 11 g m^{-2} αντίστοιχα (σχέδιο 3). Εκείνα τα χαμηλά ποσοστά διάβρωσης μπορούν να αποδοθούν στην προστατευτική επίδραση του στρώματος τέφρας που κατατίθεται στην εδαφολογική επιφάνεια μετά από την πυρκαγιά και διαδραματίζει έναν σημαντικό ρόλο ώστε να απορροφήσει τον αντίκτυπο πτώσης βροχής, να συνδράμει σημαντικά στη μείωση της παραγωγής απορροών, και να βοηθήσει στον έλεγχο της αποσύνδεσης και της μεταφοράς του ιζήματος. Τρεις μήνες μετά από την πυρκαγιά, οι σημαντικές εδαφολογικές απώλειες παρήχθησαν όταν εμφανίστηκε ένα γεγονός βροχόπτωσης φθινοπώρου με $I_{30} 35 \text{ mm h}^{-1}$ (σχέδιο 3). Εκείνο το ενιαίο γεγονός παρήγαγε τις μέσες τιμές των εδαφολογικών απωλειών $186,7$ και 157 g m^{-2} στις έντονες και μέτριες επεξεργασίες πυρκαγιάς, αντίστοιχα, οι οποίες αντιπαραβάλλουν στο $0,98 \text{ g m}^{-2}$ που μετριέται στις πλοκές ελέγχου. Οκτώ έτη μετά από την πυρκαγιά, παρ'όλο που τα διαβρωτικά γεγονότα βροχοπτώσεων δίνονται με $I_{30} > 20 \text{ mm h}^{-1}$, οι τιμές για τις διαβρωτικές παραμέτρους στις καμένες πλοκές είναι σημαντικά χαμηλότερες από εκείνες που παρατηρούνται στον πρώτο χρόνο μετά την πυρκαγιά (παραγωγή απορροών $1,5 \text{ L m}^{-2}$ και παραγωγή ιζημάτων $0,2 \text{ g m}^{-2}$) (σχέδιο 3).

Επεξεργασίες πυρκαγιάς και αποκατάσταση βλάστησης που επηρεάζει τις απαντήσεις διάβρωσης ύδατος

Η παραγωγή απορροών, ο συντελεστής απορροών, η παραγωγή ίζημάτων και η συγκέντρωση ίζημάτων δείχνουν ότι στο πρώτο έτος μετά από την πυρκαγιά, η επεξεργασία υψηλής έντασης οδήγησε στις μεγαλύτερες τιμές από τη μέτρια, ενώ και οι δύο παρουσιάζουν υψηλότερες τιμές από εκείνες που μετριοούνται στις πλοκές ελέγχου. Στατιστικές σημαντικές διαφορές μεταξύ των καμένων και άκαυτων πλοκών (πίνακας 4) παρατηρήθηκαν επίσης κατά τη διάρκεια εκείνης της περιόδου.

Η συνολική παραγωγή απορροών στο πρώτο έτος μετά την πυρκαγιά ήταν $19,4 \text{ L m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ για την έντονη πυρκαγιά, $14,7 \text{ L m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ για τη μέτρια πυρκαγιά και τα $3,8 \text{ L m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ για τις ελεγχόμενες πλοκές. Η συνολική εδαφολογική απώλεια εκείνη την περίοδο στις επεξεργασίες υψηλής έντασης ήταν σχεδόν διπλή από,τι αυτή στη μέτρια (561 g m^{-2} και 326 g m^{-2} , αντίστοιχα), και οι δύο τιμές ήταν σαφώς υψηλότερες από την παραγωγή ίζημάτων που μετρήθηκε στις πλοκές ελέγχου ($8,5 \text{ g m}^{-2}$).

Οκτώ έτη μετά από την πυρκαγιά, το ποσό βιομαζών έχει αναπαραχθεί κοντά σε 66% της θέσης αντιμετώπισης πυρκαγιάς, και το χώμα που καλύφθηκε από τις εγκαταστάσεις ήταν μεταξύ 30 και 40%. Σε αυτές τις συνθήκες ποσολογείται ότι υπήρξε μια μείωση στην εδαφολογική απώλεια περίπου 99% έναντι της περιόδου του 1995-1996, σε όλες τις επεξεργασίες πυρκαγιάς.



Σχέδιο 4.(Α)Ογκος και ένταση βροχοπτώσεων (Β)Συσσωρευμένες τιμές απορροών (C) Συσσωρευμένες τιμές ιζήματος και (D) Συσσωρευμένες τιμές της συγκέντρωσης ιζημάτων για κάθε επεξεργασία έντασης πυρκαγιάς κατά τη διάρκεια του 1^{ου} έτους μετά την πειραματική πυρκαγιά (1995-1996) και κατά τη διάρκεια του 2002-2003.

Αλλαγές στις υδρολογικές ιδιότητες ενός μεσογειακού χώματος που υπόκεινται σε διαφορετικές εντάσεις πυρκαγιάς.

Εδαφολογικές μετρήσεις και ανάλυση

Τα εδαφολογικά δείγματα λήφθηκαν (όπως και προηγουμένως, στην περιοχή της Βαλένθιας, Ισπανία) από τα πρώτα 5 cm της εδαφολογικής επιφάνειας πριν και αμέσως μετά από την πυρκαγιά. Μετά τη λήψη τα δείγματα στεγνώθηκαν, αφού είχαν καλυφθεί, με παροχή ζεστού αέρα και αφού αποθηκεύτηκαν σε πλαστικά κιβώτια, στάλθηκαν για ανάλυση. Η μέση επιφανειακή ογκομετρική περιεκτικότητα σε νερό πριν την πυρκαγιά ήταν 8%.

- Η περιεκτικότητα του νερού στο έδαφος (Π.Ν.Ε.) υπολογίστηκε για τις δυνατότητες άσκησης πίεσης σε: 0, -10, -33, -300, και -1500 kPa, or pF 1, 2, 2.5, 3.5, 4.2, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο μεμβρανών πίεσης. Η ικανότητα διατήρησης εδαφολογικού ύδατος υπολογίστηκε για κάθε εδαφολογικό δείγμα χρησιμοποιώντας τις εξισώσεις McLaren και του Cameron.

$$\alpha) I.D.Y. = (\theta_{10} - \theta_{1500}) \cdot \rho_b$$

$$\beta) I.D.Y. = (\theta_{33} - \theta_{1500}) \cdot \rho_b$$

όπου I.D.Y. είναι η Ικανότητα Διατήρησης Ύδατος

θ_{10} , θ_{33} , θ_{1500} είναι οι βαρομετρικοί όγκοι ύδατος σε -10, -33, και -1500 kPa αντίστοιχα και

ρ_b είναι το φαινόμενο ειδικό βάρος των εδαφολογικών δειγμάτων. Τα αποτελέσματα αποδόθηκαν για τις ογκομετρικές μονάδες σε ποσοστά.

- Η I.D.Y. με την ικανότητα τομέων σε -10 kPa και -33 kPa υπολογίστηκε για τις διαφορετικές πλοκές και οι pF καμπύλες καθορίστηκαν επίσης.

- Οι κλιματολογικές παράμετροι και τα εγγενή χαρακτηριστικά των διαφορετικών γεγονότων βροχοπτώσεων ελέγχθηκαν από ένα σύστημα αναγραφών των αισθητήρων. Η δυναμική παραγωγής απορροών ελέγχθηκε σε κάθε γεγονός βροχής κατά τη διάρκεια της

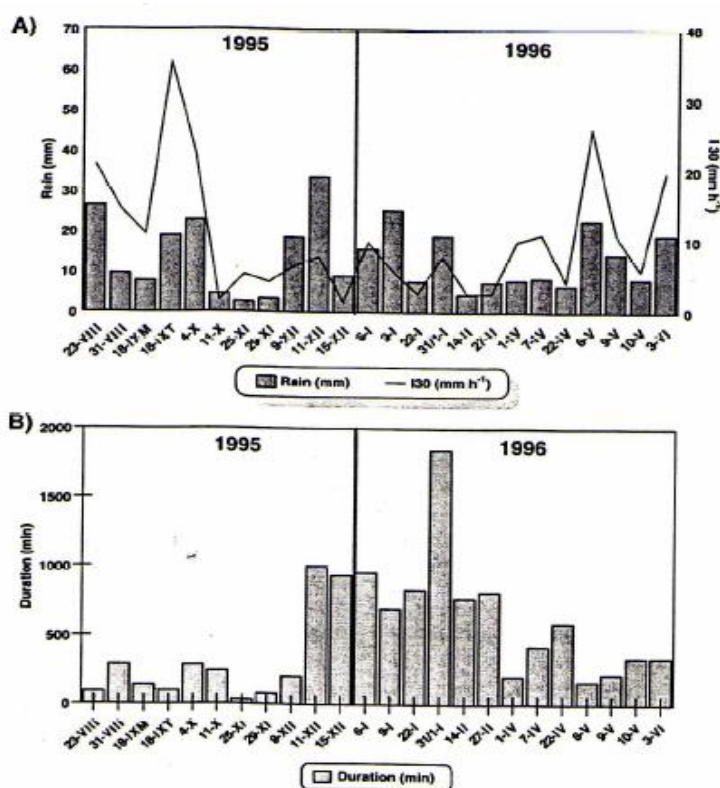
μελετημένης περιόδου. Η ένταση βροχοπτώσεων υπολογίστηκε για το μέγιστο όγκο της πτώσης που εμφανίζεται σε 30 min (I30).

- Το περιεχόμενο της οργανικής ουσίας στο έδαφος καθορίστηκε από την οξείδωση με το διχρωμικό άλας καλίου (Τζάκσον, 1958). Η ηλεκτρική αγωγιμότητα μετρήθηκε στα αποσπάσματα εδαφολογικού κορεσμού με τη μέθοδο Richards (1964). Η συνολική σταθερότητα αξιολογήθηκε χρησιμοποιώντας μια διαδικασία υγρού κοσκινίσματος (Primo- Yufera και Carrasco, 1973). Η περιεκτικότητα σε ανθρακικό άλας ασβεστίου καθορίστηκε χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Bernard (MAPA, 1986) και το pH καθορίστηκε με πεχαμετρικό χαρτί (Richards, 1954). Η ανάλυση της διαφοράς (ANOVA) χρησιμοποιήθηκε για να εξετάσει τις σημαντικές διαφορές μεταξύ των στοιχείων θερμοκρασίας των δύο επεξεργασιών πυρκαγιάς. Οι τυποποιημένες στατιστικές αναλύσεις εφαρμόστηκαν σε σύντομο χρονικό διάστημα με εμπιστοσύνη στα αποτελέσματα 95%. Η ανάλυση της διαφοράς και η δοκιμή Tukey $\alpha = 0,05$ χρησιμοποιήθηκαν για να ανιχνεύσουν τις διαφορές σε Ι.Δ.Υ. σύμφωνα με τις διαφορετικές επεξεργασίες πυρκαγιάς και την κάλυψη βλάστησης. Οι κλιματολογικές παράμετροι αναλύθηκαν επίσης με ανάλυση της διαφοράς (ANOVA).

Χαρακτηριστικά βροχοπτώσεων

Οι συνολικές βροχοπτώσεις που συλλέγησαν κατά τη διάρκεια της περιόδου ενός έτους μετά από τις πειραματικές πυρκαγιές (Ιούνιος 1995-Ιούνιος 1996) ήταν 386.62 mm . Ο συνολικός όγκος των διαβρωτικών βροχοπτώσεων, με την παραγωγή απορροών, ήταν 321.26 mm που διανεμήθηκε σε 24 γεγονότα, που παρουσιάζουν μια μέση ένταση βροχοπτώσεων (I_{30}), της τάξεως των $10,38 \text{ mm h}^{-1}$. Η Μέγιστη ένταση

βροχοπτώσεων (I_{30}) ήταν $35,36 \text{ mm h}^{-1}$ στις 18 Σεπτεμβρίου, που συμπίπτει με την περίοδο που εμφανίζονται συνήθως οι επιθετικότερες βροχές στην περιοχή της Μεσογείου (Perez Cueva1994). Η χαμηλότερη μέτρηση ήταν $1,4 \text{ mm h}^{-1}$ στις 15 Δεκεμβρίου (σχέδιο 2A). Το χειμώνα, η συνολική βροχή ήταν $172,8 \text{ mm}$ (που διανέμονται σε 15 γεγονότα), παρόμοια με το φθινόπωρο και την άνοιξη μαζί ($148,46 \text{ mm}$, σε 9 γεγονότα), αλλά η διάρκεια των θυελλών ήταν τρεις φορές υψηλότερη απ'ό,τι τον υπόλοιπο χρόνο (μέσος όρος των 641 λεπτών και 216 λεπτών, αντίστοιχα) (σχέδιο 2B). Επιπλέον, η διάρκεια ήταν 72% υψηλότερη και η ένταση βροχοπτώσεων (I_{30}) ήταν 70% χαμηλότερη το χειμώνα απ'ό,τι στο υπόλοιπο της περιόδου μελέτης, κατά συνέπεια, δύο περίοδοι σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά βροχής μπορούν να διαφοροποιηθούν κατά τη διάρκεια του έτους μελέτης: οι τελευταίες ημερομηνίες του καλοκαιριού 1995 συν το φθινόπωρο και την άνοιξη του 1996 (περίοδος 1), και χειμώνας 1995/96 (περίοδος 2).



