



Τμήμα Περιβάλλοντος

Σχολή Τεχνολογίας
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας



Πτυχιακή Εργασία

«Άτμοσφαιρική ρύπανση και Sars-Cov-2»



Τζηκά Αλεξάνδρα

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Κυριακοπούλου Ζαχαρούλα

Λάρισα, 2024

Περίληψη

Ο ιός Sars-Cov-2 ήταν και είναι ο ιός που προκάλεσε την πρόσφατη πανδημία της ασθένειας Covid-19 προκαλώντας εκατομμύρια θανάτους σε όλον κόσμο. Ο ιός αυτός ανάδειξε την σημαντικότητα της οικογένειας των κορωνοϊών αναδεικνύοντας πόσο καταστρεπτικοί και θανατηφόροι μπορεί να αποδειχθούν αυτοί. Επίσης μέσω της σημαντικότητας της πανδημίας αλλά και μέσω των διάφορων μελετών που έγιναν για την αντιμετώπιση της αναδείχθηκε περαιτέρω η συσχέτιση των περιβαλλοντικών παραγόντων όπως είναι η ατμοσφαιρική ρύπανση με την εξάπλωση αλλά και την θνησιμότητα που προκαλούσε ο ιός αλλά και για την ενδεχομένη προέλευση του. Μέσω αυτής της πτυχιακής θα εξεταστούν οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και του ιού Sars-Cov-2 χρησιμοποιώντας παραδείγματα αλλά και άλλες σχετικές μελέτες που έχουν γίνει. Συγκεκριμένα θα γίνει λόγος για το πως η ατμοσφαιρική ρύπανση επηρεάζει την ποιότητα της ατμοσφαιρας επηρεάζοντας έτσι το κλίμα προκαλώντας το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής και μέσω αυτού επηρεάζει και την εξάπλωση αλλά και την θνησιμότητα που προκαλείτε από τον ιό.

Λέξεις Κλειδιά

Ατμοσφαιρική ρύπανση, Covid, Sars-Cov-2, κλιματική αλλαγή, ρύποι.

Abstract

The Sars-Cov-2 virus was and is the virus that caused the recent Covid-19 pandemic causing millions of deaths around the world. This virus highlighted the importance of the coronavirus family, highlighting how destructive and deadly they can be. Also, through the importance of the pandemic and through the various studies conducted to deal with it, the correlation of environmental factors such as air pollution with the spread and mortality caused by the virus and its possible origin was further highlighted. Through this thesis, the interactions between air pollution and the Sars-Cov-2 virus will be examined using examples and other relevant studies that have been done. Specifically, there will be talk about how air pollution affects the quality of the atmosphere, thus affecting the climate, causing the phenomenon of climate change and through this affects both the spread and mortality caused by the virus.

Key-Words

Atmospheric pollution, Covid, Sars-Cov-2, climate change, pollutants.

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη.....	ii
Λέξεις κλειδιά.....	ii
Abstract.....	ii
Key-Words.....	ii
Κατάλογος εικόνων.....	v
Κατάλογος Πινάκων.....	vi
Κατάλογος Διαγραμμάτων.....	vii
Ακρωνύμια/Αρκτικόλεξα.....	viii
Ευχαριστίες.....	ix
1. Εισαγωγή.....	1
2. Ο ιός Sars-Cov-2.....	2
2.1. Γενικά.....	2
2.2. Η ταξινόμηση του ιού.....	2
2.3. Όσον αφορά την δομή του ιού.....	4
2.3.1. Σχετικά με το γονιδίωμα του ιού.....	4
2.3.2. Σχετικά με την φυσιολογία του ιού.....	4
2.4. Η παθογένεση του ιού.....	6
2.4.1. Εισαγωγή του ιού στον οργανισμό.....	6
2.4.2. Εισαγωγή του ιού στα κύτταρα.....	6
2.4.3. Διαδικασία αναπαραγωγής του ιού στο κύτταρο.....	7
3. Η ασθένεια Covid-19.....	10

3.1 Πανδημία Covid-19 – Ιστορικό.....	10
3.1.1. Η απειλή των Κορωναίων στον άνθρωπο.....	10
3.1.2 Εξέλιξη της πανδημίας στην Γουχάν.....	10
3.1.3 Εξέλιξη της πανδημίας στον υπόλοιπο κόσμο.....	11
3.2. Τα συμπτώματα της ασθένειας.....	12
3.3. Τρόποι μετάδοσης της ασθένειας.....	13
3.4. Παράγοντες που αυξάνουν την πιθανότητα θνησιμότητας από την ασθένεια.....	18
3.5. Τρόποι αντιμετώπισης της ασθένειας	19
4. Ατμοσφαιρική ρύπανση.....	21
4.1. Εισαγωγή.....	21
4.2. Κατηγοριοποίηση ατμοσφαιρικών ρύπων.....	21
4.3. Φαινόμενα που οφείλονται στην ατμοσφαιρική ρύπανση.....	22
4.3.1. ΟΞΙΝΗ ΒΡΟΧΗ.....	23
4.3.2. ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ.....	25
4.3.3. ΦΩΤΟΧΗΜΙΚΟ ΝΕΦΟΣ.....	27
4.3.4. ΑΙΘΑΛΟΜΙΧΛΗ.....	28
5. Αλληλεπίδραση μεταξύ ατμοσφαιρικής ρύπανσης και του ιού	
Sars-Cov-2.....	31
5.1. Πως η ατμοσφαιρική ρύπανση επηρεάζει την εξάπλωση του Sars-Cov-2	31
5.2. Πως η ατμοσφαιρική ρύπανση προκαλεί μεγαλύτερο κίνδυνο θνησιμότητας στην ασθένεια.....	35
5.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την αέρια ρύπανση σε μια συγκεκριμένη περιοχή.....	45
5.4. Μετρήσεις σχετικές με την ατμοσφαιρική ρύπανση και τον Sars-Cov-2.....	46
6. Συμπεράσματα.....	60

Βιβλιογραφία.....	70
-------------------	----

Πηγες εικόνων.....	79
--------------------	----

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1.....	3
Εικόνα 2.....	3
Εικόνα 3.....	4
Εικόνα 4.....	5
Εικόνα 5.....	5
Εικόνα 6.....	6
Εικόνα 7.....	7
Εικόνα 8.....	9
Εικόνα 9.....	12
Εικόνα 10.....	13
Εικόνα 11.....	14
Εικόνα 12.....	15
Εικόνα 13.....	19
Εικόνα 14.....	20
Εικόνα 15.....	20
Εικόνα 16.....	21
Εικόνα 17.....	23
Εικόνα 18.....	24
Εικόνα 19.....	24

Εικόνα 20.....	25
Εικόνα 21.....	25
Εικόνα 22.....	26
Εικόνα 23.....	26
Εικόνα 24.....	27
Εικόνα 25.....	28
Εικόνα 26.....	28
Εικόνα 27.....	30
Εικόνα 28.....	30
Εικόνα 29.....	33
Εικόνα 30.....	33
Εικόνα 31.....	33
Εικόνα 32.....	36
Εικόνα 33.....	39
Εικόνα 34.....	42
Εικόνα 35.....	56
Εικόνα 36.....	57
Εικόνα 37.....	60

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1.....	16
Πίνακας 2.....	47
Πίνακας 3.....	49
Πίνακας 4.....	50
Πίνακας 5.....	54

Πίνακας 6.....	55
Πίνακας 7.....	56
Πίνακας 8.....	58
Πίνακας 9.....	60
Πίνακας 10.....	61
Πίνακας 11.....	63
Πίνακας 12.....	64
Πίνακας 13.....	65

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1.....	40
------------------	----

Ακρωνύμια/Αρκτικόλεξα

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΚΡΩΝΥΜΙΩΝ			
ΔΑ	Δεν αναφέρθηκε	Mg	Megagramms
ΗΠΑ	Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής	NASA	National Aeronautics and Space Administration
ΘΔ	Θερμοκρασία Δωματίου	PEDV	Porcine Epidemic Diarrhea Virus
Mg	Μικρογραμμάρια	PCR	Polymerase Chain Reaction
ΧΑΠ	Χρονιά Αποφρακτική Πνευμονοπάθεια	PM	Particle matter
ACE2	Angiotensin-converting enzyme 2	RH	Relative Humidity
APHEA2	Air Pollution on Health: a European Approach 2	RNA	Ribonucleic acid
Covid	Coronavirus disease	RT-PCR	Reverse Transcription Polymerase Chain Reaction
CVD	Cardiovascular disease	SARS	Severe acute respiratory syndrome
C-Dna	Complementary DNA	TCID	Tissue Culture Infectious Dose
DLMN	Distributed lag non-linear model	TMPRSS2	Transmembrane protease, serine 2
HIV	Human Immunodeficiency Viruses	UV	Ultraviolet
Km	Kilometers	VOCs	Volatile organic compounds
MERS	Middle East respiratory syndrome	WHO	World Health Organization

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του Τμήματος Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για τις γνώσεις που μου προσέφεραν αλλά και για τις προσπάθειες τους να βελτιώσουν και να βοηθήσουν το νεοσύστατο τμήμα μας. Θα ήθελα να ευχαριστήσω και την οικογένεια μου η οποία παρέμεινε υπομονετική κατά τις σπουδές μου στο τμήμα πάρα της μεγάλης απόστασης που υπήρχε από το τμήμα μέχρι την μόνιμη κατοικία μου. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την κυρία Ζαχαρούλα Κυριακοπούλου, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια που μου πρόσφερε την ευκαιρία να πραγματοποιήσω την συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία.

1. Εισαγωγή

Σε αυτήν την πτυχιακή θα ερευνηθεί η σύνδεση μεταξύ της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και του ιού Sars-Cov-2. Για να επιτευχθεί αυτό θα γίνει αναφορά σε διάφορες έρευνες που έχουν γίνει, σε συμπεράσματα που έχουν εξαχθεί από άλλους επιστήμονες και σε διαπιστευμένα επιστημονικά δεδομένα όσον αφορά την ατμοσφαιρική ρύπανση και τον Sars-Cov-2. Συγκεκριμένα θα γίνει αναφορά στο πως η ατμοσφαιρική ρύπανση επιδρά στην υψηλότερη θνησιμότητα όσον αφορά την ασθένεια Covid-19 που προκαλεί ο συγκεκριμένος ιός αλλά και πως επιδρά στα υψηλότερα επίπεδα κρουσμάτων που οφείλονται στον ιό Sars-CoV-2, πως τα υψηλά κρούσματα σε μια περιοχή δρουν σαν δείκτης που υποδεικνύει την παρουσία υψηλών επιπέδων ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην περιοχή και για την στήριξη ορισμένων υποθέσεων και συμπερασμάτων θα χρησιμοποιηθούν δεδομένα αλλά και συμπεράσματα από σχετικές έρευνες.

Αρχικά θα γίνει μια αναφορά στα στοιχεία που αποτελούν σημαντικό μέρος όσον αφορά την κατανόηση της αλληλεπίδρασης μεταξύ της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και του Sars-Cov-2 και στα κύρια χαρακτηριστικά τους όπως για παράδειγμα η κατανόηση της δομής του ιού που συνεπάγεται την κατανόηση της δράσης του στους ζωντανούς οργανισμούς αλλά και της μετάδοσης του από άτομο σε άτομο. Με αλλά λογία η κατανόηση της δομής του ιού μας οδηγεί στην ανακάλυψη του βαθμού μεταδοτικότητας του και το επίπεδο θνησιμότητας σε σχέση πάντα με τις χαρακτηριστικές ιδιότητες του περιβάλλοντος, όπως είναι η ατμοσφαιρική ρύπανση, αλλά και σε σχέση με την κατάσταση του ατόμου το οποίο ο ιός μολύνει, όπως είναι η ηλικία και η κατάσταση της υγείας του. Στην συνέχεια θα γίνει αναφορά στους τρόπους αλληλεπίδρασης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και του Sars-Cov-2 και θα αναλυθεί ο τρόπος με τον οποία συμβαίνουν οι αλληλεπιδράσεις αυτές αναφέροντας κομμάτια από έρευνες που έχουν γίνει αλλά και διάφορες υποθέσεις που έχουν διεξαχθεί κατά την διάρκεια διάφορων ερευνών. Τέλος θα γίνει μια μικρή περίληψη των όσων ειπώθηκαν και θα εξαχθούν με βάση αυτά κάποια συμπεράσματα όσον αφορά την σχέση μεταξύ ατμοσφαιρικής ρύπανσης και του ιού Sars-Cov-2.

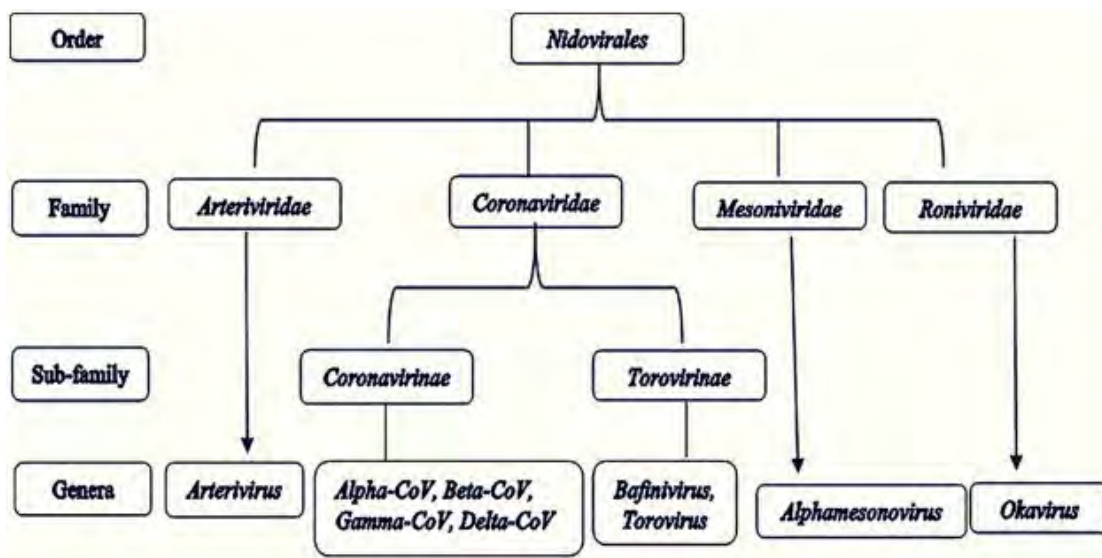
2. Ο ιός Sars-Cov-2

2.1. Γενικά

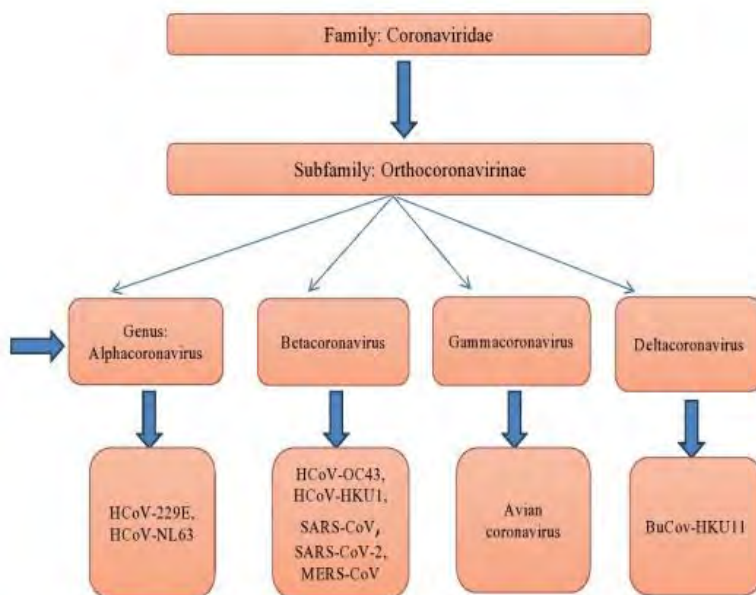
Ο ιός Sars-Cov-2 ανήκει στην ομάδα των κορωνοϊών (*κορώνα + ιός*), η οποία αποτελείται από ιούς RNA παρομοίους μεταξύ τους. Η ομάδα των κορωνοϊών αποτελείται από ιούς με σχεδόν σφαιρικό σχήμα και επιφανειακές προεξοχές με ιδιαίτερη μορφολογία και το γονιδιώμά του έχει μέγεθος ίσο με 27 μέχρι 32 χιλιάδων βάσεων (Kb), ένα από τα μεγαλύτερα μεγέθη σε σχέση με άλλους RNA ιούς (Hamming et al., 2004). Ο ιός αυτός αποτελεί στέλεχος του είδους Severe-acute-respiratory-syndrome-related coronavirus, στο οποίο ανήκει και ο Sars-Cov-1 που προκαλεί την ασθένεια SARS αλλά και ο ιός MERS-CoV που προκαλεί την εμφάνιση του αναπνευστικού συνδρόμου της μέσης ανατολής και είναι υπεύθυνος για την μετάδοση και την εμφάνιση της ασθένειας COVID-19 (Zhou et al., 2020), η οποία είναι η ασθένεια που εκδηλώθηκε κατά την πανδημία που προκάλεσε ο συγκεκριμένος ιός το 2019, λόγω της οποίας χάθηκαν πολλές ανθρώπινες ζωές αλλά και φανερώθηκε η στάση της κοινωνίας όσον αφορά την αντιμετώπιση της.

2.2. Η ταξινόμηση του ιού

Η οικογένεια των κορωνοϊών (Coronaviridae) μπορεί να χωριστεί σε τέσσερις ομάδες ανάλογα με την δομή του γονιδιώματος του καθενός από τους ιούς, στις κατηγορίες α (Alpha), β (Beta), γ (Gamma) και δ (Delta) η οποίες παρουσιάζονται στις εικόνες 1 και 2. Ο Sars-CoV-2 ανήκει στο υπογένος των βήτα κορωνοϊών στο οποίο ανήκουν και οι ιοί Sars-CoV-1 και MERS-CoV (Gorbalenya et al., 2020). Η κατηγοριοποίηση του αυτή οφείλετε στην ύπαρξη μιας πολυβασικής περιοχής τμήσης, η οποία οδηγεί σε αυξημένη παθογένεια και τη μεταδοτικότητα σε σχέση με άλλους ιούς. Άλλοι κορωνοϊοί όπως είναι ο ιός 229E και ο ιός NL36 προκαλούν ένα απλό κρυολόγημα και ανήκουν στην κατηγορία α των κορωνοϊών (Wan et al., 2020, Simmons et al., 2013, Gorbalenya et al., 2020).



Εικόνα 1: Σε αυτό το σχήμα απεικονίζετε η θέση των β κορωνοϊών σε σχέση με υπόλοιπες παραπλήσιες κατηγορίες μικροοργανισμών.



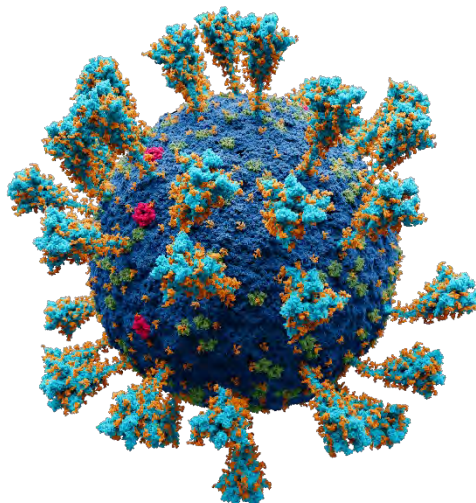
Εικόνα 2:

Στην συγκεκριμένη εικόνα αντιστοιχίζονται τα διαφορά είδη κορωνοϊών στις κατηγορίες που ανήκουν.

2.3. Όσον αφορά την δομή του ιού

2.3.1. Σχετικά με το γονιδίωμα του ιού

Ο συγκεκριμένος ιός, όπως και οι υπόλοιποι ιοί που ανήκουν στην κατηγορία των κορωνοϊών έχουν ένα μοναδικό γονιδίωμα το οποίο αποτελείται από μια μοναδική αλυσίδα RNA η οποία είναι φορτισμένη θετικά (Holmes KV., 2003). Το γονιδίωμα του ιού είναι ίσο με περίπου 30.000 βάσεις, μέγεθος το οποίο είναι σχετικά μεγάλο με βάση τους υπολοίπους κορωνοϊούς. Ο συγκεκριμένος ιός έχει ομοιότητα 79% σε γονιδιακή αλληλουχία σε σχέση με τον ιό Sars-CoV και 50% σε σχέση με τον ιό MERS-CoV (Lu et al., 2020). Το εξωτερικό περίβλημα του ιού αποτελείται από ένα καψίδιο από πρωτεΐνες και λιπίδια και ο ίδιος ο ιός κατέχει ιδιαίτερη μορφολογία όπως φαίνεται και στην Εικόνα 3.



Εικόνα 3: Μοντέλο του ιού Sars-Cov-2.

2.3.2. Σχετικά με την φυσιολογία του ιού

Κάθε σωματίδιο SARS-CoV-2 έχει διάμετρο 50–200 νανόμετρα (nm). Όπως και άλλοι κορωνοϊοί, ο SARS-CoV-2 έχει τέσσερις δομικές πρωτεΐνες, γνωστές ως πρωτεΐνες S (Spike-ή Ακίδα), E (Envelope-Περίβλημα), M (Membrane-Μεμβράνη) και N (Nucleocapsid-νουκλεοκαψίδιο)(εικόνα 4). Η πρωτεΐνη N συγκρατεί το γονιδίωμα RNA και οι πρωτεΐνες S, E και M δημιουργούν μαζί το ιικό περίβλημα (Li et al., 2016).

Η πρωτεϊνική ακίδα του ιού (εικόνα 5) που αποτελεί μια τριμερή γλυκοπρωτεΐνη και του δίνει την χαρακτηριστική μορφολογία του που μοιάζει με μια κορώνα, από την οποία παίρνει και το όνομα του ένας κορωνοϊός, αποτελείται από τις πρωτεΐνες S και μπορεί να χωριστεί σε δυο τμήματα τα οποία εμφανίζουν διαφορετικό λειτουργικό ρολό, τα τμήματα S1 και S2 (εικόνα

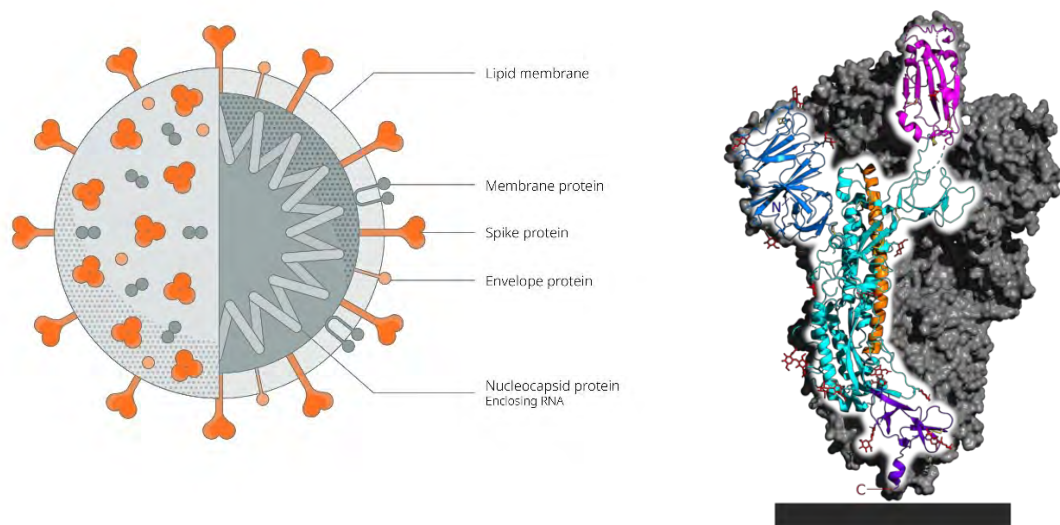
6). Το τμήμα S1 συμβάλει στην προσκόλληση του ιού στο κύτταρο - ξενιστή ενώ το τμήμα S2 στην διαδικασία που ακολουθεί, δηλαδή στην ενσωμάτωση του ιού στο κύτταρο (Li F., 2016).

Η δομή της πρωτεϊνικής ακίδας του Sars-Cov-2 είναι διαφορετική για κάθε κορωνοϊό, καθώς καθορίζει πώς αυτός θα εισβάλει στο κύτταρο ξενιστή, και για αυτόν τον λόγο αποτελεί στοιχείο κλειδί για την εύρεση τρόπων αντιμετώπισης του ιού, όπως είναι η ανάπτυξη ειδικών ορών με κατάλληλα αντισώματα αλλά και στην πιθανή δημιουργία ενός εμβολίου.

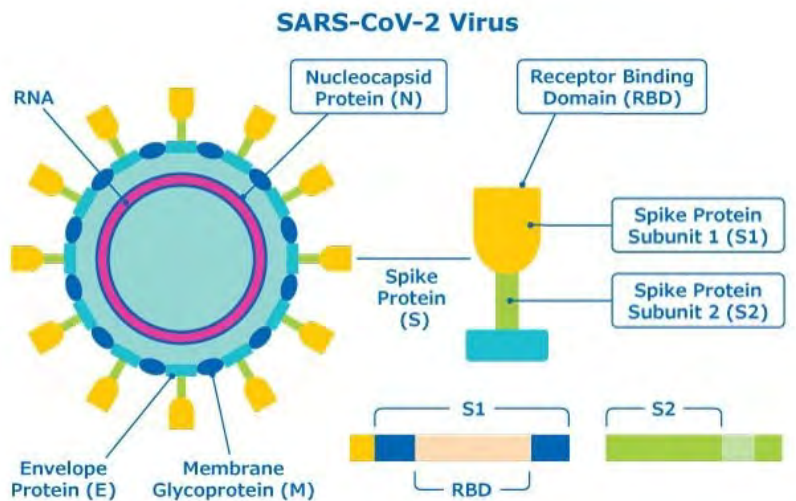
Η δομή του ιού είναι παρόμοια με αυτήν του Sars-Cov, πράγμα στο οποίο οφείλεται και η παρόμοια δράση τους με αποτέλεσμα να προκαλούν και οι δυο σοβαρά αναπνευστικά προβλήματα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο ιός Sars-Cov-2 με τον ιό Sars-Cov μοιράζονται ομοιότητα περίπου 79% όσον αφορά το γονιδίωμα τους και στο γεγονός ότι πολλές από τις πρωτεΐνες τους είναι πανομοιότυπες.

