



**Η ΟΞΙΝΗ ΒΡΟΧΗ
ΚΑΙ ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΣΤΑ
ΜΑΡΜΑΡΙΝΑ ΜΝΗΜΕΙΑ**

(ΓΥΜΝΑΣΙΟ)

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ- ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ.....	3
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	4
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	11
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	14
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	20
ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ/ΕΠΟΜΕΝΑ ΒΗΜΑΤΑ	22
ΔΕΞΙΟΤΗΤΕΣ ΠΟΥ ΑΠΟΚΤΗΘΗΚΑΝ.....	23
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	25
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	35

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ- ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Η παρούσα έρευνα αφορά τη μελέτη των επιπτώσεων της όξινης βροχής στα μαρμάρια μνημεία, με ειδική αναφορά στη χημική διαδικασία και τις οπτικές επιπτώσεις που προκαλεί στο μάρμαρο. Η όξινη βροχή αποτελεί ένα σημαντικό περιβαλλοντικό πρόβλημα, το οποίο επιδρά αρνητικά στα μαρμάρια μνημεία, συμβάλλοντας στη φθορά και την καταστροφή τους. Με βάση τις προκαταρκτικές μελέτες και την βιβλιογραφία, η έρευνα θα επικεντρωθεί στον καθορισμό των λόγων που προκαλούν την όξινη βροχή και στην κατανόηση των επιπτώσεων της στα μάρμαρα.

Ο σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η κατανόηση του φαινομένου της όξινης βροχής και των επιπτώσεών της στα μαρμάρια μνημεία. Επιδιώκεται η ανάλυση των χημικών διεργασιών και των αντιδράσεων που συμβαίνουν κατά την επαφή της όξινης βροχής με το μάρμαρο, καθώς και η μελέτη των οπτικών επιπτώσεων που προκύπτουν από αυτή την αλληλεπίδραση.

Βασιζόμενοι στις προκαταρκτικές μελέτες, υποθέτουμε ότι η αυξημένη ρύπανση της ατμόσφαιρας συνεπάγεται χαμηλότερο pH, οδηγώντας σε πιο όξινη βροχή, η οποία αναμένεται να έχει πιο έντονες επιδράσεις στο μάρμαρο των μνημείων.

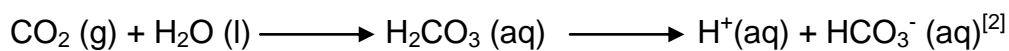
Οι περιορισμοί της έρευνας περιλαμβάνουν τον τόπο διεξαγωγής του πειράματος, το οποίο πραγματοποιείται σε εργαστηριακές συνθήκες και όχι σε πραγματικό μνημειακό χώρο, καθώς και τη σύντομη διάρκεια έκθεσης του μαρμάρου στην όξινη βροχή σε σύγκριση με τις πολύ μεγαλύτερες χρονικές περιόδους που εκτίθενται τα μνημεία.

Η έρευνα αυτή κρίνεται απαραίτητη για την ευαισθητοποίηση του κοινού σχετικά με τις καταστροφικές επιπτώσεις των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων στα πολιτιστικά και ιστορικά μνημεία. Επιδιώκεται να αναδείξει τη σοβαρότητα του προβλήματος και να προτείνει μέτρα για την μείωση των αρνητικών επιπτώσεων της όξινης βροχής, συμβάλλοντας έτσι στην προστασία και διατήρηση της κληρονομιάς

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Η βροχή ή βροχόπτωση ή υδατόπτωση είναι μια υγρή κατακρήμνιση και ανήκει στα υδατώδη μετεωρολογικά κατακρημνίσματα ή υδρομετέωρα όπως ονομάζονται τα διάφορα φαινόμενα του υετού του οποίου άλλα επίσης είδη είναι το χιονόνερο, το χιόνι και το χαλάζι.^[1]

Η κανονική βροχή έχει pH περίπου 5,6 έως 6,5, ελαφρώς όξινο, και αυτό οφείλεται στον μερικό ιοντισμό του ανθρακικού οξέος (H_2CO_3), που δημιουργείται λόγω της διάλυσης του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) του ατμοσφαιρικού αέρα στο νερό της βροχής κατά την αντίδραση:



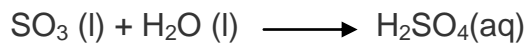
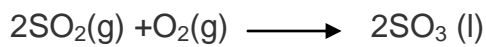
Όξινη βροχή θεωρείται η βροχή με τιμές pH κάτω από 5,5, δηλαδή όλες οι κατακρημνίσεις οι οποίες είναι πιο όξινες από τα φυσιολογικά επίπεδα. Τις τελευταίες δεκαετίες η βροχή γίνεται όλο και πιο όξινη και το pH κυμαίνεται από 3,5 έως 4,5, με ακραίες περιπτώσεις να φτάνουν σε pH τόσο χαμηλό όσο το 2,0. Βροχή με pH 4,6 είναι 10 φορές πιο όξινη από βροχή με pH 5,6, έτσι αντιλαμβανόμαστε το μέγεθος της επίδρασης που έχει μία τέτοια βροχή στα οικοσυστήματα, στα μνημεία, κτήρια και τελικά στον άνθρωπο.^[3]

Τον όρο «όξινη βροχή» πρώτος χρησιμοποίησε ο Άγγλος χημικός Robert Angus Smith όταν παρατήρησε τη σχέση μεταξύ της ρυπασμένης ατμόσφαιρας του Λονδίνου και τον όξινο χαρακτήρα της βροχής.^[4]

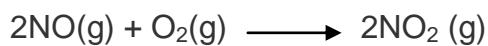
Η κυριότερη αιτία σχηματισμού της όξινης βροχής είναι η καύση των ορυκτών καυσίμων. Η βιομηχανία και οι θερμοηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής ενέργειας, χρησιμοποιούν άνθρακα και πετρέλαιο, για να καλύψουν τις ανάγκες μας σε ενέργεια. Οι ιδιώτες χρησιμοποιούν πετρέλαιο, άνθρακα, ξύλα ή φυσικό αέριο για τη θέρμανση των σπιτιών. Αυτοκίνητα, τρένα, αεροπλάνα και πλοία χρησιμοποιούν βενζίνη και άλλα ορυκτά καύσιμα. Σε μικρότερο βαθμό συμβάλλουν και φυσικά αίτια, όπως οι πυρκαγιές, οι εκρήξεις των ηφαιστείων, που εκπέμπουν διοξείδιο του θείου (SO_2) στην ατμόσφαιρα, αλλά και το πλαγκτόν από το οποίο απελευθερώνονται ποσότητες θειούχας ένωσης (διμεθυλοσουλφιδίου) που στην ατμόσφαιρα διασπάται φωτοχημικά και τελικά οξειδώνεται σε SO_2 .

Οι κύριοι ρύποι που δημιουργούν την όξινη βροχή είναι το διοξείδιο του θείου και τα οξειδία του αζώτου (NO_x).^[5]

Το SO₂ αντιδρά αργά με το O₂ αέρα παράγοντας SO₃ και στην συνέχεια αυτό διαλύεται στο νερό της βροχής με αποτέλεσμα το σχηματισμό του ισχυρού θειικού οξέος (H₂SO₄).



Το NO αντιδρά επίσης με το O₂ αέρα και στην συνέχεια αυτό διαλύεται με το νερό της βροχής με αποτέλεσμα το σχηματισμό του ισχυρού νιτρικού οξέος (HNO₃) και του ασθενούς νιτρώδους οξέος (HNO₂).



Μελέτες από τα μέσα της δεκαετίας του '80 οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι μεγάλες συγκεντρώσεις ρύπων που συντελούν στη δημιουργία της όξινης βροχής μεταφέρονται μέσω των αερίων μαζών σε μεγάλες αποστάσεις, μακριά από τον τόπο παραγωγής τους. Η πιθανότητα να δεχθεί μια περιοχή όξινη βροχή εξαρτάται κυρίως από την προέλευση και την τροχιά των αερίων μαζών που προκαλούν τις βροχές. Τα ρεύματα αέρα που επικρατούν σε ύψη όπου εκπέμπονται τα οξειδία (300-500 μέτρων), βοηθούν στη μεταφορά τους σε απόσταση έως και χίλια χιλιόμετρα μακριά από τον τόπο παραγωγής τους.