Σχέδιο 4. Α), αριστερά (Όγκος), δεξιά(ένταση), και Β) διάρκεια των διαβρωτικών βροχών που εμφανίζεται κατά τη διάρκεια της περιόδου μελέτης

Πίνακας 2

Οι μέσες τιμές μερικών ιδιοτήτων του εδάφους για κάθε επεξεργασία πυρκαγιάς και κάλυψη της βλάστησης το 1995, μετά από το πείραμα πυρκαγιάς

Πριν από την εμπειρία πυρκαγιάς	συνολική σταθερότητα (%)	ηλεκτρική Αγωγιμότητα(dS m ⁻¹)	ανθρακικό άλας ασβεστίου(%)	οργανική ουσία		
Κάλυψη βλάστησης	Συνολική σταθερότητα (%)	pH(νερού)	ηλεκτρική Αγωγιμότητα(dS m ⁻¹)	ανθρακικό άλας ασβεστίου(%)	οργανική ουσία	
Κάτω από το θόλο	-	7.29a	1.14a	45.42a	12.11a	
Γυμνό έδαφος	-	7.50b	0.61b	50.15b	8.49b	
Μετά από την εμπειρία πυρκαγιάς						
Κάλυψη βλάστησης	επεξεργασία	Συνολική σταθερότητα (%)	pH(νερού)	ηλεκτρική Αγωγιμότητα(dS m ⁻¹)	ανθρακικό άλας ασβεστίου(%)	οργανική ουσία
Κάτω από το θόλο	Υψηλό	33.68a	7.20a		45.85a	12.85a
Κάτω από το θόλο	Μέτριο	31.59a	7.34a		46.94a	11.85a
Κάτω από το θόλο	έλεγχος	35.32a	7.33a		45.65a	12.33a
Γυμνό έδαφος	Υψηλό	28.13a	7.21a		48.35a	9.57a
Γυμνό έδαφος	Μέτριο	23.46a	7.38ab		49.01a	11.18a
Γυμνό έδαφος	έλεγχος	23.53a	7.52b		49.00a	7.98b

Οι τιμές που δεν μοιράζονται το ίδιο γράμμα στις στήλες δείχνουν τις σημαντικές διαφορές μεταξύ της επεξεργασίας πυρκαγιάς για τη διαφορετική κάλυψη βλάστησης.

Υδρολογικές συμπεριφορές εδαφών

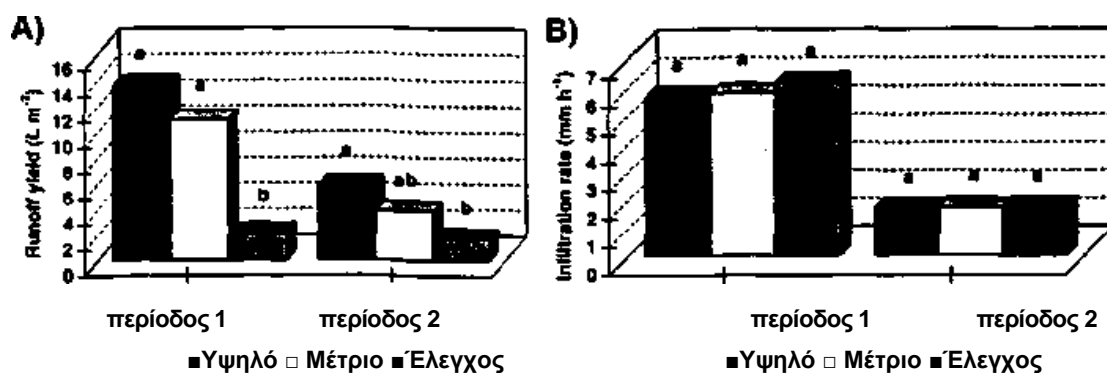
Ο πίνακας 2 μας δείχνει μερικά εδαφολογικά χαρακτηριστικά που αναλύονται μετά από την εμπειρία πυρκαγιάς, που διακρίνεται μεταξύ της κάλυψης βλάστησης (κάτω από το θόλο και το γυμνό χώμα) και των επεξεργασιών πυρκαγιάς.

Κατά τη διάρκεια του πρώτου έτους μετά από το πείραμα πυρκαγιάς, υπάρχουν χαρακτηριστικές διαφορές στην παραγωγή απορροών μεταξύ των πλοκών επεξεργασίας και ελέγχου πυρκαγιάς. Οι πλοκές που επηρεάζονται από την πυρκαγιά υψηλής έντασης δίνουν 80% περισσότερη απορροή από τις πλοκές ελέγχου. Εν τω μεταξύ στις πλοκές που επηρεάζονται από τη μέτρια ένταση υπάρχει 74% περισσότερη απορροή σε σχέση με τις πλοκές ελέγχου (το σχέδιο 3). Συμπεραίνουμε λοιπόν μέσω του πίνακα 2 ότι τα ποσοστά απορροών μετά από τον αντίκτυπο της πυρκαγιάς στο χώμα παράγουν μια αύξηση ακόμη και τριών μεγεθών στη διάβρωση.

Εντούτοις, εάν αυτά τα στοιχεία διαιρούνται σύμφωνα με τις δύο περιόδους που καθορίζονται από τα χαρακτηριστικά βροχής, μπορούν να παρατηρηθούν σημαντικές διαφορές στην παραγωγή απορροών μεταξύ των επεξεργασιών και των περιόδων. Όπως εξηγήθηκε παραπάνω, η περίοδος 1 χαρακτηρίζεται από τις διαβρωτικές βροχές με μέση/υψηλή ένταση βροχοπτώσεων (I_{30}), (μέσος όρος = $18,49 \text{ mm h}^{-1}$) και σύντομη διάρκεια. Η περίοδος 2 παρουσιάζει βροχές χαμηλής έντασης (I_{30}), (μέσος όρος = $5,51 \text{ mm h}^{-1}$) και μακροχρόνια διάρκεια, με υψηλή περιεκτικότητα του νερού στο έδαφος και χαμηλές τιμές απορροών. Κατ' αυτό τον τρόπο, η απορροή στην περίοδο 2 ήταν 57%, 65%, 18% χαμηλότερη από την περίοδο 1 για τις πλοκές που επηρεάστηκαν από την υψηλή ένταση, τη μέτρια ένταση και τον έλεγχο, αντίστοιχα (σχέδιο 4A). Μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι η εδαφοτομή δεν ήταν διαποτισμένη εντελώς,

ευνοώντας χαμηλότερες ταχύτητες διήθησης από την περίοδο 1, αλλά παρόμοιες ταχύτητες διήθησης για τις διαφορετικές επεξεργασίες πυρκαγιάς (σχέδιο 4B).

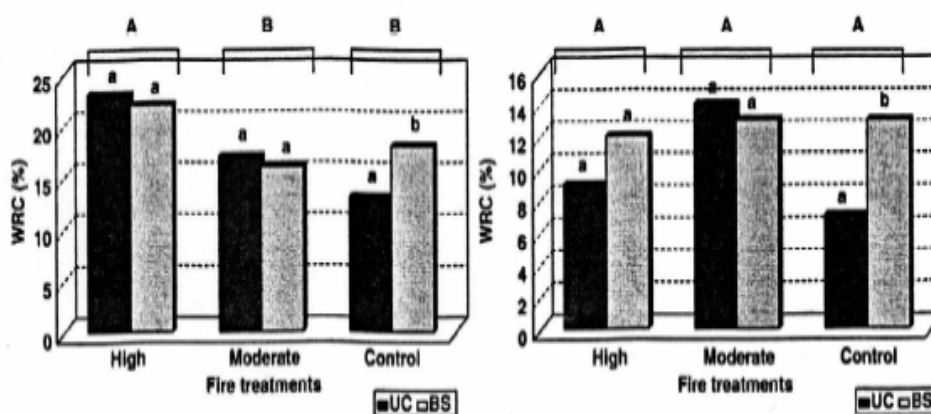
Τα στοιχεία που λαμβάνονται για τα καμένα χώματα μας δείχνουν ότι στα καμένα χώματα, οι κύριοι παράγοντες που ελέγχουν την απορροή είναι η ένταση βροχοπτώσεων (I_{30}) και η διανομή βροχής κατά τη διάρκεια του έτους. Ως εκ τούτου παρατηρήθηκε μια άμεση σχέση μεταξύ της παραγωγής απορροών, του όγκου βροχοπτώσεων και της έντασης βροχοπτώσεων (I_{30}). Επιπλέον, στο μεσογειακό περιβάλλον και σε φυσικές συνθήκες, το ποσοστό απορροών εξαρτάται ιδιαίτερα από τις συνθήκες βροχής και τις προηγούμενες συνθήκες υγρασίας του εδάφους. Επίσης έχει παρατηρηθεί ότι τα χαρακτηριστικά βροχής μετά από μια πυρκαγιά σε ακαλλιέργητη περιοχή ευθύνονται κατά ένα βαθμό για τα ποσοστά απορροών που παράγονται. Έτσι, οι χαμηλές εντάσεις βροχοπτώσεων θα μπορούσαν να διευκολύνουν ένα βαθμιαίο βρέξιμο της εδαφοτομής, που ευνοεί τις αλλαγές ή την εξαφάνιση των υδροφοβικών ουσιών που παρήχθησαν στην επιφάνεια του εδάφους μετά από την πυρκαγιά, επιτρέποντας έπειτα μια κανονική ταχύτητα διήθησης. Αυτό θα μπορούσε να είναι ο λόγος για τη διαφορά στις ταχύτητες διήθησης μεταξύ των επεξεργασιών στην περίοδο 2. Οι διαφορές στη διανομή βροχοπτώσεων μέσω του έτους μελέτης επηρεάζουν τις υδρολογικές τάσεις στην παραγωγή απορροών και στην ταχύτητα διήθησης (σχέδιο 4).



Σχέδιο 5. (A) Συνολικές τιμές της παραγωγής απορροών ($L m^{-2}$) και (B) ποσοστό διήθησης ($mm h^{-1}$) για τις διαφορετικές επεξεργασίες και τις περιόδους που περιγράφονται κατά τη διάρκεια 1995-1996. Οι τιμές που δεν μοιράζονται τα ίδια γράμματα δείχνουν τις σημαντικές διαφορές μεταξύ της επεξεργασίας πυρκαγιάς.

Ικανότητα διατήρησης νερού.

Τα χόματα που κάηκαν με την πυρκαγιά υψηλής έντασης παρουσίασαν τιμές Ι.Δ.Υ. σημαντικά υψηλότερες από εκείνα που κάηκαν με την πυρκαγιά μέτριας έντασης και ελέγχου επεξεργασίας (σχέδιο 5). Μετά από το πείραμα πυρκαγιάς, οι καμένες πλοκές παρουσίασαν τις ομοιογενείς συνθήκες σε Ι.Δ.Υ. για τη διαφορετική κάλυψη βλάστησης, αν και η Ι.Δ.Υ. στα δείγματα των γυμνών χωμάτων ήταν ελαφρώς χαμηλότερη συγκρινόμενη με εκείνη στα δείγματα κάτω από το θόλο (σχέδιο 5).



High:Υψηλό Moderate:Μέτριο Control:έλεγχος

§ WRC:Ι.Δ.Υ.

§ UC:Κάτω από το θόλο

§ BS:Γυμνό έδαφος

Σχέδιο 6. Ικανότητα διατήρησης ύδατος (Ι.Δ.Υ.) που υπολογίζεται στις δυνατότητες μητρών - 10 kPa και - 1500 kPa (αριστερή πλευρά) και -33 kPa και -1500 kPa (δεξιά πλευρά) για τις διαφορετικές επεξεργασίες πυρκαγιάς και την κάλυψη βλάστησης, αμέσως μετά από το πείραμα πυρκαγιάς (1995). UC, κάτω από το θόλο BS, γυμνό χόμα. Τα διαφορετικά γράμματα δείχνουν τις σημαντικές διαφορές για τη διαφορετική κάλυψη βλάστησης (χαμηλότερη περίπτωση) .

Αυτά τα αποτελέσματα θα μπορούσαν να δείξουν τις αλλαγές στις φυσικές ιδιότητες της επιφάνειας του εδάφους. Αυτές οι αλλαγές θα μπορούσαν να παραχθούν σε διανομή και συνάθροιση μεγέθους μορίων από την επανασυνάθροιση του ταξινομημένου μοριακού αργίλου στα αμμώδη ταξινομημένα μόρια. Όταν η I.Δ.Υ. υπολογίζεται βασισμένη σε μια δυνατότητα μητρών - 33 kPa, η πιθανή επίδραση του ύδατος που κατέχουν τα αμμώδη ταξινομημένα μόρια εξαλείφεται, και οι διαφορές μεταξύ των επεξεργασιών πυρκαγιάς εξαφανίζονται. Η επίδραση πυρκαγιάς θα μπορούσε να ευνοήσει την υψηλή εκμετάλλευση ύδατος στις χαμηλές pF τιμές. Μεταξύ των τιμών - 10 kPa και - 33 kPa, η περιεκτικότητα σε νερό που συγκρατείται είναι 75% και 55% υψηλότερη για την υψηλή και μέτρια επεξεργασία έντασης, αντίστοιχα, από τις τιμές ελέγχου (σχέδιο 6). Κατόπιν, υπάρχει ένα σημαντικό ποσό ύδατος που συγκρατείται στο χώμα στις χαμηλές pF τιμές για την επεξεργασία υψηλής έντασης. Αυτό το νερό διατηρείται πιθανώς, στα κενά που παράγονται από την επανασυνάθροιση των μορίων αργίλου, στα μόρια μεγέθους άμμου. Ταξινομώντας τα σύνολα με βάση το μέγεθος τους, χρησιμοποιώντας τη μέση περιεκτικότητα σε νερό σε -10, -33 και -1500 kPa, διαπιστώθηκε ότι τα μεγαλύτερα σύνολα παρουσιάζουν τη μέγιστη παραλλαγή της περιεκτικότητας σε νερό και τις μέγιστες τιμές για αυτήν την παράμετρο.