Άλλο ένα χαρακτηριστικό που κάνει τον ιό να ξεχωρίζει από τους υπολοίπους ιούς της κατηγορίας Sarbecoronavirus είναι η εισαγωγή τεσσάρων υπολειμματικών αμινοξέων στην τομή μεταξύ του τμήματος S1 και S2 της πρωτεΐνης S. Η εισαγωγή αυτή δημιουργεί μια πολυβασική περιοχή τομής που επιτρέπει επιτυχή τομή από προτεάσες - πεπτιδάσες και πρωτεολυτικά ένζυμα όπως είναι η φουρίνη (Shang, et al., 2020).

Σημαντικό είναι να αναφερθεί το γεγονός ότι η δομή της πρωτεϊνικής ακίδας του ιού καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την μεταδοτικότητά του και οποιαδήποτε αλλαγή ή μετάλλαξη συμβεί σε αυτήν ενδέχεται να επηρεάσει τον βαθμό μεταδοτικότητας (Zhou et al., 2020, Wrapp et al., 2020, Yan, et al., 2020).



Εικόνες 4-5: Αριστερά απεικονίζεται η δομή του ιού και οι πρωτεΐνες που προαναφερθήκαν, ενώ δεξιά φαίνεται η δομή της πρωτεϊνικής ακίδας του ιού και συγκεκριμένα τονίζεται η πρωτεΐνη που ενώνεται με το κατάλληλο υποδοχέα στο κύτταρο ξενιστή.



Εικόνα 6: Η εικόνα απεικονίζει απλοϊκά την δομή του ιού και φανερώνει τα δυο τμήματα στα οποία χωρίζονται οι ακίδες του ιού, S1 και S2.

2.4. Η παθογένεση του ιού

2.4.1. Εισαγωγή του ιού στον οργανισμό

Ο ιός εισέρχεται στον οργανισμό μέσω αναπνευστικών σταγονιδίων, μέσω ομιλίας, με την επαφή με μολυσμένες επιφάνειες σε ορισμένες από τις οποίες ο ιός μπορεί να παραμείνει μέχρι και μερικές εβδομάδες και μπορεί να μεταφερθεί εύκολα αν αγγίζοντας την μολυσμένη επιφάνεια αγγίξει κάποιος το πρόσωπο του και συγκεκριμένα τα ματιά την μύτη και το στόμα του, μέρη που παράγουν βλέννα, από τα οποία μπορεί να εισέρθει ο ιός (Phelan et al., 2020, Zhu H. et al., 2020, Guan et al., 2020, Setti et al., 2020, Anderson et al., 2020, Lee et al., 2020). Τα συμπτώματα του ιού σχετίζονται με τον τρόπο εισαγωγής του στον οργανισμό, ο οποίος πραγματοποιείται κυρίως μέσω βλεννογόνων κυττάρων και μακροφάγων τα οποία φέρουν στην επιφάνεια τους πολλούς υποδοχείς αντίγονου του συγκεκριμένου ιού, για αυτό ένα άτομο που πάσχει εμφανίζει συμπτώματα συνδεδεμένα με τα βλεννογόνα κύτταρα όπως είναι ο βήχας και ο πυρετός (Jia et al., 2005, Hamming et al., 2004, Kuba et al., 2005).

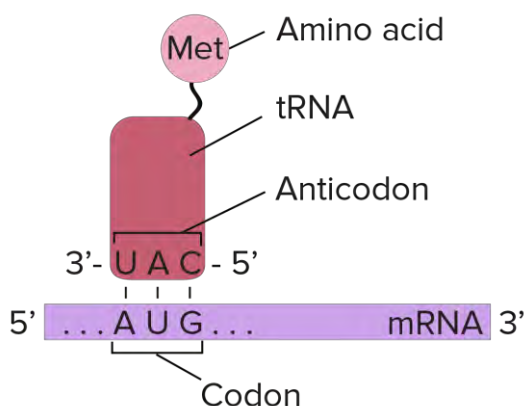
2.4.2. Εισαγωγή του ιού στα κύτταρα

Ο ιός αρχικά προσδένεται μέσω των πρωτεϊνικών του ακίδων με το τμήμα S1 σε συγκεκριμένους υποδοχείς του κυττάρου οι οποίοι στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι κυρίως το ένζυμο μετατροπής της αγγειοτασίνης 2 ή αλλιώς ACE2 (Angiotensin-converting enzyme 2)(Millet JK, Whittaker GR., 2015) αλλά και ορισμένα επιφανειακά σάκχαρα

υποδοχείς (Huang et al., 2015). Στην συνέχεια η πρωτεΐνη S2 μορφοποιείται κατάλληλα και συνδέεται με το άνοιγμα που δημιουργήθηκε από την κοπή της πρωτεΐνης S1 και με την διαδικασία της ενδοκύτωσης η μέσω συνδυασμού των μεμβρανών ο ιός δημιουργεί ένα πέρασμα στην κυτταρική μεμβράνη που του επιτρέπει να εισχωρήσει το γενετικό του υλικό μέσα στο κύτταρο στόχο (Li F., 2016). Κατά την διαδικασία αυτή απελευθερώνεται μεγάλο ποσό ενέργειας που βοηθάει την όλη διαδικασία της συγχώνευσης των μεμβρανών, ενώ την διαδικασία βοηθάει και το χαμηλό pH (Li F., 2016). Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται και με την βοήθεια πεπτιδίων που υπάρχουν στην επιφάνεια του κυττάρου ξενιστή όπως είναι, η διαμεμβρανική πρωτεάση, σερίνη 2, (TMPRSS2) και η καθεψίνη L.

2.4.3. Διαδικασία αναπαραγωγής του ιού στο κύτταρο

Κατά την διαδικασία αυτήν, αφού το γονιδίωμα του ιού εισαχθεί στο κύτταρο, το υπόλοιπο μέρος του ιού διαλύεται και το κύτταρο στόχος αναγνωρίζει το γονιδίωμα του ιού σαν το δικό του, έτσι ο ιός χρησιμοποιεί του μηχανισμούς αναπαραγωγής του κυττάρου για να δημιουργήσει απογόνους χρησιμοποιώντας τους μηχανισμούς πρωτεϊνσύνθεσης του κυττάρου έτσι ώστε να παράγει δίκες του πρωτεΐνης, όπως είναι οι πρωτεΐνες N,S,M και E και να εκφράσει τα δικά του γονίδια. Κατά την πρωτεϊνσύνθεση ένα μέρος του γενετικού υλικού του κυττάρου αποκωδικοποιείται σε συγκεκριμένα αμινοξέα τα οποία συνδέονται κατάλληλα για να σχηματίσουνε πρωτεΐνες. Κάθε αμινοξύ κωδικοποιείται από μια τριπλέτα συγκεκριμένης αλληλουχίας νουκλεοτιδίων που απαρτίζουν το DNA αν και κάθε αμινοξύ μπορεί να αποκωδικοποιείται από 1 έως και 6 διαφορετικές τριπλέτες η όπως αλλιώς ονομάζονται κωδικόνια (εικόνα 7).



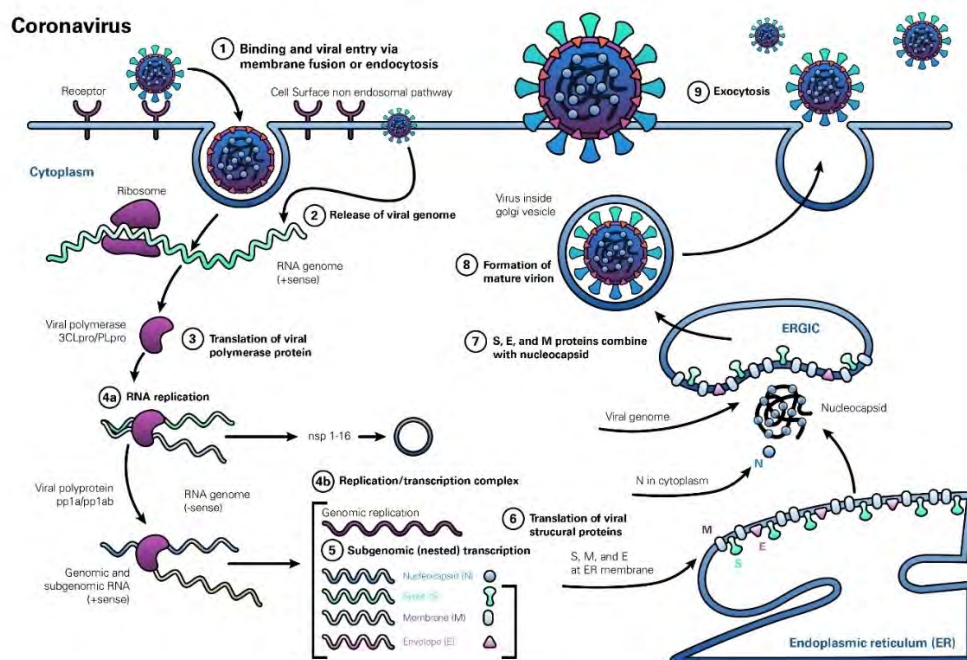
Εικόνα 7: Διαδικασία αποκωδικοποίησης κωδικονίων σε αλληλουχία DNA.

Συγκεκριμένα το RNA του ιού αναγνωρίζεται από ριβοσώματα και κωδικοποιείται σε μια σειρά μη δομικών πρωτεϊνών. Αυτή η αλυσίδα μπορεί να αυτό-κοπέι σε ορισμένα σημεία με αποτέλεσμα την δημιουργία τμημάτων μη λειτουργικών πρωτεϊνών. Ένα από αυτά τα τμήματα προσκολλάται σε ένα ριβόσωμα μέσω του οποίου γίνεται η μεταγραφή του RNA σε

πρωτεΐνες και το θέτει ανίκανο να μεταφράσει το γονιδίωμα του κυττάρου με αποτέλεσμα να μην δημιουργεί πια κυτταρικές πρωτεΐνες αλλά μόνο πρωτεΐνες του ιού. Έτσι ο ιός θέτει υπό τον έλεγχο του τους μηχανισμούς πρωτεϊνοσύνθεσης του κυττάρου ξενιστή με αποτέλεσμα τον πολλαπλασιασμό του ιού αλλά και την συνεχή αποδυνάμωση και τελική καταστροφή του κυττάρου ξενιστή. Η διαδικασία μετάφρασης του RNA του ιού συνήθως τίθεται σε παύση από έναν κόμπο που δημιουργείται στην αλυσίδα που μεταγράφεται αν και σε ορισμένες περιπτώσεις ο κόμπος μπορεί να λυθεί και η μεταγραφή της αλυσίδας να συνεχίσει όπως έχει. Αυτός ο κόμπος αποτελεί ένα μετρό ελέγχου του ιού που του επιτρέπει να ελέγξει πόσες πρωτεΐνες δημιουργούνται, καθώς πριν τον κόμπο κωδικοποιούνται περισσότερες πρωτεΐνες που δρουν στην κυτταρική μεμβράνη, ενώ μετά από αυτόν κωδικοποιούνται λιγότερες πρωτεΐνες που βοηθούν με την επεξεργασία του ιικού RNA. Στην συνέχεια αυτές οι πρωτεΐνες συγχωνεύονται στην κυτταρική μεμβράνη προκαλώντας έτσι την κάμψη της με αποτέλεσμα την δημιουργία ενός διπλοειδούς κυστιδίου από την μεμβράνη το οποίο με της πρωτεΐνες αυτές στο εσωτερικό του αποτελεί έναν ασφαλή και απομονωμένο χώρο για την αντιγραφή του ιικού RNA το οποίο θα χρησιμοποιηθεί στην συνέχεια για την παραγωγή νέων ιικών ιωσμάτων. Μέσα το κυστίδιο ορισμένες μη δομικές πρωτεΐνες δημιουργούν μια δομή κατάλληλη για την δημιουργία ενός πανομοιότυπου αντίγραφου του γενετικού υλικού του ιού. Στην συνέχεια αυτό αντιγράφεται όλο και περισσότερο δημιουργώντας έτσι αντίγραφα του γενετικού υλικού του ιού (Perlman, S. and Netland, J., 2009). Κατά την διάρκεια της αντιγραφής του ιικού γονιδιώματος δημιουργούνται και μικρότερα κομμάτια RNA, τα οποία ονομάζονται υπογενωμικά RNA (subgenomic RNA) τα οποία θα χρησιμοποιηθούν για την δημιουργία των πρωτεϊνών των νέων ιών (Snijder et al., 2006, Wu, H.-Y. and Brian, D.A., 2010). Το σύνολο των subgenomic RNA διαφεύγουν από το κυστίδιο μέσω ενός πόρου μη δομικών πρωτεϊνών και ενώνονται με το ριβόσωμα το οποίο στην συνέχεια δημιουργεί της ιικές πρωτεΐνες που θα συντελέσουν τα νέα ιικά σωματίδια οι οποίες είναι η πρωτεΐνη της ακίδας S, οι πρωτεΐνες του καψιδίου N, οι πρωτεΐνες της μεμβράνης M και οι πρωτεΐνες του ελύτρου E. Αφού δημιουργηθούν οι πρωτεΐνες αυτές οι πρωτεΐνες του καψιδίου πηγαίνουν στον πόρο που προαναφέρθηκε από τον οποίο εξέρχεται και το ιικό γενετικό υλικό και προσδένονται σε αυτό και το πακετάρουν. Οι υπόλοιπες από τις πρωτεΐνες που αναφέρθηκαν μετακινούνται σε ένα διαφορετικό κομμάτι του κυττάρου μέσα σε μια κοιλότητα από την οποία συνδέονται τελικά με της πρωτεΐνες του καψιδίου που βρίσκονται εξωτερικά από αυτή με αποτέλεσμα η επιφάνεια της κοιλότητας να καμπυλωθεί προς τα μέσα δημιουργώντας μια νέα κοιλότητα μέσα στην ήδη υπάρχουσα η οποία στην ουσία αποτελεί τον νέο ιό (εικόνα 8).

Αφού δημιουργηθούν αρκετά αντίγραφα του ιού, αυτά εξέρχονται από το κύτταρο και απελευθερώνονται στον μεσοκυττάριο χώρο από που με την σειρά τους προσβάλουν νέα κύτταρα καταστρέφοντας εν τέλη αυτά τα οποία έχουν μολυνθεί. Ο ιός Sars-Cov-2 έχει μεγαλύτερη συνδεσιμότητα με το ένζυμο υποδοχέα ACE-2 σε σχέση με άλλους συγγενικούς

ιούς που ανήκουν στην ίδια οικογένεια το οποίο πιθανόν να συνεπάγει και την πιο εύκολη μετάδοση του (Zhou et al., 2020, Wu et al., 2020, Hoffmann et al., 2020).



Εικόνα 8:
Σχηματική
αναπαράσταση
του κύκλου ζωής
του ιού στο
κύτταρο.

Η αντιμετώπιση του ιού εξαρτάται από την κατάσταση του ανοσοβιολογικού συστήματος του ατόμου, γι' αυτό άλλωστε άτομα πιο νεαρά σε ηλικία με πιο ανθεκτικό ανοσοποιητικό είναι ασυμπτωματικά και άτομα μεγαλύτερα σε ηλικία με πιο επιβαρυνμένο ανοσοποιητικό είναι πιο ευάλωτα και κινδυνεύουν πιο πολύ να χάσουν την ζωή τους από τον ιό. Σε αντίθεση με την ίδια την ασθένεια τα συμπτώματα της ασθένειας μπορούν να εξομαλυνθούν με την χρήση κατάλληλης φαρμακευτικής αγωγής όπως είναι η ιβουπροφαίνη και η παρακεταμόλη.

3. Η ασθένεια Covid-19

3.1 Πανδημία Covid-19 – Ιστορικό

3.1.1. Η απειλή των Κορωναϊών στον άνθρωπο

Μέχρι τον εντοπισμό των ανθρωπίνων κορωνοϊών 229E και OC43 στα τέλη του 1960 θεωρούταν ότι οι κορωνοϊοί δεν αποτελούσαν απειλή για τον άνθρωπο, ωστόσο τον χειμώνα του 2002 στην νοτιά Κίνα ξέσπασε πανδημία από τον ιό Sars-CoV με θνησιμότητα 10% σε αναγνωρισμένους ασθενείς με αποτέλεσμα να γίνει γνωστή η απειλή της οικογένειας των κορωνοϊών στον άνθρωπο (Wan et al., 2020, Simmons et al., 2013, Hamming et al., 2004, Peiris et al., 2004, Stadler et al., 2005). Ο ιός τότε εξαπλώθηκε παγκόσμιος αλλά κυρίως στην Ασία και ελέγχθηκε μετά τον Ιούλιο του 2003 (Cheng et al., 2007). Από την ανάλυση του ιού από την πανδημία SARS βρέθηκε ότι οι νυχτερίδες είναι φυσικές δεξαμενές των ιών Sars-CoVs και ότι ζώα όπως τα ρακούν σκύλοι και οι σιβέτ γάτες είναι ενδιάμεσοι ξενιστές. Το 2012 ένα στέλεχος υψηλά παθογόνου ιού MERS-CoV βρέθηκε σε ανθρώπους με αποτέλεσμα να αποδειχθεί ότι η μεταφορά ιών από τα ζώα στους ανθρώπους μπορεί να γίνει οποιαδήποτε στιγμή και να έχει απρόσμενες επιπτώσεις στην δημοσία υγεία (Zaki et al., 2012). Συγκεκριμένα ο ιός MERS-CoV εμφανίστηκε για πρώτη φορά στην Σαουδική Αραβία το 2012 και αν και αργά εξαπλωμένος πρόσβαλε 1.700 άτομα με ποσοστό θνησιμότητας περίπου 36% (Zaki et al., 2012)(Li F., 2016). Όσον αφορά τον Sars-CoV-2 η προσβολή ατόμων μπορεί να γίνει από νυχτερίδες και μπορεί να μεταβιβαστεί σε γάτες, σε πάγκοινους και σε σκύλους (Leroy et al., 2020). Οι κορωνοϊοί μπορούν να έχουν άσχημο αντίκτυπο και στα ζώα ξενιστές καθώς από το 1984 μια άγνωστη μόλυνση έπληξε πληθυσμό κύκνων στην Ευρώπη η οποία αργότερα φανερώθηκε ότι προκλήθηκε από κορωνοϊό διάρροιας επιδημίας χοριοειδών (PEDV) που εξάχθηκε από χοριοειδή το 2003.

3.1.2. Η εξέλιξη της πανδημίας στην Γουχάν

Όσον αφορά τον ιό Sars-CoV-2, ο ιός ανιχνεύτηκε για πρώτη φορά στο τέλος του έτους 2019 στην πόλη Γουχάν της Κίνας όπου προκάλεσε ένα ξέσπασμα περιπτώσεων πνευμονίας και λόγω της υψηλής αποδοτικότητας του μεταφέρθηκε στην συνέχεια και στον υπόλοιπο κόσμο (Wu et al., 2020, Hui et al., 2020). Συγκεκριμένα στα τέλη του Δεκέμβρη το 2019 σε μονάδες υγείας στην πόλη Γουχάν της Κίνας εντοπίστηκαν συστάδες ασθενών που έπασχαν από πνευμονία από άγνωστα αίτια, έτσι οι περιπτώσεις αυτές συνδέθηκαν με το παζάρι της πόλης το οποίο όχι μόνο πουλούσε νεκρά θαλασσινά είδη αλλά και ζωντανά ζώα (Zhu, N. et al., 2020, Deng et al., 2020, Jiang et al., 2020). Στις 31 Δεκέμβριου του 2019 η επιτροπή της

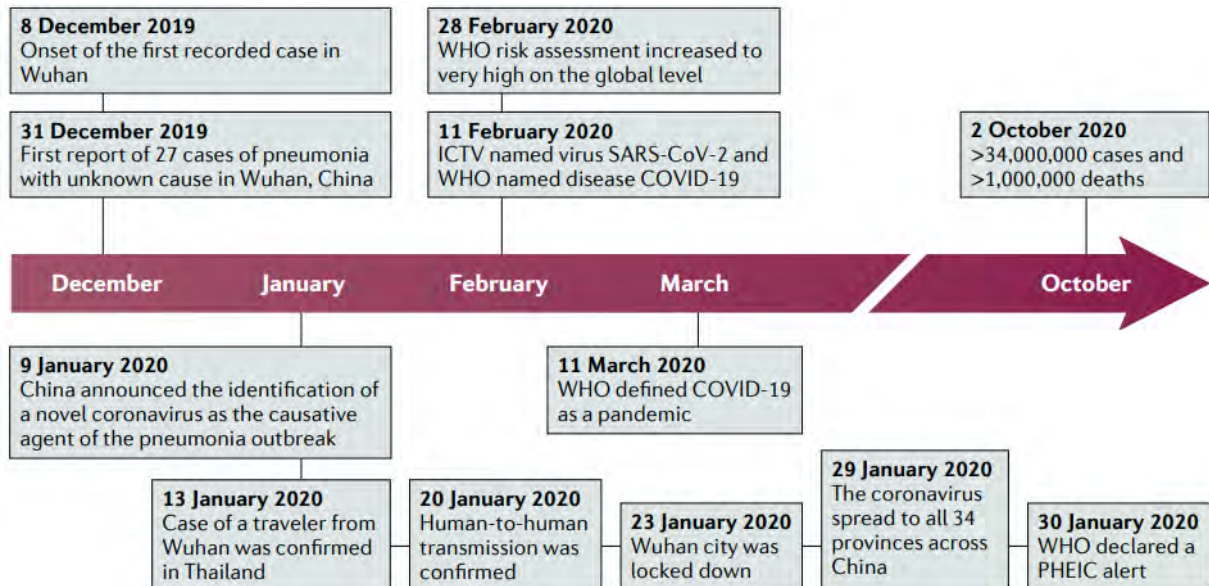
δημοσίας υγείας της Γουχάν ενημέρωσε το κοινό αλλά και τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO) για της άγνωστες αίτιες αυτών των περιπτώσεων πνευμονίας (Wu et al., 2020). Ύστερα από μεταγονιδιακή αλληλούχηση RNA και απομόνωση ιών από πνευμονικά υγρά ασθενών με πνευμονία, ομάδες κινέζων επιστημόνων αναγνώρισαν ότι αυτό που προκαλεί την ασθένεια είναι ένας νέος β κορωνοϊός που δεν έχει ξαναβρεθεί, με αποτέλεσμα στις 9 Ιανουαρίου του 2020 να ανακοινωθεί αυτό το εύρημα και στο κοινό (Zhu, N. et al., 2020, Wu et al., 2020, Zhou et al., 2020). Αργότερα εμφανίστηκαν παρόμοιοι ασθενείς που δεν είχαν καμία σχέση με την αγορά στην Γουχάν, ενώ παρατηρήθηκαν κρούσματα σε οικογένειες αλλά και στα νοσοκομεία με αποτέλεσμα να γίνει αντιληπτό ότι πρόκειται για έναν ιό που μεταφέρετε από άτομο σε άτομο (Deng et al., 2020, Chan JFW. et al., 2020, Wang et al., 2020). Στις 23 Ιανουαρίου η Γουχάν τέθηκε σε καραντίνα απαγορεύοντας τις μετακινήσεις προς και από την πόλη με αποτέλεσμα οι περιπτώσεις μετά την εφαρμογή του μέτρου να αρχίσουν να μειώνονται (Fisher et al., 2020, Lai et al., 2020). Ωστόσο μέχρι τις 29 Ιανουαρίου ο ιός είχε εξαπλωθεί σε 34 περιοχές σε όλη την Κίνα.

3.1.3. Η εξέλιξη της πανδημίας στον υπόλοιπο κόσμο

Στις 30 Ιανουαρίου του 2020 ο Οργανισμός Παγκόσμιας Υγείας (WHO) ανακοίνωσε την εξαπλώση του συγκεκριμένου ιού δημόσιο ζήτημα έκτακτης ανάγκης εθνικού ενδιαφέροντος, ενώ στις 11 Φεβρουαρίου στον ίδιο χρόνο η εθνική κομητεία ταξινόμησης των ιών έδωσε στον ιό το όνομα “SARS-CoV-2” και ο WHO ονόμασε την ασθένεια που προκαλείτε από αυτόν COVID-19 (Coronaviridae Study Group of the International Committee on Taxonomy of Viruses.). Αν και τα επίπεδα των καταγεγραμμένων περιπτώσεων μειώνονταν στην Κίνα ο ιός άρχισε να επεκτείνεται και σε άλλες χώρες στα τέλη του Φεβρουαρίου του 2020 όπως φανερώνεται από τον μεγάλο αριθμό των περιπτώσεων που καταγράφηκαν σε διάφορες χώρες την περίοδο εκείνη (Fisher et al., 2020). Έτσι μέχρι τον Μάρτιο η Κίνα είχε καταφέρει να σταθεροποιήσει και να ελέγξει την κατάσταση ενώ ο ιός άκμαζε σε άλλες χώρες λόγω τις υψηλής του μεταδοτικότητας αλλά και της εύκολης πρόσβασης σε μετακινήσεις παγκόσμιος. Μέχρι τις 11 Αυγούστου του 2020 είχαν σημειωθεί περισσότερες από 20.000.000 περιπτώσεις και περισσότεροι από 733.000 ασθενείς είχαν χάσει την ζωή τους παγκόσμιος (Dong et al., 2020).

Αν και πιστεύεται ότι ο ιός προήρθε από το παζάρι της Γουχάν αυτές οι υποθέσεις δεν έχουν ακόμη επιβεβαιωθεί καθώς στην Κίνα είχαν βρεθεί περιπτώσεις που δεν σχετίζονταν με αυτό και στη Γαλλία ο ιός είχε βρεθεί από δείγμα ασθενή με πνευμονία που είχε παρθεί στο τέλος του 2019 (Deslandes, A. et al., 2020).

