

6^{ος} Μαθητικός Διαγωνισμός Χημείας

«Η Χημεία για τον Άνθρωπο και το Περιβάλλον»

Η ΟΞΙΝΗ ΒΡΟΧΗ

ΚΑΙ ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΣΤΑ

ΜΑΡΜΑΡΙΝΑ ΜΝΗΜΕΙΑ





Πίνακας Περιεχομένων

- Σκοπός της Έρευνας
 - Βιβλιογραφική Ανασκόπηση
 - Πειραματική Διαδικασία
 - Αποτελέσματα
 - Συμπεράσματα
 - Εισηγήσεις/Επόμενα Βήματα
 - Δεξιότητες που Αποκτήθηκαν
 - Παραρτήματα
 - Βιβλιογραφία
-



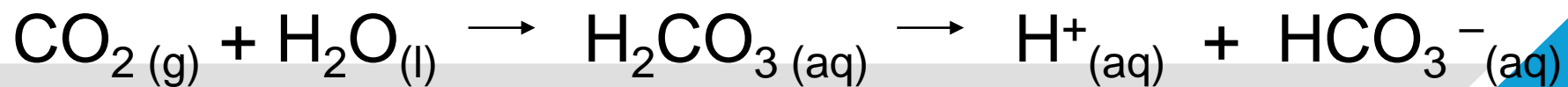
Σκοπός της Έρευνας

- Κατανόηση του φαινομένου της όξινης βροχής και των επιπτώσεών της στα μαρμάρινα μνημεία
 - Ανάλυση των χημικών διεργασιών και των αντιδράσεων που συμβαίνουν κατά την επαφή της όξινης βροχής με το μάρμαρο
 - Μελέτη των οπτικών επιπτώσεων που προκύπτουν από αυτή την αλληλεπίδραση
-

Η όξινη βροχή είναι ένα από τα μεγαλύτερα περιβαλλοντικά προβλήματα της εποχής μας.

Με τον όρο «όξινη βροχή» εννοούμε τη βροχή με pH χαμηλότερο του φυσιολογικού.


Η βροχή, στη φυσική της κατάσταση είναι ελαφρά όξινη με pH μεταξύ 5,6 μέχρι 6,5 και αυτό οφείλεται κυρίως στο διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) της ατμόσφαιρας το οποίο διαλύεται στο νερό της βροχής και σχηματίζει ανθρακικό οξύ.



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.

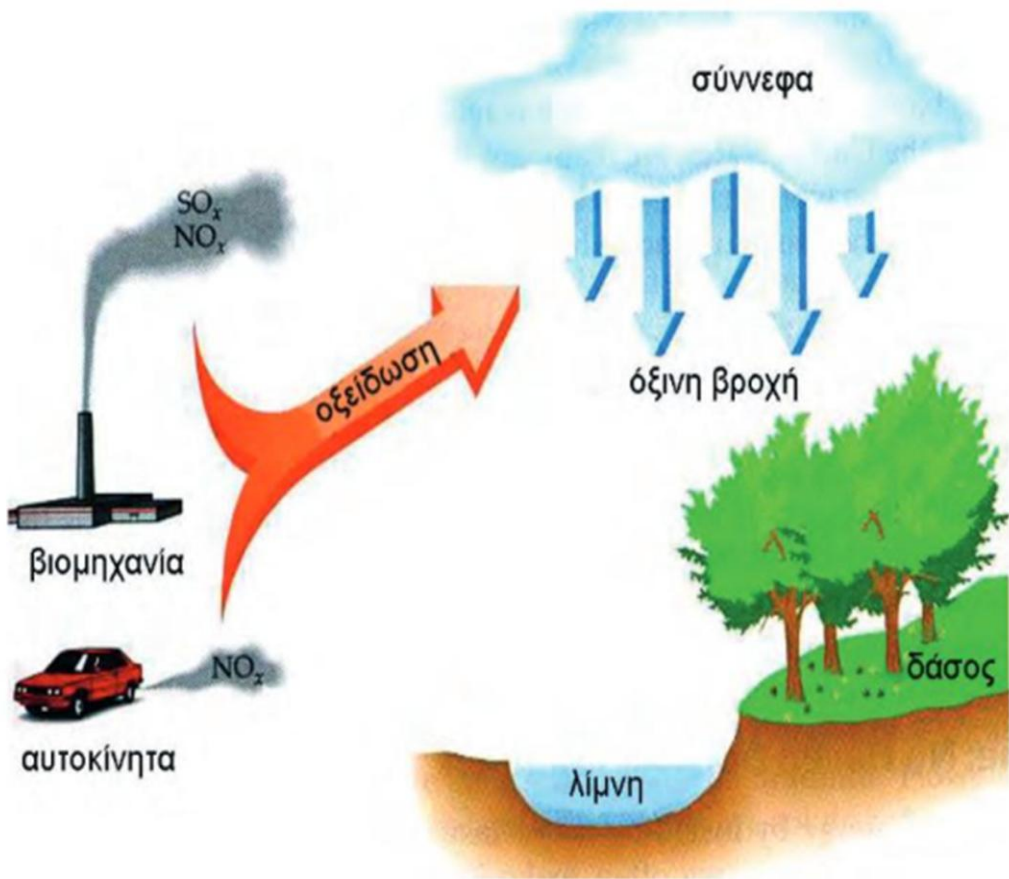
Τις τελευταίες δεκαετίες η βροχή γίνεται όλο και πιο όξινη και το pH κυμαίνεται από 3,5 έως 4,5, με ακραίες περιπτώσεις να φτάνουν σε pH τόσο χαμηλό όσο το 2,0.

