

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΦΥΣΗΣ - ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ

Συμμετέχουσα: Ελευθερία Τσουτσουλοπούλου

Α.Μ.: 1112201900229

Το πρόβλημα

Πράσινες Μετακινήσεις - Από το ιδεατό στην πράξη

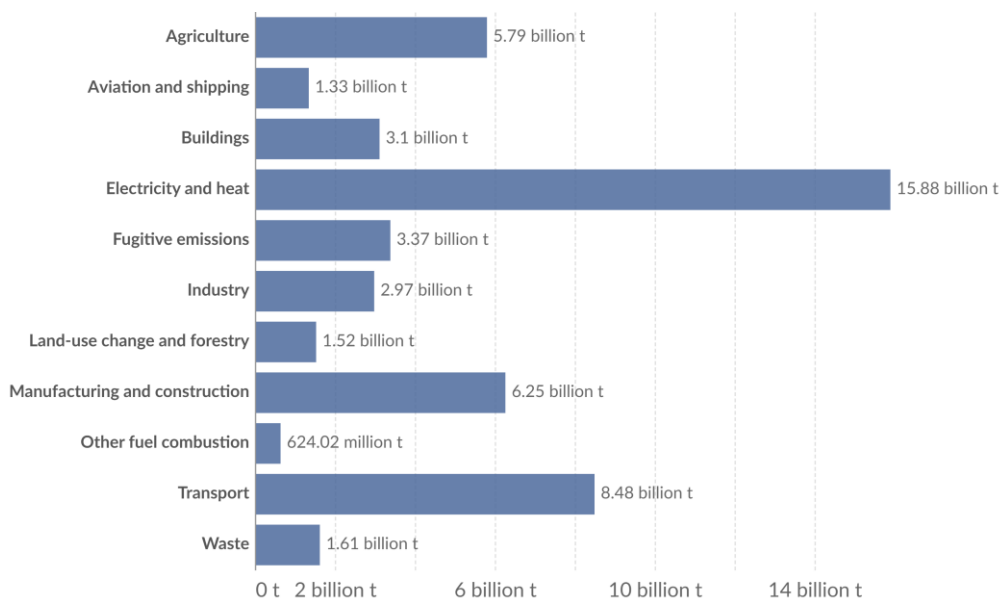
Το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) είναι το σημαντικότερο από τα θερμοκηπικά αέρια της ατμόσφαιρας. Τα θερμοκηπικά αέρια είναι αέρια που προκαλούν θέρμανση της ατμόσφαιρας απορροφώντας και εκπέμποντας ενέργεια. Τα θερμοκηπικά αέρια απορροφούν ακτινοβολία που ακτινοβολείται από την Γη, αποτρέποντας την να ξεφύγει προς το διάστημα.

Η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα έχει αυξηθεί σημαντικά από ανθρωπογενείς παράγοντες, κυρίως από την καύση υδρογονανθράκων, για την παραγωγή ενέργειας. Για τον λόγο αυτό, η μείωση των εκπομπών του CO_2 είναι στο κέντρο του παγκόσμιου ενδιαφέροντος, αλλά τα μέτρα που παίρνονται δεν αντιστακλούν την σοβαρότητα και την έκταση του προβλήματος.

Στο παρακάτω γράφημα παρατίθενται οι εκπομπές του CO_2 (και των λοιπών θερμοκηπικών αερίων, μετρημένων σε θερμικά ισοδύναμα του CO_2 , τα CO_2eq), ανά παράγοντα, που καταγράφηκαν στο έτος 2018, σε παγκόσμιο επίπεδο.

Greenhouse gas emissions by sector, World, 2018

Greenhouse gas emissions are measured in tonnes of carbon dioxide-equivalents over a 100-year timescale.