Περιοχές που αντιμετωπίζουν έντονα προβλήματα από την όξινη βροχή, χωρίς οι ίδιες να έχουν σημαντικές εκπομπές οξειδίων θείου και αζώτου, είναι οι σκανδιναβικές χώρες και ο Καναδάς που γίνονται αποδέκτες της οξύτητας που σχηματίζεται από εκπομπές χωρών της κεντροδυτικής Ευρώπης και των βορειοανατολικών Η.Π.Α. Στην Ευρώπη, η Μ. Βρετανία είναι η χώρα που επηρεάζει τα οικοσυστήματα της βορειοδυτικής Ευρώπης , «εξάγοντάς» τους όξινη βροχή.^[5]

Επιπτώσεις της όξινης βροχής

Η όξινη βροχή έχει έντονες επιπτώσεις στα φυσικά οικοσυστήματα (δάση, υδροβιότοπους, έδαφος), σκοτώνοντας άμεσα ή έμμεσα διάφορες μορφές ζωής, αλλά και στα οικιστικά

οικοσυστήματα ,διαβρώνοντας ιστορικά μνημεία, προκαλώντας ζημιές σε κτήρια και οχήματα, αλλά και βλάπτοντας άμεσα την ανθρώπινη υγεία.^[4]

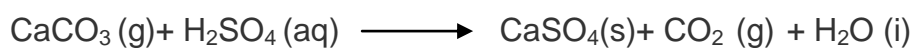
Τα νερά των λιμνών και των ποταμών εμφανίζουν ψηλή οξύτητα, με αποτέλεσμα να επηρεάζονται σε σημαντικό βαθμό πολλά υδρόβια είδη ζωής και ιδιαίτερα τα αυγά ή τα νεογνά τους. Η αυξημένη οξύτητα καταστρέφει το πλαγκτόν, την υδάτινη χλωρίδα και τα αυγά αμφιβίων και ψαριών, με αποτέλεσμα να μειώνεται δραματικά ο πληθυσμός των ψαριών και άλλων ειδών υδρόβιας ζωής.^[3]

Το έδαφος βλάπτεται σοβαρά από την όξινη βροχή καθώς απομακρύνονται μέσω αυτής πολύτιμα μέταλλα, όπως το μαγνήσιο(Mg), το ασβέστιο (Ca), το κάλιο (K), μετατρέποντας το έδαφος φτωχό σε θρεπτικά συστατικά που είναι απαραίτητα για την σωστή ανάπτυξη των φυτών. Τοξικά μέταλλα όπως ο μόλυβδος (Pb), ο χαλκός (Cu), ο ψευδάργυρος (Zn), το κάδμιο (Cd) και ο υδράργυρος (Hg) απελευθερώνονται από το έδαφος και μέσω των υπόγειων υδάτων καταλήγουν να μπουν στην τροφική αλυσίδα και τέλος στον άνθρωπο.^[7]

Τα δάση λόγω της επαφής λόγω της επαφής τους με το νερό της όξινης βροχής πεθαίνουν. Τα φύλλα και οι ρίζες νεκρώνονται και έτσι τα δέντρα δεν μπορούν να αναπνεύσουν, να φωτοσυνθέτουν αλλά ούτε και να τραφούν με τα θρεπτικά συστατικά του εδάφους. Τα δάση στις ΗΠΑ, στον Καναδά, στην Σουηδία και στην Κεντρική Ευρώπη παρουσιάζουν σημαντική ελάττωση της ετήσιας αύξησής τους. Το 5% των δασών της Γερμανίας έχει νεκρωθεί ενώ το 30%-50% έχει υποστεί σημαντικές βλάβες.^[5]

Υπάρχουν πολλοί λόγοι ανησυχίας για την υγεία του ανθρώπου όσων αφορά την επίδραση της όξινης βροχής. Οι επιστήμονες έχουν επιβεβαιώσει άμεσες βλάβες στην ανθρώπινη υγεία: Αυξάνεται η πιθανότητα εμφάνισης ορισμένων μορφών καρκίνου και επιβαρύνεται η αναπνευστική λειτουργία σε ανθρώπους με προδιάθεση άσθματος.^[1]

Η επίδραση της όξινης βροχής στον ασβεστόλιθο είναι ιδιαίτερα ανησυχητική λόγω της χημικής σύστασής του, κυρίως του ανθρακικού ασβεστίου (CaCO₃). Όταν η όξινη βροχή έρχεται σε επαφή με ασβεστολιθικές δομές, αντιδρά με το ανθρακικό ασβέστιο και σχηματίζεται θειικό ασβέστιο (CaSO₄), μία αντίδραση που όχι μόνο αποδυναμώνει τον ασβεστόλιθο – μάρμαρο αλλά οδηγεί και στη σταδιακή διάβρωση του.



[6]

Οι επιπτώσεις της όξινης βροχής στα μαρμάρινα μνημεία μπορούν να φανούν με διάφορους τρόπους. Πρώτον, υπάρχει ορατή ζημιά με τη μορφή του αποχρωματισμού, ρωγμών και της τραχύτητας της επιφάνειας. Με την πάροδο του χρόνου, περίπλοκα σκαλίσματα και επιγραφές μπορεί να διαβρωθούν και να γίνουν δυσανάγνωστα, επηρεάζοντας σοβαρά την ιστορική και πολιτιστική αξία αυτών των μνημείων. Δεύτερον, η δομική ακεραιότητα του μνημείου διακυβεύεται, οδηγώντας σε αυξημένο κίνδυνο ρωγμών και τελική κατάρρευσή του.

Αυτό το θέμα προκαλεί παγκόσμια ανησυχία, καθώς πολλές ιστορικά και πολιτιστικά σημαντικές μαρμάρινες κατασκευές, όπως το Ταζ Μαχάλ στην Ινδία,



το Κολοσσαίο στη Ρώμη, ο Παρθενώνας στην Αθήνα και πολλοί γοθικοί καθεδρικοί ναοί σε όλη την Ευρώπη κινδυνεύουν με ολοκληρωτική καταστροφή. [8] [9] [10] [11] [12] [13]



Εικ.1 Οι Καρυάτιδες στον φυσικό τους χώρο. Το 1979 μεταφέρθηκαν στο μουσείο της Ακρόπολης για συντήρηση και στη θέση τους τοποθετήθηκαν πιστά αντίγραφα.



Εικ.3 Το Taj Mahal στην Ινδία αντιμετωπίζει πολλά προβλήματα, όπως αποχρωματισμός, ξεφλούδισμα στις πέτρες και στον πλουμιστό διάκοσμό του

Εικ.2 «Την έβαλαν στη γυάλα για το καλό της»



Εικ.4 Για την συντήρηση και διόρθωση των ζημιών στο Αβαείο του Westminster από την όξινη βροχή η Αγγλία δαπάνησε 10 εκατομμύρια λίρες

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για τον παρόντα διαγωνισμό ενημερωθήκαμε μέσω των μαθημάτων της χημείας και της στενής συνεργασίας μας με την καθηγήτρια του εν λόγω μαθήματος. Η έρευνα μας βασίστηκε σε υλικό το οποίο μας δόθηκε από την καθηγήτριά μας και το οποίο αφορούσε μεταξύ άλλων μελέτες και διαδικτυακά άρθρα σχετικά με το θέμα της όξινης βροχής και της επίδρασής της στο μάρμαρο, όπως και οπτικό υλικό από ιστορικά μνημεία ανά της υψηλίου, τα οποία υπέστησαν ζημιές εξαιτίας του φαινομένου.

Επιλέξαμε αυτό το ερευνητικό θέμα, καθώς θεωρούμε ότι άπτεται ενός αρκετά επίκαιρου και ενδιαφέροντος φαινομένου. Οι επιπτώσεις της όξινης βροχής και συγκεκριμένα η φθορά που προκαλείται στα εκτεθειμένα αρχαία μνημεία εξαιτίας αυτής, όπως αυτό μας παρουσιάστηκε και αναλύθηκε από την καθηγήτριά μας, μας κέντρισε το ενδιαφέρον για περισσότερη μελέτη και εμβάθυνση επί του θέματος. Αναλυτικότερα, το κύριο ζήτημα που μας απασχόλησε ήταν αυτό της απόδειξης του φαινομένου και της αποτύπωσης του μεγέθους της φθοράς στο μάρμαρο μέσω μίας πειραματικής διαδικασίας.

Σε αυτό το πλαίσιο, η ακόλουθη πειραματική έρευνα ήταν ένας τρόπος να προσδιορίσουμε την έκταση της διάβρωσης του μαρμάρου λόγω της επαφής του με την όξινη βροχή, σε αντίθεση με το καθαρό αποσταγμένο νερό.

Κατά την πρώτη μας συνάντηση καθορίσαμε τον σκοπό της έρευνάς μας, ο οποίος ήταν η διερεύνηση των επιπτώσεων της όξινης βροχής στην διάβρωση του μαρμάρου. Αποφασίσαμε επίσης να προσομοιώσουμε το νερό της όξινης βροχής με διάλυμα ξιδιού, το οποίο έχει παραπλήσιο pH.

Μετάπειτα ακολούθησε συζήτηση με τους καθηγητές μας, για την δομή της έρευνας και διαχωρίσαμε τις αρμοδιότητες μας. Ειδικότερα, δύο από τα 5 μέλη τις ομάδας μας ανέλαβαν την τακτική (κάθε 3 μέρες) μέτρηση του pH των διαλυμάτων και βάρους των δειγμάτων μαρμάρου. Το χρονικό διάστημα των τριών ημερών καθορίστηκε με γνώμονα τη ρύθμιση της σταθερής τιμής του pH. Αναλυτικότερα, παρατηρήσαμε ότι στα πλαίσια

αυτής της περιόδου η τιμή του pH ανεβαίνει κατά μία μονάδα περίπου, με αποτέλεσμα το διάλυμα μας να γίνεται λιγότερο όξινο και να ξεφεύγει από τα όρια της όξινης βροχής ($\text{pH} < 5$).

Στην συνέχεια, προβήκαμε σε καταγραφή των παραπάνω μετρήσεων σε πίνακες δεδομένων και ακολούθως σχεδιάσαμε διαγράμματα που να αποτυπώνουν αυτές τις μετρήσεις. Κατόπιν μελέτης και συζήτησης μεταξύ όλων των μελών της ομάδας και των καθηγητών μας, καταγράψαμε τα αποτελέσματα του πειράματος και εξήγαμε τα συμπεράσματά μας.

Δύο άλλα μέλη της ερευνητικής ομάδας ανέλαβαν να γράψουν την όλη διαδικασία και το σύνολο των δεδομένων της μελέτης – έρευνας, ακολουθώντας τις οδηγίες και τις κατευθυντήριες γραμμές της οργανωτικής επιτροπής του διαγωνισμού. Αρχικά, συντάξανε ένα προσχέδιο και το παρουσίασαν σε όλη την ομάδα. Μετά από τις συζητήσεις που ακολούθησαν και τις διορθώσεις που μεσολάβησαν, το κείμενο έλαβε την τελική παρούσα μορφή.