Βροχή με pH 4,6 είναι 10 φορές πιο όξινη από βροχή με pH 5,6, με πολύ πιο καταστροφική επίδραση στα οικοσυστήματα, στα μνημεία, κτήρια και τελικά στον άνθρωπο!



Προέλευση των ρύπων που προκαλούν την όξινη βροχή

- Καύση ορυκτών καυσίμων
 - Ηφαιστειακή δραστηριότητα
 - Πυρκαγιές
 - Βιολογικές δραστηριότητες
 - Τήξη του όξινου πάγου
-



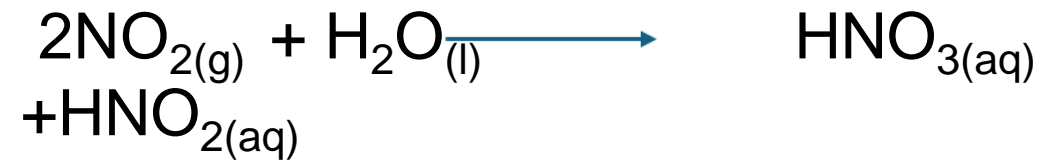
- Οι κύριοι ρύποι που δημιουργούν την όξινη βροχή είναι το διοξείδιο του θείου (SO_2) και τα οξειδία του αζώτου (NO_x).

- Το SO_2 αντιδρά αργά με το O_2 του αέρα παράγοντας SO_3 και στη συνέχεια αυτό διαλύεται στο νερό της βροχής με αποτέλεσμα το σχηματισμό του ισχυρού θειικού οξέος (H_2SO_4)

- Το NO αντιδρά επίσης με το O_2 του αέρα και στη συνέχεια διαλύεται στο νερό της βροχής με αποτέλεσμα το σχηματισμό του ισχυρού νιτρικού οξέος (HNO_3) και του ασθενούς νιτρώδους οξέος (HNO_2)



Χημικές αντιδράσεις σχηματισμού όξινης βροχής



Τι επιπτώσεις προκαλεί!

Η **όξινη βροχή** έχει έντονες επιπτώσεις στα φυσικά οικοσυστήματα (**δάση, υδροβιότοπους, έδαφος**) σκοτώνοντας άμεσα ή έμμεσα διάφορες μορφές ζωής, αλλά και στα οικιστικά οικοσυστήματα ιστορικά μνημεία προκαλώντας ζημιές σε κτήρια και οχηματα, αλλά και βλάπτοντας άμεσα την ανθρώπινη υγεία.

Επιφανειακά ύδατα και υδρόβια ζωή!

Η πτώση του pH στα επιφανειακά ύδατα από την όξινη βροχή (ή και άλλες πηγές ρύπανσης) έχει δραματικές επιπτώσεις σε πολλά υδρόβια είδη ζωής και ιδιαίτερα στα αυγά και τα νεογνά τους, που συνήθως είναι πιο ευαίσθητα.

Καταστρεπτικές είναι οι επιδράσεις της όξινης βροχής και στα επιφανειακά νερά, λίμνες, μικρά ποτάμια, καθώς η αυξημένη συγκέντρωση οξέων καταστρέφει το πλαγκτόν, την υδάτινη χλωρίδα και τα αυγά αμφιβίων και ψαριών.



Έδαφος!

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 στην τροφική αλυσίδα και τέλος στον άνθρωπο.