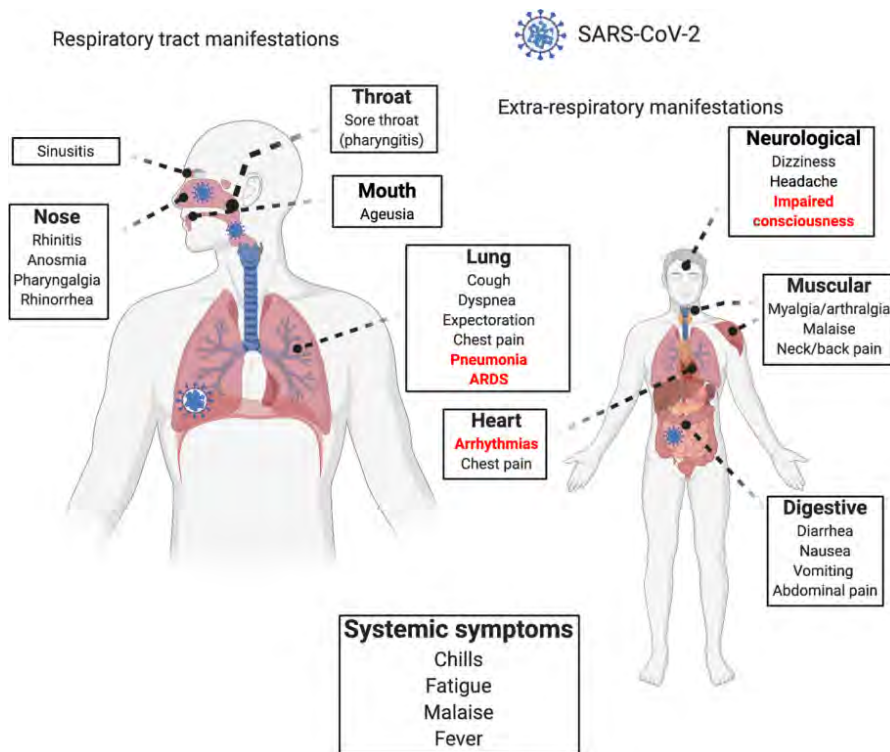
Στη παρακάτω εικόνα φαίνεται η εξέλιξη της πανδημίας στον χρόνο (εικόνα 9):



Εικόνα 9: Στο παραπάνω σχεδιάγραμμα απεικονίζεται η πορεία της πανδημίας στον χρόνο.

3.2. Τα συμπτώματα της ασθένειας

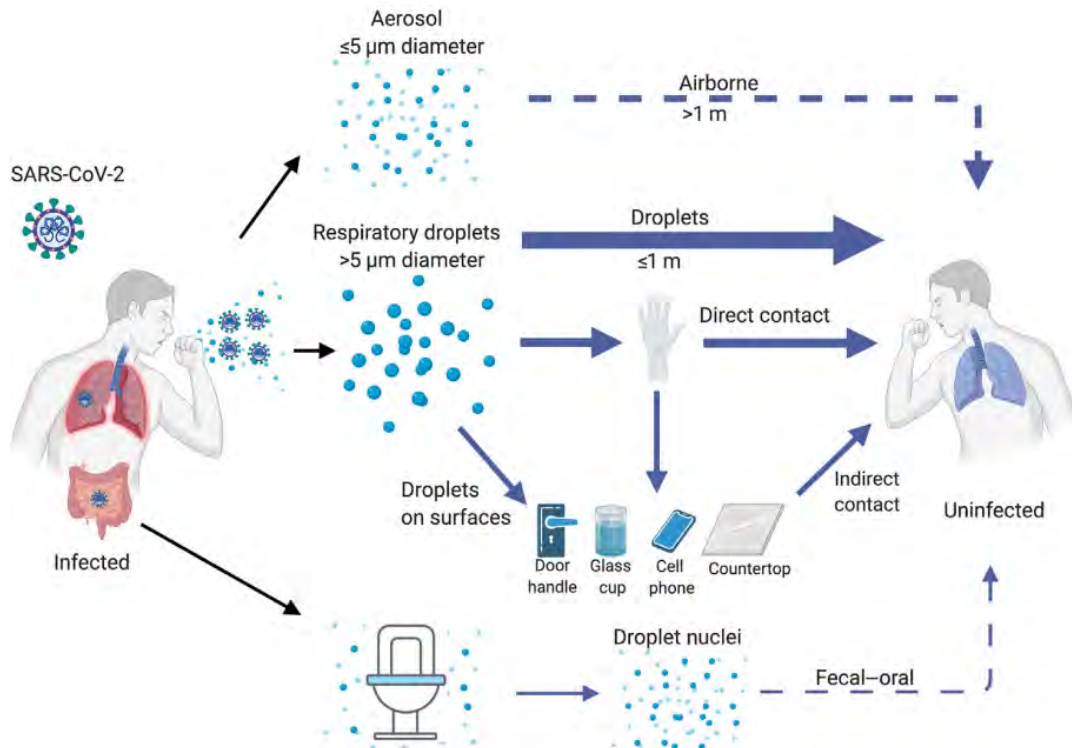
Η ασθένεια Covid-19 η αλλιώς Coronavirus disease προκαλείται από τον ιό Sars-Cov-2 και τα πιο συχνά συμπτώματα της αποτελούν ο πυρετός, ο ξηρός βήχας και η σωματική εξάντληση ενώ λιγότερα συχνά αλλά εξίσου σημαντικά συμπτώματα αποτελούν η απώλεια γεύσης ή μυρωδιάς, η ρινική συμφόρηση, επιπεφυκίτιδα (γνωστή και ως ροζ μάτι), ο πονοκέφαλος, ο πονόλαιμος, ο πόνος στους μυς ή στις αρθρώσεις, τα δερματικά εξανθήματα, η ναυτία ή ο εμετός, η διάρροια, τα ρίγη και η ζάλη (Chen et al., 2020, Huang et al., 2020, Wang, D. et al., 2020, Guan et al., 2020, Giacomelli et al., 2020)(εικόνα 10).



Εικόνα 10: Στην εικόνα αυτή απεικονίζονται μέρη τα οποία προσβάλλει ο ιός αλλά και τα συμπτώματα που αυτός προκαλεί αντίστοιχα. Συγκεκριμένα με το εικονίδιο του ιού φανερώνονται περιοχές από της οποίες έχει απομονωθεί RNA του, ενώ με κόκκινο χρώμα τονίζονται τα συμπτώματα που εμφανίζονται σε περίπτωσης σοβαρής - κρίσιμης κατάστασης της ασθένειας.

3.3. Τρόποι μετάδοσης της ασθένειας

Ο ιός μπορεί να μεταδοθεί μέσω σταγονιδίων που εκτοξεύονται από τον βήχα, από μικρότερα σωματίδια προερχόμενα από την αναπνοή που πιθανόν να μεταφέρουν ιικό φορτίο, από επαφή με μολυσμένες επιφάνειες αλλά και με επαφή ή κατανάλωση μολυσμένων ζώων (Phelan AL. et al., 2020, Zhu H. et al., 2020, Guan WJ. et al., 2020, Setti L et al., 2020, Anderson EL. Et al., 2020, Lee S. et al., 2020)(εικόνα 11).



Εικόνα 11: Στην εικόνα αυτή απεικονίζονται τρόποι μετάδοσης του ιού από μολυσμένο σε μη μολυσμένο άτομο.

Ο ιός μπορεί να μεταβιβαστεί σε έναν άνθρωπο από κάποιον άλλο οργανισμό, κυρίως από έναν άλλον άνθρωπο αλλά και μέσω της επαφής του ατόμου με μολυσμένη επιφάνεια όπως είναι τα κλειδιά, τα πόμολα, τα χρήματα αλλά και άλλα αντικείμενα συχνής καθημερινής χρήσης. Η μεταβίβαση από άτομο σε άτομο μπορεί να γίνει μέσω σταγονιδίων του βήχα αλλά και μικρότερων αιωρούμενων σωματιδίων που προέχονται από την αναπνοή και κουβαλάνε τον ιό. Η μεταφορά αυτή του ιού πραγματοποιείται μέσω της αναπνοής και του βήχα καθώς σωματίδια του ιού που έχουν εισβάλει και εγκατασταθεί στις αναπνευστικές οδούς παρασύρονται με τον αέρα. Έτσι μερικά από τα σωματίδια αυτά ενδεχομένως να εισέρθουν από τις αναπνευστικές οδούς αλλά και άλλα μέρη του σώματος όπως είναι τα ματιά στον οργανισμό μας. Με τον ίδιο τρόπο μπορεί να κολλήσει κάποιος τον ιό αν έρθει σε επαφή με την μολυσμένη επιφάνεια και υστέρα με αυτήν αγγίξει τα ματιά ή το στόμα του. Ο ιός μπορεί να παραμείνει προσκολλημένος και να επιβιώνει σε επιφάνειες από ατσάλι, πλαστικό και γυαλί από μια έως και 4 μέρες και σε υλικά όπως το χαρτονόμισμα έως και 2 ημέρες (Ελένη Τζελέπη., 2022)(Azuma et al., 2020).



Εικόνα 12: Η διάρκεια επιβίωσης του Sars-Cov-2 σε διάφορες επιφάνειες σχηματικά. Η διάρκεια στο σχήμα δεν είναι απόλυτη, καθώς άλλες έρευνες πιθανόν να χρησιμοποιήσαν διαφορετικά πρωτόκολλα διεξαγωγής των πειραμάτων, ενώ αυτή η έρευνα εκτός αυτού διεξήγαγε πειράματα σε συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες η οποίες παίζουν σημαντικό ρολό στην διάρκεια επιβίωσης του ιού (Van Doremalen et al., 2020).

Σημαντικό ρολό στην εξάπλωση του ιού αποτελούν και τα ασυμπτωματικά άτομα τα οποία είναι κυρίως άτομα νεαρής ηλικίας όπως τα παιδιά και δεν παρουσιάζουν συμπτώματα. Σε αντίθεση με άτομα μεγαλύτερης ηλικίας που νοσούν πιο έντονα με αποτέλεσμα το μεγαλύτερο ρίσκο θνησιμότητας τα νεαρά άτομα δεν απειλούνται με τον θάνατο με αποτέλεσμα να αποτελούν την καλύτερη ηλικία για την μετάδοση του ιού, ειδικά αν δεν γίνονται έλεγχοι, δεν λαμβάνονται ειδικά μετρά και αν σκεφτεί κάποιος το γεγονός ότι οι πλειοψηφία αυτών των ατόμων τουλάχιστον στην Ελλάδα πάνε στο σχολείο, οπου κάθονται σε κλειστούς χώρους για πολλές ώρες μέσα στην ημέρα.

Για τον λόγο αυτό συνιστάται να τηρούνται τα μετρά προσωπικής υγιεινής αλλά και η απολύμανση όλων των καταναλωτικών αγαθών, έτσι ώστε να εξολοθρευθεί οποιοδήποτε μικρόβιο όπως και ο ιός Sars-Cov-2, ο οποίος ενδεχομένως να έχει προσκολληθεί στις επιφάνειες αυτές.

Εφόσον ο ιός μπορεί να μεταδοθεί με τον αέρα συστήνεται ο κάλος αερισμός κλειστών χώρων ειδικά κατά την περίοδο έξαρσης της πανδημίας, ο περιορισμός των εξόδων έτσι ώστε να μειωθεί η πιθανότητα επαφής με μολυσμένο άτομο, χρήση μάσκας κατά εξόδους για την

αποφυγή διασποράς του ιού, ιδιαίτερα από ασυμπτωματικά άτομα, οι συντονισμένοι έλεγχοι για να αναγνωριστεί αν κάποιος έχει κολλήσει και η τήρηση των κανόνων προσωπικής υγιεινής (US Centers for Disease Control and Prevention).

Άλλος ένας παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει την εξάπλωσή του ιού είναι η περιβαλλοντικές συνθήκες (USNationalLibraryofMedicine, 2020), συγκεκριμένα οι αέριες, καθώς ο ιός μεταδίδεται μέσω του αέρα κυρίως, οι οποίες επηρεάζουν την διάρκεια ζωής του ιού και άρα τη μετάδοση του ιού (Wu et al., 2020). Η διάρκεια ζωής του ιού επηρεάζει τη μετάδοση του καθώς για όσο μεγαλύτερο χρονικό διάστημα βρίσκεται στον αέρα ή προσκολλημένος σε κάποια επιφάνεια τόσο περισσότερο χρόνο έχει κάποιος για να έρθει σε επαφή με αυτόν με αποτέλεσμα να αυξάνονται οι πιθανότητες ενός ατόμου να κολλήσει. Γενικά, μέσω ερευνών για συγκεκριμένο ιό, αλλά και άλλων ιών έχει παρατηρηθεί ότι αν το περιβάλλον βρίσκεται σε φυσιολογικές θερμοκρασίες, όσο μεγαλύτερη είναι η υγρασία τόσο δυσμενέστερες γίνονται οι συνθήκες για την μετάδοσή των ιών αυτών. Για παράδειγμα, όσον αφορά τον ιό A/H3N2, σε δυο όμοιες περιπτώσεις αν η θερμοκρασία στην μια ήταν άνω των 30C° τότε η μετάδοσή του ιού δεν ήταν δυνατή. Το παραπάνω συμπέρασμα παρατηρήθηκε από πειράματα που έχουν πραγματοποιηθεί από τους Schulman και Kilbourne σε ποντίκια αλλά και γουρούνια με την χρήση του ιού A/H3N2.

Με βάση τα πειράματα που διεξήχθησαν δημιουργήθηκε ο παρακάτω πίνακας όσον αφορά την μεταδοτικότητα του ιού A/H3N2 σε διαφορά ποσοστά υγρασίας (Πίνακας 1).

Ποσοστό σχετικής υγρασίας στην ατμόσφαιρα	Μεταδοτικότητα
20-35%	Αρίστη Μεταδοτικότητα
50%	Μέτρια Μεταδοτικότητα
65%	Χαμηλή Μεταδοτικότητα
80%	Απουσία Μεταδοτικότητας

Πίνακας 1: Σε αυτόν τον πίνακα φανερώνεται η μεταβολή της μεταδοτικότητας του ιού σε σχέση με την θερμοκρασία.

Εκτός από τη μετάδοση ιών σε ελεγχόμενο περιβάλλον, έχει παρατηρηθεί ότι η θερμοκρασία και η υγρασία του περιβάλλοντος επηρεάζουν τη μεταδοτικότητα ενός ιού καθορίζοντας πόση ώρα μπορεί ο ιός να παραμείνει στον αέρα και το κατά πόσο συστέλλεται ή διαστέλλεται το σωματίδιο του ιού. Με βάση συγκεκριμένες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί, αποδεικνύεται ότι η σχετική υγρασία του περιβάλλοντος επηρεάζει σε σημαντικό επίπεδο το μέγεθος του ιού όταν αυτός είναι σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, όπως επίσης και τη

σταθερότητα με την οποία εξελίσσεται ο ιός ή το κατά πόσο αντέχει στο εξωτερικό περιβάλλον. Για παράδειγμα, όσον αφορά και τον ιό της απλής γρίπης, τα υψηλά ποσοστά σχετικής υγρασίας αφαιρούν ένα κομμάτι από τα παθογόνα συστατικά του μορίου ενός ιού καθώς αυτός περιφέρεται στην ατμόσφαιρα. Ωστόσο οι περιβαλλοντικές συνθήκες που επηρεάζουν την μεταδοτικότητα ενός ιού είναι διαφορετικές για τον κάθε ιό, καθώς κάθε ιός έχει μια μοναδική φυσιολογική σύσταση αλλά και η μετάδοσή του κάθε ιού επηρεάζεται και από την συγκέντρωση του ιικού φορτίου. Για παράδειγμα διάφοροι ιοί Parainfluenza είναι σταθερότεροι σε ποσοστά υγρασίας της τάξης του 15-20% ενώ άλλοι πιο σύνθετοι οργανισμοί που μεταφέρονται μέσω του αέρα είναι σταθερότεροι σε υψηλότερες τιμές υγρασίας όπως είναι το 60% (Ελένη Τζελέπη., 2022).

Όσον αφορά την επίδραση των περιβαλλοντικών συνθηκών στην εξάπλωσή του ιού Sars-CoV-2 σημαντικό ρολό παίζουν η υγρασία και η θερμοκρασία της ατμοσφαιράς, η σύσταση της ατμοσφαιράς ειδικά όσον αφορά τους αέριους ρύπους όπως είναι τα διάφορα αιωρούμενα σωματίδια αλλά και η ένταση και η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας στην οποία αυτός ενδεχόμενος να εκτίθεται.

Συγκεκριμένα ο ιός Sars-CoV-2 φαίνεται να παρουσιάζει μειωμένη μεταδοτικότητα σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 25C° ενώ σε θερμοκρασίες μικρότερες από αυτές φαίνεται να αυξάνεται η μεταδοτικότητα του. Επίσης θεωρείται ότι υπάρχει σημαντική εξάρτηση ανάμεσα στη διάδοση και εξέλιξη του ιού και στις περιβαλλοντικές θερμοκρασίες (USNationalLibraryofMedicine, 2020). Συγκεκριμένα σε θερμοκρασίες 4-6C° ο ιός μπορεί να επιβιώσει μέχρι και 14 ημέρες, ενώ σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 70C° δεν μπορεί να επιβιώσει περισσότερο από 5 λεπτά (Azuma et al., 2020). Ενδεικτικά με βάση πειράματα που έχουν γίνει παρατηρείται ότι η μέση διάρκεια ζωής του ιού σε περιβάλλον με θερμοκρασία 23 C° και σχετική υγρασία 65% ήταν περίπου 2 ώρες και 18 λεπτά με παρόμοια διάρκεια να παρουσιάζεται και από τον ιό Sars-CoV-1. Όσον αφορά την σχετική υγρασία ο ιός παρατηρείται σταθερότερος σε τιμές 40-60% ενώ φαίνεται να εξαφανίζεται σε τιμές 68-88%. Όσον αφορά την έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία ο ιός Sars-Cov-2 φαίνεται να παρουσιάζει μεγαλύτερη μεταδοτικότητα σε χαμηλή έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία ενώ χαμηλότερη μεταδοτικότητα σε υψηλότερες τιμές αυτής. Ενδεικτικά σε πείραμα όπου δείγμα του ιού σε συνδυασμό με σάλιο τοποθετήθηκε σε σιδερένια επιφάνεια σε απολυτό σκοτάδι, μετά από μια ώρα δεν έδειξε διαφορά στην μεταδοτικότητα του, ωστόσο όταν το ίδιο δείγμα εκτέθηκε σε υπεριώδη ακτινοβολία τύπου B, μέσα σε 7-13 λεπτά έχασε πάνω από το 90% της ικανότητάς του όσον αφορά την μόλυνση ενός ατόμου. Όταν η υγρασία μεταβλήθηκε στα πειράματα που αφορούν την μεταβολή της μεταδοτικότητας του ιού σε σχέση με την μεταβολή της ποσότητάς ηλιακής ακτινοβολίας στην οποία εκτίθεται δεν παρατηρήθηκε καμία αλλαγή στην ικανότητα του να μολύνει ένα άτομο. Όσον αφορά την ποιοτική σύσταση της ατμοσφαιράς σύμφωνα με τα ερευνητικά δεδομένα από Ιταλική Εταιρεία Περιβαλλοντικής Ιατρικής τα αιωρούμενα σωματίδια καθώς και η συγκέντρωσή τους στην ατμόσφαιρα επηρεάζουν και

αυτά την διασπορά του ιού καθώς τον βοηθούν να ταξιδέψει σε ακόμη μεγαλύτερες αποστάσεις για ώρες η ακόμη και για ημέρες (PASTORINO et al., 2020).

Αξιοσημείωτό είναι το γεγονός ότι η μεταδοτικότητα του Sars-CoV-2 επηρεάζεται και από το υικό φορτίο με το οποίο έρχεται σε επαφή ένα άτομο, το οποίο επακολούθως επηρεάζεται και από την απόσταση δυο ατόμων μεταξύ τους, ωστόσο δεν έχει γίνει γνωστή από την επιστημονική κοινότητα η ακριβής ποσότητα του φορτίου αυτού.

Με βάση τα όσα ειπώθηκαν θα ήταν λογικό να υποθέσει κάποιος ότι σε περιοχές με μεγαλύτερες θερμοκρασίες, υψηλότερη έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία αλλά και μεγαλύτερη σχετική υγρασία η μετάδοσή του ιού θα είναι λιγότερο ευνοϊκή, ωστόσο όσον αφορά την εξάπλωσή και όχι απλά την μεταδοτικότητα κάτι τέτοιο μπορεί να μην ισχύει καθώς εκτός από το όλα όσα αναφέρθηκαν σημαντικό ρολό στην εξάπλωσή του ιού παίζει και το κατά ποσό εφαρμόζονται μετρά ατομικής προστασίας από αυτόν σε κάθε περιοχή. Επίσης γενικά αναμένονται σε περιοχές με υψηλή ηλιοφάνεια και υψηλές θερμοκρασίες όπως είναι περιοχές που βρίσκονται κοντά στον ισημερινό να υπάρχει μικρότερη μεταδοτικότητα με την εξάπλωση να εξαρτάται και από την χρήση των μέτρων προστασίας (Chen et al., 2021).

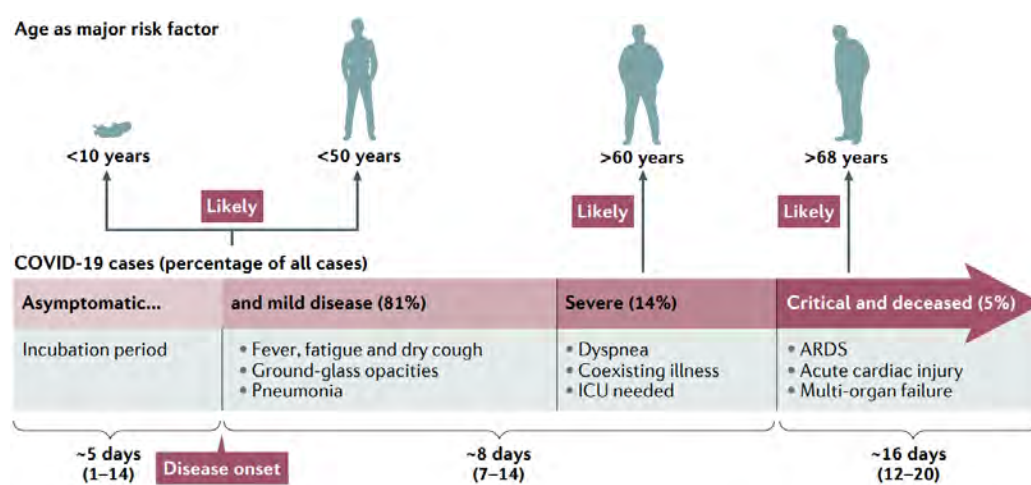
3.4. Παράγοντες που αυξάνουν την πιθανότητα θνησιμότητας από την ασθένεια

Ο ιός εισέρχεται στον ανθρώπινο οργανισμό κυρίως μέσω της αναπνοής σταγονιδίων και προσβάλλει κυρίως επιθηλιακά κύτταρα στα οποία βρίσκεται προσκολλημένος ο υποδοχέας ACE2 αλλά και η πρωτεΐνη TMPRSS2 τα οποία επιτρέπουν την εισαγωγή του γενετικού υλικού στο κύτταρο. Στην συνέχεια ο ιός μπορεί να μεταφερθεί μέχρι και τους πνεύμονες. Οι ασθενείς που μολύνονται από τον ιό έχουν έντονη ανοσοβιολογική απόκριση λόγω της παρατεταμένης καταστροφής των συνεχώς παραγόμενων ιικών κυττάρων με αποτέλεσμα να εξασθενεί το ανοσοποιητικό τους σύστημα με απειλητικό τρόπο. Ασθενείς που οδηγούνται σε θνησιμότητα από τον ιό συνήθως υποφέρουν από περισσότερες από μια παθολογικές καταστάσεις με αποτέλεσμα ο οργανισμός τους να μην μπορεί να ανταπεξέρθει.

Οι ασθενείς που βρίσκονται σε μεγαλύτερη ηλικία, άνω των 60, είναι πιο ευάλωτοι στην ασθένεια λόγω του ήδη εξασθενημένου ανοσοποιητικού συστήματος, ενώ μέσω ερευνών έχει διαπιστωθεί ότι η πλειοψηφία των ασθενών είναι ασυμπτωματικοί και ότι η πλειοψηφία των ασυμπτωματικών ασθενών είναι νέοι και παιδιά (Wu et al., 2020, Guan et al., 2020, Lu, X. et al., 2020).

Μέσω ερευνών έχει διαπιστευτεί ότι ένα άτομο μπορεί να νοσεί με τον ιό μέχρι και 20 μέρες πριν οδηγηθεί στον θάνατο (εικόνα 13). Συνήθως για ασυμπτωματικά άτομα ο ιός παραμένει στο σώμα τους από 1 έως 14 ημέρες με τον μέσο ορό των περιπτώσεων να είναι οι 5 μέρες, σε

άτομα με ήπια ή σοβαρά συμπτώματα ο ιός παραμένει από 7 μέχρι 14 μέρες με τον μέσο ορό των περιπτώσεων να είναι οι 8 ημέρες και τέλος σε πολύ σοβαρές περιπτώσεις όπου ο ασθενής μπορεί να οδηγηθεί σε θάνατο ο ιός παραμένει απο 12 έως 20 ημέρες με τον μέσο ορό των περιπτώσεων να είναι οι 16 μέρες (Wu et al., 2020).



Εικόνα 13: Στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται η επίδραση της ασθένειας σε διαφορετικές ηλικιακές ομάδες. Συγκεκριμένα εμφανίζονται τα ποσοστά σε κάθε κατάσταση της ασθένειας, οι συνήθεις ηλικιακές ομάδες που εμπίπτουν σε αυτές και οι ημέρες που χρειάζονται για να εκδηλωθεί η κάθε κατάσταση.