Μόνο οι πλοκές ελέγχου παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές μεταξύ της κάλυψης βλάστησης σε I.Δ.Υ. (σχέδιο 6). Εδαφολογικά δείγματα που πάρθηκαν από το γυμνό χώμα παρουσιάζουν υψηλότερη I.Δ.Υ., το οποίο οφείλεται ενδεχομένως στο υψηλό επιφανειακό πέτρωμα που καλύπτει το σημαντικότερο μέρος της εδαφολογικής επιφάνειας (ένας μέσος όρος $59 \pm 3\%$ του επιφανειακού πετρώματος). Κατόπιν, τα ποσοστά εξατμισοδιαπνοής θα μπορούσαν να είναι χαμηλότερα επειδή τα τεμάχια βράχου εμποδίζουν την ανοδική μετακίνηση του νερού στην εδαφολογική επιφάνεια, απ' όπου πραγματοποιείται και η εξάτμιση. Λόγω αυτού, το

νερό που διατηρείται μεταξύ αυτών των τιμών pF είναι συνήθως στο γυμνό χώμα. Διαπιστώθηκε επίσης ότι κάτω από το χώμα θόλων, και σε ένα μεσογειακό περιβάλλον, δεν απορροφούνται όλες οι βροχοπτώσεις από την εδαφολογική επιφάνεια δεδομένου ότι η παρεμπόδιση θόλων θαμνώδου γης μειώνει την περιεκτικότητα σε εδαφολογικό νερό που οφείλεται, μεταξύ των άλλων παραγόντων στα σημαντικότερα ποσοστά εξατμισοδιαπνοής που παράγονται από τη βλάστηση.

Διαπιστώθηκε επίσης ότι ανάλογα με τον τύπο θαμνόδεντρων που αναπτύσσονται στο ίδιο χώμα, η συνολική σταθερότητα και η περιεκτικότητα σε εδαφολογικό νερό μπορούν να αλλάξουν. Επομένως, σε φυσικές άκαυτες περιοχές, η I.Δ.Υ. εξαρτάται, κυρίως, από τον τύπο βλάστησης και από τα εδαφολογικά χαρακτηριστικά.

Καμπύλες pF

Ο πίνακας 3 παρουσιάζει σημαντικές διαφορές μεταξύ των καμένων και των επεξεργασιών ελέγχου για όλα τα σημεία pF που βρίσκονται κάτω από το θόλο, εκτός από pF 1, και pF 3.5. Στα γυμνά εδάφη οι διαφορές μεταξύ των τιμών επεξεργασίας πυρκαγιάς και αυτών του ελέγχου ήταν αξιόλογες μόνο στις χαμηλές pF τιμές. Έτσι τα χαρακτηριστικά των δειγμάτων των γυμνών εδαφών καθιστούν ευκολότερη τη φυσική επανασυνάθροιση του άργιλου, σε μέγεθος μορίων, σε αμμώδες, στο ίδιο μέγεθος, μετά από τον αντίκτυπο πυρκαγιάς από,τι στο χώμα που βρίσκεται κάτω από το θόλο. Το σκεπασμένο χώμα(κάτω από το θόλο)στις πλοκές ελέγχου διατηρεί περισσότερο νερό από το σκεπασμένο χώμα και το γυμνό χώμα στις πλοκές που επηρεάζονται από τον αντίκτυπο της πυρκαγιάς. Οι pF καμπύλες για την επεξεργασία υψηλής έντασης δεν παρουσίασαν

σημαντικές διαφορές μεταξύ του χώματος κάτω από το θόλο και των γυμνών χωμάτων (πίνακας 3), οι οποίες θα μπορούσαν να δείξουν ότι το πέραςμα της πυρκαγιάς κάνει ομοιογενείς εδαφολογικές συνθήκες. Στις μέτριας έντασης επεξεργασίες, υπάρχουν σημαντικές διαφορές για τις τιμές του pF 1 και 3.5. Εν τω μεταξύ, για τις πλοκές ελέγχου, σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν για την τιμή 4.2. Αυτές οι διαφορές ανάμεσα στο γυμνό και το χώμα κάτω από το θόλο στα δείγματα ελέγχου θα μπορούσαν να οφείλονται σε μια αναδιοργάνωση στο συνολικό μέρος μικροϋπολογιστών λόγω αυτών των pF τιμών (pF 4.2). Ο κύριος παράγοντας που καθορίζει ενδεχομένως τη διατήρηση ύδατος μητρών είναι η σύσταση και η συγκεκριμένη επιφάνεια του εδαφολογικού υλικού που ενώνει το νερό και το χώμα από τις δυνάμεις προσρόφησης.

Οι τιμές της περιεκτικότητας σε νερό για τα δείγματα των γυμνών εδαφών των επεξεργασιών πυρκαγιάς είναι υψηλότερες από εκείνες των δειγμάτων ελέγχου. Κατ' αυτό τον τρόπο, η επίδραση πυρκαγιάς στο γυμνό χώμα σε σχέση με τις υδρολογικές ιδιότητές του θα μπορούσε να επιφέρει, αρχικά, μια αύξηση στην περιεκτικότητα σε νερό κυρίως σε χαμηλές τιμές pF (pF 1 και 2). Αυτή η αύξηση παρουσιάζει σημαντικές διαφορές για pF 1 και 2 (Πίνακας 3).

Το γεγονός ότι οι τιμές της περιεκτικότητας σε νερό στα δείγματα των γυμνών χωμάτων αυξάνονται, πιθανώς εξαρτάται, μεταξύ άλλων παραγόντων, από τις δομικές αλλαγές στο επιφανειακό στρώμα χώματος μετά από την πυρκαγιά. Αυτές οι δομικές αλλαγές έχουν σχέση με μια αύξηση στο μέρος των μακρο-συνόλων με τις διαδικασίες τσιμενταρίσματος μορίων.

Η δυνατότητα της αύξησης των μακροσυνόλων στα στρώματα εδαφολογικής επιφάνειας θα μπορούσε να εξηγήσει τον όγκο του νερού που διατηρήθηκε στις χαμηλές pF τιμές από τα χώματα που επηρεάστηκαν από την πυρκαγιά. Σε αυτές τις τιμές, το ποσό του νερού

εξαρτάται πρώτιστα από την τριχοειδή επίδραση και τον πόρο - η διανομή μεγέθους, και ως εκ τούτου, αυτό επηρεάζεται έντονα από την εδαφολογική δομή. Η άνοδος στο μέρος των μακροσυνόλων στην εδαφολογική επιφάνεια συνοδεύθηκε από τη μείωση των μικροσυνόλων, αμέσως μετά από το πείραμα πυρκαγιάς. Θα μπορούσε πιθανώς να παράγει μια αύξηση στον όγκο των πόρων και την περιεκτικότητα του νερού στο χώμα .Αυτά τα μεγάλα σύνολα παρουσιάζουν τις μέγιστες παραλλαγές στην περιεκτικότητα σε νερό και τις μέγιστες τιμές σε αυτήν την παράμετρο.

Συμπεράσματα

Η διανομή βροχής κατά τη διάρκεια του έτους μετά από τις πειραματικές πυρκαγιές παρουσιάζει σαφώς δύο διαφορετικές περιόδους. Η μια χαρακτηρίζεται από τη μέση και υψηλή ένταση και τις χαμηλής διάρκειας βροχές την άνοιξη και το φθινόπωρο, και η άλλη, το χειμώνα, με τις βροχές μακράς διάρκειας και χαμηλών εντάσεων.

Ο αντίκτυπος της πυρκαγιάς στο χώμα έχει σημαντικές υδρολογικές συνέπειες την άνοιξη και το φθινόπωρο (1^η περίοδος), οι οποίες ήταν οι πιο επιθετικές εποχές βροχοπτώσεων. Οι παρατηρηθείσες διαφορές στην παραγωγή απορροών μεταξύ της 1^η περιόδου και του χειμώνα είναι επάνω από 20% για τις τιμές που λαμβάνονται στις πλοκές ελέγχου και 60% για εκείνες που λαμβάνονται στις καμένες πλοκές. Αυτές οι τιμές τονίζουν τη σημασία των χαρακτηριστικών των βροχοπτώσεων στην άμεση περίοδο μετά από τα πειράματα πυρκαγιάς.

Οι υδρολογικές ιδιότητες του χώματος επηρεάζονται επίσης από τον αντίκτυπο της πυρκαγιάς. Παρήγαγε την ομογενοποίηση των τιμών ικανότητας διατήρησης ύδατος (I.D.Y.) μεταξύ της κάλυψης βλάστησης (κάτω από το θόλο και το γυμνό χώμα), και την αύξηση στην περιεκτικότητα σε νερό του γυμνού χώματος στις καμένες πλοκές εναντίον αυτών του ελέγχου στις χαμηλές pF τιμές. Αυτή η αύξηση στην περιεκτικότητα νερού στις χαμηλές pF τιμές θα μπορούσε να δείξει τις δομικές αλλαγές στην εδαφολογική επιφάνεια.

Σε σχέση με την ικανότητα διατήρησης ύδατος, οι pF καμπύλες παρουσιάζουν ουσιαστικές διαφορές μεταξύ του χώματος κάτω από το θόλο και του γυμνού χώματος. Σε μερικά σημεία των pF καμπυλών υπάρχουν υψηλότερες τιμές στα γυμνά χώματα απ'ό,τι στα χώματα κάτω από το θόλο (στατιστικά όχι σημαντικά). Ωστόσο, στη pF σειρά μεταξύ 3,5 και 4,2, στον έλεγχο πλοκών, οι τιμές της διατήρησης εδαφολογικού

ύδατος κάτω από το χώμα θόλων είναι ελαφρώς υψηλότερες απ'ό,τι στο γυμνό χώμα.

Στη μεσογειακή περιοχή, οι επιδράσεις των πυρκαγιών ενισχύονται από τα μεταβαλλόμενα χαρακτηριστικά των συνθήκων βροχής. Αυτό το γεγονός και η αύξηση στη συχνότητα των δασικών πυρκαγιών θα μπορούσαν να ευνοήσουν την προοδευτική υποβάθμιση του οικοσυστήματος και την αύξηση του κινδύνου ερήμωσης των εδαφών. Αρνητικά συμβάλλει και η επανεμφάνισή τους στις ήδη πληγείσες περιοχές ,με αποτέλεσμα να επιταχύνουν τις διαδικασίες υποβάθμισης με την ενίσχυση της ικανότητας διάβρωσης του νερού. Αυτό έχει καταδειχθεί σαφώς με τα στοιχεία που λαμβάνονται από τις μελετημένες πλοκές που καίγονται από τα καλοκαίρια του 1995 έως και του 2003. Κατά τη διάρκεια της πεντάμηνης περιόδου μετά από τις δύο πειραματικές πυρκαγιές, το χώμα ήταν ιδιαίτερα ευαίσθητο στη διάβρωση,ειδικά όταν μιλάμε για τις χειμαρρώδεις βροχοπτώσεις που είναι χαρακτηριστικό γνώρισμα της περιοχής της Μεσογείου. Τα χαρακτηριστικά βροχοπτώσεων (κυρίως I_{30} και συνολικός όγκος) και ο χρόνος μεταξύ της πυρκαγιάς και της πρώτης έντονης βροχής είναι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν τις παραγωγές απορροών και ιζημάτων στις καμένες κλίσεις. Το 2003, το περιστατικό μιας έντονης καταγίδας μόνο 10 ημέρες μετά από την προκληθείσα πυρκαγιά,παρήγαγε απορροή σχεδόν τρεις φορές περισσότερο και προκάλεσε εδαφολογικές απώλειες δύο φορές περισσότερο. Η παραγωγή ιζημάτων των καμένων πλοκών σε αυτό το γεγονός βροχής έφτασε πιο πολύ από 300 g m^{-2} , ξεπερνώντας τα κατ' εκτίμηση ετήσια ποσοστά μεσογειακού εδαφολογικού σχηματισμού. Αντίθετα, η βελτίωση στις εδαφολογικές υδρολογικές ιδιότητες λόγω της φυσικής αύξησης της βλάστησης, εκτός από την προστατευτική επίδρασή της ενάντια στη διάβρωση ύδατος, οδήγησε στο πολύ χαμηλό ποσοστό εδαφολογικών απωλειών στις άκαυτες πλοκές ελέγχου.

Πίνακας 3

Περιεκτικότητα νερού(%) για διαφορετική κάλυψη βλάστησης και επεξεργασίες για τα δείγματα εδάφους, που πάρθηκαν μετά τις πειραματικές πυρκαγιές.