Data source: Climate Watch (2023)

OurWorldInData.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions | CC BY

- i) Παρατηρήστε το γράφημα. Ποιοι παράγοντες πιστεύετε ότι είναι οι πιο άμεσα ελέγξιμοι; Τι αλλαγές θα προτείνατε για την μείωση των εκπομπών στους παράγοντες αυτούς;

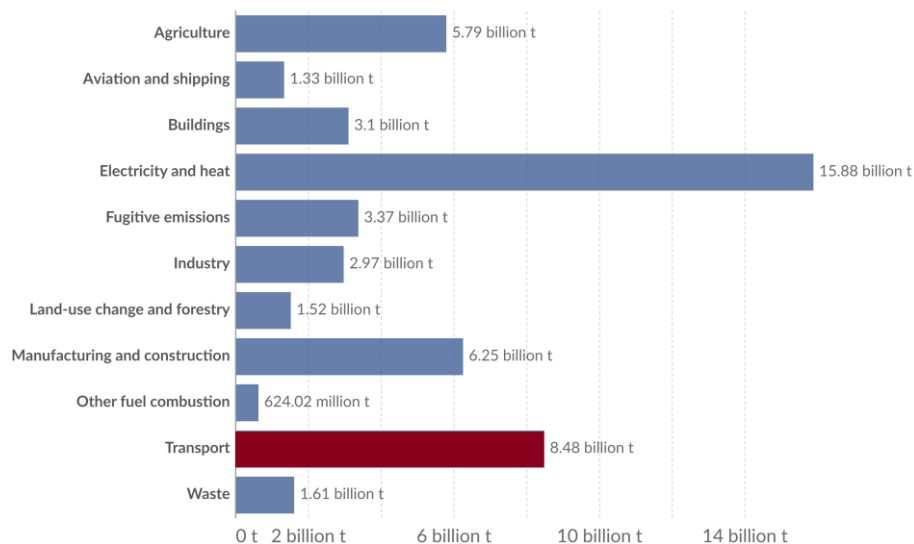
ii) Εστιάζουμε την προσοχή μας στον παράγοντα των μετακινήσεων.

Το έτος 2018, ελευθερώθηκαν συνολικά στην ατμόσφαιρα 8.48 δισ. τόνοι θερμοκηπικών αερίων, λόγω μετακινήσεων, σύμφωνα με τα παρακάτω δεδομένα.

Greenhouse gas emissions by sector, World, 2018

Greenhouse gas emissions are measured in tonnes of carbon dioxide-equivalents over a 100-year timescale.

Our World
in Data



Data source: Climate Watch (2023)

OurWorldInData.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions | CC BY

- Χρησιμοποιώντας τον μετρητή της ιστοσελίδας:
<https://stateofthecclimate.org/how-much-co2-does-working-from-home-save/>
πάρτε μια εκτίμηση¹ για την ετήσια εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα από την μετακίνηση ενός ατόμου με αυτοκίνητο για την δουλειά 5 φορές την εβδομάδα. Πώς εκτιμάτε το αποτέλεσμα που λάβατε; Τι μπορούμε να κάνουμε για να αξιολογήσουμε το μέγεθος που λάβαμε;
 - Με βάση τα παραπάνω δεδομένα απαντήστε στο εξής ερώτημα: Έχει αξία η ατομική συνεισφορά; Αιτιολογήστε.
 - Με τα δεδομένα της ίδιας σελίδας, εκτιμήστε τον αντίκτυπο της συλλογικής επιλογής της πράσινης μετακίνησης μια φορά την εβδομάδα, σε παγκόσμιο επίπεδο. Σχολιάστε πάνω στα ευρήματά σας. Είναι αξιόλογη η συνεισφορά;
- Για τις συγκρίσεις, λάβετε υπόψιν την ισοτιμία μονάδων: 1 ton=2000 pounds (lbs) και 1 mile=1.61 km.

¹ Για τις συγκρίσεις, λάβετε υπόψιν την ισοτιμία μονάδων: 1 τόνος=2000 λίβρες (1 ton=2000 pounds).