3.5. Τρόποι αντιμετώπισης της ασθένειας

Για τον περιορισμό της μετάδοσης του ιού μπορούν να ληφθούν διαφορά μετρά προστασίας όπως είναι η χρήση μάσκας, η διατήρηση αποστάσεων από άλλα άτομα σε εξόδους, περιορισμό των μετακινήσεων ειδικά όταν αυτές δεν τίθενται αναγκαίες κατά την πανδημία, κρατικές αποφάσεις που ενισχύουν την πρόληψη όπως είναι ο περιορισμός των πτήσεων ο οποίος συμβάλει στην αποτροπή διασποράς του ιού και σε άλλες χώρες, η εφαρμογή των κανόνων της προσωπικής υγιεινής αλλά, οι πραγματοποιήση τακτικών ελέγχων ειδικά σε άτομα νεαρής ηλικίας τα οποία τείνουν να είναι ασυμπτωματικά καθώς και η καλύτερη προστασία των ευαίσθητων ομάδων και οι ενημέρωση για τα μετρά αυτά (US Centers for Disease Control and Prevention).

Μέσω της χρήσης της μάσκας εμποδίζεται μέχρι ένα σημείο η μετάδοση σταγονιδίων που φέρουν τον ιό στο περιβάλλον μας, μέσω της διατήρησης αποστάσεων μειώνεται το ρίσκο της

διασποράς του ιού μέσω κοντινής επαφής σε άλλα άτομα, η μείωση των μη αναγκαίων εξόδων αποσκοπεί στην μείωση της επαφής με μολυσμένα άτομα, η μείωση των ευρειών μετακινήσεων στοχεύει στην αποτροπή της ευρείας εξάπλωσης της ασθένειας, η εφαρμογή των κανόνων προσωπικής υγιεινής στοχεύει να μας προστατέψει σε περίπτωση που έρθουμε σε επαφή με μολυσμένες από τον ιό επιφάνειες. Επίσης η πραγματοποίηση τακτικών ελέγχων είναι πολύ σημαντική για την διάγνωση αλλά και την σωστή αντιμετώπιση των κρουσμάτων σε ασυμπτωματικά άτομα ή σε άτομα με ελαφριά συμπτώματα και η ενημέρωση συμβάλει στην εφαρμογή των μέτρων προστασίας (US Centers for Disease Control and Prevention).

3.6. Διάγνωση της ασθένειας

Ο ιός μπορεί να ανιχνευθεί με την μέθοδο της RT-PCR (Reverse transcription polymerase chain reaction ή αντιστροφή αλυσιδωτή αντίδραση πολυμεράσης)(εικόνα 14), και μέσω τεστ αντιγόνων (εικόνα 15). Ωστόσο υπάρχει και ένα άλλο τεστ που γίνεται όταν ένα άτομο έχει προσβληθεί από τον ιό το οποίο στην ουσία μετράει την ανοσία του ατόμου στον ιό, το τεστ αντισωμάτων. Με την μέθοδο RT-PCR αρχικά συλλέγεται ένα δείγμα από τις περιοχές που ενδέχεται να έχει εισβάλει ο ιός όπως είναι η ρινική κοιλότητα αλλά και περιοχή κοντά στον λάρυγγα όπου υπάρχει πληθώρα επιθηλιακών κυττάρων στα οποία ενδεχομένως να εισβάλει ο ιός. Αφού συλλεχθεί το δείγμα (εικόνα 16) από αυτό απομονώνεται το γενετικό υλικό του ιού σε ειδικό μείγμα έτσι ώστε να διατηρηθεί ανέπαφη η σύστασή του και με την βοήθεια ενός ενζύμου που ονομάζεται αντιστροφή μεταγραφάση ο κλώνος RNA του ιού μετατρέπεται σε έναν συμπληρωματικό κλώνο DNA ή αλλιώς σε έναν κλώνο c-DNA ο οποίος στην συνέχεια με την διαδικασία της PCR πολλαπλασιάζεται έτσι ώστε να μπορέσει στην συνέχεια με χρώση να εντοπιστεί, με αποτέλεσμα την διάγνωση του ασθενή με την συγκεκριμένη ασθένεια. Όσον αφορά τα τεστ αντίγονου είναι στην ουσία τεστ που ανιχνεύουν την επιφανειακή πρωτεΐνη του ιού η οποία είναι μοναδική και δρα ως αντίγονο με την χρήση των κατάλληλων αντισωμάτων. Το τεστ αντισωμάτων λαμβάνεται από το αίμα του ασθενούς και μας βοηθάει να καθορίσουμε αν ο ασθενής βρίσκεται στα αρχικά στάδια της ασθένειας η αν έχει ήδη αποκτήσει ανοσία στον ιό.



Εικόνες 14-15: Αριστερά (εικόνα 14) φαίνεται μέρος της διαδικασίας που ακολουθείτε για την διεξαγωγή της PCR, ενώ δεξιά (εικόνα 15) φαίνεται ένα παράδειγμα τεστ αντιγόνου ή rapid test.



Εικόνα 16: Η διαδικασία που ακολουθείται για τη λήψη δείγματος από ασθενή με μια μπατονέτα.

4. Ατμοσφαιρική ρύπανση

4.1. Εισαγωγή

Ο όρος ατμοσφαιρική ρύπανση αναφέρεται στην αλλαγή της γενικής σύστασης της ατμοσφαιράς με αποτέλεσμα την υποβολή αρνητικών και δυσμενών επιπτώσεων στους οργανισμούς αλλά κυρίως στον άνθρωπο. Η ατμοσφαιρική ρύπανση συντελείται όταν στην ατμόσφαιρα εκτίθενται ουσίες που ονομάζονται ρύποι σε ποσότητες τέτοιες ώστε να έχουν αρνητική επιρροή στην σύσταση της.

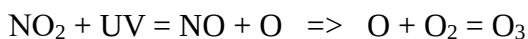
Βασικοί ατμοσφαιρικοί ρύποι αποτελούν διοξείδιο του άνθρακα, φθοροχλωράνθρακες, τα οξείδιά του αζώτου και του θείου, το διοξείδιο του άνθρακα, οι αρωματικοί κυκλικοί υδρογονάνθρακες (VOCs-Volatile Organic Carbons), οι φαινόλες, το μονοξείδιο του άνθρακα αλλά και το όζον όταν αυτό βρίσκεται σε υψηλές συγκέντρωσης στα χαμηλά επίπεδα της τροπόσφαιρας.

4.2. Κατηγοριοποίηση ατμοσφαιρικών ρύπων

Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι μπορούν να χωριστούν σε διάφορες κατηγορίες εκ των οποίων μια κύρια κατηγορία είναι αυτή στην οποία χωρίζονται σε ανθρωπογενείς ρύπους και φυσικούς ρύπους. Ανθρωπογενείς νοούνται οι ρύποι που παράγονται από ανθρώπινη δραστηριότητα όπως είναι το διοξείδιο του άνθρακα και τα οξειδιά του αζώτου που παράγονται από την χρήση βενζινοκινητήρων στα αυτοκίνητα. Ως φυσικοί ρύποι νοούνται οι ρύποι που προέρχονται από φυσικές διεργασίες όπως είναι η έκρηξη ενός ηφαίστειου που παράγει οξειδιά του θείου και διοξείδιο του άνθρακα. Μερικές κυρίες ανθρωπογενείς πηγές ρύπων είναι τα αυτοκίνητα, τα κλιματιστικά, συσκευές καύσης που χρησιμοποιούμε για να ζεστάνουμε το σπίτι μας τον χειμώνα αλλά και η καύση γαιανθράκων και πετρελαίου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Όσον αφορά της φυσικές πηγές χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν οι εκρήξεις των ηφαίστειων, τα απορρίμματα των ζώων, και οι φυσικές πυρκαγιές.

Άλλη μια κατηγορία στην οποία μπορούν να χωριστούν οι ρύποι είναι με βάση τον τρόπο δημιουργίας τους, είναι ο χωρισμός τους σε πρωτογενείς και δευτερογενείς ρύπους (εικόνα 17). Οι πρωτογενείς ρύποι είναι στην ουσία οι ρύποι που παράγονται άμεσα και απελευθερώνονται κατευθείαν στην ατμόσφαιρα. Από την άλλη οι δευτερογενείς ρύποι είναι αυτοί που παράγονται έμμεσα μέσω αλληλεπίδρασης πρωτογενών ρύπων με διάφορα στοιχεία της ατμόσφαιρας, η οποία μπορεί να γίνει και με την βοήθεια της ηλιακής ακτινοβολίας.

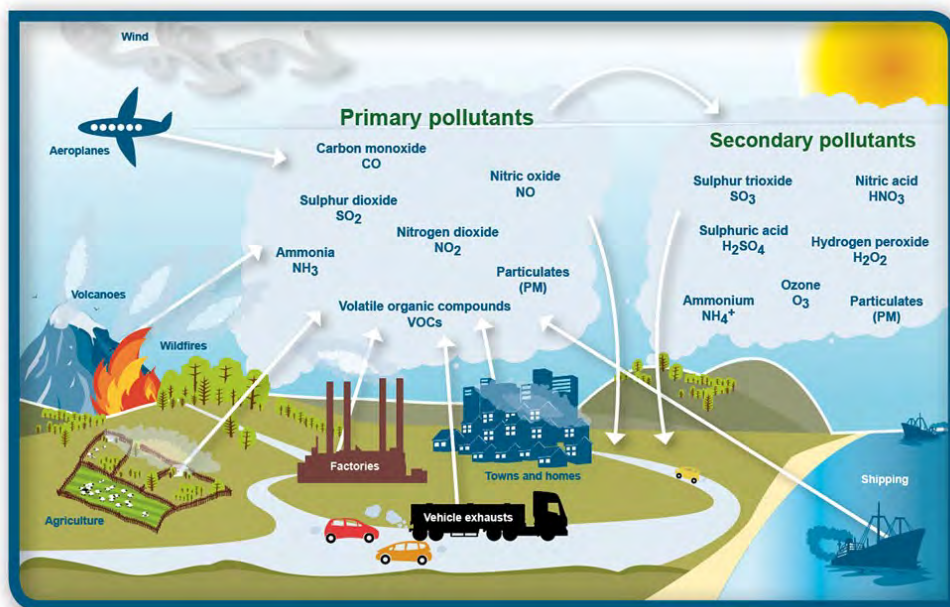
Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η δημιουργία του αζώτου στα κατώτερα τμήματα της ατμοσφαίρας μέσω αλληλεπίδρασης των οξειδίων του αζώτου με ατμοσφαιρικά στοιχεία όπως είναι το οξυγόνο και η ηλίκιακή ακτινοβολία. Έτσι το άζωτο απορροφάει την ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας με αποτέλεσμα την απελευθέρωση ενός οξυγόνου το οποίο στην συνέχεια ενώνεται με ένα διατομικό μόριο οξυγόνου το οποίο υπάρχει σε αφθονία στον ατμοσφαιρικό αέρα με αποτέλεσμα τον σχηματισμό ενός μορίου όζοντος. Η παραπάνω διαδικασία μπορεί να επωφεληθεί ακόμη περισσότερο με την παρουσία πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs) οι οποίες κατά την παρουσία τους στην ατμόσφαιρα αντιδρούν με το μονοξείδιο του άνθρακα που δημιουργήσε ένα μόριο όζοντος προσφέροντας του ένα άτομο οξυγόνου και μετατρέποντας το εκ νέου στην αρχική του μορφή με αποτέλεσμα αυτό να συνεχίσει να δημιουργεί μόρια όζοντος. Μια παραδειγματική χημική αντίδραση της παραπάνω αντίδρασης είναι η εξής:



4.3. Φαινόμενα που οφείλονται στην ατμοσφαιρική ρύπανση

Η ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να προκαλέσει πολλές δυσάρεστες συνέπειες όπως είναι η αρνητική επίδραση στην υγεία του ανθρώπου αλλά και των οργανισμών, την καταστροφή των οικοσυστημάτων και ό,τι αυτό συνεπάγεται αλλά και την καταστροφή ανθρωπίνων ή και όχι κατασκευών και μνημείων καθώς και σε ορισμένες περιπτώσεις έντονη αισθητική όχληση.

Ορισμένοι ερευνητές πιστεύουν ακόμη ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι νέας από τους παράγοντες που προκάλεσε την μόλυνση του ανθρώπου από τον κορωνοϊό Sars-CoV-2 με αποτέλεσμα την έξαρση της πανδημίας, ως επίπτωση της κλιματικής αλλαγής, ωστόσο για αυτήν την υπόθεση θα αναφερθούμε πιο αναλυτικά παρακάτω.



Εικόνα 17:
Σχηματική
αναπαράσταση
ορισμένων
πρωτογενών αλλά
και δευτερογενών
ρύπων και των
πηγών από τις
οποίες εκλύονται.

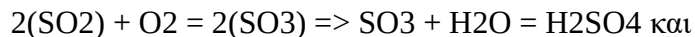
Μερικά από τα φαινόμενα που προκαλούνται από την ατμοσφαιρική ρύπανση είναι η όξινη βροχή, η κλιματική αλλαγή, το φωτοχημικό νέφος και η αιθαλομίχλη. Παρακάτω θα αναφερθούν συνοπτικά το καθένα από αυτά.

4.3.1. ΟΞΙΝΗ ΒΡΟΧΗ

Η όξινη βροχή είναι ένα κύριο φαινόμενο που προκαλεί η ατμοσφαιρική ρύπανση και είναι υπεύθυνο για την διάβρωση αγαλμάτων (εικόνα 19), κτηρίων και άλλων ανθρωπίνων κατασκευών και μνημείων τα οποία είναι φτιαγμένα από υλικά τα οποία διαβρώνονται από τα οξέα (ανθρακικά άλατα) όπως είναι το μάρμαρο από το οποίο δημιουργούνται διαφορά

γλυπτά. Αυτό συμβαίνει λόγω των οξέων που σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα από την αλληλεπίδραση του οξυγόνου και του νερού με τα οξειδία του αζώτου και του θείου. Η οξύτητα της όξινης βροχής είναι κάτω από την οξύτητα που παρουσιάζεται στο βρόχινο νερό κανονικά, η οποία είναι ίση με περίπου 5,6 pH. Η συνηθισμένη οξύτητα της βροχής οφείλεται στην αντίδραση του νερού της βροχής με το διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα από την οποία παράγονται ελαφρά οξέα. Αντίθετα, η όξινη βροχή προκύπτει από την αντίδρασή υδρατμών με οξειδία του αζώτου και του θείου σχηματίζοντας έτσι σχετικά ισχυρά οξέα όπως είναι το θειικό οξύ (H_2SO_4), γνωστό και ως βιτριόλι, νίτριο οξύ (HNO_3). Το pH της όξινης βροχής είναι περίπου 4,2 - 4,4.

Η χημική αντίδρασή που περιγράφει το φαινόμενο είναι η εξής:



Εικόνα 18



Εικόνα 19

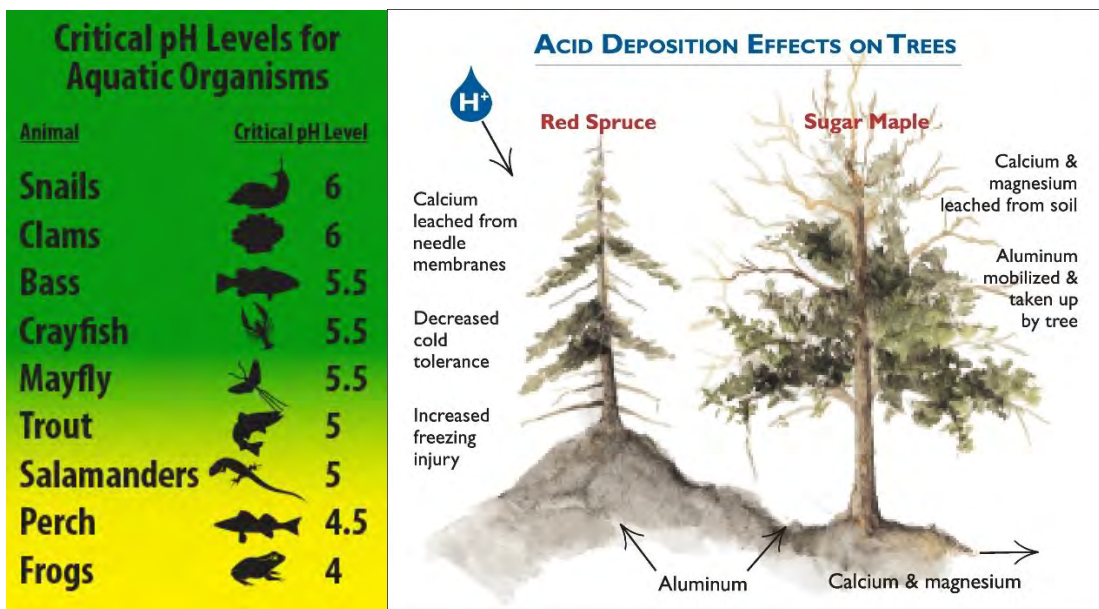
Εικόνες 18-19: Στην εικόνα 18 φαίνεται ένα δάσος που έχει πληγεί από την όξινη βροχή, ενώ στην εικόνα 19 φαίνονται οι επιπτώσεις της όξινης βροχής σε ένα άγαλμα που έχει διαβρωθεί.

Τα οικοσυστήματα μπορούν να επηρεαστούν σημαντικά από την όξινη βροχή λόγω της απότομης μείωσης και αλλοίωσης του pH του εδάφους αλλά και του νερού καθώς μας είναι γνωστό ότι διάφοροι οργανισμοί μπορούν να ζήσουν σε συγκεκριμένες συνθήκες pH τόσο ζωικοί όσο και φυτικοί, καθώς αν βρεθούν σε περιβάλλον με αλλοιωμένο pH είτε δεν θα υπάρξει η σωστή ανάπτυξη τους είτε θα οδηγηθούν τελικά σε πρόωρο θάνατο (εικόνα 18).

Παραδείγματα της επίδρασης της όξινης βροχής στους οργανισμούς είναι το γεγονός ότι τα αυγά των ψαριών δεν μπορούν να εκκολαφθούν σε pH μικρότερο του 5, οι μικρότεροι σε ηλικία οργανισμοί είναι πιο ευαίσθητοί στις περιβαλλοντικές αλλαγές καθιστώντας τους έτσι πιο ευάλωτους στην μείωση της οξύτητας του νερού αλλά και των ποιοτικών συστατικών του καθώς η όξινη βροχή μπορεί να την επιφέρει μέσω της διάβρωσης που προκαλεί, ενώ άλλα ζώα που αν και άμεσα μπορεί να μην επηρεαστούν από τις συνέπειες της όξινης βροχής μπορεί να επηρεαστούν έμμεσα λόγω του θανάτου ενός οργανισμού πιο ευαίσθητου στην αλλαγή της οξύτητας με τον οποίον τρέφονταν, δηλαδή μέσω της αλληλεπίδρασης της όξινης βροχής στην τροφική αλυσίδα (Environmental protection agency).

Ένα κλασικό παράδειγμα αποτελεί ο βάτραχος ο οποίος αν και δεν επηρεάζεται άμεσα, μπορεί να επηρεαστεί από την έλλειψη τροφής καθώς η όξινη βροχή προκαλεί τον θάνατο διάφορων εντομών που γεννιούνται στο νερό και με τα οποία τρέφεται όπως είναι διάφορα εφημερόπτερα (εικόνα 20).

Μέσω της διάβρωσης που προκαλείται από την όξινη βροχή τα συστατικά από τα υλικά που διαβρώθηκαν μπορούν να απορρεύσουν μαζί με αυτήν σε κάποιον υδάτινο αποδεκτή αλλά και να καταλήξουν στο έδαφος αλλάζοντας έτσι την σύσταση του. Υλικά που παρασύρονται μέσω της διάβρωσης είναι αλουμίνιο, ενώσεις ασβεστίου και διαφορά μέταλλα (εικόνα 21).



Εικόνες 20-21: Στην εικόνα 20 (αριστερά) φαίνονται κρίσιμα σημεία Ph για την επιβίωση διάφορων υδρόβιων οργανισμών, ενώ στην εικόνα 21 (δεξιά) φαίνονται η επιπτώσεις που μπορεί να προκαλέσει η όξινη βροχή σε 2 είδη δέντρων παραδειγματικά.

4.3.2. ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Η κλιματική αλλαγή είναι ένα φαινόμενο που αποτελεί κύριο θέμα συζήτησης τα τελευταία χρόνια λόγω των βαθύτατων επιπτώσεων που ήδη προκαλεί και ενδέχεται να προκαλέσει στο άμεσο μέλλον. Τα πρώτα ίχνη της κλιματικής αλλαγής αλλά και των επιπτώσεων των ανθρωπίνων συμπεριφορών άρχισαν να γίνονται ορατά μετά την βιομηχανική επανάσταση με την έντονη παρουσία των βιομηχανιών στην ζωή των ατόμων καθώς και μέσω αυτού την καλύτερη ποιότητα ζωής. Η κλιματική αλλαγή οφείλεται στην ατμοσφαιρική ρύπανση η οποία προκαλεί την ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου με αποτέλεσμα την σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας της ατμοσφαιράς στην γη. Αυτό επιτυγχάνεται με την απελευθέρωση στην ατμόσφαιρα αέριων του θερμοκηπίου σε μεγάλες ποσότητες και με ταχύτατους ρυθμούς με αποτέλεσμα την συσσώρευσή τους σε αυτήν. Τα αέρια αυτά λόγω των ιδιοτήτων που κατέχουν να απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία και δεν την αφήνουν να αποδράσει στο διάστημα με αποτέλεσμα την αύξηση της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου πήρέ το όνομα το από το θερμοκήπιο διότι παρατηρείται το ίδιο φαινόμενο απλά μακροσκοπικά. Όπως και στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, στο θερμοκήπιο λόγω χρήσης καταλλήλων γυάλινων τοιχωμάτων μέρος της ακτινοβολίας φτάνει στο θερμοκήπιο αλλά δεν έχει αρκετή ενέργεια για να βγει από αυτό με αποτέλεσμα να εγκλωβίζεται μέσα του και διατηρείται ο χώρος ζεστός (National Geographic).

Οι καταστροφικές συνέπειες που προκαλούνται από την άνοδο της θερμοκρασίας είναι η εντατικοποίηση των φυσικών καταστροφών όπως είναι οι πλημμύρες, οι τυφώνες, οι σεισμοί και οτιδήποτε αυτά συνεπάγονται, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, η οποία μας αφήνει με ακόμη λιγότερη επιφάνεια διαβίωσης και εκμετάλλευσης καθώς με την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης πολλά κομμάτια γης θα καλυφθούν από νερό, αλλά και η καταστροφή πολλών οικοσυστημάτων και τον αφανισμό σημαντικού μέρους της βιοποικιλότητας λόγω αλλαγών στο περιβάλλον των οργανισμών και στο ενδεχόμενο αυτοί να μην μπορούν να ανταπεξέρθουν με αποτέλεσμα να οδηγηθούν τελικά στον θάνατο.



Εικόνες 22-23: Στην εικόνα 22 (αριστερά) φαίνονται οι εξατμίσεις μιας βιομηχανικής μονάδας που εκπέμπουν διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, ενώ στην εικόνα 23 (δεξιά) φαίνεται ένας βομβίνος, είδος που πιστεύεται ότι θα επηρεαστεί σημαντικά από την κλιματική αλλαγή.

Συγκεκριμένα μέσω της ανόδου της θερμοκρασίας θα προκληθεί το λιώσιμο των πάγων και μέσω αυτού θα αυξηθεί η στάθμη της θάλασσας. Με την αύξηση της στάθμης της θάλασσας πολλά οικοσυστήματα που βρίσκονται στο όριο της ακτογραμμής ενδέχεται να επηρεαστούν σημαντικά ενώ με την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας στη γη θα θερμανθούν επίσης περισσότερο τα νερά πράγμα που επίσης θα επηρεάζει σημαντικά διαφορά ευαίσθητα περιβάλλοντα καθώς η μεταβολή της θερμοκρασίας μπορεί να μεταβάλει και άλλες παραμέτρους όπως είναι ο μέγιστος κορεσμός μια υγρής μάζας και αν μια τέτοια αλλαγή σχηματιστεί απότομα μπορεί ένα οικοσύστημα να πληγεί και να μην μπορέσει να ανακάμψει.

Επίσης σημαντικός είναι ο ρόλος της ανόδου της θερμοκρασίας και στο κλίμα καθώς επηρεάζεται και η ατμόσφαιρα από αυτήν την αύξηση με αποτέλεσμα την δημιουργία ισχυρών καταστρεπτικών και συχνότερων καιρικών καταστροφών όπως οι καταστροφές που αναφέρθηκαν προηγουμένως.

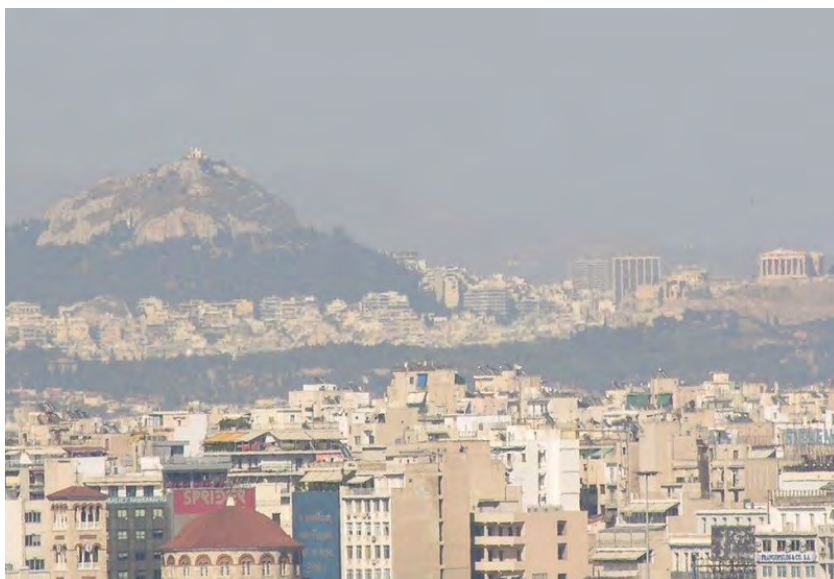


Εικόνα 24: Στην εικόνα αυτή φαίνονται η καταστροφικές συνέπειες μιας πλημμύρας.