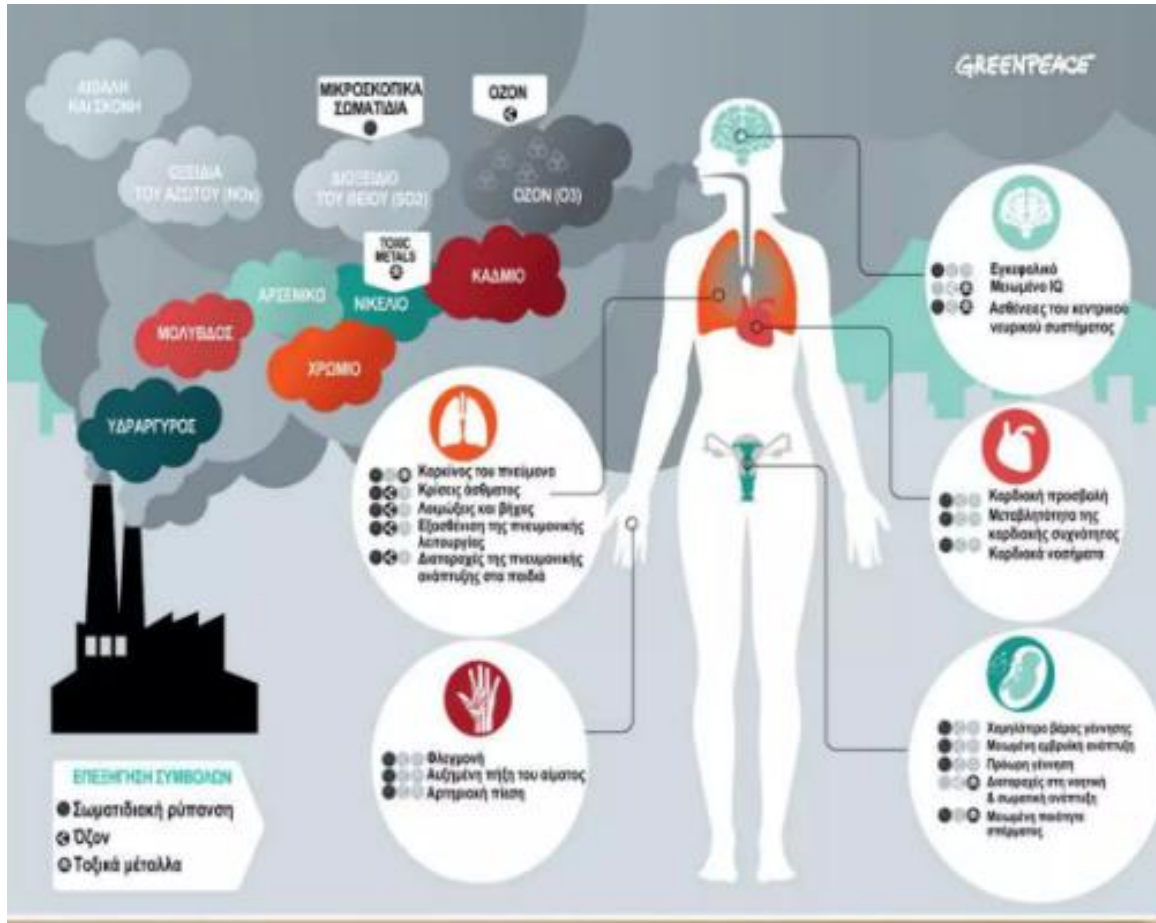
Δάση και υπόλοιπη χλωρίδα

Τα δάση 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 αύξησης τους. Το 5% των δασών της Γερμανίας έχει νεκρωθεί ενώ το 30%-50% έχει υποστεί σημαντικές βλάβες.



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**

Ανθρώπινη υγεία



Τα μαρμάρια σημεία



Η επίδραση της όξινης βροχής στον ασβεστόλιθο είναι ιδιαίτερα ανησυχητική λόγω της χημικής σύστασης του, κυρίως του ανθρακικού ασβεστίου (CaCO_3). Όταν η όξινη βροχή έρχεται σε επαφή με ασβεστολιθικές δομές, αντιδρά με το ανθρακικό ασβέστιο και σχηματίζεται θειικό ασβέστιο (CaSO_4), μία αντίδραση που όχι μόνο αποδυναμώνει τον ασβεστόλιθο – μάρμαρο αλλά οδηγεί και στη σταδιακή διάβρωση του.



Οι επιπτώσεις της όξινης βροχής στα μαρμάρινα μνημεία μπορούν να φανούν με διάφορους τρόπους.