Κατά τη διάρκεια και εξέλιξη της έρευνας, αντιλαμβανόμασταν συνεχώς την σημασία και βαρύτητα του προβλήματος της όξινης βροχής. Διαπιστώσαμε πως αυτή επιδρούσε σε όλα τα συστατικά της βιόσφαιρας (δηλαδή έδαφος, δάση, καλλιέργειες, λίμνες, ποτάμια και γενικότερα την υδρόβια ζωή), καθώς και στα μνημεία, τα κτήρια και εντέλει τον άνθρωπο. Γι' αυτό το λόγο συντάξαμε ένα ερωτηματολόγιο με σκοπό να ελέγξουμε κατά πόσον αυτό το φαινόμενο είναι γνωστό, οι ερωτηθέντες ενδιαφέρονται για αυτό και είναι διατεθειμένοι να εφαρμόσουν μέτρα προς αντιμετώπισή του.. Το ερωτηματολόγιο απευθυνόταν σε μαθητές της Γ' Γυμνασίου και τους καθηγητές του σχολείου μας και δόθηκε σε αυτούς σε ηλεκτρονική μορφή (Google forms). Συνολικά ανταποκρίθηκαν 110 άτομα.

Το εν λόγω ερωτηματολόγιο επισυνάπτεται στο παράρτημα Α που ακολουθεί. Τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από το εν λόγω ερωτηματολόγιο παρουσιάζονται παρακάτω στις σχετικές ενότητες της έρευνας.

Ένα άλλο σημαντικό κομμάτι της έρευνάς μας ήταν και η ενημέρωση που τύχαμε από το χημικό - συντηρητή του αρχαιολογικού μουσείου της πόλης μας κύριο Χρίστο Χριστοφίδη.

Η επίσκεψή μας στο αρχαιολογικό μουσείο μας άφησε απόλυτα εντυπωσιασμένους και διαφωτισμένους. Η οξυδερκής ομιλία του επιμελητή σχετικά με τις βλαβερές συνέπειες της όξινης βροχής, σε αρχαία μνημεία, ειδικά σε αυτά που είναι κατασκευασμένα από

μάρμαρο, ήταν εντυπωσιακή. Καθώς περιηγηθήκαμε στο μουσείο, ο κύριος Χριστοφίδης συνδύασε με δεξιοτεχνία ιστορικές αφηγήσεις με την επιστήμη της συντήρησης, παρουσιάζοντας εκθέματα μαρμάρου ενώ διευκρίνιζε την ιστορική τους σημασία και τις προσπάθειες διατήρησης που έχουν υποβληθεί. Αυτό που πραγματικά μας γοήτευσε ήταν η σύνδεση της χημείας με ορισμένα εκθέματα, πως δηλαδή οι αρχαίοι πολιτισμοί πριν από 2000 χρόνια μπορούσαν να εφαρμόσουν χημικές διαδικασίες π.χ οξειδωαναγωγικές μεθόδους για να χρωματίσουν αγγεία, τονίζοντας έτσι τη σχέση μεταξύ χημείας και αρχαιολογίας. Αυτή η πολύπλευρη προσέγγιση όχι μόνο εμπλούτισε την κατανόησή μας για τους αρχαίους πολιτισμούς, αλλά υπογράμμισε επίσης τη σημασία των διεπιστημονικών προοπτικών για τη διατήρηση της πολιτιστικής μας κληρονομιάς.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

1. Μεταβλητές

- Ανεξάρτητη μεταβλητή: Το είδος του υγρού στο οποίο εκτίθεται το μάρμαρο (ξίδι για την πειραματική ομάδα και αποσταγμένο νερό για την ομάδα ελέγχου).
- Εξαρτημένες μεταβλητές: Απώλεια μάζας, επιφανειακή διάβρωση και αλλαγές στο επίπεδο του pH των δειγμάτων μαρμάρου.
- Ελεγχόμενες μεταβλητές: pH διαλυμάτων, θερμοκρασία περιβάλλοντος, μέγεθος και τύπος των δειγμάτων μαρμάρου, όγκος υγρού και διάρκεια έκθεσης.

2. Περιορισμοί και όρια

- Η έρευνα θα διαρκέσει 1 μήνα
- Το pH θα μετρείται κάθε 3 μέρες

3. Κατάλογος Οργάνων - Υλικών

- Δύο (2) κομμάτια μάρμαρου με ίδιες περίπου διαστάσεις και βάρος.
- Δύο (2) ποτήρια ζέσεως αρκετά μεγάλα ώστε να βυθίζονται πλήρως τα μαρμάρινα κομμάτια.
- Ξύδι (για προσομοίωση όξινης βροχής).
- Αποσταγμένο νερό
- Ογκομετρικός κύλινδρος
- Παχύμετρο
- pHμετρο.
- Ζυγαριά για τη μέτρηση της μάζας των δειγμάτων μαρμάρου.
- Κάμερα για οπτική τεκμηρίωση.

4. Πειραματική Διαδικασία

A) Προετοιμασία:

- Μέτρηση και καταγραφή της αρχικής μάζας των δειγμάτων μαρμάρου.
- Μέτρηση και καταγραφή των αρχικών διαστάσεων και των δύο δειγμάτων μαρμάρου
- Λήψη αρχικών φωτογραφιών για οπτική τεκμηρίωση.
- Προετοιμασία των ποτηριών ζέσεως με ξύδι και αποσταγμένο νερό, φροντίζοντας να είναι ίσου όγκου.
- Μέτρηση και καταγραφή των αρχικών τιμών pH και των δύο υγρών.

B) Έναρξη πειράματος:

- Τοποθέτηση κάθε κομμάτι μαρμάρου στο αντίστοιχο υγρό του.
- Τοποθέτηση των ποτηριών ζέσεως σε ένα σταθερό περιβάλλον όπου η θερμοκρασία και η έκθεση στο φως παραμένουν σταθερά.

Γ) Συντήρηση:

- Κάθε τρεις μέρες, το ξύδι αντικαθίσταται για να διατηρείτε ένα σταθερό pH.
- Σε κάθε αλλαγή του διαλύματος του ξυδιού το μάρμαρο ξεπλένετε, στεγνώνετε πολύ καλά και ζυγίζετε.
- Καταγραφή των τιμών του pH και των δύο υγρών σε κάθε αλλαγή.

Δ) Παρατηρήσεις:

- Παρατήρηση σε τακτικά χρονικά διαστήματα το μάρμαρο για ορατές αλλαγές.
- Τεκμηρίωση των παρατηρήσεων με σημειώσεις και φωτογραφίες.

Πίνακας παρατηρήσεων

Παρατηρήσεις	Δείγμα 1 (μάρμαρο + ξύδι)	Δείγμα 2 (Μάρμαρο + αποσταγμένο νερό)
Παρατήρηση 1	Φυσαλλίδες πάνω στην επιφάνεια του δείγματος	Καμία μεταβολή
Παρατήρηση 2	Δημιουργία άσπρης σκόνης μέσα στο διάλυμα	Καμία μεταβολή
Παρατήρηση 3	Τραχιά επιφάνεια	Λεία επιφάνεια
Παρατήρηση 4	Μείωση διαστάσεων	Καμία μεταβολή

Ε) Μέτρηση:

- Στο τέλος του πειράματος, αφαιρούνται τα μαρμάρινα κομμάτια από τα ποτήρια ζέσεως.
- Ξεπλένονται και στεγνώνονται καλά.

- Μέτρηση και καταγραφή τελικής μάζας και των δύο δειγμάτων μαρμάρου.
- Μέτρηση και καταγραφή τελικών διαστάσεων και των δύο δειγμάτων μαρμάρου
- Σύγκριση τιμών με τις αρχικές μετρήσεις για προσδιορισμό της έκτασης της διάβρωσης.



Φωτογραφία 1: Πειραματική διάταξη - όργανα και υλικά

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Πίνακας 1: Καταγραφή μάζας και pH των δύο δειγμάτων

Ημερομηνία	Δείγμα 1 (Μάρμαρο και Ξύδι)		Δείγμα 2 (Μάρμαρο και αποσταγμένο νερό)	
	Μάζας (g)	pH	Μάζας (g)	pH
11/3/2024	83,2	2,58	83,1	7
12/3/2024	82,7	3,88	83,1	7
15/3/2024	81,4	4,32	83,1	7
18/3/2024	78,8	4,45	83,1	7
22/3/2024	76,7	4,45	83,1	7
26/3/2024	72,8	4,46	83,1	7
29/3/2024	68,1	4,34	83,1	7
2/4/2024	63,9	4,42	83,1	7
Συνολική απώλεια μάζας (g)	19,3		-	-
Ποσοστιαία απώλεια μάζας %	23,2		-	-

Στον πίνακα 1 καταγράφεται η μάζα και το pH κάθε δείγματος ανά τρεις μέρες. Το χρονικό διάστημα των τριών ημερών καθορίστηκε αφού πρώτα παρατηρήσαμε ότι το pH του δείγματος 1, αυξάνεται και πέραν των τριών ημερών πλησιάζει το pH της κανονικής βροχής. Στον ίδιο πίνακα υπολογίσαμε την συνολική απώλεια μάζας σε γραμμάρια και την ποσοστιαία (%) απώλεια. Όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα το δείγμα 1 σε

διάστημα 22 ημερών υπέστη απώλεια 19,3 γραμμαρίων, 23,2%, σε αντίθεση με το δείγμα 2, στο οποίο δεν παρατηρήθηκε καμία απώλεια μάζας.