Βασικά αέρια του θερμοκηπίου αποτελούν οι υδρατμοί, το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο, το οξείδιο του νατρίου, το όζον, οι φθοροχλωράνθρακες, οι υδροθφοράνθακες και οι φθοράνθρακες.

4.3.3. ΦΩΤΟΧΗΜΙΚΟ ΝΕΦΟΣ

Το φωτοχημικό νέφος ή αλλιώς νέφος του Λος Άντζελες είναι ένα νέφος που εμφανίζεται κυρίως σε μεγάλες πόλεις και γίνεται ιδιαίτερα ορατό σε ηλιόλουστες μέρες με υψηλή θερμοκρασία. Η σύστασή του αποτελείται από μια μάζα συσσωρευμένων ρύπων από την χρήση αυτοκινήτων και την λειτουργία βιομηχανιών. Συγκεκριμένα οι ρύποι που το αποτελούν είναι κυρίως οξείδιά του αζώτου, το μονοξείδιο του άνθρακα και το όζον το οποίο παράγεται από την αντίδραση των οξειδίων του αζώτου με το φως. Το συγκεκριμένο φαινόμενο αποτελεί κίνδυνο για την ανθρώπινη και όχι μόνο υγεία καθώς επιβαρύνει ηδύ υπάρχοντα αναπνευστικά προβλήματα αλλά και δημιουργεί έντονη αισθητική όχληση.



Εικόνα 25: Στην εικόνα αυτή απεικονίζεται ένα φωτοχημικό νέφος που έχει σχηματιστεί πάνω από την Αθηνά.

4.3.4. ΑΙΘΑΛΟΜΙΧΛΗ

Η αιθαλομίχλη είναι ένα φαινόμενο ομίχλης με χροιά καπνού και δημιουργείται από προϊόντα καύσης τα οποία είναι κυρίως σωματίδια αιθάλης και διοξείδιο του θείου.

Η αιθαλομίχλη αποτελεί και αυτή μια αισθητική όχληση περιορίζοντας σε μεγάλο βαθμό την ορατότητα και προκαλώντας και αυτή προβλήματα στην υγεία ενός ατόμου καθώς επιβαρύνει

καταστάσεις όπως τα ήδη υπάρχοντα αναπνευστικά προβλήματα όπως είναι το άσθμα η βρογχίτιδα και ο βήχας, καρδιαγγειακά και νευρολογικά προβλήματα (Kloog et al., 2013, Chen et al., 2007).

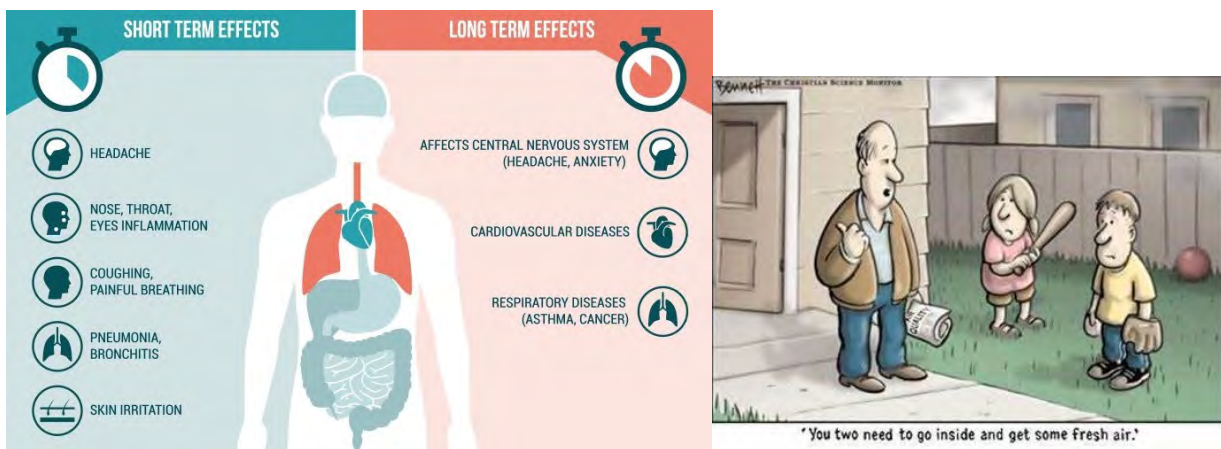


Εικόνα 26: Στην εικόνα αυτή απεικονίζεται ένα φαινόμενο νυχτερινής αιθαλομίχλης.

Εκτός από τα φαινόμενα που προαναφέρθηκαν σημαντικές είναι οι επιπτώσεις τις ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία του ανθρώπου. Τα αιωρούμενα σωματίδια σε συνδυασμό με τους ατμοσφαιρικούς ρύπους ανάλογα με την συγκέντρωσή τους και την έκταση που καταλαμβάνουν μπορούν να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη και όχι υγεία οι οποίες μπορεί να εκδηλώνονται είτε άμεσα μέσω βραχυπρόθεσμης δράσης είτε έμμεσα μέσω μακροπρόθεσμης δράσης. Όλες αυτές η ουσίες δρουν προκαλώντας προβλήματα κυρίως στο αναπνευστικό σύστημα όπως είναι η πνευμονία, το άσθμα, ο ερεθισμός, ο βήχας, η φλεγμονή αλλά και καρκίνο, ενώ επηρεάζουν και το καρδιαγγειακό σύστημα δημιουργώντας προβλήματα στους ιστούς, εγκεφαλικά επεισόδια και συντελούν στην εμφάνιση καρκίνου.

Συγκεκριμένα η μακροχρόνια έκθεση σε αιωρούμενα σωματίδια σχετίζεται με καρδιαγγειακές παθήσεις, βρεφική θνησιμότητα, αναπνευστικές ασθένειες και προσβολή του αναπνευστικού συστήματος γενικά. Άτομα που πάσχουν από άσθμα, πνευμονία, διαβήτη, και καρδιαγγειακές και αναπνευστικές παθήσεις είναι πιο ευάλωτα στην δράση των αιωρούμενων σωματιδίων. Σύμφωνα με ερευνά που αφορά την αναφορά τον ημερήσιων θανάτων σε περίοδο τριών χρονών σε διαφορετικές ευρωπαϊκές πόλεις από το ευρωπαϊκό πρόγραμμα APHEA2 κατά την θερινή περίοδο μια αύξηση στην συγκέντρωση του όζοντος συσχετίστηκε με την αύξηση των ημερήσιων θανάτων, των θανάτων που προκλήθηκαν από αναπνευστικά προβλήματα και των θανάτων από καρδιαγγειακά προβλήματα, ενώ το χειμώνα δεν παρατηρήθηκε κάτι αξιοσημείωτο (Gryparis et al., 2004). Το διοξείδιο του αζώτου είναι ερεθιστικό προκαλώντας αύξηση στις πνευμονικές ασθένειες, βήχα, δύσπνοια, αλλά και οίδημα σε υψηλές

συγκεντρώσεις. Επίσης εικάζεται ότι η έκθεση ενός ατόμου σε υψηλές συγκεντρώσεις αυτού για μεγάλα χρονικά διαστήματα προκαλεί χρόνια πνευμονική ασθένεια. Άλλος ένας ρύπος όπως είναι το διοξείδιο του θείου το οποίο προκαλεί αναπνευστικό ερεθισμό, βρογχίτιδα, παραγωγή βλέννας και βρογχόσπασμο, καθώς είναι αισθητηριακά ερεθιστικό και διεισδύει βαθιά στον πνεύμονα που μετατρέπεται σε όξινο θειώδες άλας και αλληλοεπιδρά με αισθητικούς υποδοχείς, προκαλώντας βρογχοσυστολή.



Εικόνες 27-28: Αριστερά στην εικόνα 27 παρουσιάζονται μερικές από τις επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανση στην υγεία και σε ποια συστήματα αυτή δρα, ενώ στην εικόνα 28, δεξιά, απεικονίζεται ένα σατιρικό σχέδιο που αφορά την ποιότητα του αέρα.

Μέτρα αντιμετώπισης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης αποτελούν ο έμμεσος περιορισμός της και ο άμεσος περιορισμός της. Ο έμμεσος περιορισμός της μπορεί να επιτευχθεί με την θέσπιση και την εφαρμογή σχετικών νόμων αλλά και με βάση την ατομική ευσυνειδησία, όπως είναι η εξοικονόμηση ενέργειας και η μείωση των περιττών μετακινήσεων. Ο άμεσος περιορισμός της μπορεί να πραγματοποιηθεί με την τοποθέτηση φίλτρων και άλλων τεχνολογιών σε μηχανήματα που την προκαλούν και με την χρήση ατομικών μέσων προστασίας, κάτι που μπορεί να γίνει μέσω της αποφυγής συσχετισμού με χώρους ή περιοχές με υψηλή συγκέντρωση ρύπων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι μη καπνιστές που δεν πρέπει να μένουν σε κλειστό χώρο με καπνιστές λόγω του ότι ο καπνός τους επηρεάζει και αυτούς. Άλλα παραδείγματα ατομικών μέτρων προστασίας είναι ο άμεσος περιορισμός της ρύπανσης με την χρήση μασκών σε τέτοιους χώρους αλλά και με την χρήση τεχνολογιών βελτιστοποίησης και ανακύκλωσης του αέρα σε κλειστούς χώρους και ιδιαίτερα χώρους διαβίωσης αλλά και χώρους εργασίας όπου κάποιος μπορεί να περνάει πολλές ώρες μέσα στην ημέρα όπως είναι ο εξαερισμός, η χρήση αφυγραντήρων και φίλτρων αέρα, η χρήση

λαμπτήρων UV για την αποστείρωση των χώρων από τα μικρόβια αλλά και η χρήση δομικών υλικών και επίπλων που δεν εκπέμπουν πτητικές ενώσεις όπως είναι η επιλογή των κατάλληλων χαλιών ή των κατάλληλων χρωμάτων βαφής.

5. Αλληλεπίδραση μεταξύ ατμοσφαιρικής ρύπανσης και του ιού Sars-Cov-2

5.1. Πως η ατμοσφαιρική ρύπανση επηρεάζει την εξάπλωση του Sars-Cov-2

Όταν μιλάμε για εξάπλωση του ιού, αυτή επηρεάζεται από δυο κυρίους παράγοντες, την μεταδοτικότητα που παρουσιάζει ο ιός, δηλαδή πόσο εύκολα μεταβιβάζεται από ένα άτομο σε ένα άλλο και τα μετρά που μπορούν να ληφθούν έτσι ώστε να περιοριστεί η μετάδοση του, στοχεύοντας στους μηχανισμούς μετάδοσης του ιού.

Η μεταδοτικότητα του ιού εξαρτάται κυρίως από την φυσιολογική του δομή και τα μοναδικά του χαρακτηριστικά όπως είναι ο ιδιαίτερος μηχανισμός που χρησιμοποιεί για να εισβάλει στα κύτταρα ξενιστές. Ο μηχανισμός αυτός οφείλεται σε μια δομική πρωτεΐνη του ιού και συγκεκριμένα την πρωτεϊνική του ακίδα (Coutard et al., 2020, Xia et al., 2020, Hasan et al., 2020). Αν και αυτή η ακίδα μοιάζει κατά ένα σημείο με τις πρωτεϊνικές ακίδες άλλων κορωνοϊών, είναι διαφορετική και σε αυτήν την διαφορετικότητα οφείλεται μεγάλο μέρος της υψηλότερης μεταδοτικότητας που εμφανίζει ο ιός σε σχέση με τους υπολοίπους (Wrapp et al., 2020). Εκτός από τον ίδιο τον ιό η μεταδοτικότητα του μπορεί να επηρεαστεί και από το ίδιο το περιβάλλον το οποίο δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες για την διασπορά του, όπως είναι για παράδειγμα η μη τήρηση των αποστάσεων ασφάλειας για να μην κόλλησει κάποιος, καθώς όσο πιο κοντά είσαι με ένα άλλο άτομο τόσο πιο πυκνό το υικό φορτίο στο οποίο θα εκτεθείς, καθώς αυτό δεν καταφέρνει να αραιωθεί και να εξαπλωθεί στην υπόλοιπη ατμόσφαιρα.

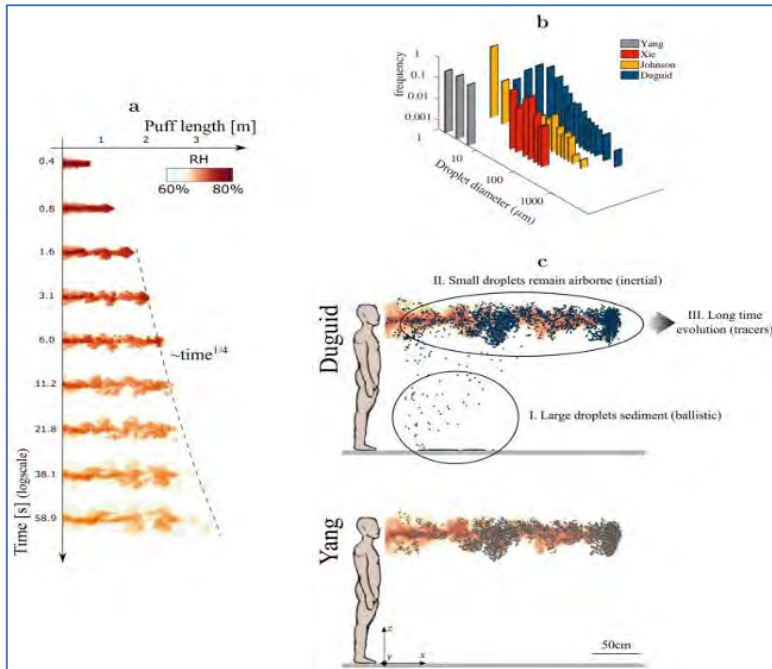
Όσον αφορά την δομή του, η μεταδοτικότητα αυξάνεται όταν αυξάνεται και η έκφραση των κατάλληλων αντιγόνων σε ένα κύτταρο υποδοχέα. Συγκεκριμένα από έρευνες που αφορούν την αέρια ρύπανση έχει βρεθεί ότι τα οξειδία του αζώτου, το όζον, τα αιωρούμενα σωματίδια και η ατμοσφαιρική ρύπανση γενικά επιδρούν στην έκφραση αυτών των αντιγόνων και συγκεκριμένα του αντίγονου ACE-2 προκαλώντας αύξηση της εμφάνισής τους, αυξάνοντας έτσι συμπερασματικά και την μεταδοτικότητα του ιού (Frontera et al., 2020). Αυτό υποστηρίζεται από έρευνες που έχουν γίνει σε άτομα που έχουν υποστεί χρόνια έκθεση στην ατμοσφαιρική ρύπανση όπου διαπιστώθηκε η αύξηση στην έκφραση του ενζύμου ACE-2 στις

πνευμονικές κυψελίδες. Επίσης η δομή του ιού καθορίζει κατά ποσό αυτός με βάση τις περιβαλλοντικές συνθήκες μπορεί να επιβιώσει σε συγκεκριμένες επιφάνειες όπως αναφέρθηκε προηγουμένως με αποτέλεσμα να επηρεάζεται και με αυτόν τον τρόπο η μεταδοτικότητα του ιού. Επίσης όπως είχαμε αναφέρει τις περιβαλλοντικές και αρά και τις κλιματολογικές συνθήκες επηρεάζει σφοδρά η κλιματική αλλαγή, η οποία με την σειρά της προκαλείται μέσω της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Έτσι φανερώνεται και η σχέση της αέριας ρύπανσης με τις περιβαλλοντικές συνθήκες όπως είναι η θερμοκρασία και η υγρασία η οποίες επηρεάζουν την μεταδοτικότητα του ιού.

Άλλη μια ανθρώπινη συμπεριφορά που συνδέεται με την ατμοσφαιρική ρύπανση αλλά και με την μεταδοτικότητα του ιού είναι το φαινόμενο της αστικοποίησης. Το φαινόμενο της αστικοποίησης βοηθάει και αυτό στην εξάπλωση του ιού ειδικά αν δεν υπάρχει η τήρηση μέτρων ασφάλειας και πρόληψης (εικόνα 30). Μετά από την βιομηχανική επανάσταση σημειώθηκε σημαντική αύξηση του πληθυσμού, έντονη παραγωγικότητα αλλά και το φαινόμενο της αστικοποίησης με μεγάλο μέρος του πληθυσμού να συγκεντρώνεται με μεγάλη πυκνότητα σε συγκεκριμένες περιοχές (κάτοικοι/Km²) όπως είναι οι πόλεις (Εικόνα 31). Αυτό όχι μόνο οδήγησε σε υψηλές τιμές ρύπανσης στις συγκεκριμένες περιοχές αλλά και στην υψηλότερη μεταδοτικότητα των ασθενειών όπως η Covid 19, λόγω της στενής επαφής των ατόμων αλλά και της υψηλότερης συγκέντρωσης του πληθυσμού σε κλειστούς χώρους όπως είναι τα μέσα μαζικής μεταφοράς και διάφοροι κοινόχρηστοι χώροι όπως είναι τα θέατρα, το σινεμά, τα μουσεία, τα αεροπλάνα κ.α (Lembo et al., 2021). Για τον λόγο αυτό, στις πόλεις είναι λογικό να σημειώνονται περισσότερα κρούσματα σε σχέση με την επαρχία όπου δεν υπάρχει τόσο έντονος συνωστισμός, αν και στην επαρχία μπορεί να γίνει μετάδοση των ασθενειών μέσω της αγροτικής ζωής μέσω αλληλεπίδρασης με τα ζώα αλλά και με το χώμα χωρίς την λήψη προστατευτικών μέτρων όπως είναι η χρήση γαντιών και η ιατρική εξέταση των ζώων. Ακόμη ένας παράγοντας στην εξάπλωση του ιού είναι η κοινωνική αλλά και η ατομική ευαισθητοποίηση καθώς μεγάλο ρόλο στην αποτροπή της διασποράς του ιού και της εξάπλωσης της πανδημίας αποτελεί η ατομική πρόληψη με τα μετρά που μπου να ληφθούν να έχουν αναφερθεί προηγούμενος άλλα και φανερώνονται σχηματικά στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 22). Μέσω τον αεροπλάνων και των λεωφορείων όχι μόνο ο ιός μπορεί να μεταδοθεί πιο εύκολα αν δεν γίνονται έλεγχοι αλλά μπορεί να εξαπλωθεί και παγκοσμίως. Έτσι με τον περιορισμό και την ακύρωση πτήσεων και με τους τακτικούς ελέγχους κατά την πανδημία όχι μόνο εμποδίστηκε η διασπορά του ιού, μέχρι ένα σημείο, άλλα περιορίστηκε και κατά κάποιον τρόπο η μετάδοση του σε άλλες περιοχές και μειώθηκαν και τα επίπεδα της εκπεμπόμενης ρύπανσης από τα αεροπλάνα.

Ένα άτομο μπορεί να μολυνθεί από κορωνοϊό αν βρεθεί σε απόσταση μικρότερη των 2 μέτρων για περισσότερο από 15 λεπτά χωρίς την εφαρμογή προστατευτικών μέσων όπως είναι η χρήση της μάσκας. Επίσης μετά από μελέτες έχει βρεθεί ότι ένα ιοσωμάτιο κορωνοϊού μπορεί να φτάσει και μέχρι 2,5 μετρά ύψος στην ατμόσφαιρα και μπορούν να διαμείνουν εκεί

μέχρι και 1 λεπτό σε συνθήκες άπνοιας (Pittet, 2020). Με βάση αυτά φανερώνεται και η σημαντικότητα που έχει να τηρούνται οι αποστάσεις ασφάλειας η οποίες συνήθως δεν τηρούνται στις πόλεις λόγω μεγάλης συγκέντρωσης του πληθυσμού. Η παρακάτω εικόνα αποτελεί μια σχηματική αναπαράσταση της μετάδοσης του ιού μέσω του αέρα (εικόνα 29).



Εικόνα 29: Μετάδοση του ιού μέσω του αέρα.

Οπότε θα ήταν λογικό κάποιος να υποθέσει ότι σε πόλεις με μεγάλη πυκνότητα πληθυσμού αναμένονται και υψηλότερα επίπεδα κρουσμάτων αν θεώρηση κάνεις βέβαια ότι το ποσοστό των ηλικιωμένων ατόμων και των ευάλωτων ομάδων στις συγκεκριμένες περιοχές είναι το ίδιο και επίσης ότι λαμβάνονται με ίδια ένταση παρόμοια μετρά ατομικής προστασίας.



Εικόνες 30-31: Η εικόνα 30 αριστερά αναφέρει τα μέτρα προστασίας για την αποφυγή της ασθένειας Covid 19, ενώ η εικόνα 31 από πάνω - δεξιά απεικονίζει μια παραδειγματική μεγαλούπολη.

Έτσι με βάση όλα αυτά που αναφέρθηκαν λογικό θα ήταν να συνδέσει κάποιος την ευρεία εξάπλωση και την υψηλή μεταδοτικότητα του ιού σε περιοχές που παρουσιάζουν υψηλά επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης λόγω του φαινομένου της αστικοποίησης και γενικά της μεγάλης πυκνότητας ατόμων σε μια συγκεκριμένη περιοχή. Ωστόσο θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν η σχέση των ρύπων με τα κλιματικά φαινόμενα καθώς και με την γεωμορφολογία της περιοχής, διότι μπορεί να υπάρχουν περιοχές στις οποίες μεταφέρονται ρύποι από άλλα σημεία της ατμοσφαίρας καθώς και περιοχές που τείνουν να συγκεντρώνουν περισσότερο τους ρύπους με αποτέλεσμα την μεγαλύτερη συγκέντρωση αυτών σε αυτές της περιοχές λόγω και της μικρότερης απορροής τους σε άλλες. Αν και η αστικοποίηση μπορεί να βοηθάει οικονομικά αποτελεί υψηλότερο κίνδυνο για την μετάδοση ασθενειών όπως η Covid 19 (Conticini E, Frediani B, Caro D, 2020).

Μέσω της αντιμετώπισης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης μπορεί να αποφευχθεί ο κίνδυνος μετάδοσης μικροβίων και ιών που μεταδίδονται μέσω του αέρα στο μακρινό μέλλον, όπως είναι και ο κορωνοϊός Sars-Cov-2. Μέτρα όπως η χρήση της μάσκας βοηθάνε στην αποφυγή μετάδοσης ασθενειών αλλά και στην αποφυγή αναπνοής ορισμένων ατμοσφαιρικών ρύπων όπως είναι τα αιωρούμενα σωματίδια συγκεκριμένης κοκκομετρικής διαμέτρου. Έτσι επιτυγχάνεται διπλή προστασία και κατά της μετάδοσης αλλά και κατά της αποφυγής αύξησης του ρίσκου της θνησιμότητας από την ασθένεια. Άλλος ένας τρόπος με τον οποίο μπορεί να αποφευχθεί η μετάδοση του ιού αλλά και η εκπομπή ατμοσφαιρικών ρύπων είναι ο περιορισμός των άσκοπων μετακινήσεων όπως γίνεται με την χρήση λεωφορείων αλλά και αυτοκινήτων τα οποία όχι μόνο παράγουν ρύπους αλλά μας φέρνουν σε στενή επαφή με

άτομα που μπορεί να έχουνε κολλήσει αυξάνοντας έτσι την πιθανότητα να κολλήσουμε και εμείς. Επίσης η εξάπλωση του κορωνοϊού μπορεί να μειωθεί αν μειωθούν και οι ατμοσφαιρικοί ρύποι που συμβάλουν στην αυξημένη μεταδοτικότητα του όπως είναι τα οξείδιά του αζώτου, τα αέρια του θερμοκηπίου όπως είναι το διοξείδιο του άνθρακα αλλά και το όζον. Κάτι τέτοιο θα μπορούσε να γίνει μέσω προληπτικών δράσεων, είτε αυτές είναι ατομικές είτε συλλογικές όπως είναι η εξοικονόμηση ενέργειας αλλά και η θέσπιση σχετικών νόμων, την χρήση φίλτρων για την απομόνωση των συγκεκριμένων ρύπων σε πηγές που τους εκπέμπουν, μείωση των εκπομπών των συγκεκριμένων ρύπων μέσω της χρήσης εναλλακτικών τεχνολογιών και διαφορετικών υλών, αλλά και η χρήση φίλτρων σε μεμονωμένους χώρους ενδιαφέροντος όπως είναι τα σπίτια, τα σχολεία, τα νοσοκομεία κ.α.

5.2. Πως η ατμοσφαιρική ρύπανση προκαλεί μεγαλύτερο κίνδυνο θνησιμότητας στην ασθένεια

Η ατμοσφαιρική ρύπανση ανάλογα με την έκθεση ενός ατόμου σε αυτήν επηρεάζει σημαντικά την κατάσταση της υγείας όπως και του αναπνευστικού του συστήματος, κάνοντας το πιο ευάλωτο σε σχετικές ασθένειες όπως είναι η ασθένεια Sars-Cov-2 η οποία έχει μεγάλο αντίκτυπο στο αναπνευστικό σύστημα ενός ατόμου. Έτσι, αν ένα άτομο που πάσχει από αναπνευστικά προβλήματα καθώς και άλλα προβλήματα υγείας ασθενήσει από τον ιό που προκαλεί την εν λόγω ασθένειά υπάρχει η πιθανότητα να μην μπορέσει ο οργανισμός του να ανταπεξέρθει οδηγώντας το τελικά στον θάνατο(Harrison AG, Lin T, Wang P., 2020).

Η μεταδοτικότητα επηρεάζει και αυτή την θνησιμότητα καθώς όσο πιο πολλά τα κρούσματα σε έναν συγκεκριμένο πληθυσμό τόσο μεγαλύτερες οι πιθανότητες να νοσήσει κάποιος ευάλωτος πολίτης και αρά τόσο μεγαλύτερο το ρίσκο της θνησιμότητας. Μέσω αυτού η ατμοσφαιρική ρύπανση συνδέεται αυτόματα με την θνησιμότητα καθώς επηρεάζει και την μεταδοτικότητα, ωστόσο η ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να επηρεάσει την θνησιμότητα άμεσα και χωρίς να σχετίζεται με την μεταδοτικότητα, μέσω προβλημάτων υγείας που προκαλεί όπως είναι τα προβλήματα που δημιουργεί στο αναπνευστικό σύστημα (Bert Brunekreef, Stephen T Holgate., 2002).