- Αρχικά, 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.
- Έπειτα, 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 γοτθικοί καθεδρικοί ναοί σε όλη την Ευρώπη, κινδυνεύουν με ολοκληρωτική μη αναστρέψιμη καταστροφή.

Πειραματική Διαδικασία

- Μεταβλητές (Ανεξάρτητες, Εξαρτημένες, Ελεγχόμενες)
- Περιορισμοί και όρια
- Κατάλογος οργάνων και υλικών
- Πειραματική διαδικασία
(προετοιμασία, έναρξη πειράματος, συντήρηση, παρατηρήσεις, μέτρηση)

Περιορισμοί και όρια

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

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.

Πειραματική διάταξη

-
όργανα και υλικά



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.

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.

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.

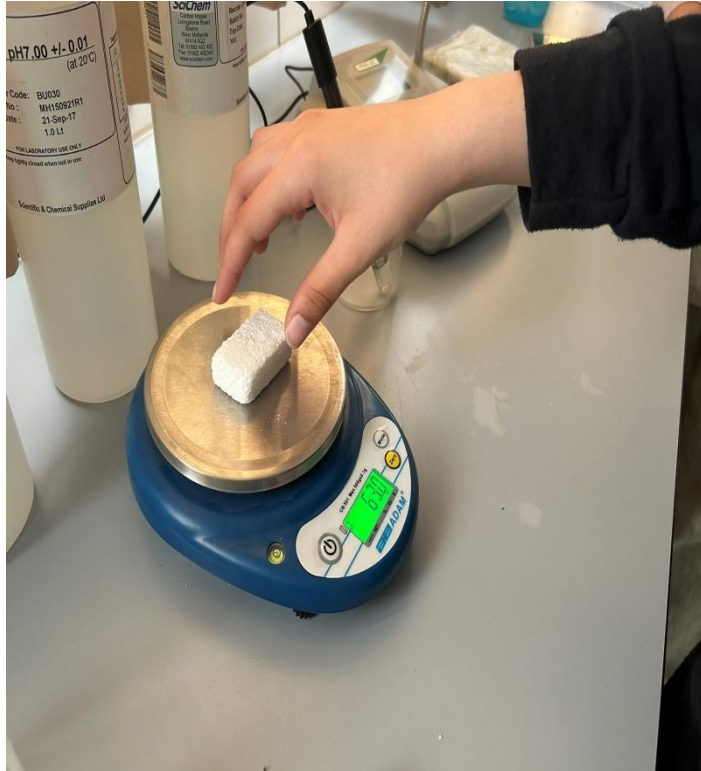
Δ) Παρατηρήσεις:

- 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 (Μαρμαρο + 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 μαρμάρια 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.

Πίνακας 1: Καταγραφή μάζας και pH των δύο δειγμάτων

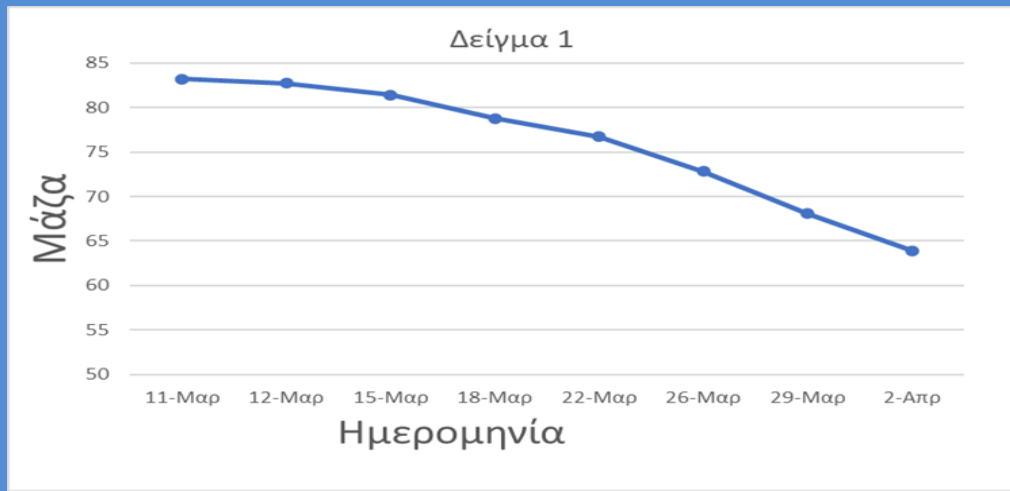
Ημερομηνία	Δείγμα 1 (Μάρμαρο και Ξύδι)		Δείγμα 2 (Μάρμαρο και αποσταγμένο νερό)	
	Μάζας (g)	pH	Μάζας (g)	pH
11/3/2024	83,2	2,58	83,1	7
12/3/2024	82,7	3,88	83,1	7
15/3/2024	81,4	4,32	83,1	7
18/3/2024	78,8	4,45	83,1	7
22/3/2024	76,7	4,45	83,1	7
26/3/2024	72,8	4,46	83,1	7
29/3/2024	68,1	4,34	83,1	7
2/4/2024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