Πίνακας 2: Πίνακας διαστάσεων των δύο δειγμάτων

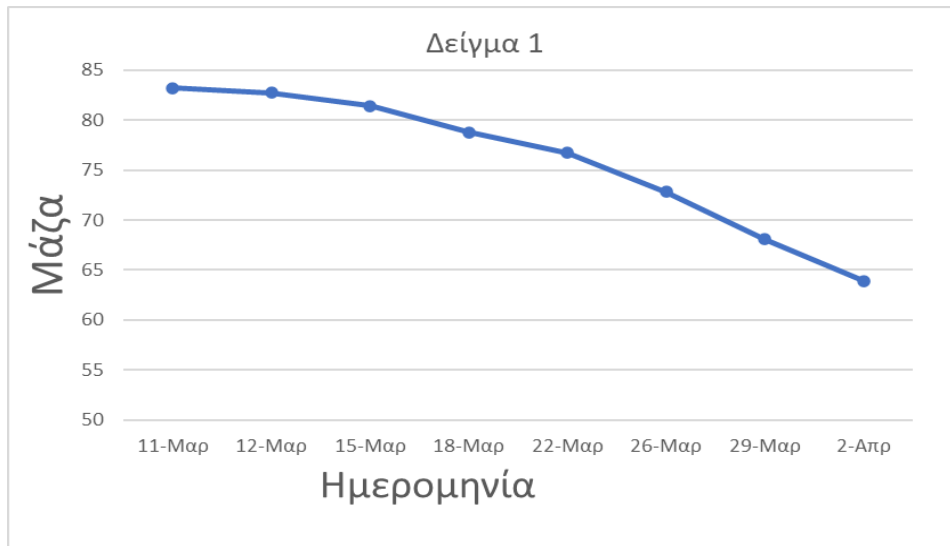
Διαστάσεις (cm)	Δείγμα 1 (Μάρμαρο και Ξύδι)	Δείγμα 2 (Μάρμαρο και αποσταγμένο νερό)
Αρχικές	4,65*3*1,65	4,65*3*1,65
Τελικές	4,55*2,8*1,55	4,65*3*1,65
Ποσοστιαία μείωση όγκου %	14,2	-

Στον πίνακα 2 καταγράφονται οι αρχικές και τελικές διαστάσεις των δύο δειγμάτων. Στο δείγμα 1 παρατηρήθηκε μείωση όγκου ποσοστιαίων 14,2 μονάδων σε αντίθεση με το δείγμα 2 το οποίο δεν υπέστη καμία μεταβολή του όγκου ήταν ορατή δια γυμνού

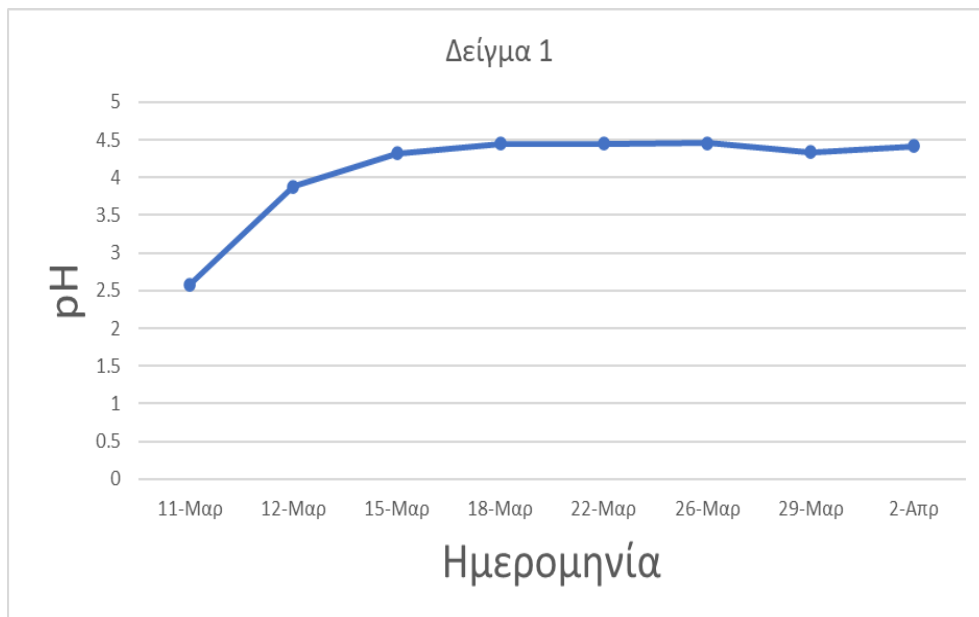


παρατηρήθηκε της τάξης των 14,2 μονάδων σε δείγμα 2 το οποίο καμία μεταβολή. Η ορατή οφθαλμού.

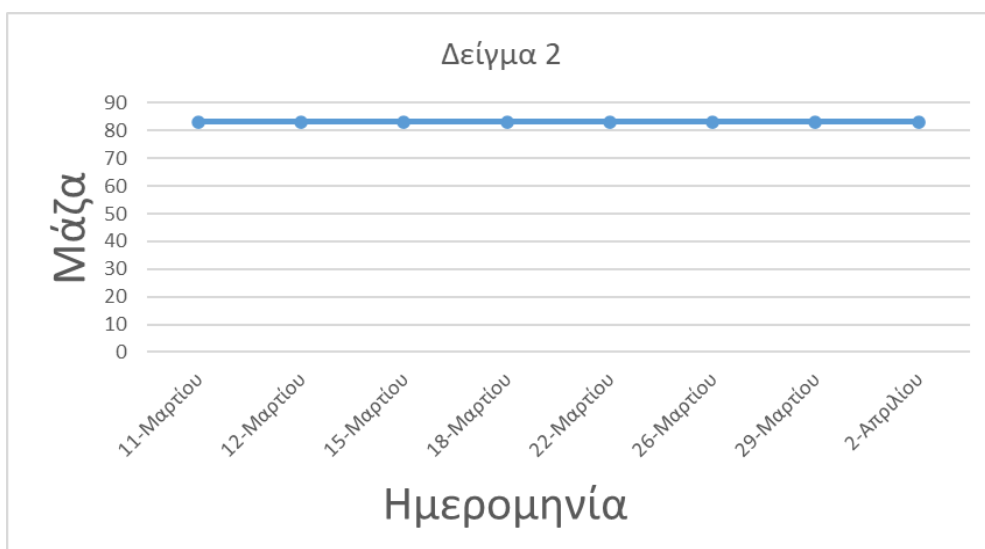
Φωτογραφία 2: αριστερά είναι το δείγμα 1 στην τελική του μορφή όπου είναι εμφανείς οι διαφορές του από το δείγμα 2 (δεξιά)



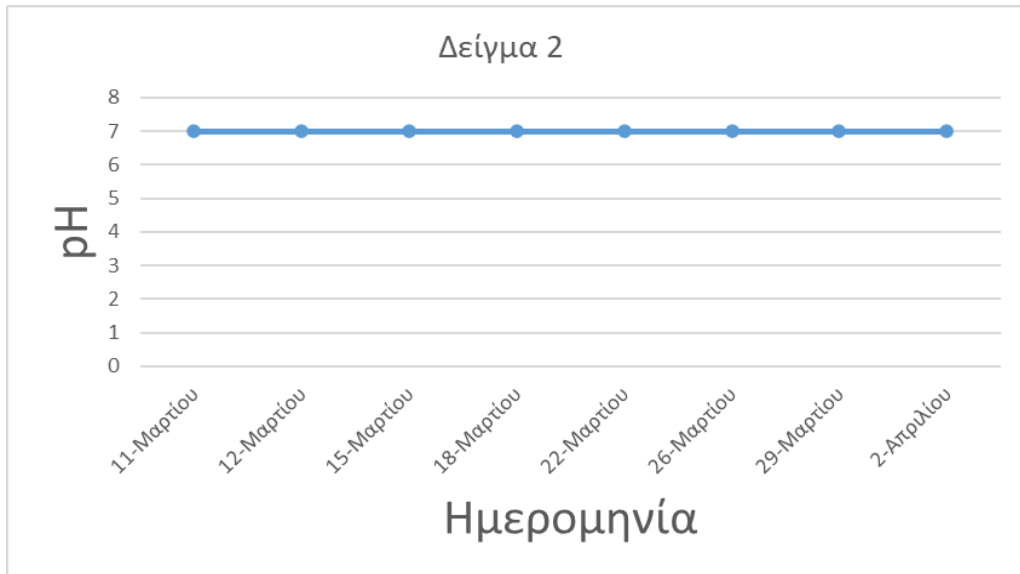
Διάγραμμα 1: Μεταβολή μάζας σε σχέση με το χρόνο του δείγματος 1(μάρμαρο με ξύδι)
Οι μετρήσεις διήρκησαν 22 μέρες και μέσα σ' αυτό το χρονικό διάστημα η μάζα του δείγματος 1 έχασε 23,2% της αρχικής της