Επίπεδα σύγκρισης		pF 1	pF 2	pF 2.5	pF 3.5	pF 4.2
(A)						
Κάτω	Υψηλή επεξ.	47.79a	38.56a	24.49a	22.44a	15.67a
Από	Μεσαία >>	48.76a	32.96b	30.03b	22.48a	15.64a
το	Έλεγχος	47.52a	34.35b	27.46ab	23.81a	20.87b
θόλο						
Γυμνό	Υψηλή επεξ.	45.37a	37.09a	27.30a	22.95a	14.95a
Χώμα	Μεσαία >>	52.05b	31.78b	28.71a	24.28a	15.72a
	Έλεγχος	47.47ab	33.19b	28.24a	22.65a	14.99a
(B)						
Υψηλή	Κ.Θ	47.79a	38.56a	24.49a	22.44a	15.67a
Ένταση	Γ.Ε.	45.37a	37.09a	27.30a	22.95a	14.95a
Μεσαία	Κ.Θ.	48.76a	32.96a	30.03a	22.48a	16.64a
Ένταση	Γ.Ε.	52.05a	31.78a	28.71a	24.28b	15.72a
Έλεγχος	Κ.Θ.	47.52a	34.35a	27.46a	23.81a	20.87a
	Γ.Ε.	47.47a	33.19a	28.24a	22.65a	14.99b

Κ.Θ.:κάτω από το θόλο,Γ.Ε.:γυμνό έδαφος

(A) Σημαντικές διαφορές στην περιεκτικότητα του νερού ανάμεσα στις επεξεργασίες πυρκαγιάς ανάλογα με την κάλυψη βλάστησης και

(B) Σημαντικές διαφορές στην περιεκτικότητα του νερού ανάμεσα στην κάλυψη βλάστησης ανάλογα με την ένταση επεξεργασίας πυρκαγιάς,για διάφορες τιμές pF.

Οι τιμές που δεν μοιράζονται το ίδιο γράμμα σε μία στήλη,δείχνουν σημαντικές διαφορές για τις διαφορετικές επεξεργασίες και κάλυψης βλάστησης.





Πυρκαγιά σε ανηφορική κλίση



Σχήμα - κατά τη διάρκεια μιας σύντομης υψηλής έντασης πυρκαγιάς το γεγονός βροχής, αυτή η παγίδα ερευνητικών ίζημάτων γέμισαν. Χρησιμοποιώντας προ - και postsurveys, hydrologist βαρίδι καφετί και μέτρο Joe Wagenbrenner μηχανικών το ίζημα συλλεχθείς με τη βοήθεια ενός φορτωτή ολίσθηση-ταύρων. Οι ερευνητικές πλοκές είναι στις υψηλές μμένες δριμύτητα περιοχές η πυρκαγιά Hayman, λούτσος-SAN Isabel του 2002 εθνική Δάσος κοντά στα καταστρώματα, Co. (φωτογραφία από J.Yost).

Βιβλιογραφία

Acea, M.J.; Carballas, T. 1996. Changes in physiological groups of microorganisms in soil following wildfire. *FEMS Microbiology Ecology*. 20: 33–39.

Acea, M.J.; Carballas, T. 1999. Microbial fluctuations after soil heating and organic amendment. *Bioresource Technology*. 67: 65–71.

Adams, R.; Simmons. 1999. Ecological effects of fire fighting foams and retardants. In: Lunt, Ian; Green, David G.; Lord, Brian, (eds.). *Proceedings, Australian bushfire conference; 1999 July; Albury, New South Wales, Australia*. Available on line: <http://life.csu.edu.au/bushfire99>. [May 13, 2005].

Agee, J.K. 1973. Prescribed fire effects on physical and hydrologic properties of mixed-conifer forest floor and soil. Report 143. Davis: University of California Resources Center. 57 p.

Agee, J.K. 1993. *Fire ecology of Pacific Northwest forests*. Washington, DC: Island Press. 493 p.

Ahlgren, I.F. 1974. The effect of fire on soil organisms. In: Kozlowski, T.T.; Ahlgren, C.E., eds. *Fire and ecosystems*. New York: Academic Press: 47–72.

Ahlgren, I.F.; Ahlgren, C.E. 1965. Effects of prescribed burning on soil microorganisms in a Minnesota jack pine forest. *Ecology*. 46: 304–310.

Albin, D.P. 1979. Fire and stream ecology in some Yellowstone tributaries. *California Fish and Game*. 65: 216–238.

Albini, F.A. 1975. An attempt (and failure) to correlate duff removal and slash fire heat. Gen. Tech. Rep. INT-24. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station. 16 p.

Albini, F.A. 1976. Estimating wildfire behavior and effects. Gen. Tech. Rep. INT-30. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station. 92 p.

Albini, F.A.; Reinhardt, E.D. 1995. Modeling ignition and burning rate of large woody natural fuels. *International Journal of Wild-land Fire*. 5(2): 81–91.

Albini, F.; Ruhul Amin, M.; Hungerford, R.D.; Frandsen, W.H.; Ryan, K.C. 1996. Models for fire-driven heat and moisture transport in soils. Gen. Tech. Rep. INT-GTR-335. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station. 16 p.

Aldon, E.F. 1960. Research in the ponderosa pine type. In: Progress report on watershed management research in Arizona. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station: 17–24.

Alexander, M.E. 1982. Calculating and interpreting forest fire intensities. *Canadian Journal of Botany*. 60(4): 349–357.

Allen, L. 1998. Grazing and fire management. In: Tellman, B.; Finch, D.M.; Edminster, C.; Hamre, R., (eds.). The future of arid grasslands: identifying issues, seeking solutions. Proc. RMRS-P-3. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station: 97–100.

Almendros, G.; Gonzalez-Vila, F.J.; Martin, F. 1990. Fire-induced transformation of soil organic matter from an oak forest: an experimental approach to the effects of fire on humic substances. *Soil Science*. 149: 158–168.

Amaranthus, M.P. 1989. Effect of grass seeding and fertilizing on surface erosion in two intensely burned sites in southwest Oregon. In: Berg, N.H., (tech. coord.). Proceedings of the symposium on fire and

watershed management; 1988 October 26–28; Sacramento, CA. Gen. Tech. Rep. PSW-109. Berkeley, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station: 148–149.

Amaranthus, M.P.; Trappe, R.J.; Molina, R.J. 1989. Long-term forest productivity and the living soil. In: Gessel, S.P.; Lacate, D.S.; Weetman, G.F.; Powers, R.F., (eds.). Sustained productivity of forest soils; proceedings 7th North American forest soils conference. Faculty of Forestry Publications. Vancouver: University of British Columbia: 36–52.

Wright, H.E., Jr.; Bailey, A.W. 1982. Fire ecology and prescribed burning in the Great Plains: a research review. Gen. Tech. Rep. WO-26. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 61 p.

Wright, R.J.; Hart, S.C. 1997. Nitrogen and phosphorus status in a ponderosa pine forest after 20 years of interval burning. *Ecoscience*. 4: 526–533.

Wu, X.B.; Redeker, E.J.; Thurow, T.L. 2001. Vegetation and water yield dynamics in an Edwards Plateau watershed. *Journal of Range Management*. 54: 98–105.

Yokelson, R.J.; Susott, R.; Ward, D.E.; Reardon, J.; Griffith, D.W.T. 1997. Emissions from smoldering combustion of biomass measured by open-path Fourier transform infrared spectroscopy. *Journal of Geophysical Research*. 102(D15): 18,865–18,877.

Young, M.K. 1994. Movement and characteristics of stream-borne coarse woody debris in adjacent burned and undisturbed watersheds in Wyoming. *Canadian Journal of Forest Research*. 24: 1933–1938.

Zasada, J.C.; Norum, R.A.; van Veldhuizen, R.M.; Teutsch, C.E. 1983. Artificial regeneration of trees and tall shrubs in experimentally burned upland black spruce/feather moss stands in Alaska. *Canadian Journal of Forest Research*. 13(5): 903–913.

Zhang, Q.L.; Hendrix, P.F. 1995. Earthworm (*Lumbricus rubellus* and *Aporrectodea caliginosa*) effects on carbon flux in soil. *Soil Science Society of America Journal*. 59: 816–823.

Zhang, Y.Q. 1997. Biogeochemical cycling of selenium in Benton Lake, MT. Missoula: University of Montana, 222 p. Thesis.

Zwolinski, M.J. 1990. Fire effects on vegetation and succession. In: Krammes, M.J. (tech. coord.). 1990. Proceedings of a symposium Effects of fire management of Southwestern Natural Resources. Gen. Tech. Rep. RM-191: Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station: 18–24.

Zwolinski, M.J. 1971. Effects of fire on water infiltration rates in a ponderosa pine stand. *Hydrology and Water Resources in Arizona and the Southwest*.1: 107–113.

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Δικτυακοί Τόποι

www.sciencedirect.com

www.elsevier.com/locate/catena

<http://ams.confex.com/ams/FIRE2003/techprogram/>

Εγχειρίδια

1. Biswell, Harold H. 1989. *Prescribed Burning in California Wildlands Vegetation Management*. University of California Press. 255 pp.

2. Bond, William J., and Brian W. vanWilgen. 1996. *Fire and Plants*. Chapman & Hall, London. 263 pp.
3. Bradstock, Ross A., Jann E. Williams, and A. Malcolm Gill, editors. 2002. *Flammable Australia, the Fire Regimes and Biodiversity of a Continent*. Cambridge University Press. 462 pp.
4. Collins, Scott L., and Linda L. Wallace, editors. 1990. *Fire in North American Tallgrass Prairies*. University of Oklahoma Press. 175 pp.
5. DeBano, Leonard F., Daniel G. Neary, and Peter F. Ffolliott. 1998. *Fire's Effects on Ecosystems*. John Wiley & Sons, New York. 333 pp.
6. Kozlowski, T. T., and C. E. Ahlgren, editors. 1974. *Fire and Ecosystems*. Academic Press, Inc., New York. 542 pp.
7. Pyne, Stephen J. 1982. *Fire in America—A Cultural History of Wildland and Rural Fire*. University of Washington Press. 654 pp.
8. Pyne, Stephen J. 2001. *Fire—A Brief History*. University of Washington Press. 204 pp.
9. Pyne, Stephen J., Patricia L. Andrews, and Richard D. Laven. 1996. *Introduction to Wildland Fire*. 2nd Edition. John Wiley & Sons, New York. 769 pp.
10. Tere, William C. 1994. *Firefighter's Handbook on Wildland Firefighting— Strategy, Tactics and Safety*. Deer Valley Press, Rescue, CA. 313 pp
- 11.. Whelan, Robert J. 1995. *The Ecology of Fire*. Cambridge University Press. 346 pp.
12. Wright, Henry A., and Arthur W. Bailey. 1982. *Fire Ecology, United States and Southern Canada*. John Wiley & Sons, New York. 501 pp.
13. Whelan, Robert J. 1995. *The Ecology of Fire*. Cambridge University Press. 346 pp.
14. Wright, Henry A., and Arthur W. Bailey. 1982. *Fire Ecology, United States and Southern Canada*. John Wiley & Sons, New York. 501 pp.

Περιοδικά

Fire Management Today (formerly *Fire Management Notes*). Superintendent of Documents, P.O. Box 371954, Pittsburgh, PA 15250-7954. Also available at:

<http://www.fs.fed.us/fire/fmt/index.htm>

Wildfire. Official publication of the International Association of Wildland Fire, 4025 Fair Ridge Drive, Suite 300, Fairfax, VA 22033-2868. Also available at:

<http://www.iawfonline.org/>

Wildland Firefighter. Wildland Firefighter, P.O. Box 130, Brownsville, OR 97327. Also available at:

<http://wildlandfire.com>

International Journal of Wildland Fire. CSIRO Publishing, P.O. Box 1139, Collingwood, Victoria 3066, Australia. Also available at:

<http://www.publish.csiro.au/nid/114.htm>

Journal of Forestry, Forest Science and The Forestry Source. Society of American Foresters, 5400 Grosvenor Lane, Bethesda, MD. 20814-2198. Also includes its regional journals. Also available at:

<http://safnet.org/periodicals/>

Forest Ecology and Management. Elsevier Science, Regional Sales Office, Customer Support Department, P.O. Box 945, New York, NY 10159-0945. Also available at:

<http://www.elsevier.com/locate/issn/foreco>

Journal of Range Management. Society for Range Management, 445 Union Blvd, Suite 230, Lakewood, CO 80228. Also available at:

<http://uvalde.tamu.edu/jrm/jrmhome.htm>

Canadian Journal of Forest Research. NRC Research Press, National Research Council of Canada, Ottawa, ON K1A 0R6. Also available at:

<http://www.cif-ifc.org/engusu/e-cjfr-spec-sub.shtml>

Environmental Science and Technology. American Chemical Society, 1155 16th St., N.W., Washington, DC 20036. Also available at:

<http://pubs.acs.org/journals/esthag/index.html>

Journal of Environmental Quality. American Society of Agronomy, 677 South Segoe Road, Madison, WI 53711. Also available at:

<http://jeq.scijournal.org/>

Ecology and Ecological Applications. Ecological Society of America, Suite 400, 1707 H Street NW, Washington, DC 20006. Also available at the following Web site:

<http://www.esapubs.org/publications/>

Journal of the American Water Resources Association. 4 West Federal Street, P.O. Box 1626, Middleburg VA 20118-1626. Also available at:

<http://www.awra.org/publicationindex.htm>

Journal of Wildlife Management. The Wildlife Society, 5410 Grosvenor Lane, Bethesda, MD 20814-2197. Also available at:

<http://www.wildlife.org/publications/>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΟΝΑΔΩΝ

Τα θεμελιώδη μεγέθη στην Εφαρμοσμένη Υδρογεωλογία και οι αντίστοιχες μονάδες στο Διεθνές Σύστημα (System International, S.I.) φαίνονται στον παρακάτω Πίνακα.