Ενδεικτική λύση του προβλήματος

- i) Από τους παράγοντες εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα, πιο άμεσα ελέγξιμοι μου φαίνονται η ηλεκτρική ενέργεια (και θέρμανση), με την έννοια ότι μπορούμε να περιορίσουμε την αλόγιστη χρήση τους και να εξοικονομούμε ενέργεια, χτίζοντας σπίτια με μεγαλύτερη θερμομόνωση και επενδύοντας σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, με ηλιακούς θερμοσίφωνες και φωτοβολταϊκά και ο παράγοντας των μετακινήσεων. Αυτό γιατί, σε μικρές αποστάσεις μπορεί να αντικατασταθεί με περπάτημα ή ποδήλατο και σε μεσαίες αποστάσεις μπορεί να αντικατασταθεί, τουλάχιστον μερικώς, με τη χρήση μαζικών μέσων μεταφοράς, ή να μειωθεί μέσω του carpooling.
- ii)
a.

Commuter Emissions Calculator

A simple way to calculate your projected yearly emissions based on your commute. Fill in the fields below to get started!

Approximate miles from work*

10

Number of days traveled per week*

5

How efficient is your car? (Values are given in miles per gallon)

Medium Efficiency (Mid-size vehicles)

How efficient is your car? (Values are given in miles per gallon)

Medium Efficiency (Mid-size vehicles)
High Efficiency (Electric or hybrid vehicles)
Medium Efficiency (Mid-size vehicles)
Low Efficiency (Pickup trucks, vans)

The values below is the approximate emissions for your vehicle over the course of one year, as well as the emissions you can save by choosing to work from home!

Emissions (lbs CO₂ / year)

4075

Emissions saved by working from home one day per week (lbs CO₂ / year):

815

Θεωρώ ότι είναι μια καλή υπόθεση ότι τα αυτοκίνητα κατά μέσο όρο είναι μέτριας αποδοτικότητας και ότι η προκαθορισμένη απόσταση 10 μίλια (16km) από τη δουλειά είναι μία καλή υπόθεση μέσου όρου, για αυτό τα αποτελέσματά μου είναι τα προκαθορισμένα, δηλαδή 4075 λίβρες \approx 2 τόνοι CO₂.

Για να κατανοήσουμε το μέγεθος την συνεισφοράς, πρέπει να κάνουμε μία σύγκριση με την ολική εκπομπή του διοξειδίου του άνθρακα για τις μεταφορές. Αυτό μπορούμε να το πετύχουμε, προσεγγίζοντας το πλήθος των ατόμων που οδηγούν και διαιρώντας την συνολική μάζα CO₂ που αποδόθηκε το έτος 2018 στις μετακινήσεις, με το πλήθος αυτό. Έτσι θα πάρουμε την ατομική συνεισφορά όσων οδηγούσαν. Η ατομική συνεισφορά αυτή μπορεί να λειτουργήσει ως τιμή αναφοράς.

Σύμφωνα με προσέγγιση της σελίδας <https://www.worldometers.info/cars/>, κυκλοφορούν κατά προσέγγιση 1 δισεκατομμύριο επιβατικά οχήματα στους δρόμους, σήμερα.

$$\text{Επομένως, ατομ. συνεισφ.} = \frac{(8,48 \text{ billion tonnes})}{1 \text{ billion}} = 8,48 \text{ tonnes.}$$

Αποκτούμε, με αυτό τον τρόπο, διαίσθηση του ποσού των 2 τόνων διοξειδίου του άνθρακα που προσεγγίσαμε ότι εκπέμπουμε για την μετακίνηση με το αυτοκίνητο κάθε μέρα για τη δουλειά, ετησίως.