Διάγραμμα 2: Το pH διατηρήθηκε σταθερό κατά τη διάρκεια των μετρήσεων

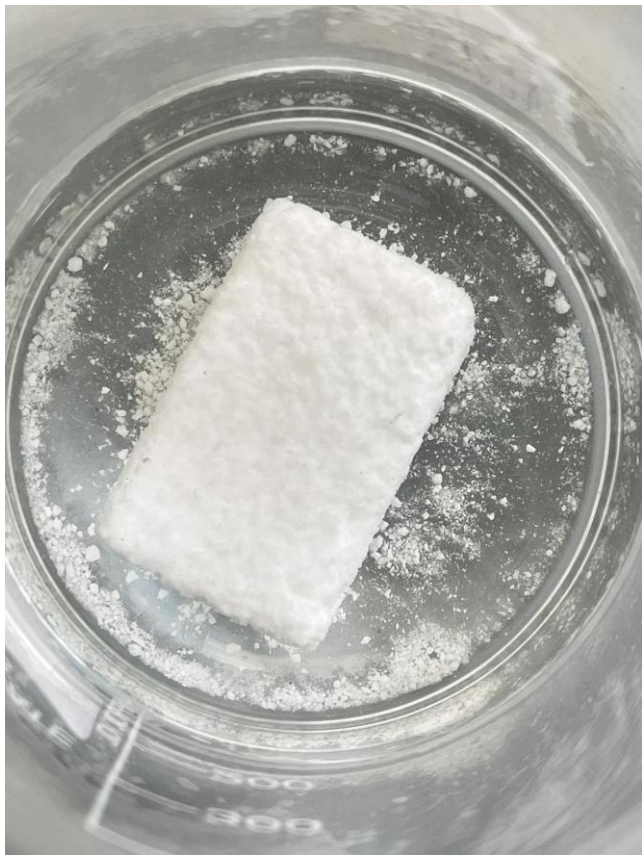
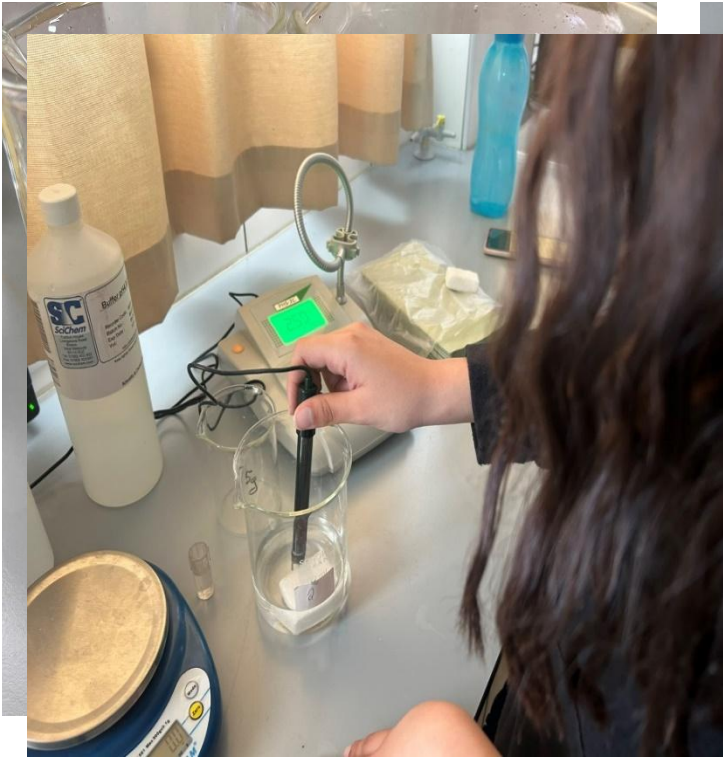


Διάγραμμα 3: Γραφική παράσταση μάζας(δείγματος 2) σε συνάρτηση με το χρόνο



Διάγραμμα 4: Γραφική παράσταση pH διαλύματος (δείγματος 2) σε συνάρτηση με το χρόνο







ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η έρευνα για την όξινη βροχή και τις επιπτώσεις της στα μαρμάρινα μνημεία παρουσιάζει μια ενδελεχή εξέταση του πώς

η όξινη βροχόπτωση επηρεάζει αυτά τα πολιτιστικά και ιστορικά αριστουργήματα. Ακολουθούν μερικά κύρια συμπεράσματα που προκύπτουν από τη μελέτη:

1. **Χημικές Αντιδράσεις και Οπτικές Επιπτώσεις:** Η όξινη βροχή, χαρακτηριζόμενη από χαμηλότερο pH λόγω της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, προκαλεί χημικές αντιδράσεις με το μάρμαρο (ανθρακικό ασβέστιο) για να δημιουργήσει γύψο (θειικό ασβέστιο), μια διαδικασία που όχι μόνο αποδυναμώνει τη δομική ακεραιότητα των μαρμάρινων μνημείων αλλά επίσης οδηγεί σε ορατές ζημιές. Αυτές οι ζημιές περιλαμβάνουν αλλοίωση χρώματος, ρωγμές και αύξηση της τραχύτητας των επιφανειών, που μπορεί να καταστήσουν δύσκολη την αναγνώριση και την εκτίμηση περίπλοκων σκαλισμάτων και επιγραφών.
2. **Περιβαλλοντικές και Πολιτιστικές Επιπτώσεις:** Η μελέτη υπογραμμίζει τις ευρύτερες περιβαλλοντικές και πολιτιστικές συνέπειες της όξινης βροχής. Πέρα από τις χημικές αλληλεπιδράσεις, η έρευνα τονίζει την παγκόσμια ανησυχία για τη διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς αντιμετωπίζοντας τις περιβαλλοντικές προκλήσεις που προκύπτουν από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Η αναφορά σε εμβληματικές κατασκευές όπως το Ταζ Μαχάλ, το Κολοσσαίο και ο Παρθενώνας υπογραμμίζει την παγκόσμια σημασία αυτού του ζητήματος.
3. **Ευρήματα Έρευνας:** Τα πειραματικά αποτελέσματα από τη μελέτη δείχνουν μια σημαντική απώλεια μάζας και μείωση του όγκου σε δείγματα μαρμάρου που εκτέθηκαν σε διάλυμα προσομοιωμένης όξινης βροχής σε σύγκριση με εκείνα που βυθίστηκαν σε αποσταγμένο νερό, επιβεβαιώνοντας την υπόθεση ότι η όξινη βροχή επιταχύνει την καταστροφή των μαρμάρινων μνημείων. Η χρήση του ξυδιού για την προσομοίωση των συνθηκών όξινης βροχής παρείχε ένα ελεγχόμενο περιβάλλον για να παρατηρηθεί η έκταση της διάβρωσης και η επιδείνωση της επιφάνειας σε δείγματα μαρμάρου, προσφέροντας απτές αποδείξεις για τις καταστροφικές επιδράσεις της όξινης βροχής.
4. **Ευαισθητοποίηση και Προσπάθειες Διατήρησης:** Η έρευνα τονίζει τη σημασία της ευαισθητοποίησης του κοινού για τις καταστροφικές επιπτώσεις της όξινης βροχής στα πολιτιστικά και ιστορικά μνημεία. Από τις απαντήσεις που δόθηκαν στο ερωτηματολόγιο έχουμε καταλήξει στο συμπέρασμα ότι το μεγαλύτερο ποσοστό απάντησε αδιάφορα και τυχαία χωρίς ιδιαίτερη σκέψη, γεγονός που αποδεικνύει ότι το θέμα της έρευνα τους εκτός του ότι τους είναι άγνωστο δεν έχουν κατανοήσει τη μεγάλη σημασία που έχει στον πολιτισμό και στη διατήρηση της πολιτιστικής μας κληρονομιάς. Επομένως μέσω της εκπαιδευτικής προσέγγισης και της συμμετοχής της κοινότητας, η μελέτη υποστηρίζει τη

συλλογική δράση για τη μείωση της ρύπανσης και την εφαρμογή μέτρων διατήρησης για την προστασία αυτών των ανεκτίμητων αριστουργημάτων για τις μελλοντικές γενιές.

5. **Μελλοντικές Κατευθύνσεις:** Οι προτάσεις για περαιτέρω έρευνα περιλαμβάνουν την εξερεύνηση πιο ολοκληρωμένων λύσεων για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της όξινης βροχής στα μαρμάρινα μνημεία, όπως προηγμένες προστατευτικές επικαλύψεις ή καινοτόμες τεχνικές αποκατάστασης. Επιπλέον, η μελέτη καλεί για ευρύτερη διεθνή συνεργασία για την αντιμετώπιση των βασικών αιτίων της όξινης βροχής, τονίζοντας την ανάγκη για πολιτικές που στοχεύουν στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του θείου και των οξειδίων του αζώτου, των κύριων ρύπων που ευθύνονται για την όξινη βροχή.

Συνοψίζοντας, αυτή η έρευνα προσφέρει πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με τις επιπτώσεις της όξινης βροχής στα μαρμάρινα μνημεία, λειτουργώντας ως κάλεσμα για περιβαλλοντική φροντίδα και πολιτιστική διατήρηση. Υπογραμμίζει την επείγουσα ανάγκη αντιμετώπισης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης όχι μόνο για την προστασία της δημόσιας υγείας και των οικοσυστημάτων αλλά και για την ασφάλεια της κοινής μας πολιτιστικής κληρονομιάς.

ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ/ΕΠΟΜΕΝΑ ΒΗΜΑΤΑ

Το πρόβλημα της όξινης βροχής είναι ένα από τα πιο σημαντικά προβλήματα διασυνωριακής ρύπανσης, αφού αυτοί που επηρεάζονται από την βροχή είναι πολλές φορές μακριά από αυτούς που την προκαλούν. Υπήρξε σημείο τριβής μεταξύ κρατών και

έγινε η αφορμή να αρχίσουν νομοθετικές ρυθμίσεις σχετικά με αυτό το θέμα. Θα πρέπει να εφαρμοστούν δραστικά και βιώσιμα μέτρα που να βασίζονται στη μείωση των εκπομπών των ρύπων που προέρχονται από ανθρωπογενείς πηγές. Για το λόγο αυτό παραθέτουμε πιο κάτω μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης του προβλήματος.

1. Μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων με:
 - Περιορισμό των εκπομπών από τις βιομηχανίες (χρήση ειδικών φίλτρων).
 - Αποθείωση, δηλαδή απομάκρυνση του θείου (S), από τα καύσιμα.
 - Χρήση καταλυτικού μετατροπέα στο σύστημα εξαγωγής των καυσαερίων των αυτοκινήτων.
2. Χρήση Εναλλακτικών Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), όπως Αιολική ενέργεια, Ηλιακή ενέργεια, υδάτινη ενέργεια, βιομάζα, κ.ά.
3. Σε ατομικό επίπεδο, ανάπτυξη οικολογικής συμπεριφοράς και υιοθέτηση ορθών καταναλωτικών θέσεων προς το περιβάλλον όπως περιορισμό άσκοπων μετακινήσεων και χρήση μέσων μαζικής μεταφορά, χρήση και αγορά ενεργειακών συσκευών, απενεργοποίηση συσκευών και σβήσιμο των φώτων όταν δεν λειτουργούν, καλή θερμομόνωση στις κατοικίες κ.ά.
4. Ειδικά για τα μαρμάρινα μνημεία:
 - Χρήση προστατευτικών επιστρώσεων
 - Τακτικός καθαρισμός και συντήρηση μαρμάρινων μνημείων
 - Εφαρμογή Limewash (μαρμάρινο επίστρωμα) η οποία προσφέρει ένα βαθμό προστασίας.
 - Τοποθέτηση προστατευτικών κατασκευών
5. Για την προστασία των υδάτινων πόρων εφαρμόζεται η προσθήκη βάσης όπως το υδροξείδιο του ασβεστίου ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Είναι μία διαδικασία αρκετά δαπανηρή και έχει εφαρμοστεί σε λίμνες της Νορβηγίας και της Σουηδίας. Είναι βραχυπρόθεσμη επιδιόρθωση η οποία δεν λύνει προβλήματα όπως την αλλαγή σύστασης του εδάφους ή την χαμηλή ορατότητα επιτρέπει όμως την επιβίωση και πολλαπλασιασμό των ψαριών.

ΔΕΞΙΟΤΗΤΕΣ ΠΟΥ ΑΠΟΚΤΗΘΗΚΑΝ

Στο πλαίσιο αυτής της ενδιαφέρουσας εργασίας οι δεξιότητες που αποκομίσαμε είναι άφθονες.

- Αρχικά είχαμε την ευκαιρία να μάθουμε πώς πρέπει να διαχειριζόμαστε σωστά τις πηγές, αφού μπήκαμε στην διαδικασία να διακρίνουμε τις αξιόπιστες πηγές, να ανιχνεύσουμε από αυτές πληροφορίες σχετιζόμενες με το θέμα μας και να τις εκφράσουμε με δικά μας λόγια.
- Ακόμη, μας δόθηκε η δυνατότητα να ενισχύσουμε την κριτική μας σκέψη, καθώς έπρεπε να εντοπίσουμε από όλα τα στοιχεία αλλά και συμπεράσματα όπου αντλήσαμε, τα σημαντικότερα, προκειμένου να μην ξεφύγουμε από τους περιορισμούς της εργασίας.
- Επίσης, διευρύνσαμε τις δεξιότητες μας στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές με την χρήση διαφόρων προγραμμάτων όπως η Excel που μας βοήθησαν στην ανάλυση των δεδομένων όπου εκφράσαμε μέσω των γραφικών παραστάσεων.
- Επιπλέον, αναπτύξαμε την δεξιότητα διαχείρισης του χρόνου, διότι έπρεπε να ολοκληρώσουμε την εργασία εντός προκαθορισμένης ημερομηνίας.
- Η συγκεκριμένη έρευνα επηρέασε σημαντικά όλους όχι μόνο στον γνωστικό τομέα αλλά και στην καθημερινότητά μας. Αρχικά, μας δόθηκε η ευκαιρία να εφαρμόσουμε τις γνώσεις που αποκτήθηκαν στα πλαίσια του μαθήματος της Χημείας. Έπειτα αυτό αποτέλεσε κίνητρο για την αναζήτηση και μεγαλύτερη εμβάθυνση σε θέματα που αφορούν το τομέα της Χημείας και την καθημερινότητά μας.
- Τέλος, αποκτήσαμε την σημαντικότερη από όλες τις δεξιότητες, την δεξιότητα της συνεργασίας, εφόσον έπρεπε μια ομάδα μαθητών να συνυπάρξουμε, να αλληλοβοηθηθούμε και να συμφωνήσουμε στην κατανομή αρμοδιοτήτων της εργασίας στον καθένα από εμάς, ούτως ώστε στο τέλος να συνδυάσουμε τα κομμάτια όπου αναλάβαμε και να έχουμε το καλύτερο αποτέλεσμα που προσδοκούσαμε.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Διαγωνισμός Χημείας – Ερωτηματολόγιο

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSf0FL2JkAucVlbTDu2H9pOrDyoMNe4gSj9yvtVI8zPF0LOmyA/viewform?usp=pp_url

Οι Καρυάτιδες στον φυσικό τους χώρο. Το 1979 μεταφέρθηκαν στο μουσείο της Ακρόπολης για συντήρηση και στη θέση τους τοποθετήθηκαν πιστά αντίγραφα.



1. Γνωρίζετε τον λόγο για τον οποίο μεταφέρθηκαν;

- Φαινόμενο του Θερμοκηπίου
- Κλιματική Αλλαγή
- Όξινη Βροχή
- Τρύπα του Όζοντος

2. Ποια είναι η κύρια αιτία της όξινης βροχής;

- Βιομηχανικές εκπομπές
- Αποψίλωση των δασών
- Ηφαιστειακές εκρήξεις
- Γεωργικές δραστηριότητες

3. Πώς επηρεάζει η όξινη βροχή το περιβάλλον;

- Καταστρέφει τα δάση και τη βλάστηση
- Αυξάνει τη γονιμότητα του εδάφους
- Βελτιώνει την ποιότητα του αέρα
- Προωθεί τη βιοποικιλότητα

4. Μπορείτε να αναφέρετε έναν τρόπο μείωσης των συνεπειών της όξινης βροχής;

- Εφαρμόζοντας αυστηρότερους ελέγχους των εκπομπών
- Αύξηση της αποψίλωσης των δασών
- Χρήση περισσότερων ορυκτών καυσίμων
- Αγνοώντας τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς

5. Ποια αέρια είναι κυρίως υπεύθυνα για τον σχηματισμό της όξινης βροχής;

- Το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2)
- Τα οξείδια του αζώτου (NO_x) και το διοξείδιο του θείου (SO_2)
- Μεθάνιο (CH_4)
- Όζον (O_3)

6. Πώς επηρεάζει η όξινη βροχή την υδρόβια ζωή;

- Αυξάνει τη βιοποικιλότητα
- Βελτιώνει την ποιότητα των υδάτων
- Βλάπτει τα ψάρια και άλλους υδρόβιους οργανισμούς
- Προωθεί την ανάπτυξη των φυκιών

7. Ποιες είναι οι επιπτώσεις της όξινης βροχής στην υγεία του ανθρώπου;

- Βελτιώνει την υγεία του αναπνευστικού συστήματος
- Προκαλεί αναπνευστικά προβλήματα και ερεθισμό του δέρματος
- Ενισχύει το ανοσοποιητικό σύστημα
- Ενισχύει τη γενική ευεξία

8. Μπορείτε να εξηγήσετε τη διαδικασία με την οποία σχηματίζεται η όξινη βροχή;

- Με τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου
- Με την αύξηση της αποψίλωσης των δασών
- Με την απελευθέρωση διοξειδίου του θείου και οξειδίων του αζώτου στην ατμόσφαιρα
- Με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

9. Ποιοι είναι ορισμένοι τρόποι με τους οποίους τα άτομα μπορούν να βοηθήσουν στην πρόληψη της όξινης βροχής;

- Ανακυκλώνοντας περισσότερο
- Χρησιμοποιώντας ενεργειακά αποδοτικές συσκευές
- Αυξάνοντας τις βιομηχανικές εκπομπές
- Απορρίπτοντας ακατάλληλα τα απόβλητα

10. Πώς επηρεάζει η όξινη βροχή την ποιότητα του εδάφους και τη γεωργία;

- Βελτιώνει τη γονιμότητα του εδάφους
- Ενισχύει την ανάπτυξη των καλλιεργειών
- Καταστρέφει το έδαφος και επηρεάζει τις αποδόσεις των καλλιεργειών
- Προωθεί βιώσιμες γεωργικές πρακτικές

11. Αναφέρετε ένα ιστορικό μνημείο που έχει πληγεί σημαντικά από την όξινη βροχή.