Θεμελιώδη μεγέθη και μονάδες στο σύστημα S.I.	
Μήκος (L)	1 m (meter)
Μάζα (M)	1 kg (kilogram)
Χρόνος (T)	1 s (second)
Θερμοκρασία (K)	1 K (βαθμός Kelvin)

ΧΡΗΣΙΜΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ

Στον παρακάτω Πίνακα παρουσιάζονται οι παράγωγες μονάδες χρήσιμων μεγεθών στη Μηχανική των ρευστών.

Παράγωγα μεγέθη	Όνομα μονάδας	Σύμβολο
Ταχύτητα		m s ⁻¹
Δύναμη	Newton (N)*	1N=kg m s ⁻²
Επιτάχυνση		m s ⁻²
Πυκνότητα		kg m ⁻³
Πίεση, Τάση	Pascal (Pa)	1 Pa=N m ⁻² = m ⁻¹ kg s ⁻²
Ενέργεια, Έργο	Joule (J)**	1 J=N m=m ² kg s ⁻²
Ιξώδες κινηματικό		m ² s ⁻¹ ***
Ιξώδες δυναμικό		Pa s****
Επιφανειακή Τάση		N m ⁻¹

* Παλαιότερα χρησιμοποιείτο σαν μονάδα μέτρησης της δύναμης το Kilopond (kp):
1kp=9,81 N.

** Για τη μέτρηση της θερμότητας ως μορφής ενέργειας χρησιμοποιείται η θερμίδα (cal), που είναι η θερμότητα που μεταφέρεται σε 1 g νερού για να αυξηθεί η θερμοκρασία του κατά 1 οC.

Ισχύει 1 cal = 4,2 Joule

*** Στο σύστημα CGS χρησιμοποιείται το Stokes=1 cm² s⁻¹

**** Στο σύστημα CGS χρησιμοποιείται το Poise=1 g cm⁻¹ s⁻¹

ΆΛΛΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ

Εκτός των μονάδων του S.I. υπάρχουν και άλλες μονάδες που είναι αποδεκτές από τη διεθνή επιτροπή μέτρων και σταθμών και παρουσιάζονται στον κάτωθι Πίνακα.

Όνομα	Σύμβολο	Ισοδυναμία με μονάδες του S.I.
Μίλι (mile)		1 μίλι (ναυτικό)=1852 m
Angstrom	A	1 A=10 ⁻¹⁰ m
Hectare	Ha	1 ha=10 ⁴ m ²
Λίτρο	L	1 L=10 ⁻³ m ³
Τόννος	T	1 T=1000 kg
Ατμόσφαιρα	Atm	1 Atm=10 ⁵ Pascal

ΕΞΙΣΩΣΗ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ

Τα παράγωγα μεγέθη συνδέονται με τα θεμελιώδη (μήκος L, μάζα M, χρόνος T) με μια μαθηματική σχέση, η οποία ονομάζεται εξίσωση διαστάσεων.

Ως γνωστόν, η ταχύτητα (v) είναι το πηλίκο της μετατόπισης l (μήκος) δια του χρόνου (t). Άρα η εξίσωση διαστάσεων της ταχύτητας είναι:

$$v = \frac{[L]}{[T]} = [L^1 T^{-1}] = [L^1 \cdot M^0 \cdot T^{-1}]$$

Οι αριθμοί (1, 0, -1) είναι οι διαστάσεις της ταχύτητας.

Η πίεση (P) είναι το πηλίκο της δύναμης (F) που ασκείται σε στοιχειώδες τμήμα επιφάνειας (A) δια της επιφάνειας.

$$P = \frac{F}{A} = \frac{m \cdot a}{A} = \frac{M \cdot L \cdot T^{-2}}{L^2} = [L^{-1} \cdot M^1 \cdot T^{-2}]$$

Οι αριθμοί (-1, 1, -2) είναι οι διαστάσεις της πίεσης.

Οι διαστάσεις ενός αδιάστατου φυσικού μεγέθους είναι (0, 0, 0).

ΠΡΟΘΕΜΑΤΑ

Τα κυριότερα προθέματα μονάδων στο S.I. είναι τα εξής:

Πολλαπλάσια	Υποπολλαπλάσια
Tera (T) 10 ¹²	pico (p) 10 ⁻¹²
Giga (G) 10 ⁹	nano (n) 10 ⁻⁹
Mega (M) 10 ⁶	micro (μ) 10 ⁻⁶
Kilo (K) 10 ³	milli (m) 10 ⁻³

εναέρια καύσιμα: καύσιμα περισσότερο από 2 m επάνω από την ορυκτή εδαφολογική επιφάνεια.

ammonification: Μετασχηματισμός των οργανικών ενώσεων αζώτου (N), όπως οι πρωτεΐνες και τα αμινοξέα, στην αμμωνία (NH₄). Το Ammonification είναι μια διαδικασία που περιλαμβάνεται στη μεταλλοποίηση του N που επηρεάζεται από την πυρκαγιά.

επίδραση στρώματος τέφρας: Η συσσώρευση των παχιών στρωμάτων του τεφρώδους υπολείμματος στην εδαφολογική επιφάνεια μετά από την πυρκαγιά ως αποτέλεσμα της καύσης των συγκεντρωμένων καυσίμων όπως τα βαθιά στρώματα απορριμάτων, η συσσωρευμένη οργανική ουσία και ξύλινα συντρίμια.

διαθέσιμα καύσιμα: Ποσό καυσίμων διαθέσιμο για το κάψιμο σε μια ιδιαίτερη πυρκαγιά, μια αξία που ποικίλλει ευρέως στο μέγεθος με τις περιβαλλοντικές συνθήκες σε μια περιοχή.

μέσες αποδοτικότητες απορροών: Η αναλογία της απορροής στην πτώση.

πίσω πυρκαγιά: Η πυρκαγιά που τίθεται ενάντια σε μια πυρκαγιά προώθησης για να καταναλώσει τα καύσιμα και (κατά συνέπεια) αποτρέπει την περαιτέρω πυρκαγιά. Ο Pah σχηματισμός αυξάνεται δεδομένου ότι τα αεριώδη καύσιμα έχουν τους πιο μακροχρόνιους χρόνους κατοικιών σε αυτούς τους τύπους όρων καύσης.

υποστηρίζουσα πυρκαγιά: Μια πυρκαγιά που καίει ενάντια στην κλίση ή τον αέρα, δηλ., που υποστηρίζει κάτω από την κλίση (αυτός ο τύπος πυρκαγιάς έχει χαρακτηριστικά τη χαμηλότερη ένταση fireline αλλά τις συχνά πιο μακροχρόνιες φλεμένος διάρκειες), ή που καίει στον αέρα (η πλευρά καταφυγίων της πυρκαγιάς, αλλά πάλι με τη χαμηλότερη ένταση fireline στην περίμετρο).

baseflow: Streamflow που στηρίζεται από την κάτω από την επιφάνεια ροή και τη ροή υπόγειων νερών μεταξύ των γεγονότων πτώσης.

οφέλη: Ευνοϊκά αποτελέσματα των πυρκαγιά-προκαλούμενων αλλαγών στο οικοσύστημα.

βιομάζα: Όλα τα φυτικά υλικά διαθέσιμα για το κάψιμο στα φυσικά οικοσυστήματα.

λουρίδες απομονωτών: φυτικές ζώνες κατά μήκος των ρευμάτων ή γύρω από το ύδωρ.

περιοχή εγκαυμάτων: Η περιοχή στην οποία μια πυρκαγιά ήταν εξαπλωμένη.

κάψιμο: Αναφέρεται στη ρύθμιση στην πυρκαγιά.

παρεμπόδιση καναλιών: Παρεμπόδιση της πτώσης που περιέρχεται άμεσα σε ένα κανάλι ρευμάτων που συμβάλλει στο streamflow.

προσροφητικός άνθρακας: Ένα ανθρακούχο υπόλειμμα που αφήνεται στην επιφάνεια των καυσίμων από την πυρόλυση που δεν είναι ούτε άθικτος οργανικός σύνθετος ούτε καθαρός άνθρακας.

άνθρακας-ύψος: Το ύψος του μίσχου που απανθρακώνει ως ποσοστό του συνολικού ύψους δέντρων. Επίσης είναι ένας δείκτης της θνησιμότητας δέντρων postfire σε μερικά είδη.

χημική ενέργεια: Ηλιακή ενέργεια που καθορίζεται από τις εγκαταστάσεις στη σύνθεση των οργανικών μορίων και των ενώσεων.

χημικές ιδιότητες: Ιδιότητες των καυσίμων που έχουν επιπτώσεις στο περιεχόμενο θερμότητας και τους τύπους ρύπων που προέρχονται από μια πυρκαγιά.

χονδροειδή ξύλινα συντρίμια: Φιαγμένοι επάνω από κλαδιά δέντρων, οι κορμοί, και οι ρίζες στα διάφορα στάδια της αποσύνθεσης, και αυτή είναι μεγαλύτεροι από 3 ίντσες (7.5) εκατ. στη διάμετρο.

καύση: Είναι μια γρήγορη φυσικοχημική διαδικασία, αποκαλούμενη συνήθως πυρκαγιά, η οποία απελευθερώνει την ηλιακή ενέργεια που αποθηκεύεται σε μια χημική μορφή στα διάφορα καύσιμα ως θερμότητα και ποικίλα αεριώδη και μοριακά υποπροϊόντα.

ποσοστό καύσης: Η μάζα των καυσίμων που καταναλώνεται με τη διαδικασία καύσης (π.χ. τόνοι/λεπτό, kg/sec, κ.λπ..) ή η μέση ταχύτητα (εκτάριο/λ. ή στρέμματα/λ.) με την οποία τα καύσιμα καίγονται.

συμπύκνωση: Είναι η διαδικασία με το οποίο το ύδωρ αλλάζει από ένα αέριο σε ένα υγρό και απελευθερώνει τη θερμότητα.

ελεγχόμενη καύση: Το επίσης αποκαλούμενο ορισμένο κάψιμο, είναι η ελεγχόμενη εφαρμογή της πυρκαγιάς για να τροφοδοτηθούν οι συγκεντρώσεις, είτε στο φυσικό είτε τροποποιημένο κράτος τους, στις διευκρινισμένες περιβαλλοντικές συνθήκες που επιτρέπουν στην πυρκαγιά για να περιοριστούν σε μια προκαθορισμένη περιοχή και, συγχρόνως, για να παραγάγουν την ένταση fireline και το ποσοστό διάδοσης που απαιτούνται για να επιτύχει τους προγραμματισμένους διοικητικούς στόχους.

μεταφορά: Διαδικασία με το οποίο η θερμότητα μεταφέρεται από ένα σημείο σε άλλο με τη μίξη μιας μερίδας ενός ρευστού με ένα άλλο ρευστό.

μετατροπή που καίει: Μια φυτική κοινότητα σε μια περιοχή αντικαθίσταται από άλλη λόγω της πυρκαγιάς.

πυρκαγιά κορωνών: Πυρκαγιά που πρόοδοι από την κορυφαία ΚΟΡΥΦΗ των δέντρων ή τους θάμνους λίγο πολύ ανεξάρτητα από την πυρκαγιά επιφάνειας.

καύσιμα κορωνών: Κορώνες δέντρων και θάμνων.

ζημίες: Δυσμενή αποτελέσματα των πυρκαγιά-προκαλούμενων αλλαγών σε ένα σύστημα των πόρων.

νεκρά καύσιμα: Ομαδοποιημένος από την κατηγορία μεγέθους ως 1 ..10 ..100, ή τις κατηγορίες καθυστέρησης 1.000 ωρών οι κατηγορίες μεγέθους είναι συχνά χωρισμένες υγιής ή σάπιος.

αποσύνθεση: Η διακοπή της οργανικής ουσίας, αποτελέσματα μεταβολισμού της οργανικής ουσίας στα μικρότερα οργανικά υλικά.

διάσπαση νιτρικών: Διαδικασία το νιτρικό άλας ($\text{NO}_3 - \text{N}$) στο αέριο αζώτου (N_2) και το νιτρώδες οξείδιο ($\text{N}_2 \text{O}$) με τα βιολογικά μέσα.

εξαρτώμενη πυρκαγιά κορωνών: Πυρκαγιά στις κορώνες που κινείται μόνο στις εκτοξεύσεις και εξαρτάται από την έντονη θέρμανση από την πυρκαγιά επιφάνειας. Αυτός ο τύπος πυρκαγιάς, που έχει γενικά τον αυστηρότερο αντίκτυπο σε ένα φυσικό οικοσύστημα, εμφανίζεται συνήθως στα κωνοφόρες δάση και τις δασώδεις περιοχές, και στα shrublands που αποτελούνται από τα κέρινος-με φύλλα είδη.