Αποτελέσματα

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	-

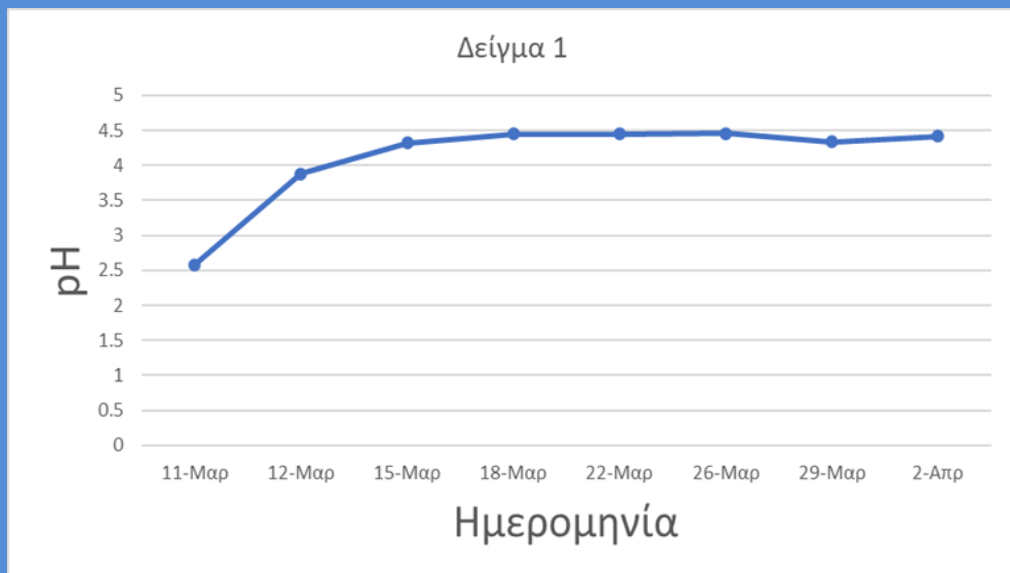




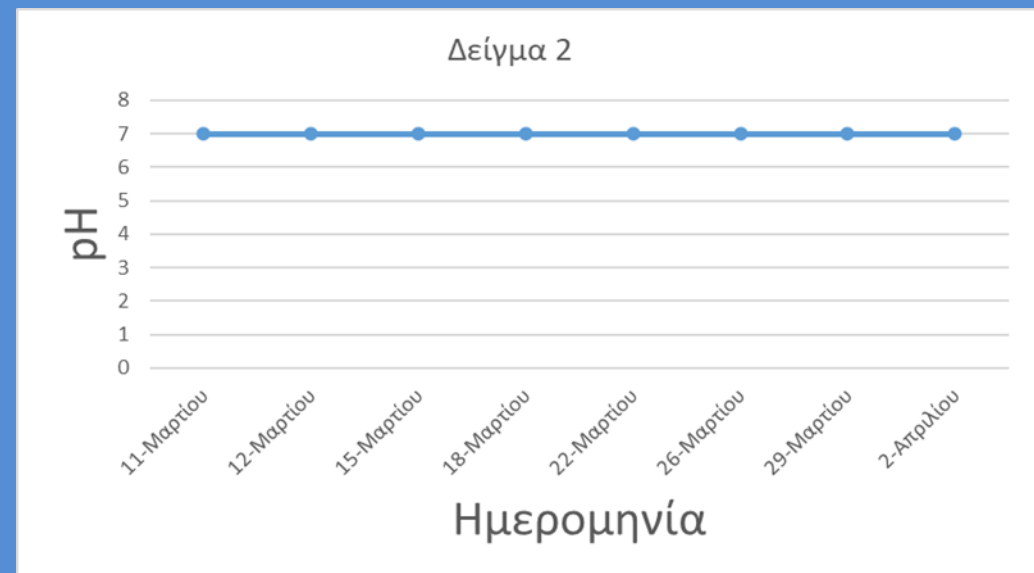
Διάγραμμα 1: Μεταβολή μάζας σε σχέση με το χρόνο του δείγματος 1(μάρμαρο με ξύδι). Οι μετρήσεις διήρκησαν 22 μέρες και μέσα σ' αυτό το χρονικό διάστημα η μάζα του δείγματος 1 έχασε 23,2% της αρχικής της