Μέσω ερευνών και εντατικής μελέτης πιστεύεται ότι η θνησιμότητα σε άτομα που έχουν προσβληθεί από τον ιό είναι το αποδυναμωμένο ανοσοποιητικό σύστημα αλλά και η ύπαρξη περισσότερων από της μιας ήδη υπάρχουσας επιπλοκής στην υγεία καθώς από νεκροψίες που έχουν γίνει σε άτομα που πέθαναν από τον ιό φανερώθηκε ότι η πλειοψηφία των ατόμων

αποτελούν οι ηλικιωμένοι με θνησιμότητα που προκλήθηκε από υποξία, πνευμονία, θρόμβωσης πόρων και αδένων, σοκ κ.α(Hu et al., 2021).

Πολλά από τα άτομα πέθαναν λόγω έλλειψης οξυγόνου, λόγω καταστροφής και τραυματισμού των πνευμόνων και τον πνευμονικών κυψελίδων αλλά και το φράξιμο των πόρων αυτών αλλά και διάφορων αιμοφόρων αγγείων, δυσκολεύοντας την ανταλλαγή αέριων σε θανατηφόρο σημείο. Έτσι, ένα άτομο με ήδη επιβαρυνμένο αναπνευστικό σύστημα θα παρουσιάσει μεγαλύτερο ρίσκο θνησιμότητας αν νοσούσε από τον ιό σε σχέση με ένα άτομο με υγείες αναπνευστικό σύστημα, καθώς ο ιός δρα και αυτός αρνητικά στο αναπνευστικό σύστημα (Elezkurtaj et al., 2021).

Ένας σημαντικός παράγοντας που πλήττει το αναπνευστικό σύστημα και αρά συμβάλει στην πιθανότητα θνησιμότητας ενός ατόμου είναι η ατμοσφαιρική ρύπανση (εικόνα 32). Ανάλογα με την συγκέντρωση των ρύπων στον αέρα και ανάλογα με τον χρόνο έκθεσης ενός ατόμου σε αυτούς καθορίζεται κατά ποσό θα επιβαρυνθεί το αναπνευστικό σύστημα ενός ατόμου από αυτούς. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το διοξείδιο του άνθρακα το οποίο σε μικρές συγκεντρώσεις δεν προκαλεί ουσιαστικές μεταβολές, ωστόσο σε μεγάλες συγκεντρώσεις παίρνει την θέση από το οξυγόνο σε πολλά ερυθρά αιμοσφαίριά με αποτέλεσμα το άτομο να οδηγείται σε ασφυκτικές καταστάσεις λόγω της μικρής ποσότητας οξυγόνου που μεταφέρετε στους ιστούς (Bert Brunekreef, Stephen T Holgate., 2002).



Εικόνα 32: Στην εικόνα φαίνεται μια από τις κυριότερες πηγές ανθρωπογενούς ρύπανσης, η ρύπανση από τα οχήματα, η οποία μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στο αναπνευστικό σύστημα.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση συμβάλει στην αποδυνάμωση του αναπνευστικού συστήματος κυρίως λόγω των αρνητικών επιπτώσεων των αιρουμένων σωματιδίων όπως τα PM10 (σωματίδια με διάμετρο μικρότερη των 10 μm), τα PM2.5 αλλά και τα σωματίδια με διάμετρο μικρότερη των 100 nm στην σωστή και ομαλή λειτουργία του, μέσω τραυματισμών, αντιδράσεων και διάφορων φαινομένων που προκαλούν. Με την επίδραση των αιωρούμενων

σωματιδίων αλλά και διάφορων άλλων ρύπων που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα όπως είναι το μονοξείδιο του άνθρακα, τα οξείδιά του αζώτου και του θείου, οι πτητικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες και το όζον το αναπνευστικό σύστημα αποδυναμώνεται με αποτέλεσμα να μειώνεται και η απόδοση της διαδικασίας ανταλλαγής αέριων και να χρειάζεται να καταβάλλεται περισσότερη προσπάθεια από ένα άτομο για να πάρει το απαραίτητο οξυγόνο με αποτέλεσμα να κουράζεται πιο ευκολά σε σχέση με ένα παρόμοιο άτομο με πιο υγιή αναπνευστικό σύστημα (Bert Brunekreef, Stephen T Holgate., 2002).

Αυτό μπορεί να αποδειχθεί από διάφορες μελέτες αλλά και έρευνες που έχουν γίνει για την επίδραση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία ενός ατόμου (Bert Brunekreef, Stephen T Holgate., 2002). Μερικές από αυτές τις έρευνες διεξάχθηκαν σε συγκεκριμένο αριθμό ατόμων από επιλεγμένες περιοχές και χωρίζονται με βάση την χρονική διάρκεια της κάθε μελέτης σε μακροχρόνιες αλλά και μελέτες που διεξάχθηκαν σε μικρό χρονικό υπόβαθρο. Όσον αφορά της μελέτες που αφορούν σχετικά μικρό χρονικό υπόβαθρο, μια μελέτη θνησιμότητας με το όνομα APHEA-2 (Air Pollution and Health: a European Approach), έδειξε ότι η καθημερινή πολύ-παραγοντική θνησιμότητα αυξήθηκε κατά 0,6% για κάθε αύξηση της τάξης του $10\mu\text{g}/\text{cm}^3$ σε PM_{10} . Η έρευνά αυτή αφορούσε έναν πληθυσμό μεγαλύτερο των 43 εκατομμυρίων με επέκταση σε 29 ευρωπαϊκές πόλεις και ο οποίος μελετήθηκε για περισσότερα από 50 χρόνια στις αρχές των μέσων του 1900. Άλλη μελέτη εισαγωγής στο νοσοκομείο APHEA-2 κάλυψε έναν πληθυσμό 38 εκατομμυρίων που ζούσαν σε οκτώ ευρωπαϊκές πόλεις, οι οποίες μελετήθηκαν για 3-9 χρόνια στις αρχές έως τα μέσα της δεκαετίας του 1990. Οι εισαγωγές στο νοσοκομείο για άσθμα και χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ) μεταξύ ατόμων ηλικίας άνω των 65 ετών αυξήθηκαν κατά 1,0% (0,4–1,5) ανά $10\text{ g}/\text{m}^3$ PM_{10} και οι εισαγωγές για καρδιαγγειακή νόσο (CVD) αυξήθηκαν κατά περίπου 0,5% (0,2–0,8) ανά $10\text{ g}/\text{m}^3$ PM_{10} και κατά περίπου 1,1% (0,4–1,8) ανά $10\text{ g}/\text{m}^3$ μαύρου καπνού. Σε άλλη μελέτη με όνομα APHEA-1, η ημερήσια θνησιμότητα αυξήθηκε σε έξι πόλεις κατά 2,9% για κάθε αύξηση $50\text{ g}/\text{m}^3$ στη μέγιστη συγκέντρωση όζοντος κατά 1 ώρα. Όσον αφορά μακροχρόνιες μελέτες έγιναν μια σειρά ελβετικών μελετών σχετικά με τη σχέση μεταξύ ατμοσφαιρικής ρύπανσης και υγείας μεταξύ παιδιών και ενηλίκων που ξεχωρίζουν για τον προσεκτικό σχεδιασμό και τη συμπεριφορά τους. Αν και η Ελβετία είναι μια μικρή χώρα, οι αντιθέσεις της έκθεσης είναι σχετικά μεγάλες λόγω του ορεινού εδάφους. Σε οκτώ διαφορετικές κοινότητες, η πνευμονική λειτουργία στους ενήλικες συσχετίστηκε αρνητικά με τα PM_{10} , το διοξείδιο του αζώτου και το διοξείδιο του θείου, σε συνδυασμό με συμπτώματα βρογχίτιδας αλλά όχι άσθματος. Σε παιδιά από δέκα ελβετικές κοινότητες, οι ίδιοι ρύποι βρέθηκαν να σχετίζονται με συμπτώματα βρογχίτιδας, αλλά όχι με άσθμα ή αλλεργία. Οι συσχετίσεις παρατηρήθηκαν σε ένα εύρος συγκεντρώσεων PM_{10} μόνο $10\text{--}33\text{ g}/\text{m}^3$, το οποίο είναι πολύ χαμηλότερο από τις συγκεντρώσεις σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες. Η υψηλή συσχέτιση μεταξύ ρύπων εμπόδισε τον διαχωρισμό των επιμέρους επιπτώσεων τους. Σε παιδιά που ζουν σε 24 κοινότητες των ΗΠΑ και του Καναδά, αναφέρθηκαν σημαντικές

συσχετίσεις μεταξύ της έκθεσης σε λεπτά σωματίδια και την οξύτητά τους και τη λειτουργία των πνευμόνων, συμπτώματα βρογχίτιδας, αλλά και πάλι όχι άσθμα. Η έκθεση σε σωματίδια έχει πλέον συσχετιστεί προοπτικά με μειωμένη ανάπτυξη της πνευμονικής λειτουργίας στα παιδιά και ακόμη και τα παιδιά που μετακινούνται από περιοχές υψηλής σε χαμηλής ρύπανσης (ή αντίστροφα) αποδείχθηκε ότι βιώνουν αλλαγές στην ανάπτυξη της πνευμονικής λειτουργίας που αντικατοπτρίζουν αλλαγές στην έκθεση σε σωματίδια.

Παθήσεις όπως η παχυσαρκία, ο διαβήτης, ο καρκίνος, χρόνιες πνευμονικές παθήσεις, το άσθμα, σοβαρές καρδιακές παθήσεις, χρόνιες νεφρικές παθήσεις, ασθένειες ήπατος, εξασθενημένο ανοσοποιητικό και μόλυνση από τον ιό HIV αποτελούν σημαντικοί παράγοντες που καθορίζουν την θνησιμότητα ενός ατόμου στον ιό αλλά και κατά ένα ποσοστό ποσό ισχυρή θα είναι τα συμπτώματα που θα εμφανίσει ένας ασθενής.

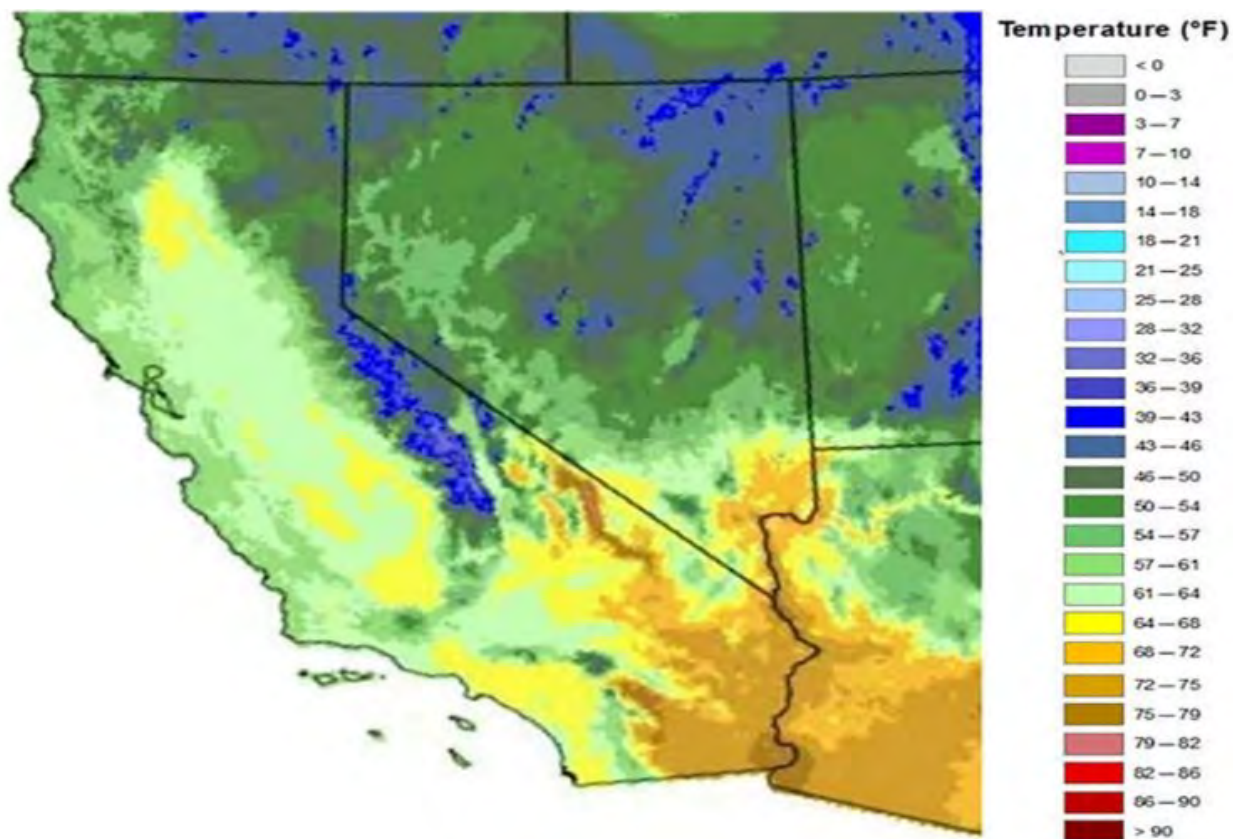
Όσον αφορά την επίδραση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία του ανθρώπου και αρά και στην θνησιμότητα που προκαλείται από τον ιό μπορεί να θεωρηθεί λογικό ότι αυτή προκαλεί την αύξηση της θνησιμότητας αν κάποιος που έχει εκτεθεί σε μεγάλες συγκεντρώσεις αυτής για μεγάλα χρονικά διαστήματα προσβληθεί από τον ιό. Ωστόσο εκτός από την θεωρητική πλευρά του προβλήματος έχουν διεξαχθεί έρευνες που συσχετίζουν την σύνδεση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης με την θνησιμότητα που προκαλείτε από τον ιό Sars-CoV-2.

Συγκεκριμένα σε χώρες όπως η Ιταλία ο ιός άρχισε να επεκτείνεται από το τέλος του Φεβρουάριου του 2020 κυρίως σε βόρειες (Lombardy, Veneto and Emilia-Romagna) και κεντρικές περιοχές της χώρας από όπου στην συνέχεια εξαπλώθηκε και σε άλλες χώρες όπως είναι η Ισπανία και η Γερμανία. Όταν ο ιός άρχισε να εξαπλώνετε στην Ιταλία πόλεις όπως η Lombardy και η Emilia-Romagna παρουσίαζαν υψηλές τιμές θνησιμότητας σε σχέση με άλλες χώρες αλλά και άλλες περιοχές στην Ιταλία. Παρόλες τις δυσκολίες στο να διατυπωθεί στο γιατί συμβαίνει αυτό κατά την διάρκεια της πανδημίας διάφοροι ερευνητές από όλον τον κόσμο κατέληξαν σε δυο λογικές περιπτώσεις οι οποίες είναι ότι αυτό συμβαίνει λόγω των διαφορετικών τροπών αναφοράς των κρουσμάτων και των θανάτων από χωρά σε χωρά άλλα και λόγω της μεγάλης ηλικίας του ιταλικού πληθυσμού με λίγους από αυτούς να πιστεύουν ότι τον ρολό αυτό έπαιξε η ατμοσφαιρική ρύπανση. Ωστόσο σύμφωνα με τα δεδομένα από την ιταλική υπηρεσία προστασίας των πολιτών άλλα και δεδομένα που πάρθηκαν από δορυφόρους της NASA φαίνεται πως η δυο πόλεις που αναφέρθηκαν είχαν ποσοστό θνησιμότητας γύρω στο 12% σε σχέση με άλλες περιοχές της Ιταλίας οι οποίες είχαν θνησιμότητα περίπου 4,5% και φανερώθηκε ότι η Βόρεια Ιταλία είναι μια από της περιοχές της Ευρώπης με την μεγαλύτερη αέρια ρύπανση άλλα και φαινόμενα όπως είναι η αιθαλομίχλη λόγω των γεωγραφικών παραμέτρων που προκαλούν την συγκρότηση των ρύπων στην συγκεκριμένη περιοχή (Conticini E, Frediani B, Caro D, 2020).

Επειδή η συγκρότηση των ρύπων σε μια περιοχή προκαλεί αντίστοιχα προβλήματα στην υγεία των ατόμων που διαμένουν σε αυτήν μπορεί κάποιος να οδηγηθεί στο συμπέρασμα ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση έπαιξε σημαντικό ρολό στην εξάπλωση αλλά και στην θνησιμότητα του ιού στην περιοχή της Βορείας Ιταλίας καθώς η μεγάλη ηλικία του πληθυσμού σε συνδυασμό με την χρόνια έκθεση σε υψηλά επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης θα μπορούσε να θεωρηθεί ως παράγοντας στα υψηλά επίπεδα θνησιμότητας, καθώς μέσω πολλών ερευνών έχουν σημειωθεί οι αρνητικές επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία ενός ατόμου.

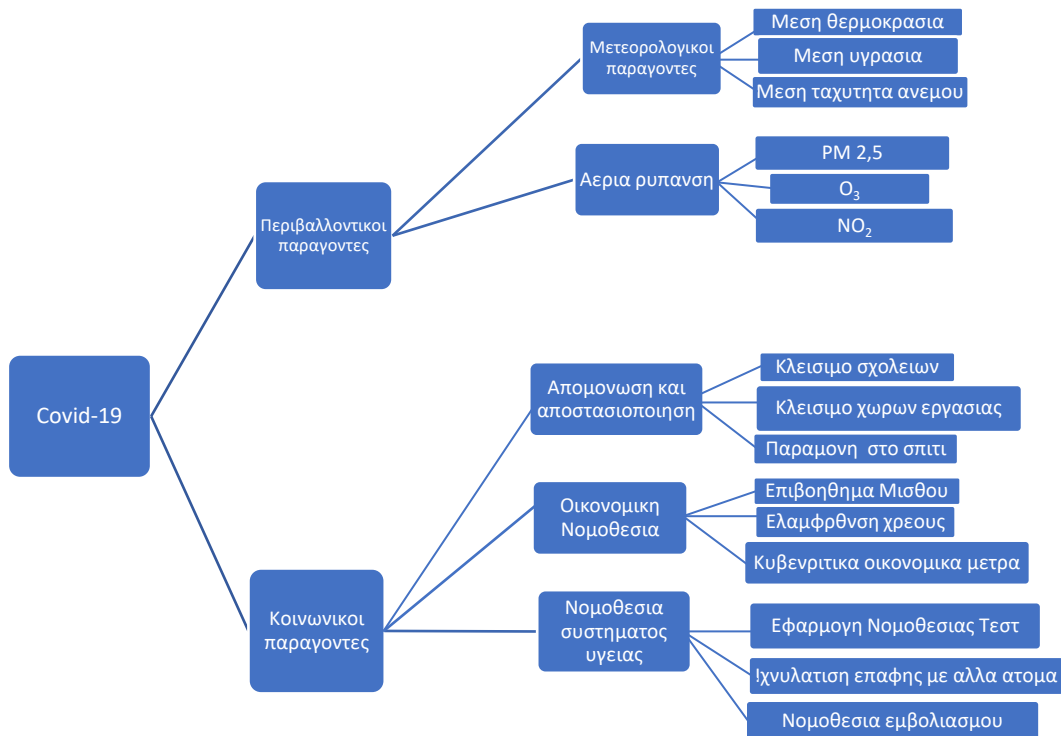
Ωστόσο θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι στην συγκεκριμένη έρευνα που αφορά την Βορεία Ιταλία μεγάλο ποσοστό του πληθυσμού αποτελούσε άτομα μεγάλα σε ηλικία και αρά ούτως η άλλως ευάλωτα στην ασθένεια. Η μονή περίπτωση να εξακριβωθεί η υπόθεση της επιρροής της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην θνησιμότητα του ιού είναι να συγκριθούν δυο παρόμοιες περιοχές (προτιμότερα μικρής έκτασης έτσι ώστε να υπάρχει μεγαλύτερη βεβαιότητα για τα στοιχεία και την κατάσταση που επικρατεί, όπως είναι μια πόλη), με παρόμοια πληθυσμιακή πυκνότητα, με παρόμοια εφαρμογή μέτρων ατομικής προστασίας και με παρόμοιο ποσοστό του πολυσήμου για όλες της ηλικιακές ομάδες απλά με διαφορετικά επίπεδα σταθερής ατμοσφαιρικής ρύπανσης και γενικά σταθερής έκθεσης κάθε πληθυσμού. Ωστόσο κάτι τέτοιο είναι μάλλον αδύνατο να συμβεί οπότε μπορούμε να αρκεστούμε μόνο στο θεωρητικό αποτέλεσμα αλλά και στα ποσοστά όταν συγκρίνουμε περιοχές μεταξύ τους.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα διακύμανσης των τιμών σχετικών με τα κρούσματα και τους θανάτους από Covid-19 αποτελεί μια σχετική ερευνά κρουσμάτων με περιοχή μελέτης την Καλιφόρνια από τους Wei et al., (2021). Η μελέτη αυτή αφορά την συσχέτιση μετεωρολογικών, εν γενεί περιβαλλοντικών παραγόντων όπως είναι η θερμοκρασία, η υγρασία, η ταχύτητα του ανέμου αλλά και η ηλιοφάνεια με την μετάδοση παθογόνων καταστάσεων και μολύνσεων. Η Καλιφόρνια είναι μια από τις πιο αναπτυγμένες περιοχές με τον μεγαλύτερο πληθυσμό στις ΗΠΑ και θεωρείται μια καλή περιοχή μελέτης, ειδικά αν σκεφτεί κανείς την μεγάλη της έκταση που παρουσιάζει διαφορετικές κλιματικές συνθήκες σε διαφορετικά σημεία. Παραδείγματα αποτελούν η περιοχή Μπάχα με το πολύ ζεστό και ξηρό κλίμα που επικρατεί στην περιοχή αλλά και οι περιοχές κοντά στον ωκεανό στις οποίες επικρατεί ένα μεσογειακό κλίμα όπως φαίνεται και στην εικόνα 33.



Εικόνα 33: Σχηματική απεικόνιση περιβαλλοντικών συνθηκών και συγκεκριμένα της θερμοκρασίας που επικρατεί σε διάφορες περιοχές της πολιτείας της Καλιфорνίας.

Στο παρακάτω σχεδιάγραμμα απεικονίζονται οι κοινωνικοί άλλα και οι περιβαλλοντικοί παράγοντες που συντελούν στην εξάπλωση του Sars-Cov-2 στην περιοχή της Καλιφορνίας.



Σχεδιάγραμμα 1: Σχηματική απεικόνιση περιβαλλοντικών και κοινωνικών παραγόντων όσον αφορά την εξάπλωση του ιού Sars-Cov-2.

Όπως φαίνεται και από το παραπάνω σχεδιάγραμμα μετεωρολογικές συνιστάμενες που επηρεάζουν την εξάπλωση του ιού είναι παράγοντες όπως η μέση θερμοκρασία, η μέση υγρασία αλλά και η μέση ταχύτητα του ανέμου αλλά και προάγοντες που σχετίζονται με την ρύπανση του αέρα όπως είναι η συγκέντρωση των σωματιδίων PM 2,5, του όζοντος αλλά και του διοξειδίου του αζώτου στην ατμόσφαιρα. Επίσης όσον αφορά τον κοινωνικό αντίκτυπο του ιού αυτός καθορίζεται από τα μετρά και τους τρόπους με τους οποίους οι αρχές αντιμετωπίζουν την πανδημία του ιού καθώς και της συνέπειες της. Σε αυτά τα μετρά περιλαμβάνονται μετρά όσον αφορά την κοινωνική αποστασιοποίηση που αφορούν το κλείσιμο των σχολείων, την χρήση της τηλεργασίας και την μείωση της εργασίας υπό φυσική παρουσία καθώς και την ενημέρωση των πολιτών όσον αφορά την μείωση των άσκοπων μετακινήσεων. Εκτός από τα παραπάνω μετρά αναφέρονται μέτρα που έχουν χρησιμοποιηθεί για την οικονομική ενίσχυση των πολιτών και την ενίσχυση της διαχείρισης του υγειονομικού

τομέα αλλά και των πρωτοκόλλων που ακολουθούνται κατά την παροχή υπερηλίκων υγείας όπως είναι η κάλυψη πιθανών χαμένων εισοδημάτων λόγω περιορισμού της εργασίας διαζώσης, η χορήγηση επιδομάτων, η ελάφρυνση των χρεών, η ενίσχυση της εθνικής νομισματικής πολιτικής και η διεξαγωγή διαγνωστικών ελέγχων-τεστ για τον εντοπισμό των κρουσμάτων, η διερεύνηση και ο εντοπισμός της επαφής των ατόμων με άτομα που έχουν ασθενήσει (μέθοδος ιχνηλάτησης) αλλά και η καλλιέργεια διαφορών εμβολίων αρκετών σε ποσότητα για την πλήρη κάλυψη των πληθυσμιακών αναγκών. Σημαντικό να αναφερθεί είναι το γεγονός ότι πολλά από τα εμβόλια δεν είχαν ακόμη ανακαλυφθεί και βρίσκονταν ακόμη σε στάδιο σχεδιασμού και μελέτης.

Οι ερευνητές χρησιμοποίησαν διάφορες τεχνικές συσχέτισης για την ανάλυση των παραγόντων που σχετίζονται με την πανδημία του Sars-Cov-2 καθώς και για την συσχέτιση τους με τα κρούσματα που προκλήθηκαν από τον ιό.

Μια από τις τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν και συγκεκριμένα η πρώτη έχει σχέση με την ανάλυση της χωρικής αυτοσυσχέτισης. Αυτή η ανάλυση η οποία αναπτύχθηκε από τους Xu et al., (2018) και επιτρέπει την παρατήρηση αλλά και την μέτρηση του κατά ποσό μια παρατηρούμενη τιμή μιας χωρικής μονάδας σχετίζεται με την αντίστοιχη τιμή, η οποία παρατηρείται στην γειτονική χωρική μονάδα. Λόγω της ιδίας της φύσης της, αυτή η ανάλυση υπολογίζει χωρικά δεδομένα σχετιζόμενη με την διάδοση του Sars-Cov-2 και υποδεικνύει χωρικούς συσχετισμούς.