προς τα κάτω αποτελέσματα πυρκαγιάς: Εμφανιστείτε όταν τις υδρολογικές διαδικασίες αλλάζουν για έναν αρκετά μακρύς χρόνο ότι οι αλλαγές μπορούν να συσσωρεύσουν μέσω του χρόνου, όταν μεταφέρονται οι απαντήσεις από διάφορες περιοχές στην ίδια περιοχή, ή όταν αλληλεπιδρά μια μεταφερόμενη απάντηση με μια επιτόπια αλλαγή επί ενός άλλου τόπου.

duff: Τα στρώματα F και H της οργανικής ουσίας. Επομένως, η κορυφή duff είναι όπου τα φύλλα, οι βελόνες, και άλλη βλάστηση castoff έχουν αρχίσει να αποσυνθέτουν, ενώ το κατώτατο σημείο duff είναι πού η αποσυντεθειμένη οργανική ουσία αναμιγνύεται με το ορυκτό χώμα.

ecto-mycorrhizae: Ένας από τους δύο τύπους mycorrhizae που βρίσκονται στο χώμα.

αποδοτικά εγκαύματα: Φλεγμένος καύση με την υψηλή ένταση που καταναλώνει οι περισσότεροι, εάν όχι όλα, των διαθέσιμων καυσίμων. Με τις σιγοκαίγοντας πυρκαγιές χαμηλός-έντασης το consumption καυσίμων είναι μόνο περίπου 50%.

ενδοθερμικός: Θερμότητα-απορροφώντας αντιδράσεις με τις οποίες η πυρόλυση και η καύση αρχίζουν.

evapotranspiration (ET): Εξάτμιση από τα χώματα, τις επιφάνειες φυτών, και τους οργανισμούς ύδατος, μαζί με τις απώλειες ύδατος από τον ιδρώτα των εγκαταστάσεων.

υπερβολικό ύδωρ: Τη μερίδα της συνολικής πτώσης που ρέει από την επιφάνεια εδάφους συν αυτήν που βγαίνει από το χώμα και, επομένως, ούτε καταναλώνεται κοντά ET ούτε διαρρέουν στα βαθιά υδροφόρα στρώματα υπόγειων νερών.

εξωθερμικός: Θερμότητα-παράγοντας την αντίδραση εκείνη η πρόοδος πυρόλυσης και καύσης.

εξάλειψη: Η πέμπτη και τελευταία φάση μιας πυρκαγιάς όπου η καύση παύει.

Στρώμα F: Στρώμα ζύμωσης, η συσσώρευση της νεκρής οργανικής ουσίας εγκαταστάσεων επάνω από το ορυκτό χώμα που αποτελείται από το εν μέρει αποσυντεθειμένο θέμα.

ευνοϊκά αποτελέσματα: Αποτελέσματα που συμβάλλουν στην επίτευξη των διοικητικών στόχων πυρκαγιάς.

ικανότητα τομέων: Το μέγιστο ποσό ύδατος που ένας εδαφολογικός μανδύας διατηρεί ενάντια στη δύναμη της βαρύτητας.

λεπτά καύσιμα: Γρήγορος-ξεραίνοντας νεκρά καύσιμα, που χαρακτηρίζονται από μια υψηλή αναλογία περιοχή-\$\$\$-ΟΓΚΟΥ επιφάνειας, λιγότερο από 1 εκατ. στη διάμετρο αυτά τα καύσιμα (χλόες, φύλλα, βελόνες, και ούτω καθ'εξής) αναφλέγουν εύκολα και καταναλώνονται γρήγορα.

πυρκαγιά: Εκδήλωση μιας σειράς χημικών αντιδράσεων που οδηγούν στη γρήγορη απελευθέρωση της ενέργειας θερμότητας που αποθηκεύεται (ζωντανός και απολύτως) στις εγκαταστάσεις από τη φωτοσύνθεση.

συμπεριφορά πυρκαγιάς: Τρόπος με τον οποίο μια πυρκαγιά αντιδρά στο περιβάλλον, στα διαθέσιμα καύσιμα για το κάψιμο, το κλίμα, τις τοπικές καιρικές συνθήκες, και την τοπογραφία. Αλλαγές συμπεριφοράς πυρκαγιάς εγκαίρως, διάστημα, ή και τα δύο σε σχέση με τις αλλαγές σε αυτά τα περιβαλλοντικά συστατικά. Οι κοινοί όροι που χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν τη συμπεριφορά πυρκαγιάς περιλαμβάνουν την αργή καύση, τρέξιμο, επισήμανση.

αποκορύφωμα πυρκαγιάς: Μια κοινότητα φυτών που διατηρείται από την περιοδική πυρκαγιά.

κύκλος πυρκαγιάς: είναι το χρονικό διάστημα απαραίτητο για μια περιοχή ίση με τον ολόκληρο τομέα ενδιαφέροντος για το έγκαυμα **πυρκαγιά-εξαρτώμενα οικοσυστήματα:** Εκείνα τα οικοσυστήματα όπου η πυρκαγιά διαδραματίζει έναν ζωτικής σημασίας ρόλο στον καθορισμό της σύνθεσης, της δομής, και των σχεδίων τοπίων.

οικολογία πυρκαγιάς: Η μελέτη των σχέσεων μεταξύ της πυρκαγιάς, του περιβάλλοντος, και των οργανισμών διαβίωσης.

αποτελέσματα πυρκαγιάς: Οι φυσικές, χημικές, και βιολογικές επιδράσεις της πυρκαγιάς στους πόρους περιβάλλοντος και οικοσυστήματος.

συχνότητα πυρκαγιάς: Επίσης αναφερόμενο ως πυρκαγιά το περιστατικό, είναι ο αριθμός πυρκαγιών σε έναν καθορισμένου χρόνο και μια περιοχή.

ένταση πυρκαγιάς: Περιγράφει το ποσοστό στο οποίο μια πυρκαγιά παράγει τη θερμική ενέργεια. Όταν βασίζεται σε μια γραμμή (υπονοούμενου βάθους, Δ) είναι ένταση fireline Byram, και όταν ορίζεται ως μια θερμότητα ανά περιοχή μονάδων είναι ένταση Rothermel.

διάστημα πυρκαγιάς: Επίσης αναφέρεται ως πυρκαγιά-ελεύθερο διάστημα, ο χρόνος μεταξύ δύο διαδοχικών πυρκαγιών σε μια οριζόμενη περιοχή - το μέγεθος της περιοχής πρέπει να διευκρινιστεί σαφώς.

ένταση fireline: Το προϊόν της διαθέσιμης θερμότητας της καύσης ανά τον τομέα μονάδων της επίγειας επιφάνειας και ποσοστό διάδοσης της πυρκαγιάς. Αναφέρεται επίσης ως ένταση Byram.

περιστατικό πυρκαγιάς: Επίσης αναφερόμενος ως συχνότητα πυρκαγιάς, αυτό είναι ο αριθμός πυρκαγιών σε έναν καθορισμένους χρόνο και μια περιοχή.

καθεστώς πυρκαγιάς: Κατά ένα μεγάλο μέρος καθορισμένος από τους συνδυασμούς τριών παραγόντων: πόσο συχνά η πυρκαγιά εμφανίζεται (συχνότητα), όταν εμφανίζεται (εποχή), και πόσο σκληρά καίει (ένταση).

αντίσταση πυρκαγιάς: Η δυνατότητα της βλάστησης να επιζηθεί η μετάβαση της πυρκαγιάς.

δριμύτητα πυρκαγιάς: Περιγράφει τις απαντήσεις οικοσυστημάτων στην πυρκαγιά και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει τα αποτελέσματα της πυρκαγιάς στο σύστημα χώματος και ύδατος, της χλωρίδας και της πανίδας οικοσυστήματος, της ατμόσφαιρας, και της κοινωνίας. Απεικονίζει το ποσό ενέργειας (θερμότητα) που αποδεσμεύεται από μια πυρκαγιά που έχει επιπτώσεις στις απαντήσεις των πόρων. Η δριμύτητα πυρκαγιάς, αόριστα, είναι ένα προϊόν της έντασης πυρκαγιάς και του χρόνου κατοικιών και θεωρείται γενικά ελαφριά, μέτρια, ή υψηλή.

τρίγωνο πυρκαγιάς: Τα καύσιμα διαθέσιμα για το κάψιμο, μαζί με τη θερμότητα και το οξυγόνο, αντιπροσωπεύουν τα συστατικά που απαιτούνται για την πυρκαγιά για να εμφανιστούν.

τύπος πυρκαγιάς: Ο τύπος βλάστησης που ακολουθεί συνήθως μια πυρκαγιά, ή ειδικά εξαρτάται από το περιστατικό της πυρκαγιάς.

φλόγα: Ένα gas-phase φαινόμενο της πυρκαγιάς.

ανάφλεξη: Η δεύτερη φάση μιας πυρκαγιάς που περιλαμβάνει την καύση στην οποία η πυρόλυση συνεχίζεται.

εύφλεκτο: Η σχετική ευκολία με την οποία μια ουσία αναφλέγει και στηρίζει την καύση.

αναγκασμένη μεταφορά: Εμφανίζεται όταν οι εξωτερικές μηχανικές δυνάμεις αλλάζουν τη ρευστή ροή από τη φυσικές "ελεύθερες" κατεύθυνση και την ταχύτητά της.

ελεύθερη μεταφορά: Εμφανίζεται όταν η ρευστή κίνηση των αερίων εξαρτάται από τις διαφορές στις πυκνότητες ως αποτέλεσμα των διαφορών θερμοκρασίας.

ελεύθεροι ριζοσπάστες: Μόρια που δεν έχουν μια ισορροπημένη δαπάνη λόγω των υπερβολικών ηλεκτρονίων.

καύσιμα: Όρος που χρησιμοποιείται εναλλακτικά με *τα καύσιμα διαθέσιμα για το κάψιμο* κατά την αναφορά στη βιομάζα που αποσυνθέτει ως αποτέλεσμα της ανάφλεξης και της καύσης.

καύσιμα διαθέσιμα για το κάψιμο: Όρος που χρησιμοποιείται εναλλακτικά με *τα καύσιμα* κατά τον αναφορά στη βιομάζα που αποσυνθέτει ως αποτέλεσμα της ανάφλεξης και της καύσης.

φόρτωση καυσίμων: Συνολικό ξηρό βάρος των καυσίμων ανά μονάδα της περιοχής επιφάνειας, ένα μέτρο της πιθανής ενέργειας που να απελευθερωθεί από μια πυρκαγιά.

μείωση καυσίμων που καίει: Αφαιρεί τις συγκεντρώσεις καυσίμων για να μειώσει την πιθανότητα της ανάφλεξης ή να ελαττώσει την πιθανή ζημία και την αντίσταση στον έλεγχο της πυρκαγιάς όταν εμφανίζονται σε μια περιοχή.

κράτος καυσίμων: Ο όρος υγρασίας των καυσίμων που καθορίζουν κατά ένα μεγάλο μέρος το ποσό καυσίμων διαθέσιμο για να καψουν

οποιαδήποτε στιγμή και στα οποία οι ταξινομήσεις καυσίμων μπορούν επίσης να βασιστούν.

πυράκτωση: Η τέταρτη φάση μιας πυρκαγιάς που περιλαμβάνει επίσης την καύση στην οποία η πυρόλυση παύει ουσιαστικά.

καλή συνθήκη υδροκρίτη: Η πτώση διεισδύει στο χώμα και δεν συμβάλλει υπερβολικά στη διάβρωση, από την επακόλουθη χερσαία ροή (όταν δεν αποσπά μια διάβαση της ροής στον υδροκρίτη) και κινεί τα εδαφολογικά μόρια. Η απάντηση Streamflow στην πτώση είναι σχετικά αργή και baseflow (όταν στηρίζεται μια διάβαση της ροής) μεταξύ των θυελλών.

επίγεια πυρκαγιά: Πυρκαγιά που καίει το οργανικό υλικό στο ανώτερο εδαφολογικό στρώμα και, κατά περιόδους, τις εγκαταστάσεις απορριμάτων και χαμηλός-ανάπτυξης επιφάνειας.

Στρώμα Η: Στρώμα φυτοχώματος (στρώμα ΟΑ), η συσσώρευση της νεκρής οργανικής ουσίας εγκαταστάσεων επάνω από το χώμα μεταλλευμάτων που αποτελείται από την καλά-αποσυντεθειμένη οργανική ουσία.

ανοχή θερμότητας: Η δυνατότητα του ιστού εγκαταστάσεων να αντισταθούν οι υψηλές θερμοκρασίες.

βαριά καύσιμα: Εμπλοκές, κούτσουρα, μεγάλοι κλάδοι, τύρφη της μεγαλύτερης διαμέτρου (> 3,1 ίντσες ή 8 εκατ.) που αναφλέγουν και καίνε πιο αργά από τα λεπτά καύσιμα.

υψηλή δριμύτητα πυρκαγιάς: Η υψηλή εδαφολογική θέρμανση, ή ο βαθύς επίγειος προσροφητικός άνθρακας εμφανίζεται, όπου duff καταναλώνεται εντελώς και η κορυφή του ορυκτού χώματος είναι ορατά κοκκινωπή ή πορτοκαλιά στις σοβαρά μμένες περιοχές. Λιγότερο από 20 τοις εκατό των δέντρων δεν εκθέτουν καμία ορατή ζημία, με το υπόλοιπο fire-damaged, κατά ένα μεγάλο μέρος από την ρίζα-θανάτωση λιγότερο από 40 τοις εκατό των fire-damaged δέντρων επιζούν.