ή

Θεωρώ ότι είναι μια καλή υπόθεση ότι τα αυτοκίνητα κατά μέσω όρο είναι μέτριας αποδοτικότητας αλλά η προκαθορισμένη απόσταση 10 μίλια (16km) από τη δουλειά δεν μου φαίνεται τόσο λογική. Θα κάνω μια νέα προσέγγιση με ή χωρίς υπολογισμούς/αναζήτηση στο διαδίκτυο και θα υποθέσω ότι μια πιο λογική απόσταση από δουλειά είναι στα 10 km δηλαδή περίπου $(10/1,61) \approx 6$ μίλια και έτσι λαμβάνω το αποτέλεσμα

Emissions (lbs CO₂ / year)

2445

Emissions saved by working from home one day per week (lbs CO₂ / year):

489

Λαμβάνω, δηλαδή, το αποτέλεσμα ότι η ετήσια συνεισφορά σε εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από την μετακίνηση ενός ατόμου 5 ημέρες την εβδομάδα, ετησίως, είναι 2445 lbs \approx 1.5 τόνοι CO₂.

- b. Για να πάρουμε ένα δείγμα της ατομικής συνεισφοράς αρκεί να καταλάβουμε τι ποσοστό από την ολική μάζα των εκπομπών θερμοκηπικών αερίων οφείλεται σε ένα άτομο που μετακινείται καθημερινά στην δουλειά με αυτοκίνητο.

Για να το κάνουμε αυτό αθροίζουμε τις εκπομπές από όλους τους παράγοντες στα δεδομένα του έτους 2018 και συμπεραίνουμε ότι παρήχθησαν συνολικά 50,924 δισεκατομμύρια τόνοι θερμοκηπικών αερίων.

Με την εκτίμηση ότι η ετήσια ατομική συνεισφορά της καθημερινής χρήσης του αυτοκινήτου για την δουλειά είναι 2 τόνοι = 0,002 δισεκατομμύρια τόνοι διοξειδίου του άνθρακα έχουμε ότι το ποσοστό της συνεισφοράς της ατομικής αυτής μεταφοράς είναι:

$$\frac{0,002}{50,924} 100\% = 0,0000392\%$$

Φυσικά, η ατομική συνεισφορά δεν είναι μόνο οι μετακινήσεις στη δουλειά, αλλά η τάξη μεγέθους του ποσοστού αυτού μας δείχνει σίγουρα ότι η αλλαγή της στάσης ενός ατόμου σε έναν δεν θα μπορούσε να αρκεί για να υπάρξει ουσιαστική βελτίωση. Χρειάζεται, επομένως, συλλογική προσπάθεια..

- c. Αρχικά, θα πρέπει κάνουμε ξανά μια προσέγγιση για την μέση απόσταση από τη δουλειά, και την μέση τάξη αυτοκινήτων, σε παγκόσμιο επίπεδο. Θεωρούμε ότι οι υποθέσεις που έγιναν στην πρώτη εκδοχή του α. ερωτήματος ανταποκρίνονται καλύτερα στα κριτήρια αυτά (δηλαδή η μεσαία τάξη αυτοκινήτου και η απόσταση 10 μίλια / 16 χλμ. από τη δουλειά). Τα αποτελέσματα που λάβαμε ήταν τα παρακάτω.

Emissions (lbs CO₂ / year)

4075

Emissions saved by working from home one day per week (lbs CO₂ / year):

815

Επομένως, η εκτίμηση που παίρνουμε για την ετήσια συνεισφορά ενός ατόμου που επιλέγει μια φορά τη βδομάδα, ετησίως, να αφήνει το αυτοκίνητο για τη μετακίνηση στη δουλειά και επιλέγει να κάνει *green commuting* με τα Μ.Μ.Μ. ή να δουλέψει από το σπίτι, είναι 815 λίβρες=0,407 τόνοι διοξειδίου του άνθρακα.