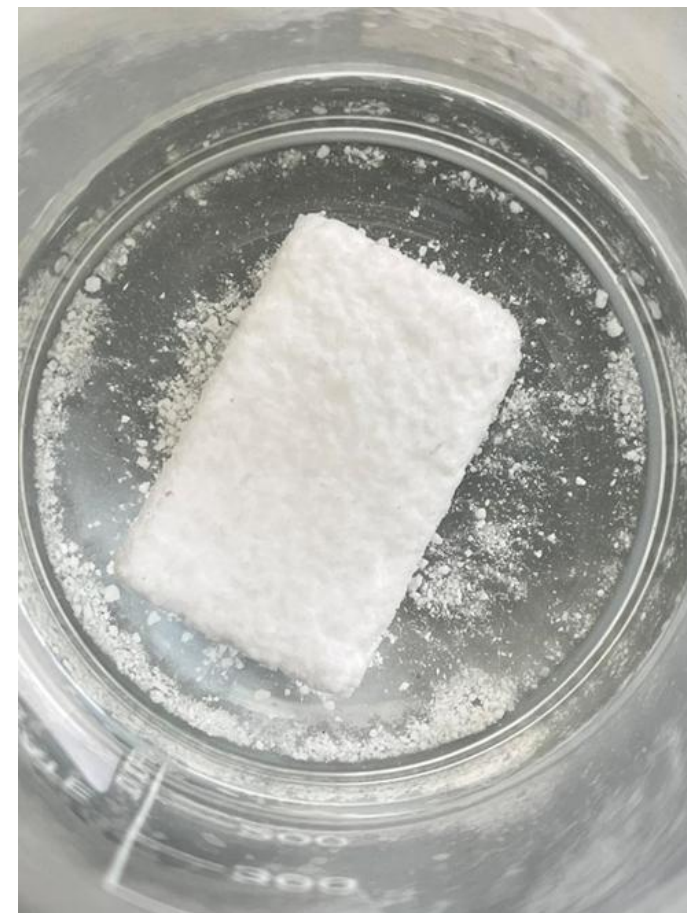
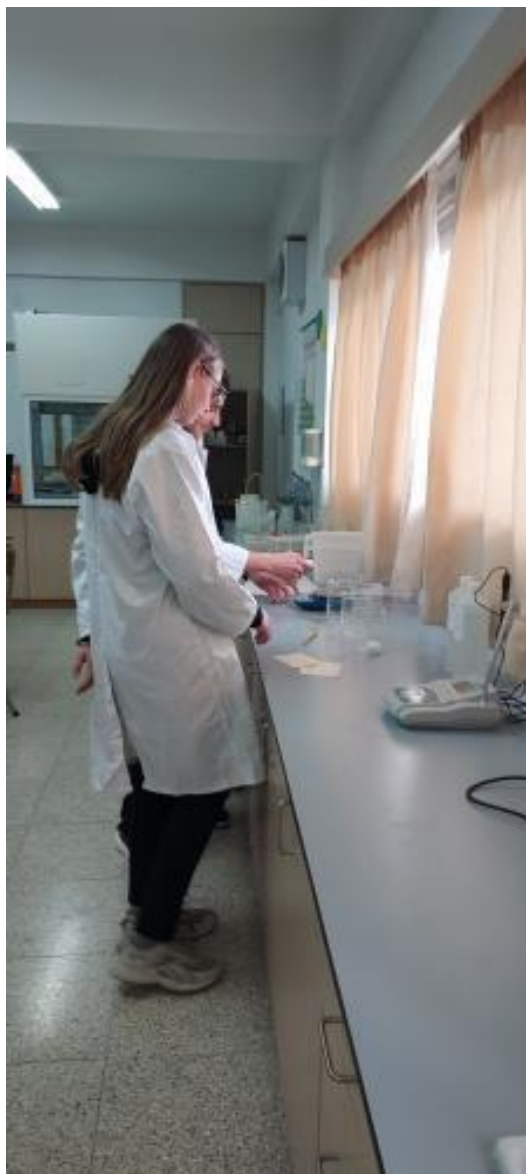
Διάγραμμα 3: Γραφική παράσταση μάζας(δείγματος 2) σε συνάρτηση με το χρόνο



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



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



Συμπεράσμα α

- Χημικές αντιδράσεις και οπτικές επιπτώσεις
- Περιβαλλοντικές και πολιτιστικές επιπτώσεις
- Ευρήματα έρευνας
- Ευαισθητοποίηση και προσπάθειες εφαρμογής και διατήρησης των μέτρων
- Μελλοντικές κατευθύνσεις