Εκτός από την μέθοδο που προαναφέρθηκε, χρησιμοποιείται και μια άλλη μέθοδος, η μέθοδος του Γεωεντοπισμού (Geodetector). Η αρχή αυτής της μεθόδου βασίζεται στο πως όταν ένας ανεξάρτητος παράγοντας ή μεταβλητή έχει μια σημαντική επίδραση σε έναν εξαρτώμενο παράγοντα, τότε η χωρική διάταξη των δυο παραγόντων θα πρέπει να είναι παρόμοια (Wang & Xu, 2017). Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται όσον αφορά την υπό διερεύνηση ερευνά με στόχο των εντοπισμό μεταβλητών που καθορίζουν της συσχέτιση ανάμεσα σε νέα κρούσματα του ιού τους μετεωρολογικούς αλλά και κλιματικούς παράγοντες νστις διάφορες κομητείες της πολιτείας Καλιφόρνια.

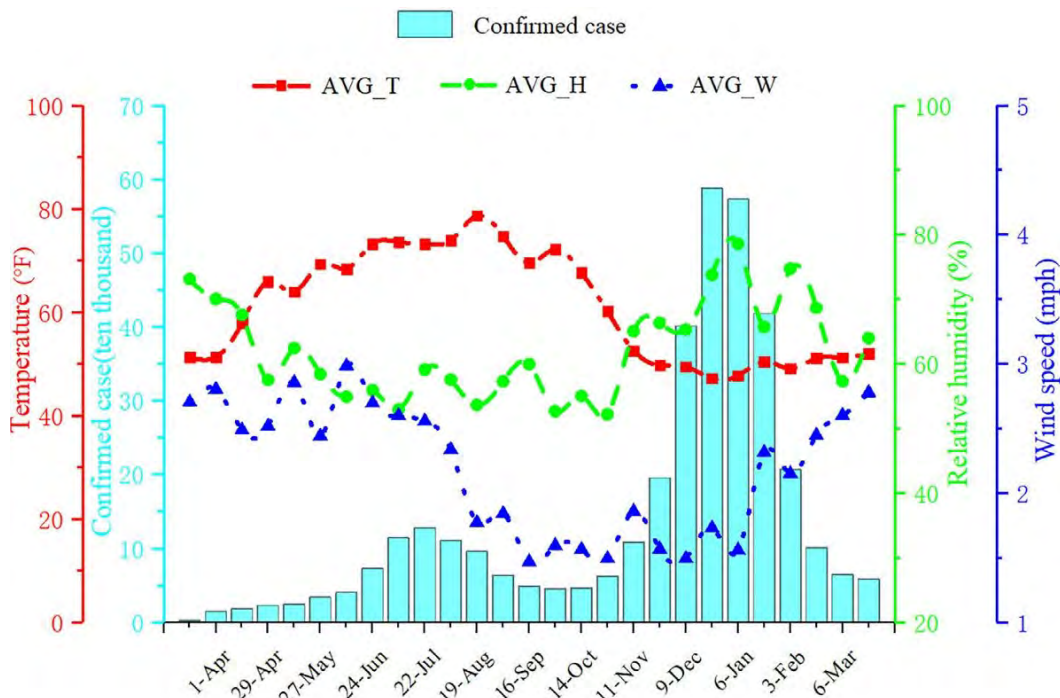
Ζωτικό ρόλο στην έρευνα των Wei et al., 2021 κατέχει και η ανάλυση της μερικής συσχέτισης. Αυτή η ανάλυση στοχεύει τον έλεγχο αλλά και στην μέτρηση μεταβλητών, που ενδεχόμενος να διαταράσσουν τον συσχετισμό δυο παραγόντων, όπως ο ίδιος μπορεί να διαγνωσθεί μέσω της ανάλυσης Pearson. Με την χρήση της ανάλυσης μερικής συσχέτισης μπορεί να υπολογιστεί ο πραγματικός συντελεστής συσχέτισης δυο παραγόντων, με εξαιρουμένη την ενδεχόμενη επιρροή που μπορεί να προκαλέσουν τρίτοι παράγοντες. (Cramer, 2003).

Τέλος από τους ερευνητές εφαρμόζεται και το μη γραμμικό μοντέλο κατανεμημένης υστέρησης (Distrubuted lag non-linear model – DLNM). Συγκεκριμένα όπως αναφέρεται από τους Gasparrini et al., (2010), το συγκεκριμένο μοντέλο χρησιμοποιείται για την μέτρηση

περιβαλλοντικών μεταβλητών και ασθενειών η μολύνσεων καθώς κατέχει την δυνατότητα να πραγματοποιεί έκφραση μη γραμμικών συσχετισμών έχοντας υπόψιν όχι μόνο την σχέση ανάμεσα σε ένα ερέθισμα και την αντίδραση από αυτό, αλλά και την χρονική καθυστέρηση που πιθανόν να τα συνδέει. Με βάση αυτήν την θέση οι Wei et al., 2021 χρησιμοποιούν αυτήν την μέθοδο σχετίζοντας κυρίως τις θερμοκρασιακές αυξομειώσεις με το αποτύπωμα που αυτές αφήνουν όσον αφορά την αύξηση στον αριθμό των περιπτώσεων της ασθένειας.

Με βάση την κείμενη περίοδο αναφοράς στην ευρύτερη περιοχή της πολιτείας της Καλιφόρνια παρατηρήθηκαν περίπου 3,6 εκατομμύριο περιπτώσεις της ασθένειας, ενώ σημειώνεται σημαντική αύξηση των περιπτώσεων αυτών από τον Νοέμβριο του 2020 έως και τον Φεβρουάριο του 2021.

Όπως φαίνεται και στην εικόνα 34 η μεταβλητή της σχετικής υγρασίας φαίνεται να σχετίζεται με την αύξηση των περιπτώσεων της ασθένειας, κυρίως κατά την χρονική περίοδο Νοέμβριου του 2020 μέχρι τον Μάρτιο του 2021. Κατά την ίδια χρονική περίοδο η τιμή της μέσης θερμοκρασίας παραμένει σχετικά σταθερή και σε κάθε περίπτωση κάτω από τους 60 βαθμούς Fahrenheit, οι οποίοι αντιστοιχούν σε 15,5 βαθμούς Κελσίου. Επομένως παρατηρείται ότι με την τιμή της θερμοκρασίας σταθερή, η αύξηση της σχετικής υγρασίας μπορεί να οδηγήσει στην αύξηση των περιπτώσεων του ιού αποδεικνύοντας έτσι μια θετική σχέση ανάμεσα στην τιμή της υγρασίας αλλά και στην τιμή των περιπτώσεων του ιού.



Εικόνα 34: Σχηματική απεικόνιση περιβαλλοντικών συνθηκών και συγκεκριμένα της θερμοκρασίας που επικρατεί σε διάφορες περιοχές της πολιτείας της Καλιφόρνιας.

Σε ένα επόμενο στάδιο γίνεται παρατήρηση ότι η μεγαλύτερη παρουσία περιπτώσεων προκαλουμένων από τον ιό αναλογικά με τον πληθυσμό κάθε περιοχής παρατηρείται κυρίως στην νότια περιοχή της Καλιφόρνια και συγκεκριμένα στην περιοχή του Los Angeles, όπως επίσης αξιοσημείωτη θετικότητα παρατηρείται και στις περιοχές που συνορεύουν με το Los Angeles. Αντιθέτως, στην βορειά περιοχή της Καλιφόρνια, με εξαίρεση το Lassen, η συγκέντρωση των περιπτώσεων είναι αναλογικά μικρότερη. Όσον αφορά την ανάλυση μέσω χωρικής συσχέτισης, παρατηρείται η ύπαρξη συγκεντρώσεων των περισσότερων περιπτώσεων κορωνοϊού στην νότια περιοχή της πολιτείας, όπως είναι το Riverside, το Los Angeles, το Fresno και το Kings. Αντιθέτως, μικρότερη συγκέντρωση επιπτώσεων του ιού παρατηρείται στα βόρεια της πολιτείας. Ως αποτέλεσμα, οι περισσότερες περιπτώσεις να παρατηρούνται στα νότια. Παρά το γεγονός ότι η μέση θερμοκρασία φαίνεται να είναι υψηλότερη στις νότιες κομητείες, εντούτοις η αύξηση των περιπτώσεων δείχνει να σχετίζεται και με άλλες μεταβλητές, που έχουν περισσότερο κοινωνικό, πολιτιστικό και οικονομικό χαρακτήρα. Γενικότερα οι περιοχές της Καλιφόρνια οι οποίες εμφανίζουν ταυτόχρονα και μεγάλο όγκο πληθυσμού, αλλά και πολλές περιπτώσεις ασθενών είναι οι εξής: Fresno, Imperial, Kern, Kings, Los Angeles, Orange, Riverside, San Bernardino, San Diego, Tulare. Οι περιοχές αυτές είναι περισσότερο οικονομικά αναπτυγμένες, ενώ οι πολίτες που διαμένουν εκεί εισπράττουν μεγαλύτερο κατά κεφαλήν εισόδημα. Ακολουθώντας, οι νότιες κομητείες χαρακτηρίζονται από έντονη αστικοποίηση, που οδήγησε σε συσσώρευση μεγάλων πληθυσμών στις πόλεις. Η αλληλεπιδράσεις του πληθυσμού και οι αναπτυγμένες κοινωνικές σχέσεις χωρίς αμφιβολία ενισχύουν τη δυναμική εξάπλωσης της ασθένειας COVID-19. Στις μεταβλητές αυτές πρέπει να προστεθεί και η ύπαρξη μεγάλων πανεπιστημιακών εγκαταστάσεων στην ευρύτερη περιοχή, που αναπόφευκτα οδηγεί στη συγκέντρωση μεγάλων και νεανικών πληθυσμών. Οι πληθυσμοί αυτοί ενεργούν καταλυτικά όσον αφορά την διάδοση του ιού, κάτι που ενθαρρύνεται από το γεγονός της σχετικά ήπιας νόσησης τους σε περίπτωση μόλυνσης (Owens et al., 2022). Αντιθέτως, υπάρχουν και περιοχές όπου υπάρχει χαμηλή συγκέντρωση πληθυσμού και χαμηλός αριθμός περιπτώσεων της ασθένειας όπως είναι οι περιοχές: Del Norte, Humboldt, Mendocino, Siskiyou, Tehama, Trinity. Τέλος, υπάρχουν και περιοχές όπου ο αριθμός των περιπτώσεων δεν σχετίζεται με τη συγκέντρωση του πληθυσμού, όπως για παράδειγμα οι περιοχές Inyo, το Luis Obispo και το Lassen.

Η ύπαρξη των παραπάνω μεταβλητών δεν πρέπει να θεωρηθεί ότι υποβαθμίζει σε γενικότερο επίπεδο τη σημασία που ασκεί ο παράγοντας της θερμοκρασίας, αλλά και των μετεωρολογικών συνθηκών εν γένει ως προς τη εξάπλωση της ασθένειας COVID-19. Όσον αφορά την συγκεκριμένη μελέτη, συνυπολογίζεται η επιρροή που καταβάλουν η θερμοκρασία, η υγρασία αλλά και η ταχύτητα του ανέμου στην διασπορά της ασθένειας COVID-19. Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιήθηκαν οι εξής παράγοντες: Μέγιστη, μέση και χαμηλή θερμοκρασία, υγρασία και ταχύτητα ανέμου. Από την έρευνα έχουν αποκλειστεί περιοχές με λιγότερες από χίλιες περιπτώσεις όπως είναι οι περιοχές: Alpine, Mariposa,

Modoc, Plumas, Sierra και Trinity. Επίσης, υπάρχουν και περιοχές της Καλιφόρνια οι οποίες, λόγω των μη συνηθισμένων καιρικών συνθηκών που επικρατούν σε αυτές, δεν συμπεριλαμβάνονται στα αποτελέσματα των ερευνών καθώς δεν είναι στατιστικά σημαντικές, όπως είναι οι περιοχές Santa Cruz και Shasta.

Τα αποτελέσματα τα οποία προκύπτουν από τις σχετικές αναλύσεις της συγκεκριμένης έρευνας δείχνουν πως η μεταβλητή της θερμοκρασίας παρουσιάζει έναν σχετικά σημαντικό αντίκτυπο ως προς τη εξάπλωση της πανδημίας, ενώ η μεταβλητή που έχει τη μεγαλύτερη επιρροή στην εξάπλωση της ασθένειας COVID-19 είναι η μέση θερμοκρασία. Η στατιστική της σημαντικότητά είναι μεγαλύτερη και από αυτήν της υγρασίας αλλά και από αυτήν της ταχύτητας του ανέμου.

Αυτά τα αποτελέσματα θεωρούνται έγκυρα και αξιόπιστα. Αντιθέτως, ο παράγοντας της υγρασίας (για τον οποίο έχει ήδη γίνει λόγος και παραπάνω) φαίνεται να παίζει κάποιο ρόλο ως προς τη μετάδοση, χωρίς όμως να μπορούν να εξαχθούν περαιτέρω συμπεράσματα. Αυτό όμως που προκύπτει είναι ότι η μέση υγρασία κατέχει σημαντική επιρροή σε 28 περιοχές της Καλιφόρνια, η μέγιστη υγρασία κατέχει σημαντική επιρροή σε 13 περιοχές της Καλιφόρνια, ενώ η ελάχιστη υγρασία σε 8 περιοχές της Καλιφόρνια. Τέλος η μεταβλητή της ταχύτητας του ανέμου φαίνεται να μην συσχετίζεται με κάποιον τρόπο με την εξάπλωση της ασθένειας COVID-19.

Επίσης, εξετάζονται ξεχωριστά 10 περιοχές της πολιτείας Καλιφόρνια με τους περισσότερους κατοίκους, καθώς και με τα περισσότερα κρούσματα. Και σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιούνται κυρίως οι παράγοντες της μέσης θερμοκρασίας, της μέσης υγρασίας και της ταχύτητας του ανέμου. Οι παραπάνω παράγοντες εξετάζονται και με τη μέθοδο της γραμμικής συσχέτισης. Μέσω αυτής της τεχνικής αποδεικνύεται ότι κάθε υπολογισμός με τους παραπάνω παράγοντες είναι στατιστικά σημαντικός. Έρευνα και ανάλυση έχει πραγματοποιηθεί και με την προϋπόθεση ότι τα συμπτώματα του και η πλήρης εξέλιξη του κορωνοϊού Sars-Cov-2 μέσα σε έναν οργανισμό χρειάζονται κατά μέσο όρο 14 μέρες για να πραγματοποιηθούν. Με αυτή την προϋπόθεση, παρατηρείται ότι στις μεγαλύτερες περιοχές της Καλιφόρνια, δηλαδή στο Los Angeles, το Riverside αλλά και τη Santa Clara, η βασικότερη συνθήκη για την εξάπλωση του Sars-Cov-2 είναι η θερμοκρασία.

Όσον αφορά στη συσχέτιση όλων των παραπάνω περιπτώσεων, αυτή φτάνει το μέγιστό της, όταν η μέση θερμοκρασία είναι στο χαμηλότερο επίπεδό της, ενώ είναι στο ελάχιστο, όταν φτάνει στο υψηλότερο επίπεδό της. Επίσης, παρατηρείται ότι όταν μειώνεται η θερμοκρασία και συγκεκριμένα μετά τους πρώτους 50 βαθμούς Fahrenheit που αντιστοιχούν σε 10 βαθμούς κελσίου, τότε υπάρχει όλο και μεγαλύτερη συσχέτιση μεταξύ της θερμοκρασίας και της εμφάνισης νέων περιπτώσεων. Στα υψηλότερα επίπεδα θερμοκρασιών, η συσχέτιση των αναλύσεων δεν επηρεάζεται από τις διαφοροποιήσεις της θερμοκρασίας, και αυτό το γεγονός αναδεικνύει το γεγονός ότι στις υψηλότερες θερμοκρασίες αναστέλλεται η μετάδοση του ιού.

Επομένως, η μεταβλητή θερμοκρασία φαίνεται να λειτουργεί αντιστρόφως ανάλογα με την μεταβλητή διάδοση του ιού. Η υψηλότερη θερμοκρασία λειτουργεί αρνητικά ως προς τη διασπορά, ενώ η χαμηλότερη θερμοκρασία ευνοεί τη μετάδοση.

Η επίδραση της χαμηλής θερμοκρασίας όσον αφορά την διάδοση του ίου δεν εμφανίζεται άμεσα, αλλά υποβάλλεται σε μια χρονική καθυστέρηση, η οποία εκτιμάτε σε μια περίοδο 15 περίπου ημερών. Αυτό είναι αποτέλεσμα προφανώς του γεγονότος ότι ο COVID-19 φαίνεται να έχει εξαιρετικές οργανικές αντοχές στα κρύα περιβάλλοντα, ιδιότητα που επιτρέπει την επιβίωση του στις επιφάνειες και γενικότερα στο περιβάλλον για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Με αυτόν τον τρόπο, οι πιθανότητες μόλυνσης του πληθυσμού αυξάνονται (Landier et al., 2021).

Η επίδραση των χαμηλών θερμοκρασιών στη εξάπλωση της ασθένειας COVID-19 είναι εμφανής, όχι μόνο αυτοτελώς, αλλά και στην σχέση της με το αντίκτυπό της στην κοινωνική ζωή των πολιτών. Οι χαμηλές θερμοκρασίες παροτρύνουν τα άτομα στο να παραμείνουν στα σπίτια τους ή τουλάχιστον σε όσο γίνεται περισσότερο κλειστούς εσωτερικούς χώρους, οι οποίοι δεν έχουν απαραίτητα καλές συνθήκες εξαερισμού. Με αυτόν τον τρόπο, οι πιθανότητες μόλυνσης μεταξύ των ευρισκόμενων στο χώρο ατόμων αυξάνονται σημαντικά (Heibati et al., 2021). Αυτή η συνθήκη ενισχύεται από τη μειωμένη απόκριση του ανοσοποιητικού συστήματος του ανθρώπου, που παρατηρείται σε περιπτώσεις όπου το περιβάλλον βρίσκεται σε χαμηλή θερμοκρασία (UKHSA, 2021). Από την άλλη όμως, η μετάδοση του ιού σε κλειστό εσωτερικό χώρο βρίσκεται και σε σχέση με τα υπόλοιπα μέτρα κοινωνικής αποστασιοποίησης, όπως είναι η χρήση μάσκας και διαλυμάτων αντισηπτικής προστασίας των χεριών (Bazant & Bush, 2021).

5.3. Παράγοντες που επηρεάζουν την αέρια ρύπανση σε μια συγκεκριμένη περιοχή

Παράγοντες που επηρεάζουν την συγκέντρωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε μια συγκεκριμένη περιοχή είναι οι εξής:

- 1) Η πυκνότητα του πληθυσμού στην συγκεκριμένη περιοχή, οι οποίοι στην ουσία είναι ο αριθμός των ατόμων ανά συγκεκριμένη έκταση.
- 2) Η δραστηριότητα του πληθυσμού στην συγκεκριμένη περιοχή, διότι η αυξημένη δραστηριότητα έχει συνδεθεί με την αύξηση των εκπεμπόμενων ρύπων.
- 3) Η γεωμορφολογία της συγκεκριμένης περιοχής

Και

4) Οι κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή

Η πυκνότητα των ατόμων σε μια συγκεκριμένη περιοχή επηρεάζει την συγκέντρωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης καθώς όσο περισσότερα είναι τα άτομα σε ένα συγκεκριμένο χώρο τόσο περισσότεροι ρύποι παράγονται αθροιστικά. Η δραστηριότητα του πληθυσμού επηρεάζει την πυκνότητα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης καθώς το ποσό δραστήριο είναι ένα άτομο καθορίζει το ποσό πολύ αυτό αλληλοεπιδράει με το περιβάλλον του, με αποτέλεσμα όσο πιο πολύ αλληλοεπιδρά τόσο πιο πολύ ρύποι να παράγονται. Η γεωμορφολογία της περιοχής επηρεάζει και αυτή την συγκέντρωση των ρύπων καθώς μια κλειστή περιοχή με χαμηλή δένδροκάλυψη δεν επηρεάζεται τόσο πολύ από ανέμους με αποτέλεσμα να μην υπάρχει υψηλή μετακίνηση των ρύπων σε άλλες περιοχές αλλά και να μην απορροφούν ορισμένοι ρύποι από τα φυτά με αποτέλεσμα την αυξημένη συγκέντρωση ρύπων σε μια τέτοια περιοχή. Τέλος οι κλιματολογικές συνθήκες όπως η ταχύτητα του ανέμου η βροχόπτωση, η υγρασία αλλά ακόμη και η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας παίζουν σημαντικό ρόλο για στην συγκέντρωση των ατμοσφαιρικών ρύπων σε μια περιοχή καθώς με τον άνεμο μπορούν να μεταφερθούν ρύποι σε μια άλλη ενώ μέσω της βροχόπτωσης μπορεί να αφαιρεθούν ορισμένοι ρύποι από την ατμόσφαιρα και να καταλήξουν σε μια υγρή φάση (Παπαναστασίου Δημήτριος).

Η κλιματική αλλαγή επηρεάζεται από την ατμοσφαιρική ρύπανση και επηρεάζει τις κλιματικές συνθήκες σε διάφορες περιοχές του πλανήτη καθώς χαρακτηρίζεται από ακραία καιρικά φαινόμενα. Επίσης εφόσον οι υψηλές συγκεντρώσεις ατμοσφαιρικής ρύπανσης επηρεάζουν την θνησιμότητα ενός ατόμου με ιό και παρατηρούνται κυρίως στα αστικά κέντρα όπου υπάρχει υψηλή βιομηχανική παραγωγικότητα θα μπορούσε κάποιος να συσχετίσει την κλιματική αλλαγή με την ατμοσφαιρική ρύπανση και την θνησιμότητα της πανδημίας με βάση το περιβάλλοντα χώρο αλλά και την ένταση της ανθρώπινης δραστηριότητας.

5.4. Μετρήσεις σχετικές με την ατμοσφαιρική ρύπανση και τον Sars-Cov-2

Σε αυτήν την ενότητα θα παρουσιαστούν δεδομένα που αφορούν μετρήσεις ατμοσφαιρικής ρύπανσης από διάφορους ρύπους αλλά και μετρήσεις που αφορούν τον ιό όπως είναι ο αριθμός κρουσμάτων αλλά και οι καταγεγραμμένοι θάνατοι σε 33 ευρωπαϊκές χώρες (Lembo et al., 2021). Με βάση αυτά μπορεί να φανερωθεί μια σχετική συσχέτιση στα επίπεδα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και τον ιό αλλά και να σχολιαστεί γιατί μερικές μετρήσεις μπορεί να

αποκλίνουν από αυτήν την συσχέτιση. Συνολικά, στις αναφερόμενες χώρες, καταγράφηκαν 1.480.130 κρούσματα του ιού κατά την περίοδο 11 Φεβρουάριου μέχρι 17 Μαΐου του 2020 σε χρονικό διάστημα περίπου 14^{ων} εβδομάδων. Τα δεδομένα για τις συγκεκριμένες χώρες πάρθηκαν από την Eurostat, τα Ηνωμένα έθνη και την ιστοσελίδα του οργανισμού παγκόσμιας υγείας.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι μετρήσεις που έγιναν και οι αντίστοιχοι παράμετροι.

Χωρά	Συνολικές περιπτώσεις	Συνολικοί θάνατοι	Πληθυσμός το 2020	Πληθυσμός άνω των 60	Κανινικο-ποιημένες συνολικές περιπτώσεις για πληθυσμό άνω των 60 Χ 1000	Κανινικο-ποιημένες συνολικές περιπτώσεις για πληθυσμό άνω των 60 Χ 1000
Λιχτενστάιν	83	1	38.019	-	0,218312	-
Μάλτα	546	6	497.724	184.862	0,109699	0,003246
Κύπρος	914	17	885.907	282.148	0,103171	0,006025
Λοξεμβούργο	3.930	104	625.669	177.043	0,628128	0,058743
Ισλανδία	1.802	10	358.568	101.378	0,502555	0,009864
Εσθονία	1.770	63	1.326.601	524.106	0,133424	0,012021
Σλοβενία	1.465	103	2.083.676	825.641	0,070308	0,012475
Λετονία	997	19	1.905.482	778.054	0,052323	0,002442
Λιθουανία	1.534	55	2.759.230	1.104.620	0,055595	0,004979
Κροατία	2.224	95	4.054.406	1.677.011	0,054854	0,005665
Ελβετία	30.489	1.601	8.607.483	3.159.444	0,354215	0,050674
Σλοβακία	1.493	28	5.455.848	1.745.346	0,027365	0,001604
Βουλγαρία	2.211	108	6.943.254	2.983.134	0,031844	0,00362
Ιρλανδία	24.048	1.533	4.943.466	1.378.240	0,48646	0,111229
Δανία	10.858	543	5.839.809	2.269.841	0,185931	0,023922
Ουγγαρία	3.509	451	9.739.030	3.778.432	0,03603	0,011936
Σουηδία	29.677	3.674	10.348.449	4.067.422	0,286777	0,090328
Φιλανδία	6.286	297	5.528.576	2.407.589	0,1137	0,012336
Αυστρία	16.140	628	8.908.676	3.335.343	0,181172	0,018829
Πορτογαλία	28.810	1.203	10.261.867	4.478.286	0,280748	0,026863

Νορβηγία	8.197	232	5.369.143	1.835.668	0,152669	0,012639
Τσεχία	8.445	296	10.674.178	4.171.430	0,07921	0,007096
Βέλγιο	54.989	9.005	11.487.179	4.334.844	0,478699	0,207735
Ρουμάνια	16.704	1.081	19.282.488	7.185.749	0,086628	0,015044
Ελλάδα	2.819	162	10.691.204	4.699.906	0,026368	0,003447
Ολλανδία	43.870	5.670	17.342.709	6.623.729	0,252959	0,085601
Ιταλία	224.760	31.763	60.233.172	27.541.264	0,37315	0,115329
Ισπανία	230.698	27.563	47.054.924	18.190.878	0,490274	0,151521
Τουρκία	148.067	4.096	83.429.615	7.280.089	0,177475	0,056263
Πολωνία	18.257	915	37.968.244	13.402.471	0,048085	0,006827
Γαλλία	140.008	27.578	67.204.763	26.813.142	0,208331	0,102853
Ηνωμένο Βασίλειο	240.165	34.466	67.086.777	24.500.348	0,357992	0,140676
Γερμανία	174.355	7.914	83.159.604	35.797.688	0,209663	0,022108

Πίνακας 2: Μετρήσεις που φανερώνουν γενικά στοιχεία για τις 33 συγκεκριμένες χώρες αλλά και μετρήσεις που αφορούν της περιπτώσεις αλλά και τους θανάτους από τον ιό Sars-Cov-2 τόσο για τον γενικό πληθυσμό αλλά και για την κατηγορία των ατόμων άνω των 65 ετών (Lembo et al., 2021).