υψηλό έγκαυμα δριμύτητας: Όλο το οργανικό υλικό αφαιρείται από την εδαφολογική επιφάνεια και το οργανικό υλικό κάτω από την επιφάνεια καταναλώνεται ή απανθρακώνεται. Περισσότερα από 10 τοις εκατό της περιοχής έχουν τα σημεία που καίγονται στην υψηλή δριμύτητα, περισσότερα από 80 τοις εκατό συγκρατημένα αυστηρά ή που καίγονται σοβαρά, και το υπόλοιπο καίγεται σε μια χαμηλή δριμύτητα.

ανθρώπινος-προκαλούμενη πυρκαγιά: Πυρκαγιά που προκαλείται άμεσα ή έμμεσα από ένα πρόσωπο ή τους ανθρώπους.

hydrograph: Μια γραφική σχέση της απαλλαγής streamflow (ή m^3 / SEC) (m^3 / SEC) στο χρόνο.

υδρολογική λειτουργία: Αφορά τη δυνατότητα ενός υδροκρίτη να παραληφθεί και να υποβληθεί σε επεξεργασία η πτώση στο streamflow χωρίς επιδείνωση οικοσυστήματος.

ανάφλεξη: Η έναρξη της αυτοϋποστηριζόμενης πυρόλυσης και της φλεμένος καύσης, χαρακτηρίζει το σημείο μετάβασης μεταξύ των κυρίως ενδοθερμικών preignition και εξωθερμικών φλεμένος φάσεων.

διήθηση: Η διαδικασία του ύδατος που εισάγει το χώμα.

ικανότητα διήθησης: Μέγιστο ποσοστό στο οποίο το ύδωρ μπορεί να εισαγάγει το χώμα.

instream ροή: Το καθεστώς streamflow που απαιτείται για να ικανοποιήσει τη συνδετική ζήτηση που τοποθετείται στο ύδωρ ενώ το ύδωρ παραμένει στο κανάλι ρευμάτων.

παρεμπόδιση: Η διαδικασία στην οποία οι φυτικοί θόλοι, οι συσσωρεύσεις απορριμάτων, και άλλη αποσυντεθειμένη οργανική ουσία στην εδαφολογική επιφάνεια διακόπτουν την πτώση της πτώσης (βροχή ή χιόνι) στην εδαφολογική επιφάνεια. Διαδραματίζει έναν υδρολογικό ρόλο της προστασίας της εδαφολογικής επιφάνειας από την ενέργεια των μειωμένων σταγόνων βροχής.

interflow: Η επίσης αποκαλούμενη κάτω από την επιφάνεια ροή, αυτό είναι ότι μέρος της πτώσης που εισάγεται που διεισδύει στο χώμα και ρέει έπειτα σε ένα κανάλι ρευμάτων σε έναν χρόνο αρκετά απότομα να είναι μέρος του stormflow.

διαλείπον ρεύμα: Ένα ρεύμα που ρέει περιοδικά, που ταΐζονται από την παρεμπόδιση καναλιών, χερσαία απορροή ροής ή επιφάνειας, και κάτω από την επιφάνεια ροή.

Στρώμα L: Στρώμα απορριμάτων (στρώμα Oi), η συσσώρευση της νεκρής οργανικής ουσίας φυτών επάνω από το ορυκτό χώμα που αποτελείται από τα αμετάβλητους φύλλα, τις βελόνες, τους κλάδους, και το φλοιό.

καύσιμα σκαλών: Καύσιμα συνεχή μεταξύ των επίγειων καυσίμων και των καυσίμων κορωνών, που διαμορφώνουν μια σκάλα από την οποία μια πυρκαγιά μπορεί να διαδώσει στις κορώνες δέντρων ή θάμνων.

λανθάνουσα θερμότητα της εξάτμισης: Το ποσό θερμότητας και ενέργειας που περιλαμβάνονται στην αλλαγή στη φυσική κατάσταση του ύδατος. Η λανθάνουσα εξάτμιση θερμότητας του ύδατος είναι 560 cal/g, και αυτό το ίδιο ποσό αποδεσμεύεται κατά τη διάρκεια της συμπύκνωσης.

ελαφρύ έγκαυμα δριμύτητας: Μια πυρκαγιά που αφήνει το χώμα καλυμμένο με το μερικώς απανθρακωμένο οργανικό υλικό.

χαμηλή δριμύτητα πυρκαγιάς: Η χαμηλή εδαφολογική θέρμανση, ή ο ελαφρύς επίγειος προσροφητικός άνθρακας, εμφανίζεται όπου τα απορρίματα είναι καψαλισμένα, απανθρακωμένα, ή καταναλωμένα. Duff αφήνεται κατά ένα μεγάλο μέρος άθικτος, αν και μπορεί να απανθρακωθεί στην επιφάνεια. Οι ξύλινες συσσωρεύσεις συντριμμιών καταναλώνονται μερικώς ή απανθρακώνονται. Το ορυκτό χώμα δεν αλλάζουν. Τουλάχιστον 50 τοις εκατό των δέντρων δεν εκθέτουν καμία ορατή ζημία, με το υπόλοιπο fire-damaged από τις καψαλισμένες

κορώνες, την βλαστός-θανάτωση (κορυφαία θανάτωση αλλά βλάστηση), ή την ρίζα-θανάτωση (κορυφαία θανάτωση και καμία βλάστηση) πάνω από 80 τοις εκατό των fire-damaged δέντρων επιζούν.

χαμηλό έγκαυμα δριμύτητας: Λιγότερο από 2 τοις εκατό της περιοχής καίγονται σοβαρά, λιγότερο από 15 τοις εκατό συγκρατημένα μμένος, και το υπόλοιπο της περιοχής που καίγεται σε μια χαμηλή δριμύτητα ή άκαυτης.

μακρο-θρεπτικές ουσίες: Θρεπτικές ουσίες που απαιτούνται στις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις που απαιτούνται για την αύξηση εγκαταστάσεων όπως ο φώσφορος, το άζωτο, su;fur, ο σίδηρος, το ασβέστιο, το κάλιο, και το μαγνήσιο.

μαζική μεταφορά της θερμότητας: Εμφανίζεται κατά τη διάρκεια των πυρκαγιών με την αερομεταφερόμενα επισήμανση και το κύλισμα κατηφόρας.

μεθάνιο: Το τρίτο αφθονότερο αέριο θερμοκηπίου που συμβάλλει στην παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου.

μικροτροφικοί: Θρεπτικές ουσίες που απαιτούνται στα ποσά ιχνών για την αύξηση εγκαταστάσεων όπως ο ψευδάργυρος, το μαγγάνιο, το κοβάλτιο, το μολυβδαίνιο, και το νικέλιο.

μεταλλοποίηση: Αυτό είναι μετατροπή ενός στοιχείου από μια οργανική μορφή σε ένα ανόργανο κράτος ως αποτέλεσμα της μικροβιακής δραστηριότητας. Η μεταλλοποίηση περιλαμβάνει το μετασχηματισμό των οργανικών ενώσεων ν (όπως οι πρωτεΐνες και τα αμινοξέα) στην αμμωνία (ammonification) και, στη συνέχεια, στο νιτρώδες άλας και το νιτρικό άλας (νιτροποίηση) και η μετατροπή του οργανικού γ στο διοξείδιο του άνθρακα.

μέτρια δριμύτητα πυρκαγιάς: Η μέτρια εδαφολογική θέρμανση, ή ο μέτριος επίγειος προσροφητικός άνθρακας, εμφανίζεται όπου τα

απορρίματα στις δασικές περιοχές καταναλώνονται και duff είναι βαθειά απανθρακωμένου ή καταναλωμένου, αλλά την ελλοχεύουσα ορυκτή εδαφολογική επιφάνεια δεν αλλάζουν ορατά. Περίπου 20 έως 50 τοις εκατό των δέντρων δεν εκθέτουν καμία ορατή ζημία, με το υπόλοιπο fire-damaged 40 έως 80 τοις εκατό των fire-damaged δέντρων επιζούν.

μέτριο έγκαυμα δριμύτητας: Λιγότερο από 10 τοις εκατό της περιοχής καίγονται σοβαρά, αλλά πάνω από 15 τοις εκατό είναι μμένα συγκρατημένα αυστηρά, και το υπόλοιπο καίγεται στη χαμηλή δριμύτητα ή άκαυτος.

φυσική πυρκαγιά: Πυρκαγιά της φυσικής προέλευση-αστραπής, της αυθόρμητης καύσης, ή της ηφαιστειακής δραστηριότητας.

φυσικά καύσιμα: Το αποτέλεσμα από τις φυσικές διαδικασίες και, επομένως, δεν παράγεται από τις διοικητικές πρακτικές.

καθαρή πτώση: Πτώση που φθάνει στην εδαφολογική επιφάνεια, κινείται στο χώμα, διαμορφώνει τις λακκούβες του ύδατος στην εδαφολογική επιφάνεια, ή ρέει πέρα από την επιφάνεια του χώματος.

νιτροποίηση: Μετασχηματισμός των οργανικών ενώσεων ν στο νιτρώδες άλας (NO_2) και το νιτρικό άλας (NO_3). Η νιτροποίηση είναι μια διαδικασία που περιλαμβάνεται στη μεταλλοποίηση του ν που επηρεάζεται από την πυρκαγιά.

Ορίζοντας O: Οργανική ουσία που επικαλύπτει το ορυκτό χώμα φτιαγμένο επάνω από φρέσκα απορρίματα (ορίζοντας Oi), μερικώς αποσυντεθειμένα απορρίματα (ορίζοντας Oe), και εντελώς αποσυντεθειμένα απορρίματα (ορίζοντας OA).

διαδοχές παλαιός-τομέων: Διαδοχικές ακολουθίες στους εγκαταλειμμένους γεωργικούς τομείς.

επιτόπια αποτελέσματα πυρκαγιάς: Περιλάβετε τις επιδράσεις στη βλάστηση, το χώμα, και τη θρεπτική ανακύκλωση.

χερσαία ροή: Η επίσης αποκαλούμενη απορροή επιφάνειας, αυτό είναι ροή του νερού που δεν έχει διεισδύσει στο ορυκτό χώμα και ρέει από την επιφάνεια σε ένα κανάλι ρευμάτων.

αναλογία συσκευασίας: Το ποσοστό ενός όγκου κρεβατιών καυσίμων που καταλαμβάνεται πραγματικά από τα καύσιμα. Τα σφιχτότερα καύσιμα συσκευάζονται μαζί, όσο υψηλότερη η αναλογία συσκευασίας, και τόσο χαμηλότερη η αποδοτικότητα καύσης επειδή η παροχή αέρα στην πυρκαγιά περιορίζεται από την πυκνότητα καυσίμων.

αιώνιο ρεύμα: Ρεύμα που ρέει συνεχώς καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Ταϊΐζεται από τα υπόγεια νερά ή baseflow, τα οποία στηρίζουν τη ροή μεταξύ των γεγονότων πτώσης.

σωματικές ιδιότητες: Ιδιότητες των καυσίμων που έχουν επιπτώσεις στον τρόπο με τον οποίο μια πυρκαγιά καίει και, τελικά, η παραγωγή της ενέργειας και παραγωγή των ατμοσφαιρικών ρύπων από την πυρκαγιά. Οι σωματικές ιδιότητες ενδιαφέρουσες σε έναν διευθυντή πυρκαγιάς περιλαμβάνουν γενικά την ποσότητα (φόρτωση καυσίμων), το μέγεθος και τη μορφή, την πυκνότητα, και τη ρύθμιση.

πολυμερές σώμα: Οργανική ένωση που σχηματίζεται με την επανάληψη των δομικών μονάδων όπως οι απλές ζάχαρες.

φτωχή συνθήκη υδροκρίτη: Η πτώση ρέει στην εδαφολογική επιφάνεια και η υπερβολική διάβρωση εμφανίζεται κατά τη διάρκεια των γεγονότων πτώσης. Η απάντηση Streamflow στην πτώση είναι γρήγορη και υπάρχει ελάχιστο ή κανένα baseflow μεταξύ των θυελλών.

πιθανά καύσιμα: Υλικό που να καψει κατά τη διάρκεια μιας έντονης πυρκαγιάς και είναι γενικά λιγότερο από τα συνολικά καύσιμα.

preignition: Η πρώτη φάση μιας πυρκαγιάς που περιλαμβάνει τα καύσιμα που θερμαίνουν ότι αποτελέσματα στην αφυδάτωση και την πυρόλυση.

ορισμένο κάψιμο: Η επίσης αποκαλούμενη ελεγχόμενη καύση, είναι η ελεγχόμενη εφαρμογή της πυρκαγιάς για να τροφοδοτηθούν οι συγκεντρώσεις, είτε στο φυσικό είτε τροποποιημένο κράτος τους, στις διευκρινισμένες περιβαλλοντικές συνθήκες που επιτρέπουν στην πυρκαγιά για να περιοριστούν σε μια προκαθορισμένη περιοχή και, συγχρόνως, για να παραγάγουν την ένταση fireline και το ποσοστό διάδοσης που απαιτούνται για να επιτύχει τους προγραμματισμένους διοικητικούς στόχους.

ορισμένη πυρκαγιά: Κάψιμο πυρκαγιάς με τη συνταγή, ως αποτέλεσμα της προγραμματισμένης ανάφλεξης που επιτυγχάνει τους διοικητικούς στόχους.