Εισηγήσεις και Επόμενα βήματα

- Μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων
 - ❑ Περιορισμός εκπομπών από τις βιομηχανίες
 - ❑ Αποθείωση καυσίμων
 - ❑ Χρήση καταλυτικού μετατροπέα στα αυτοκίνητα
- Χρήση Εναλλακτικών Πηγών Ενέργεια
- Ατομικό επίπεδο
- Μαρμάρινα μνημεία
 - ❑ Χρήση προστατευτικών επιστρώσεων
 - ❑ Τακτικός καθαρισμός
 - ❑ Εφαρμογή Limewash
 - ❑ Τοποθέτηση προστατευτικών κατασκευών
- Προστασία υδάτινων πόρων
 - ❑ Προσθήκη βάσης (Ca(OH)_2)

Δεξιότητες που αποκτήθηκαν

- Διαχείριση πηγών και πληροφοριών
- Κριτική σκέψη και ανάλυση δεδομένων
- Δεξιότητες στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές
- Κατανόηση της εμπλοκής της χημείας στην καθημερινότητα μας
- Συνεργασία και ομαδική εργασία

Παραρτήματα

Παράρτημα Α: Ερωτηματολόγιο

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSf0FL2JkAucVIbTDu2H9pOrDyoMNe4gSj9yvtVI8zPF0LOmyA/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

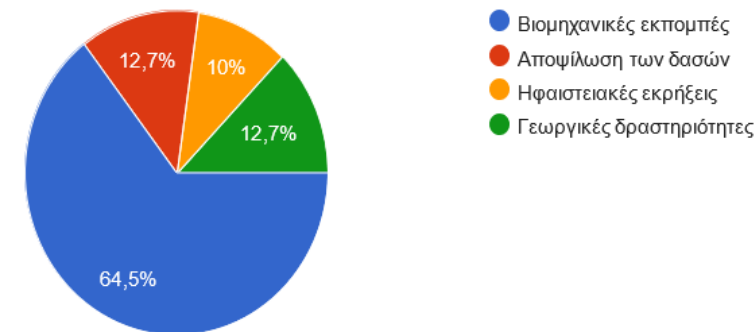
1 - Γνωρίζετε τον λόγο για τον οποίο μεταφέρθηκαν;

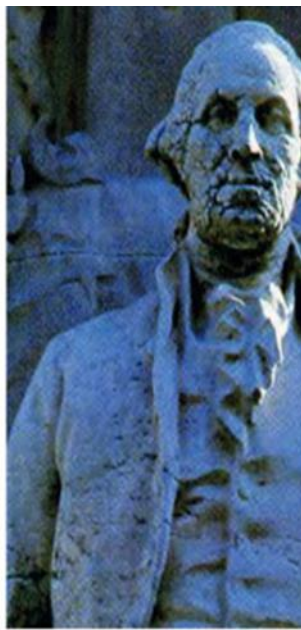
110 απαντήσεις



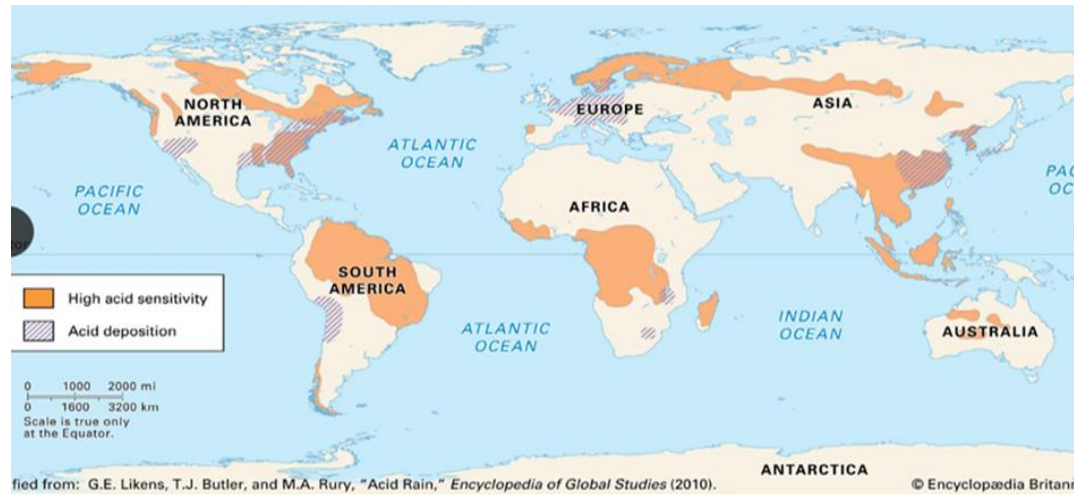
2 - Ποια είναι η κύρια αιτία της όξινης βροχής;