Θεωρώντας ξανά την εκτίμηση της σελίδας <https://www.worldometers.info/cars/> ότι στους δρόμους σήμερα κυκλοφορούν κατά προσέγγιση 1 δισεκατομμύριο επιβατικά οχήματα, παίρνουμε ότι αν κάθε άτομο που πηγαίνει στην δουλειά του με αυτοκίνητο καθημερινά αποφάσιζε να το αλλάζε αυτό για μια μέρα της εβδομάδας, ετήσια, η συνολική εξοικονόμηση σε εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και άλλων θερμοκηπικών αερίων θα ήταν

$$\text{ατομική εξοικονόμηση} \times \text{πληθος οδηγων} = 0,407 \text{ tonnes} \times 1 \text{ billion} = 0.407 \text{ billion tonnes}$$

Οπότε, ο συνολικός αντίκτυπος θα είναι να μειωθούν οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα λόγω μεταφορών από 8,48 δισεκατομμύρια τόνους σε 8,073 δισεκατομμύρια τόνους.

Περιγραφή του σχεδιασμού του προβλήματος

Κατά τον σχεδιασμό του προβλήματος, ξεκινήσαμε από την αναζήτηση ενός κατάλληλου περιβαλλοντικού θέματος. Θέλαμε ένα θέμα μεγάλης σημασίας, το οποίο είτε δεν προβάλλεται επαρκώς, στην οποία περίπτωση ο κύριος στόχος μας θα ήταν η ευαισθητοποίηση, είτε ένα θέμα για το οποίο οι τρόποι αντιμετώπισης δεν είναι τόσο διαδεδομένοι.

Σκοπός μας είναι να δείξουμε την πραγματικότητα στα παιδιά, γιατί όπως λέει πλέον ομόφωνα η επιστημονική κοινότητα, υπάρχει επιτακτική ανάγκη δραστηρές ενέργειες, για την αντιμετώπιση οικολογικών προβλημάτων. Παράλληλα όμως, δεν θέλουμε να δημιουργήσουμε ένα καθεστώς τρόμου και να προκαλέσουμε το αίσθημα της ματαιότητας, γιατί αυτό θα οδηγήσει στην παραίτηση. Εξάλλου, για τα περισσότερα οικολογικά προβλήματα, τελευταία υπεύθυνος είναι η γενιά στην οποία απευθυνόμαστε.

Με αυτούς τους δείκτες κατά νου, επιλέξαμε θέμα με γνώμονα την ενεργό εμπλοκή των μαθητών σε λύσεις ενός καίριου προβλήματος και την γνωστοποίηση αυτών των λύσεων. Έτσι, πιστεύουμε ότι οι μαθητές θα ευαισθητοποιηθούν, χωρίς όμως να χάσουν την ελπίδα τους.

Δεύτερο μέλημά μας, κατά τον σχεδιασμό του προβλήματος, ήταν οι γνωστικοί περιορισμοί. Μεγάλο μέρος των εξεταζόμενων προβλημάτων, από την οπτική μας γωνία, απαιτούσε γνώσεις πολυμεταβλητής ανάλυσης, διαφορικών εξισώσεων και σύνθετων εννοιών της φυσικής, για την πλήρη εξέτασή τους. Μας ενδιέφερε να βρούμε ένα πρόβλημα, για το οποίο οι μαθητές θα μπορούσαν να βγάλουν αξιόλογα συμπεράσματα, έστω ερμηνευτικά, με τα μαθηματικά εργαλεία που έχουν στη φαρέτρα τους.

Εν συνεχεία, αντιμετωπίσαμε δυσκολία κατά την εύρεση δεδομένων κατάλληλων για το πρόβλημα, που θα ήταν κατά ένα βαθμό απλά, ώστε να μην υπήρχε χάος κατά την κατανόηση του προβλήματος, αλλά θα ήταν συγχρόνως πραγματικά και πληροφοριακά, ώστε η πλαισίωση του προβλήματος να είχε ουσία και οι μαθητές να έβρισκαν προσωπικό όφελος στην εμπλοκή με το πρόβλημα.

Τέλος, στόχος μας ήταν να αναλύσουμε ένα πρόβλημα του οποίου οι τρόποι αντιμετώπισης να μπορούσαν να γίνουν μέρος της καθημερινότητας.