ορισμένη φυσική πυρκαγιά: Πυρκαγιά φυσικής προέλευσης που επιτρέπεται για να καψει εφ' όσον ολοκληρώνει έναν ή περισσότερους διοικητικούς στόχους.

συνταγή: Μια δήλωση που διευκρινίζουν τους διοικητικούς στόχους που επιτυγχάνονται, και η θερμοκρασία αέρα, η υγρασία, η κατεύθυνση αέρα και ταχύτητα αέρα, όροι υγρασίας καυσίμων, και όροι εδαφολογικής υγρασίας στους οποίους μια πυρκαγιά θα επιτραπεί για να καψει.

αρχική διαδοχή: Πρόοδος σε μια κοινότητα εγκαταστάσεων αποκορυφώματος που αρχίζει στη ροή λάβας, τους αμμόλοφους άμμου, τις αλλούβιες αποθέσεις, και άλλες πρόσφατα εκτεθειμένες περιοχές.

προστατευτική κάλυψη: Κάλυψη σημαντική στην άγρια φύση όταν η διαφυγή από τα αρπακτικά ζώα γίνεται απαραίτητη.

πυρόλυση: Μια χημική διαδικασία αποσύνθεσης που επέρχεται με τη θέρμανση από την οποία τα καύσιμα μετατρέπονται στα αέρια. Μια ενδοθερμική αντίδραση που τίθεται μακριά από τη θερμική ακτινοβολία ή τη μεταφορά από ένα μέτωπο πυρκαγιάς προώθησης που οδηγεί το ύδωρ από την επιφάνεια καυσίμων, ανυψώνει τις θερμοκρασίες

καυσίμων, και αποσυνθέτει έπειτα τα long-chain οργανικά μόρια στα κύτταρα φυτών πίο σύντομα.

ακτινοβόλος ένταση: Ποσοστό θερμικής εκπομπής ακτινοβολίας που παρεμποδίζεται (ή πλησιάζετε) στην επίγεια επιφάνεια, ή σε κάποια διευκρινισμένη απόσταση μπροστά από το μέτωπο φλογών.

ακτινοβολία: Μεταφορά της θερμότητας από ένα σώμα σε άλλο όχι σε επαφή με το από την κίνηση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Όλοι οι οργανισμοί στις θερμοκρασίες επάνω από 0 Kelvin παράγουν την ακτινοβολία ενέργεια.

ένταση αντίδρασης: Η συνολική απελευθέρωση θερμότητας ανά περιοχή μονάδων διαιρεσμένος μέχρι το χρόνο καψίματος. Είναι το χρόνος-υπολογισμένο κατά μέσο όρο ποσοστό απελευθέρωσης θερμότητας του ενεργού μετώπου πυρκαγιάς που υπολογίζεται στον τομέα με τον υπολογισμό των ποσών καυσίμων που καίγονται ανά παραγωγές δεύτερης και να υποθέσει θερμότητας για τα καύσιμα.

παρόχθια οικοσυστήματα: Περιοχές που είναι τοποθετημένες στις διεπαφές μεταξύ των επίγειων και υδρόβιων οικοσυστημάτων που μπορούν να βρεθούν κατά μήκος των ανοικτών οργανισμών του ύδατος, όπως οι τράπεζες των ποταμών και των εφήμερων, διαλειπόντων, και αιώνιων ρευμάτων, και γύρω από τις λίμνες, τις λίμνες, τα ελατήρια, τα έλη, και τα λιβάδια.

ίζημα: Το διαβρωμένο χώμα που μεταφέρεται από τις επιφάνειες υδροκρίτη στα κανάλια ρευμάτων από τη χερσαία ροή, και έπειτα μέσω των συστημάτων ρευμάτων στο streamflow και επομένως, είναι το προϊόν της διάβρωσης.

ιζηματογένεση: Η διαδικασία της απόθεσης του ιζήματος στα κανάλια ρευμάτων ή τις προς τα κάτω δεξαμενές.

παραγωγή ιζημάτων: Το ποσό εκροής ιζημάτων από έναν υδροκρίτη σε ένα ρεύμα.

κάθετος: Συγκεντρώσεις των κατεβασμένων καυσίμων ως αποτέλεσμα είτε των φυσικών γεγονότων (αέρας, πυρκαγιά, θραύση χιονιού, και ούτω καθ'εξής) είτε των διοικητικών δραστηριοτήτων (αναγραφή, οδική κατασκευή, και ούτω καθ'εξής).

διάθεση κάθετων: Επεξεργασία της κάθετου (με το κάψιμο ή ειδάλως) για να μειώσει τον κίνδυνο πυρκαγιάς ή να συναντήσει άλλους σκοπούς.

αργή καύση: Η τρίτη φάση μιας πυρκαγιάς που περιλαμβάνει επίσης την καύση στην οποία οντα πυρόλυσης για να μικραίνει.

εμπλοκές: Κοιλότητες ως αποτέλεσμα της ξύλινης αποσύνθεσης, ή τρύπες που δημιουργούνται από άλλα είδη να επιδεινωθεί ή τα νεκρά δέντρα που χρησιμοποιείται από τα πολυάριθμα είδη θηλαστικών, ερπετών, αμφιβίων, και ασπόνδυλων.

εδαφολογική διάβρωση: Το dislodgement και η μεταφορά των εδαφολογικών μορίων και τα μικρά σύνολα του χώματος από τις ενέργειες του ύδατος και του αέρα.

μετακίνηση εδαφολογικής μάζας: Η διαδικασία όπου οι συνεκτικές μάζες του χώματος μετατοπίζονται από τη μετακίνηση κατηφόρας που οδηγείται από τη δύναμη της βαρύτητας του χώματος, του βράχου, και των μαζών συντριμμίων. Αυτή η μετακίνηση να είναι γρήγορη (καθιζήσεις εδάφους) ή σχετικά αργή (ερπυσμός).

εδαφολογική παραγωγικότητα: Απεικονίζει τις ικανότητες ενός υδροκρίτη για την υποστήριξη της συνεχούς αύξησης εγκαταστάσεων και των κοινοτήτων εγκαταστάσεων, ή τις φυσικές ακολουθίες κοινοτήτων εγκαταστάσεων.

εδαφολογικό ξύλο: Αποτελείται από τα θαμμένα ή μερικώς θαμμένα ξύλινα συντρίμια.

επισήμανση: Περιλαμβάνει τη φυσική αφαίρεση του καψίματος του υλικού από τα θερμικά updrafts από τα φλεμένο καύσιμα και η επόμενη απόθεσή τους μέσα τα καύσιμα μερικά μετρητές ή χιλιόμετρα μακριά. Αυτό είναι υπερισχύει μηχανισμός της πυρκαγιάς που διαδίδεται γρήγορα να κινήσει τις ανεξέλεγκτες πυρκαγιές.

stormflow: Το ποσό της παρεμπόδισης καναλιών, της ροής επιφάνειας, και της κάτω από την επιφάνεια ροής κατά τη διάρκεια μιας πτώσης ή snowmelt ενός γεγονότος.

κάτω από την επιφάνεια ροή: Επίσης αποκαλούμενο interflow, είναι ότι μέρος της πτώσης που εισάγεται που διεισδύει στο χώμα και ρέει έπειτα σε ένα κανάλι ρευμάτων σε έναν χρόνο αρκετά απότομα να είναι μέρος του stormflow.

διάβρωση επιφάνειας: Προκαλούμενες από τις ενέργειες των μειωμένων σταγόνων βροχής, οι λεπτές ταινίες του ύδατος που ρέουν στην εδαφολογική επιφάνεια, συγκέντρωσαν τη χερσαία ροή, ή τη διαβρωτική δύναμη του αέρα.

πυρκαγιά επιφάνειας: Πυρκαγιά που καταναλώνει μόνο τα καύσιμα επιφάνειας όπως τα απορρίματα, οι εγκαταστάσεις χαμηλός-ανάπτυξης, και οι νεκρές ποώδεις εγκαταστάσεις που συσσωρεύονται στην επιφάνεια. Η πυρκαγιά επιφάνειας μπορεί να αναφλέξει τις εμπλοκές (νεκρά μόνιμα δέντρα), μπορεί να καταναλώσει τους θάμνους και τα σπορόφυτα δέντρων, και μπορεί "φανός έξω" ένα περιστασιακό πυκνά στεμμένο ώριμο δέντρο. Παραμένει μια πυρκαγιά επιφάνειας εφ' όσον εξαρτάται το ποσοστό διάδοσής του από τα καύσιμα επιφάνειας.

καύσιμα επιφάνειας: Τα καύσιμα κάτω από την κεραία τροφοδοτούν με καύσιμα (< 6,5 πόδια ή 2m) και επάνω από τα επίγεια καύσιμα.

απορροή επιφάνειας: Η επίσης αποκαλούμενη χερσαία ροή, αυτό είναι ροή του νερού που δεν έχει διεισδύσει στο ορυκτό χώμα και ρέει από την επιφάνεια σε ένα κανάλι ρευμάτων.

θερμική αγωγιμότητα: Την ποσότητα θερμότητας που μεταφέρεται εκφράζει ανά μήκος μονάδων ανά χρόνο μονάδων ανά βαθμό κλίσης θερμοκρασίας και εκφράζεται στις μονάδες Si ως W/m / εντάξει.

θερμική κάλυψη: Κάλυψη κρίσιμη στην άγρια φύση για τη συντήρηση της θερμότητας σωμάτων.

θερμική ενέργεια: Ενέργεια που προκύπτει από τις αλλαγές στη μοριακή δραστηριότητα ή τη δομή μιας ουσίας.

καθυστέρηση: Μέτρο του ποσοστού στο οποίο καύσιμα πλησιάζουν την περιεκτικότητα σε υγρασία ισορροπίας του μετά από να δοκιμάσουν τις περιβαλλοντικές αλλαγές.

ανοχή: Ισχύει να ανάψει, εδαφολογικές θρεπτικές ουσίες, ή άλλες φυσιολογικές απαιτήσεις που ένα είδος μπορεί να ανεχτεί.

συνολική ένταση πυρκαγιάς: Το ποσοστό παραγωγής θερμότητας της πυρκαγιάς συνολικά, που είναι μια λειτουργία του ποσοστού περιοχής έκαψε, φόρτωση καυσίμων, και υπολόγισε την παραγωγή θερμότητας.

συνολικά καύσιμα: Το ποσό βιομάζας που θα μπορούσε ενδεχομένως να καψει.

δυσμενή αποτελέσματα: Αποτελέσματα που καθιστούν την επίτευξη της διαχείρισης πυρκαγιάς δυσκολότερη.

urban-rural διεπαφή: Η γραμμή, η περιοχή, ή η ζώνη όπου οι δομές και άλλες ανθρώπινες αναπτύξεις συναντιούνται, ή αναμιγνύουν με, μη αναπτυχθείσες περιοχές ακαλλιέργητης περιοχής.

εξάτμιση: Είναι η διαδικασία της θερμότητα στο ύδωρ έως ότου αλλάζει τη φάση από ένα υγρό σε ένα αέριο.

φυτικοί πόροι: Οι κοινότητες εγκαταστάσεων της αξίας στους ανθρώπους και όταν απαιτείται, είναι διαθέσιμες μέσω της εφαρμογής των ορισμένων διοικητικών πρακτικών.

συνθήκη υδροκρίτη: Ένας υποκειμενικός όρος για να δείξει την υγεία (θέση) ενός υδροκρίτη από την άποψη της υδρολογικής παραγωγικότητάς του λειτουργίας και χώματος.

ποιότητα νερού: Αναφέρεται στα φυσικά, χημικά, και βιολογικά χαρακτηριστικά του ύδατος στην αναφορά σε μια ιδιαίτερη χρήση.

υγρότοποι: Περιοχές που διαποτίζονται από το ύδωρ, τα υπόγεια νερά, ή τους συνδυασμούς επιφάνειας και σε μια συχνότητα και μια διάρκεια επαρκείς για να υποστηρίξουν μια επικράτηση της βλάστησης που προσαρμόζεται στους διαποτισμένους εδαφολογικούς όρους.

πυρκαγιά: Η πυρκαγιά που δεν επιτυγχάνει τους διοικητικούς στόχους και, επομένως, απαιτεί μια απάντηση καταστολής.

θερμική αγωγιμότητα: Την ποσότητα θερμότητας που μεταφέρεται εκφράζει ανά μήκος μονάδων ανά χρόνο μονάδων ανά βαθμό κλίσης θερμοκρασίας και εκφράζεται στις μονάδες Si ως W/m / εντάξει.

θερμική κάλυψη: Κάλυψη κρίσιμη στην άγρια φύση για τη συντήρηση της θερμότητας σωμάτων.

θερμική ενέργεια: Ενέργεια που προκύπτει από τις αλλαγές στη μοριακή δραστηριότητα ή τη δομή μιας ουσίας.

ανοχή: Ισχύει να ανάψει, εδαφολογικές θρεπτικές ουσίες, ή άλλες φυσιολογικές απαιτήσεις που ένα είδος μπορεί να ανεχτεί.

συνολική ένταση πυρκαγιάς: Το ποσοστό παραγωγής θερμότητας της πυρκαγιάς συνολικά, που είναι μια λειτουργία του ποσοστού περιοχής έκαψε, φόρτωση καυσίμων, και υπολόγισε την παραγωγή θερμότητας.

δυσμενή αποτελέσματα: Αποτελέσματα που καθιστούν την επίτευξη της διαχείρισης πυρκαγιάς δυσκολότερη.