110 απαντήσεις



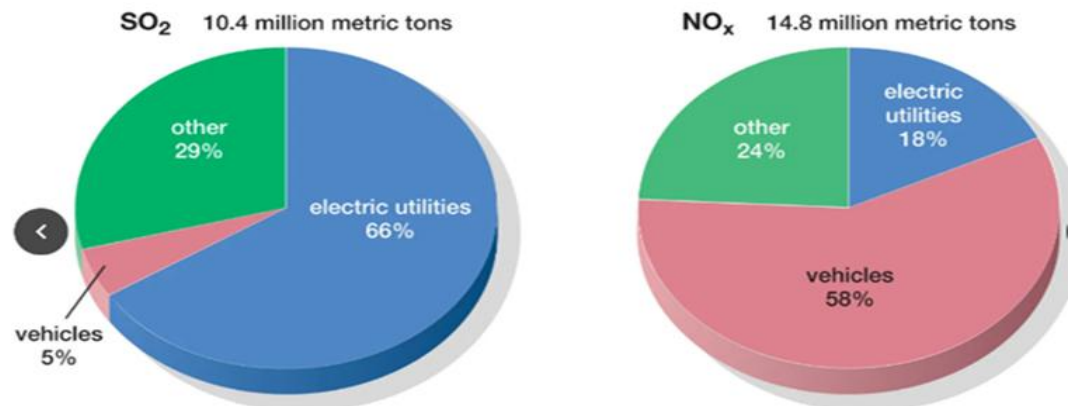


Παράρτημα Β: Εικόνες σχετικές με τη μελέτη



Σχήμα: ποσοστό συμμετοχής διαφόρων δραστηριοτήτων στην παραγωγή των αερίων

Σχήμα: Χάρτης που υποδεικνύει το βαθμό επιβάρυνσης των περιοχών της γης από την όξινη βροχή



Σχήμα: ποσοστό συμμετοχής διαφόρων δραστηριοτήτων στην παραγωγή των αερίων



Παράρτημα Γ:
Επίσκεψη στο
αρχαιολογικό
μουσείο

Βιβλιογραφία

Πηγές από Διαδίκτυο

- <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%92%CF%81%CE%BF%CF%87%CE%AE>
- <https://chem.noesis.edu.gr/acid-rain>
- <http://slideplayer.gr/slide/12094218/>
- <https://slideplayer.gr/slide/13144836/>
- http://www.kee.gr/perivallontiki/teacher6_6.html
- <https://chem.noesis.edu.gr/node/101>
- chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcqlclefindmkaj/https://lyk-n-moudan-new.chal.sch.gr/Downloads/Ergasies/acid_rain_a.pdf
- <https://www.britannica.com/science/acid-rain/Effects-on-human-made-structures>
- <https://sciencing.com/facts-5651871-effects-acid-rain-monuments.html>
- <https://cyark.org/news/top-5-endangered-heritage-sites-acid-rain>
<https://sciencing.com/about-6372037-pollution-s-impact-historical-monuments.html>
- <https://sciencing.com/acid-rain-affect-buildings-statues-22062.html>
- <http://elxefs.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>
- <https://ypen.gov.gr/perivallontiko-programma-tou-o-i-e-unep-synodoi-perivallontikis-synelefsis-inomenon-ethnon-unea/>
- <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/08944393231188471>

Βιβλία

- Σ. Λιοδάκης, Δ. Γάκης, Δημήτρης Θεοδωρόπουλος, Π. Θεοδωρόπουλος, Α. Κάλλης, 2009, Χημεία Α' Λυκείου, Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα
- 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
- Γ. Μανουσάκης, 1988. Χημεία με Στοιχεία Περιβαλλοντικής Χημείας και Οικολογίας, Εκδοτικός Οίκος Αδελφών Κυριακίδη Θεσσαλονίκη

Video

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

<http://oxini-broxi1.wikidot.com/energ/>

Ευχαριστούμε για την προσοχή σας!

Γυμνάσιο Πετράκη Κυπριανού

- Κυπριδάκη Δανάη
- Φιλίππου Μαρία
- Σωφρονίου Ανδριανή
- Οικονόμου Γιώργος Σταύρος
- Αλαμπρίτης Απόστολος