Όσον αφορά την οργάνωση του προβλήματος, επιλέξαμε την σειρά των ερωτημάτων έτσι ώστε η ερμηνευτική πλευρά να έχει πρωτεύοντα ρόλο και οι υπολογισμοί να μην υποδεικνύουν την απάντηση.

Σημαντικό στοιχείο στην οργάνωση ήταν η αποφυγή πολλών διευκρινήσεων, ώστε να επιτρέψουμε στους μαθητές να επιλέξουν οι ίδιοι το βάθος της ανάλυσης που θα κάνουν. Φερ' ειπείν, στην διαθέσιμη ιστοσελίδα για την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα, αφήνεται στην κρίση του μαθητή αν θα επιλέξει τις προκαθορισμένες τιμές αποστάσεων και κλάσης ρύπων του αυτοκινήτου ή αν θα επιδιώξει να βρει καλύτερες προσεγγίσεις. Ακόμη, στο ερώτημα ii)c., δίνεται μεγάλη ελευθερία στην τρόπο εκτίμησης, καθώς και στην ακρίβεια, του πλήθους των ατόμων που μετακινούνται με αυτοκίνητο στην δουλειά ημερησίως, σε παγκόσμιο επίπεδο.

Το ερώτημα του σχολιασμού και αξιολόγησης της συνεισφοράς στο τέλος έχει στόχο την μετριοποίηση του προβλήματος. Οι διαστάσεις του προβλήματος της υπερθέρμανσης βγαίνουν έξω από την αντίληψη του κοινού ανθρώπου. Απώτερος στόχος του ερωτήματος αξιολόγησης της συνεισφοράς της πράσινης μετακίνησης μία φορά την εβδομάδα σε παγκόσμια κλίμακα, δεν είναι τόσο η προώθηση ενός βιώσιμου τρόπου μετακίνησης, όσο η σύγκριση των τιμών αυτών με τις τιμές εκπομπών CO_2 από όλους τους τομείς, με ένα μέγεθος περισσότερο οπτικοποιήσιμο. Σκοπός, δηλαδή, είναι η κατανόηση της έκτασης του προβλήματος και η προσπάθεια προσέγγισης του.

Υπερθέρμανση του πλανήτη - Εκπομπή θερμοκηπικών αερίων

. Η υπερθέρμανση του πλανήτη είναι η μακροπρόθεσμη αύξηση της μέσης επιφανειακής θερμοκρασίας της Γης, λόγω ανθρωπογενών δραστηριοτήτων, κυρίως της εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου όπως το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο και το οξείδιο του αζώτου στην ατμόσφαιρα. Αυτά τα αέρια, όπως προαναφέρθηκε, παγιδεύουν τη θερμότητα από τον ήλιο και προκαλούν την αύξηση της θερμοκρασίας της Γης, οδηγώντας σε διάφορες περιβαλλοντικές και κλιματικές αλλαγές.

Οι συνέπειες της παγκόσμιας θέρμανσης είναι εκτενείς και επηρεάζουν ολόκληρο τον πλανήτη. Οι αυξημένες θερμοκρασίες συμβάλλουν στο λιώσιμο των πάγων και των παγετώνων, οδηγώντας σε αύξηση του επιπέδου της θάλασσας. Αυτό, με τη σειρά του, απειλεί παράκτιες περιοχές, επηρεάζοντας οικοσυστήματα, βιοποικιλότητα και ανθρώπινες κοινότητες. Οι αλλαγές στα μοτίβα θερμοκρασίας επηρεάζουν επίσης τα καιρικά φαινόμενα, οδηγώντας σε πιο συχνές και σοβαρές καύσωνες, καταιγίδες και άλλες ακραίες καιρικές συνθήκες. Οι επιπτώσεις της παγκόσμιας θέρμανσης δεν περιορίζονται σε συγκεκριμένες περιοχές ή χώρες, αλλά αφορά όλο τον κόσμο.