- Άγαλμα της Ελευθερίας
- Πύργος του Άιφελ
- Ταζ Μαχάλ
- Σινικό Τείχος της Κίνας

12. Πόσο διαθετιμένοι είστε να βοηθήσετε στην αντιμετώπιση του φαινομένου αλλάζοντας περιβαλλοντική συμπεριφορά;

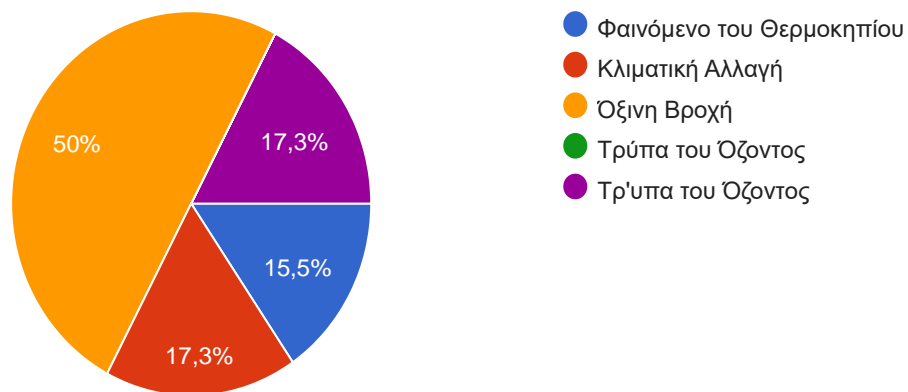
Το 1 σημαίνει καθόλου (1 2 3 4 5) και το 5 πάρα πολύ

Διαγωνισμός Χημείας

110 απαντήσεις

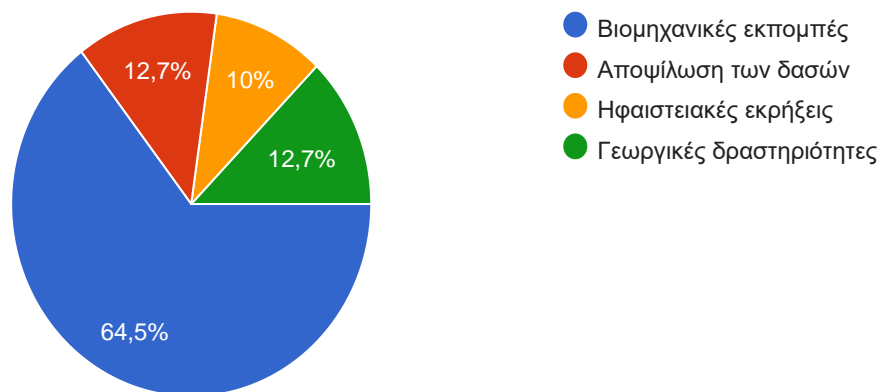
1 - Γνωρίζετε τον λόγο για τον οποίο μεταφέρθηκα

110 απαντήσεις



2 - Ποια είναι η κύρια αιτία της όξινηςβροχής

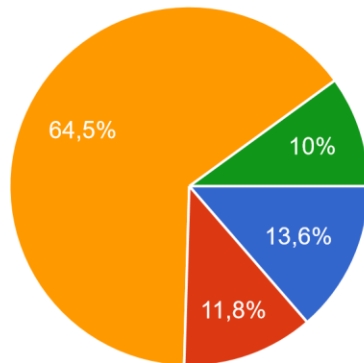
110 απαντήσεις



3 - Πώς επηρεάζει η όξινη βροχή το περιβάλλον;

 Αντιγραφή

110 απαντήσεις

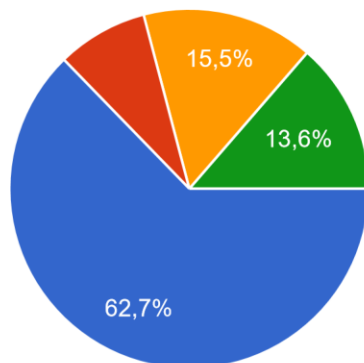


- Βελτιώνει τη ποιότητα του αέρα
- Αυξάνει τη γονιμότητα του εδάφους
- Καταστρέφει τα δάση και τη βλάστηση
- Πρωθει τη βιοποικιλότητα

4 - Μπορείτε να αναφέρετε έναν τρόπο μείωσης των συνεπειών της όξινης βροχής;

 Αντιγραφή

110 απαντήσεις

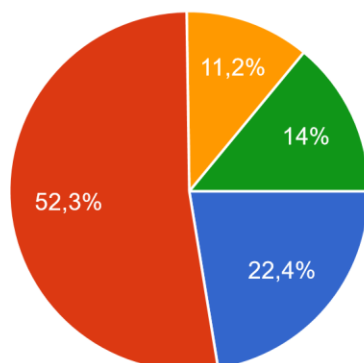


- Εφαρμόζοντας αυστηρότερους ελέγχους των εκπομπών
- Αύξηση της αποψίλωσης των δασών
- Χρήση περισσότερων ορυκτών καυσίμων
- Αγνοώντας τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς

5 - Ποια αέρια είναι κυρίως υπεύθυνα για τον σχηματισμό της όξινης βροχής;

 Αντιγραφή

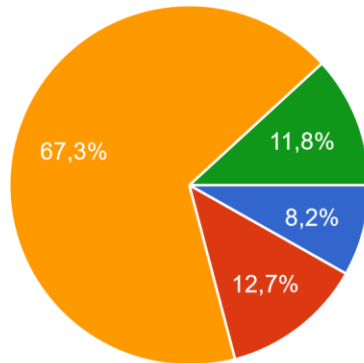
107 απαντήσεις



- Το διοξείδιο του άνθρακα (CO2)
- Τα οξείδια του αζώτου (NOx) και το διοξείδιο του θείου (SO2)
- Μεθάνιο (CH4)
- Οζον (O3)

6 - Πώς επηρεάζει η όξινη βροχή την υδρόβια ζωή;

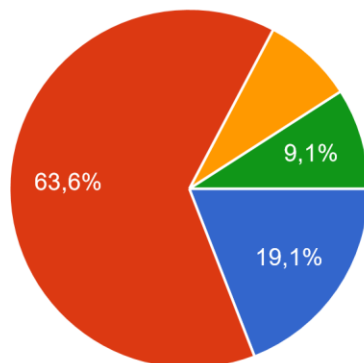
110 απαντήσεις



- Αυξάνει τη βιοποικιλότητα
- Βελτιώνει την ποιότητα των υδάτων
- βλάπτει τα ψάρια και άλλους υδρόβιους οργανισμούς
- Πρωωθεί την ανάπτυξη των φυκών

7 - Ποιες είναι οι επιπτώσεις της όξινης βροχής στην υγεία του ανθρώπου;

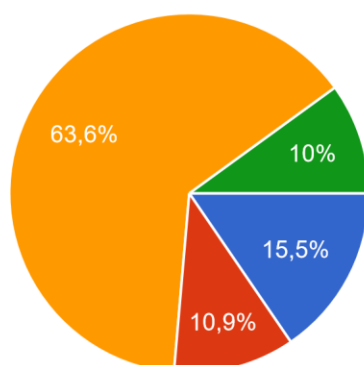
110 απαντήσεις



- Βελτιώνει την υγεία του αναπνευστικού συστήματος
- Προκαλεί αναπνευστικά προβλήματα και ερεθισμό του δέρματος
- Ενισχύει το ανοσοποιητικό σύστημα
- Ενισχύει τη γενική ευεξία

8 - Μπορείτε να εξηγήσετε τη διαδικασία με την οποία σχηματίζεται η όξινη βροχή;

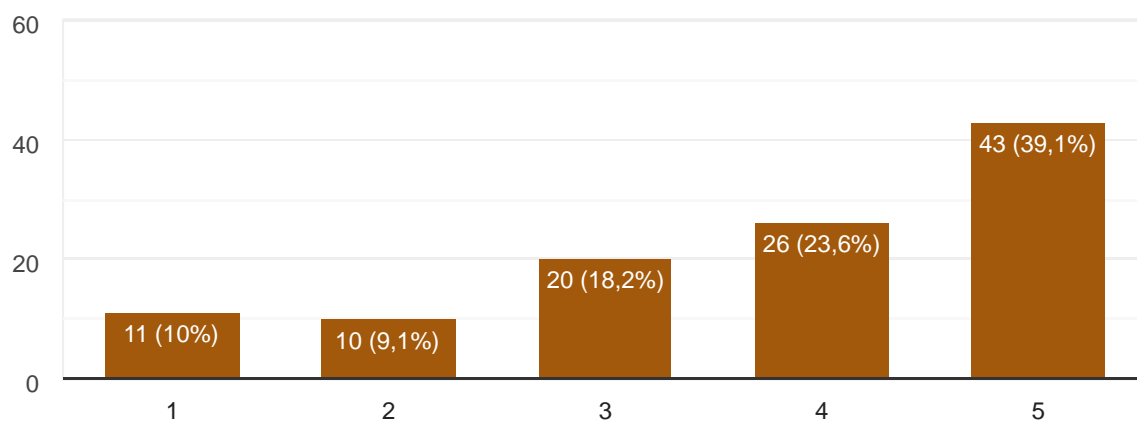
110 απαντήσεις



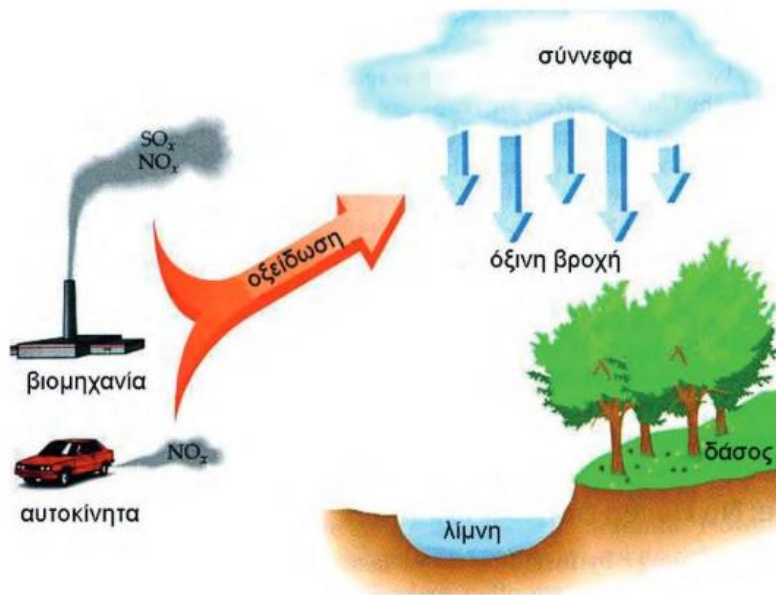
- Με τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου
- Με την αύξηση της απομίλωσης των δασών
- Με την απελευθέρωση διοξειδίου του θείου και οξειδίων του αζώτου στην ατμόσφαιρα
- Με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

12 - Πόσο διαθετιμένοι είστε να βοηθήσετε στην αντιμετώπιση του φαινομένου αλλάζοντας περιβαλλοντική ή συμπεριφορά