Υπάρχουν αντίθετες απόψεις όσον αφορά το βαθμό της ανθρώπινης επίδρασης στην παγκόσμια θέρμανση και τη σοβαρότητα των συνεπειών της. Οι σκεπτικιστές υποστηρίζουν ότι η φυσική κλιματική μεταβλητότητα και παράγοντες που δεν σχετίζονται με ανθρώπινες δραστηριότητες παίζουν σημαντικό ρόλο στις παρατηρούμενες αλλαγές θερμοκρασίας. Κάποιοι αμφισβητούν τις επικρατούσες απόψεις μεταξύ των κλιματολόγων και αμφισβητούν την ακρίβεια των μοντέλων κλίματος που προβλέπουν τη μελλοντική θέρμανση. Ωστόσο, η συντριπτική πλειοψηφία των επιστημόνων κλίματος συμφωνεί ότι οι ανθρώπινες δραστηριότητες είναι ο κύριος παράγοντας της πρόσφατης παγκόσμιας θέρμανσης.

Το πλαίσιο διδασκαλίας

Το πρόβλημα αυτό σχεδιάστηκε για να δοθεί σε μαθητές της β' γυμνασίου μετά τη διδασκαλία της 4.5 παραγράφου της άλγεβρας, την παράγραφο της περιγραφικής στατιστικής που μιλάει για τον μέσο όρο, αλλά βασικά στοιχεία για την διερεύνηση του προβλήματος είναι και τα ποσοστά και οι αναλογίες, που διδάσκονται στην α' γυμνασίου.

Με το πρόβλημα αυτό, αποσκοπούμε να ωθήσουμε τους μαθητές στην επιδίωξη ποσοτικοποίηση σχεδόν ασύλληπτα μεγάλων μεγεθών. Θεωρούμε ότι ο στόχος αυτός είναι ουσιαστικής σημασίας για τη μελέτη οποιουδήποτε συλλογικού ζητήματος ή ζητήματος παγκόσμιας σημασίας. Έτσι, ο κοινός άνθρωπος μπορεί να κατανοήσει καλύτερα τα προβλήματα αυτά και να οδηγηθεί σε πιο ουσιαστικά σχέδια επίλυσης ή να πιστέψει και να προσηλωθεί σε ήδη υπάρχοντα σχέδια επίλυσης.

Επιπλέον, στοχεύουμε στην προώθηση της χρήση προσεγγίσεων, οσοδήποτε ασθενών, και μέσω των όρων για την προσέγγιση στοιχείων που δεν είναι δυνατόν να γνωρίζουμε επακριβώς. Αυτό σε συνδυασμό με την χρήση αναλογιών θεωρούμε πως είναι ύψιστης σημασίας για την κατανόηση μεγεθών μεγάλης κλίμακας και είναι αυτό που θα επιθυμούσαμε να περάσουμε στους μαθητές.

Βιβλιογραφία:

1. Hannah Ritchie, Pablo Rosado and Max Roser (2020) - “Emissions by sector: where do greenhouse gases come from?”. Published online at [OurWorldInData.org](https://ourworldindata.org/emissions-by-sector). Retrieved from: '<https://ourworldindata.org/emissions-by-sector>' [Online Resource]
2. Michaela Gallucci (2021) - “How Much CO2 Does Working From Home Save?”. Published online at stateofthecclimate.org. Retrieved from: '<https://stateofthecclimate.org/how-much-co2-does-working-from-home-save/>' [Online Resource]
3. https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Greenhouse_gas&action=history&ofset=&limit=500 (2023) - “Greenhouse gas”. Published online at en.wikipedia.org. Retrieved from: 'https://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse_gas' [Online Resource]
4. “worldometer - Car Production”. Published online at www.worldometers.info. Retrieved from: '<https://www.worldometers.info/cars/>' [Online Resource]