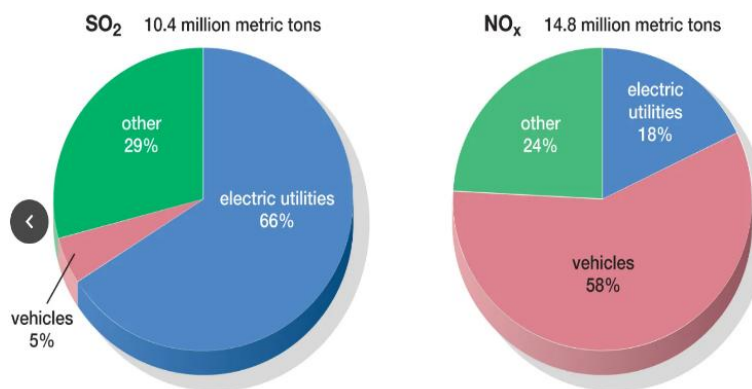
110 απαντήσεις



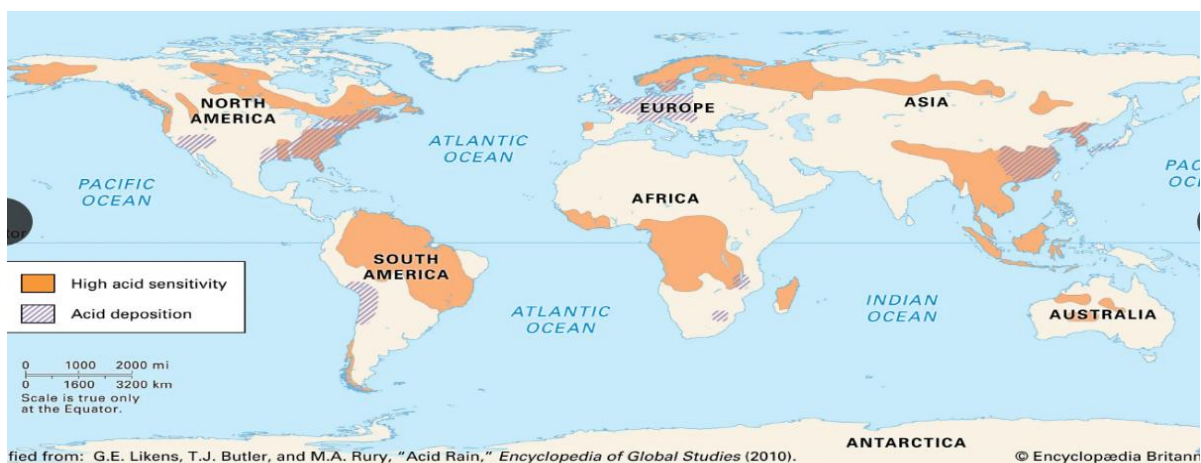
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Εικόνες σχετικές με την μελέτη



Σχήμα 1: Εικονική παρουσίαση της δημιουργίας της όξινης βροχής^[16]



Σχήμα 2: ποσοστό συμμετοχής διαφόρων δραστηριοτήτων στην παραγωγή των αερίων^[8]



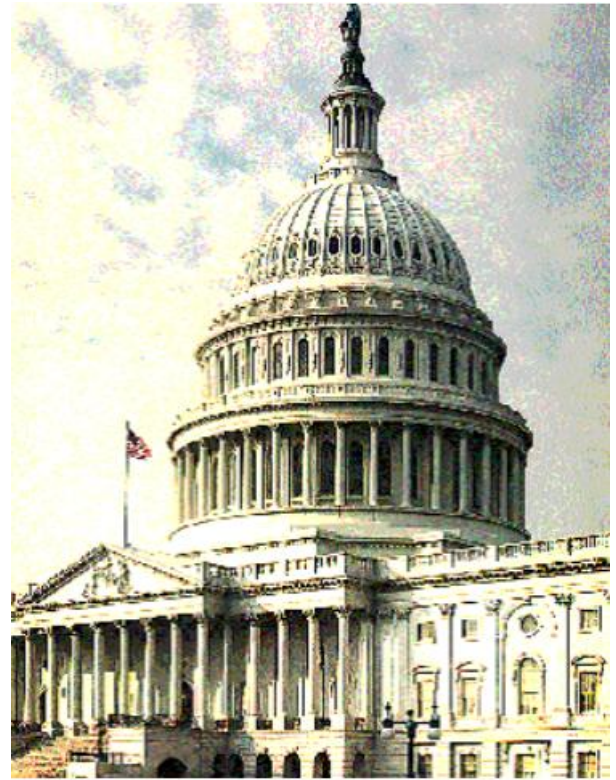
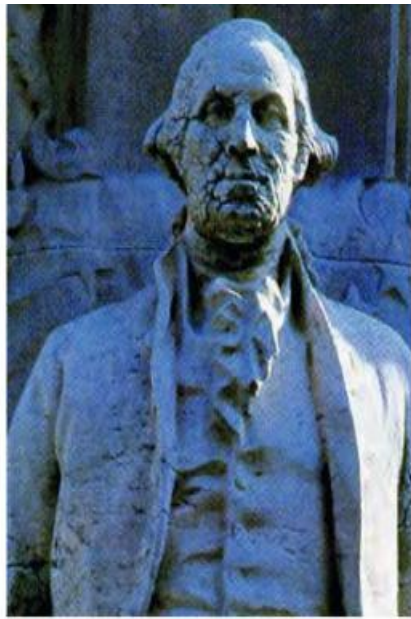
Σχήμα 3: Χάρτης που υποδεικνύει το βαθμό επιβάρυνσης των περιοχών της γης από την όξινη βροχή^[8]



Σχήμα 4: Οι επιπτώσεις της όξινης βροχής στα δάση. Δυσμενή αποτελέσματα όξινης βροχής σε δάσος, όρη Γιζέρα, Τσεχία^[16]



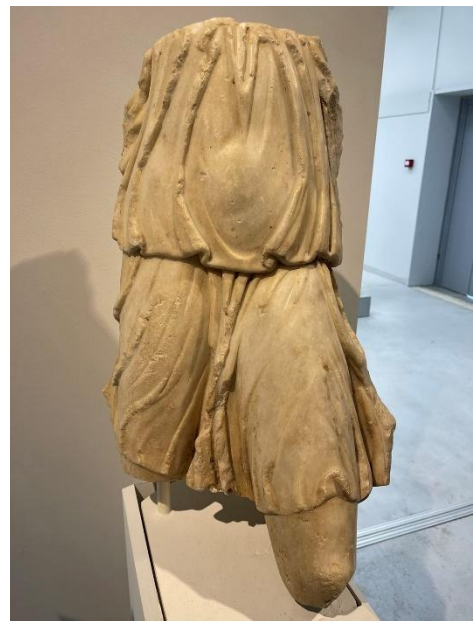
Σχήμα 5: Οι επιπτώσεις της όξινης βροχής στα υδάτινα οικοσυστήματα^[5]



Εικόνα 6:

Επιπτώσεις όξινης βροχής σε μαρμάρινα μνημεία – κτήρια

Παράρτημα Γ: επίσκεψη στο
αρχαιολογικό μουσείο



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Πηγές από Διαδίκτυο

[1] <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%92%CF%81%CE%BF%CF%87%CE%AE>

[2] <https://chem.noesis.edu.gr/acid-rain>

[3] <http://slideplayer.gr/slide/12094218/>

[4] <https://slideplayer.gr/slide/13144836/>

[5] http://www.kee.gr/perivallontiki/teacher6_6.html

[6] <https://chem.noesis.edu.gr/node/101>

[7] chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://lyk-n-moudan-new.chal.sch.gr/Downloads/Ergasies/acid_rain_a.pdf

[8] <https://www.britannica.com/science/acid-rain/Effects-on-human-made-structures>

[9] <https://sciencing.com/facts-5651871-effects-acid-rain-monuments.html>

[10] <https://cyark.org/news/top-5-endangered-heritage-sites-acid-rain>

[11] <https://sciencing.com/about-6372037-pollution-s-impact-historical-monuments.html>

[12] <https://sciencing.com/acid-rain-affect-buildings-statues-22062.html>

[13] <http://elxefsisis.com/index.php/el/%CF%80%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%B2%CE%AC%CE%BB%CE%BB%CE%BF%CE%BD/379-aitia-fthoras-arxaiwn-mnimeiw-n-kai-ergwn-texnis>

[14] <https://ypen.gov.gr/perivallontiko-programma-tou-o-i-e-unep-synodoi->



[perivallontikis-synelefsis-inomenon-ethnon-unea/](#)

[15] <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/08944393231188471>

Βιβλία

[16] Σ. Λιοδάκης, Δ. Γάκης, Δημήτρης Θεοδωρόπουλος, Π. Θεοδωρόπουλος, Α. Κάλλης, 2009, Χημεία Α΄ Λυκείου, Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων , Αθήνα

[17] Π. Θεοδωρόπουλος, Π. Παπαθεοφάνους, Φ. Σιδέρη, 2012, Χημεία Γ΄ Γυμνασίου, Υπουργείο Παιδείας και δια Βίου Μάθησης και Θρησκευμάτων, Ινστιτούτο Τεχνολογίας και Υπολογιστών και Εκδόσεων Διόφαντος

[18] Γ. Μανουσάκης, 1988. Χημεία με Στοιχεία Περιβαλλοντικής Χημείας και Οικολογίας, Εκδοτικός Οίκος Αδελφών Κυριακίδη Θεσσαλονίκη

Video

[19] <https://www.britannica.com/video/22205/acid-rain-damage-Cologne-Cathedral>