Με βάση τον παραπάνω πίνακα φανερώνεται ότι οι χώρες με τα περισσότερα κρούσματα ατόμων άνω των 65 ετών ήταν το Λουξεμβούργο (0,62), η Ισλανδία (0,5) και η Ισπανία (0,49). Οι χώρες με τους περισσότερους θανάτους συνολικά ήταν το Ηνωμένο βασίλειο (34.466), η Ιταλία (31.763) και η Γαλλία (27.578), οι χώρες με τον μεγαλύτερο αριθμό θανάτων ατόμων άνω των 65 ετών ήταν το Βέλγιο (0,207735), η Ισπανία (0,151521) και το Ηνωμένο βασίλειο (0,140676) και οι χώρες με τον μεγαλύτερο αριθμό κρουσμάτων συνολικά ήταν το Ηνωμένο Βασίλειο (240.165), η Ισπανία (230.698) και η Ιταλία (224.760).

Αν κάποιος θεωρήσει τα παραπάνω αποτελέσματα και τα συγκρίνει με τον πληθυσμό κάθε χώρας με αποτέλεσμα να βρει τις τιμές που αναφέρονται ανά συγκεκριμένο κομμάτι του πληθυσμού όπως είναι οι τιμές για 1.000ους κάτοικους ανά χώρα ,παραδειγματικά, σε κάθε χώρα θα μπορέσει να φανερωθεί σε ποιες από αυτές της χώρες υπήρξε καλύτερη αντιμετώπιση του κορωνοϊού αλλά και σε ποιες χώρες υπήρξε μεγάλη θνησιμότητα. Αυτό συμβαίνει επειδή είναι λογικό μια χώρα με μεγαλύτερο πληθυσμό ή μεγαλύτερη έκταση αναλόγως να παρουσιάζει περισσότερα κρούσματα και αρά περισσότερους σχετικούς θανάτους. Επίσης μια πυκνοκατοικημένη χώρα όπως και μια πυκνοκατοικημένη περιοχή αν θεωρηθεί ότι τα μετρά πρόληψης είναι πάνω κάτω τα ίδια είναι λογικό να παρουσιάζει μεγαλύτερο αριθμό κρουσμάτων λόγω του μεγάλου συνωστισμού σε κλειστούς χώρους αλλά και την στενή επαφή σε κοντινή απόσταση σε σχέση με άλλα άτομα, για αυτό άλλωστε και οι πυκνοκατοικημένες περιοχές όπως πολλές μεγαλουπόλεις είναι πιο ευάλωτες σε ασθένειες και στην διασπορά ιώσεων όπως είναι η διασπορά του ιού Sars-Cov-2.

Στον παρακάτω πίνακα φανερώνονται μετρήσεις που αφορούν της ποσότητες διάφορων ρύπων που καταγράφηκαν στις 33 επιλεγμένες χώρες ,συγκεκριμένα αφορούν μετρήσεις αμμωνίας, οξειδίων του αζώτου, μη μεθανίουχων πτητικών οργανικών ενώσεων, σωματιδίων <10μm και <2μm και οξειδίων του θείου.

Χωρά	Αμμωνία	Οξειδιά του αζώτου	Μη μεθανιού- χες οργανικές πτητικές ενώσεις	Σωματίδια <10 μm	Σωματίδια <2μm	Οξειδιά του θείου
Λιχτενστάιν	213	492	241	39	34	16
Μάλτα	1.113	5.343	2.815	378	238	151
Κύπρος	6.488	14.543	12.321	2.054	1.290	16.319
Λοξεμβού- ργο	5.805	18.314	12.101	2.005	1.345	1.011
Ισλανδία	5.280	22.555	5.628	1.682	1.284	49.735
Εσθονία	10.255	33.200	22.245	13.911	9.222	38.653
Σλοβενία	18.634	34.711	29.808	12.986	11.480	4.878
Λετονία	16.519	37.421	38.100	25.009	17.973	3.996
Λιθουανία	29.547	53.437	45.727	14.196	9.081	13.177
Κροατία	37.642	54.852	63.241	25.378	16.726	12.557
Ελβετία	55.155	61.149	78.369	14.922	65.547	5.424
Σλοβακία	26.545	656.65	89.478	22.587	18.068	27.037
Βουλγαρία	49.440	102.813	77.232	47.030	31.967	103.071
Ιρλανδία	118.496	110.307	113.349	27.281	11.970	13.221
Δανία	76.333	111.954	102.258	21.058	20.061	10.254
Ουγγαρία	87.700	119.283	141.520	68.866	47.988	27.722
Σουηδία	53.336	124.025	146.939	40.302	20.098	17.566
Φιλανδία	31.083	129.850	88.323	29.179	17.800	35.020
Αυστρία	69.095	144.712	120.189	27.942	15.613	12.809
Πορτογαλία	57.606	159.009	167.536	72.805	51.268	47.520
Νορβηγία	33.420	162.730	152.534	36.860	27.907	14.925
Τσεχία	67.003	163.205	207.340	51.280	39.940	109.962
Βέλγιο	66.749	176.273	109.104	33.408	23.088	37.573
Ρουμάνια	164.336	231.717	240.088	143.200	111.925	106.932

Ελλάδα	55.209	249.536	148.098	56.505	25.814	105.844
Ολλανδία	132.119	251.905	252.074	26.928	14.004	26.898
Ιταλία	384.192	709.070	935.000	195.690	164.677	115.171
Ισπανία	518.192	738.890	617.768	172.098	105.098	220.443
Τουρκία	739.704	784.697	1.098.974	764.935	16.761	2.350.019
Πολωνία	307.522	803.661	690.737	246.310	147.281	582.656
Γαλλία	606.358	807.225	611.960	254.230	164.487	143.782
Ηνωμένο Βασίλειο	283.147	893.108	809.420	170.786	106.814	172.877
Γερμανία	673.251	1.187.502	1.068.758	205.986	99.056	315.477

Πίνακας 3: Σε αυτόν τον πίνακα φανερώνονται στοιχεία για την ποσότητα διάφορων ρύπων που καταγραφήκαν στις 33 χώρες ενδιαφέροντος. Συγκεκριμένα αφορά μετρήσεις αμμωνίας, οξειδίων του αζώτου, μη μεθανίουχων οργανικών πτητικών ενώσεων, σωματιδίων <10μm και <2μm και οξειδίων του θείου (Lembo et al., 2021).

*Ένας τόνος (metric) = 1 megagram (Mg) = 10⁶ g

Στον πίνακα αυτόν παρουσιάζονται οι μετρήσεις σε τόνους που αφορούν την συγκέντρωση διαφόρων ρύπων στην ατμόσφαιρα των 33 χωρών που έγιναν το 2017. Για να φανερωθεί η σχέση των ρύπων ωστόσο με το ρίσκο θνησιμότητας των ασθενών που πάσχουν από Covid19 θα πρέπει να λάβει υπόψη την χωρική κατανομή τους καθώς και η έκταση κάθε χώρας καθώς όπως αναφέρθηκε όσο υψηλότερη η συγκέντρωση των ρύπων τόσο πιο πυκνή χωρική κατανομή και αρά τόσο πιο πολύ η ζημιά που προκαλούν στην υγεία ενός ατόμου που μετακινείται σε χώρους με υψηλή συγκέντρωση για μεγάλα χρονικά διαστήματα, ειδικά για μεγάλο μέρος της ζωής του, όπως είναι οι ηλικιωμένοι και γενικά οι άνθρωποι μεγαλύτερης ηλικίας. Οπότε στις χώρες όπου υπάρχει μεγάλη συγκέντρωση των ρύπων αλλά και πολλές πυκνοκατοικημένες περιοχές ευνóηται περισσότερο η εξάπλωση αλλά και το ρίσκο της θνησιμότητας για τον ιό. Η μετάδοση πιθανολογείται ότι αυξάνεται επίσης με την αύξηση της παρουσίας του αντίγονου ACE-2 στις πνευμονικές κυψελίδες λόγω διάφορων ρύπων που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα, οπότε οι ατμοσφαιρικοί ρύποι όχι μόνο συμβάλουν στην θνησιμότητα αλλά και στην μετάδοση του ιού.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα διάφορα αέρια του θερμοκηπίου τα οποία μπορούν και αυτά να θεωρηθούν ρύποι. Οι μετρήσεις αυτές είναι του έτους 2017 και αφορούν συγκεκριμένα το διοξείδιο του άνθρακα, τους χλωροφθοράνθρακες, το μεθάνιο, το τριφθορίδιο του αζώτου, το οξείδιο του αζώτου (σε αναλογία Co2 αντίστοιχα), τους περφθοριωμένοι υδρογονάνθρακες και το εξαφθορικό θείο.

Χωρά	Διοξείδι	Χλωρο-	μεθάνιο	Τριθφο	Οξείδιο	Οξείδιο	Perfluoro	Εξαφθο
------	----------	--------	---------	--------	---------	---------	-----------	--------

	ο του άνθρα- κα	φθορά- νθρακες		ρίδιο του αζώτου	του αζώτου	του αζώτου (σε αναλο- γία CO2)	carbones	ρικό θείο
Λιχτε- νστάιν	155,99	10,69	0,72	-	0,03	9,74	0,02	0,05
Μάλτα	2.036,2 4	310,93	7,5	-	0,16	46,97	0	0,99
Κύπρος	8.536,8 2	249,56	34,57	-	1,01	301,38	.	0,17
Λοξεμ- βούργο	10.925, 92	71,64	23,75	-	1,12	332,68	.	9,41
Ισλα- νδία	4.761,2 1	204,91	23,75	-	0,98	293,36	68,04	2,31
Εσθονία	18.833, 81	236,24	42,84	-	3,08	917,22	.	2,44
Σλοβε- νία	14.333, 1	357,480	84,07	-	2,36	702,27	17,45	15,81
Λετονία	7.680,0 7	234,92	72,19	-	6,8	2.025,8 1	.	10,32
Λιθουα- νία	13.724, 6	711,26	130,3	0,01	10,19	3.036,6 9	.	7,73
Κροατία	19.165, 83	488,71	164,33	.	5,72	1.703,3 2	.	6,39
Ελβετία	43.568, 89	1.511,7	194,17	0,54	8,18	2.437,2 7	30,76	196,55
Σλοβα- κία	36.198, 66	739,06	184,05	.	6,47	1.928,2 1	8,62	7,08
Βουλγα- ρία	48.114	1.817,8 9	271,39	.	17,96	5.351,3 5	0,02	17,51
Ιρλαν- δία	417.64, 18	1.143,3	561,39	1,26	22,74	6.775,5 1	47,2	39,22
Δανία	37.981, 3	405.43	275,39	.	18,39	5.479,4 2	1,09	75,45
Ουγγα- ρία	50.341, 26	1.801,1 7	301,55	.	15,75	4.692,6 8	1,06	113,8
Σουη-	44.803,	1.138,3	180,75	.	16,47	4.907,4	36,58	47,09

δία	23	1				2		
Φιλαν- δία	46.855, 43	1.278,5 8	184,25	.	15,79	4.705,6	5,84	50,23
Αυστ- ρία	72.225, 23	1.724,7 7	263,91	12,01	11,82	3.523,7 9	44,09	399,03
Πορτο- γαλία	58.683, 66	3.257,1	379,17	.	10,55	3.144,3 3	16,87	25,25
Νορβη- γία	45.371, 18	1.402,7 5	200,95	.	8,09	2.410,0 5	130,96	58,83
Τσεχία	107.389 ,4	3.640,8	540,44	2,75	19,62	5.846,7 7	1,37	74,31
Βέλγιο	102.366 ,5	2.805,3 9	318,95	0,63	20,06	5.976,5 8	167,66	92,03
Ρουμά- νια	76.003, 92	2.177,6 8	1.149,0 5	.	26,32	7.843,8 8	5,56	54,19
Ελλάδα	78.279, 35	6.179,3 2	396,62	.	14,7	4.379,6 5	125,79	5,01
Ολλαν- δία	176.945 ,7	1.826,3 8	721,31	.	29,6	8.821,2 8	77,03	126,38
Ιταλία	360.157 ,6	15.294, 12	1.754,1 7	23,5	60	17.879, 24	1.313,68	417,49
Ισπανία	291.353 ,4	6.309,3 2	1.600,6 4	.	61,79	18.414, 7	127,77	225,6
Τουρκία	436.344 ,4	8.048,7 3	2.167,8 1	.	129,62	38.626, 84	73,11	73,12
Πολω- νία	339.052 ,7	6.893,2 7	1.976,5 3	.	69,95	20.844, 98	11,92	82,43
Γαλλία	363.707 ,1	18.711, 33	2.250,3	7,64	141,39	42.133, 27	707,68	460,21
Ηνωμέ- νο Βασί- λειο	419.518 ,5	14.085, 33	2.058,3 6	0,53	65,3	19.460, 12	371,47	525,41
Γερμά- νια	827.082 ,5	11.010, 81	2.209,9 6	.	127,31	37.939, 49	90,12	3.834,3 3

Πίνακας 4: Σε αυτόν τον πίνακα φανερώνονται στοιχεία για την ποσότητα διάφορων αέριων του θερμοκηπίου που καταγραφήκαν στις 33 χώρες ενδιαφέροντος. Συγκεκριμένα αφορά μετρήσεις του διοξειδίου του άνθρακα, των χλωροφθοράνθρακων, του μεθάνιου, του τριφθορίδιου του αζώτου, του οξειδίου του αζώτου (σε αναλογία Co2 αντίστοιχα), των perfluorocarbones και του εξαφθορικού θείου (Lembo et al., 2021).

*Ένας τόνος (metric) = 1 megagram (Mg) = 10⁶ g

Με βάση τον παραπάνω πίνακα μπορεί για γίνει η συσχέτιση των θανάτων και της μετάδοσης του κορωνοϊού ανάλογα με την συγκέντρωση των παραπάνω ρύπων σε κάθε χώρα, ωστόσο για να γίνει κάτι τέτοιο σωστά όπως αναφέρθηκε προηγούμενος θα πρέπει να εξεταστεί κυρίως η πυκνότητα που εισπνέει ένα άτομο αλλά και το χρονικό διάστημα κατά το οποίο συμβαίνει αυτό.

Το κύριο εύρημα αυτής της μελέτης είναι ότι τόσο τα σωματίδια όσο και τα υψηλά επίπεδα αερίων θερμοκηπίου σχετίζονται με τον SARS-CoV-2 και ότι τα PM_{2,5} και τα οξείδια του αζώτου συγκαταλέγονται στους ρυπογόνους παράγοντες με την ισχυρότερη συσχέτιση τόσο για τα θετικά κρούσματα SARS-CoV-2 όσο και για τους θανάτους από COVID-19. Βασισμένοι με όσα αναφέρθηκαν μπορούμε να εντοπίσουμε την σχέση μεταξύ της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της εξάπλωσης, της πιθανότητας θνησιμότητας και του ιού Sars-Cov-2 γενικά.

Μια άλλη ερευνά που έγινε και αφορά την επίδραση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, συγκεκριμένα των αιωρούμενων σωματιδίων PM_{2,5} και PM₁₀ και περιλάμβανε δεδομένα από 9 ασιατικές πόλεις που αναλυθήκαν με στατικές μεθόδους όπως είναι η ανάλυση διακύμανσης/διασποράς (ANOVA) και το μοντέλο παλινδρόμησης (Gupta et al., 2021). Η ερευνά αυτή προτείνει ότι υπάρχει μια θετική αλληλεπίδραση μεταξύ της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των θανάτων που προκαλούνται από την ασθένεια Covid-19 καθώς παρελθοντικές εκθέσεις σε υψηλή συγκέντρωση σωματίων PM_{2,5} για μεγάλη χρονική περίοδο φαίνεται να συνδέονται με πιο πρόσφατες τιμές θνησιμότητας από Covid-19 ανά μονάδα καταγεγραμμένων περιπτώσεων ($p < 0,05$) σε σχέση με τα σωματίδια PM₁₀ που δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερη συσχέτιση (0,118).

Για την έρευνα αυτή χρησιμοποιήθηκαν πόλεις επιλεγμένες από την βάση δεδομένων του οργανισμού παγκόσμιας υγείας WHO που έχουν επηρεαστεί από την ασθένεια Covid-19 και για τις οποίες υπάρχουν έτοιμα διαθέσιμα δεδομένα και συγκεκριμένα τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται στον πίνακα 4. Οι συγκεκριμένες πόλεις δεν έχουν μελετηθεί όσον αφορά την σχέση της αέριας ρύπανσης με την ασθένεια Covid-19 άλλα ανήκουν στις 500 πιο ρυπασμένες πόλεις στον κόσμο με βάση τα σωματίδια PM_{2,5}. Τα δεδομένα του οργανισμού WHO καλύπτουν δεδομένα 10 ετών από το 2007 μέχρι το 2016, με την αναφορά ετήσιων μέσων τιμών. Τα δεδομένα ρύπανσης για κάθε πόλη αναλύονται σε σχέση με τον αριθμό των θανάτων (θνησιμότητα) ανά μονάδα αναφερόμενης περίπτωσης. Αυτή η κανονικοποίηση (θάνατοι ανά μονάδα αναφερόμενης περίπτωσης) θα απομονώσει σαν παράγοντα την κλινική εξάπλωση του ιού και θα σχετίζεται μόνο με τον πρόσθετο αριθμό θανάτων που σχετίζονται με άλλους παράγοντες, άλλα κυρίως το εξασθενημένο ανοσοποιητικό σύστημα που έχει άμεση σχέση με την ατμοσφαιρική ρύπανση. Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιείται στα δεδομένα του Πίνακα 5 χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο

γραμμικής παλινδρόμησης για τον προσδιορισμό της σχέσης μεταξύ των παραμέτρων ατμοσφαιρικής ρύπανσης (συγκεντρώσεις PM_{2.5} ή PM₁₀) και της μεταβλητής απόκρισης (ποσοστό θνησιμότητας ανά μονάδα αναφερόμενων περιπτώσεων).

Νομ- μερο	Πόλη	Χωρά	Παράμετροι αέρι- ας ρύπανσης – ετήσια μέση τιμή (μg m ⁻³)		Δεδομένα από τις 2 Ιουλίου του 2020		Ποσοστό θνησιμότητας ανά καταγεγραμμένες περιπτώσεις Covid-19 (θάνατοι/περι- πτώσεις X100)
			PM _{2.5}	Pm ₁₀	Καταγε- γραμμέ- νες περιπτώ- σεις	Καταγε- γραμμέ- νοι θάνατοι	
1	Δελχί	Ινδία	143	292	89.802	2.803	3,121
2	Ναγκπούρ	Ινδία	84	86	1.582	15	0,948
3	Κανπούρ	Ινδία	173	319	1.207	52	4,308
4	Ισλαμαμπάντ	Πακιστάν	66	217	13.195	129	1,053
5	Λαχόρη	Πακιστάν	68	198	39.512	705	1,784
6	Τζακάρτα	Ινδονήσια	45	59	11.823	638	5,396
7	Τιεντσίν	Κίνα	69	103	198	3	1,667
8	Γκουίλιν	Κίνα	47	64	98	1	1,020
9	Χεμπέι	Κίνα	73	128	349	6	1,719

Πίνακας 5: Απεικονίζονται δεδομένα που αφορούν την ατμοσφαιρική ρύπανση και τον ιό που θα χρησιμοποιηθούν για την στατιστική ανάλυση (Gupta et al., 2021).

Η ανάλυση πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας μία μόνο παράμετρο ατμοσφαιρικής ρύπανσης κάθε φορά, καθώς αυτές οι παράμετροι ατμοσφαιρικής ρύπανσης δεν είναι ούτε αμοιβαία μοναδικές ούτε ανεξάρτητες. Το γενικό μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης που αναπαρίσταται ως ευθεία γραμμή απεικονίζεται στην παρακάτω εξίσωση, την εξίσωση 1.

$$Y = m * X + C + \varepsilon \quad (1)$$

Στην παραπάνω εξίσωση το Y αναπαριστά την μεταβλητή απόκρισης (ποσοστό θνησιμότητας ανά μονάδα αναφερομένων περιπτώσεων), το m είναι η κλίση, το X είναι η μεταβλητή που χρησιμοποιείτε από το μοντέλο το C είναι η σταθερά του μοντέλου και το ‘ε’ είναι το σφάλμα του μοντέλου. Οι συντελεστές του μοντέλου m και C υπολογίζονται χρησιμοποιώντας

την μέθοδο ελάχιστων τετράγωνων μέσω της ελαχιστοποίησης του αθροίσματος της τετραγωνισμένης διαφοράς μεταξύ των υποθετικών και των πραγματικών τιμών. Η μεταβλητή X θεωρείται να είναι κανονικά διασκορπισμένη με ισότητα ποικιλίας για κάθε παρατήρηση. Στην παρούσα ανάλυση ο όρος X δημιουργείτε από την χρησιμοποίηση του λογαριθμικού μετασχηματισμού που μειώνει την ασυμμετρία του συνόλου δεδομένων. Τέλος η τιμή “ ε ” είναι διαφορά μεταξύ της πραγματικής απόκρισης και της προβλεπόμενης απόκρισης που υπολογίζεται με την χρήση του κατάλληλου μοντέλου παλινδρόμησης. Ο όρος σφάλματός θεωρείται ότι έχει μηδενική μέση τιμή και θεωρείτε μη σχετιζόμενος. Η ανάλυση της διακύμανσης στο μοντέλο παλινδρόμησης πραγματοποιείται για τον ποσοτικό προσδιορισμό της ισχύος της σχέσης της παραμέτρου ατμοσφαιρικής ρύπανσης με τη μεταβλητή απόκρισης, η οποία απεικονίζεται με την τιμή R^2 . Όλη η ανάλυση και ο υπολογισμός πραγματοποιούνται σε διάστημα εμπιστοσύνης (CI) 95% χρησιμοποιώντας το Minitab 14.

Ο πίνακας 6 απεικονίζει τους συντελεστές του μοντέλου παλινδρόμησης και τα σχετικά τυπικά σφάλματα (SE) για τους συντελεστές παλινδρόμησης. Παρατηρείται ότι τα σωματίδια $PM_{2,5}$ έχουν σημαντική επίπτωση στην μεταβλητή απόκρισης η αλλιώς στο ποσοστό θνησιμότητας ανά αναφερόμενες περιπτώσεις Covid-19 ($p < 0.05$ σε CI:95%), ωστόσο τα σωματίδια PM_{10} δεν δείχνουν καμία αξιοσημείωτη μεταβολή στην απόκριση με $p = 0,118$. Παρατηρείται ότι το ποσοστό θνησιμότητας συσχετίζεται θετικά και με τις δύο παραμέτρους της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, καθώς τα PM μπορούν να λειτουργήσουν ως φορέας για τη μεταφορά των σωματιδίων του κορωνοϊού, αιωρούμενα στον αέρα και στα υδάτινα μέσα, στην αναπνευστική οδό του ανθρώπου και μεταδίδοντας λοιμώξεις (Gupta et al., 2021).

Προβλεπόμενοι	Συντελεστές	Τυπικά σφάλματα	T	φP
Μεταβλητή $PM_{2,5}$ ($\mu g\ m^{-3}$)	-8,518	4,116	-2,07	0,077
$\log_{10}$ ($PM_{2,5}$)	5,747	2,169	2,65	0,033
Μεταβλητή PM_{10} ($\mu g\ m^{-3}$)	-4,56	3,899	-1,17	0,281
$\log_{10}$ (PM_{10})	3,226	1,811	1,78	0,188

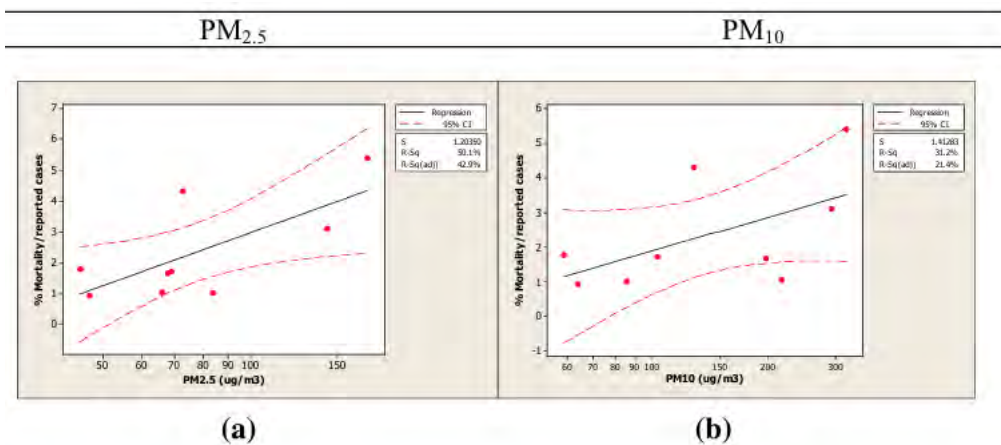
Πίνακας 6: Σε αυτόν τον πίνακα φανερώνονται στοιχεία του μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης που αφορούν το ποσοστό θνησιμότητας για κάθε καταγεγραμμένο κρούσμα COVID-19 (Gupta et al., 2021).

Η ανάλυση της διακύμανσης του μοντέλου παλινδρόμησης παρουσιάζετε στον πίνακα 7. Από τον πίνακα, μπορεί να συναχθεί ότι το ποσοστό θνησιμότητας ανά αναφερόμενη περίπτωση

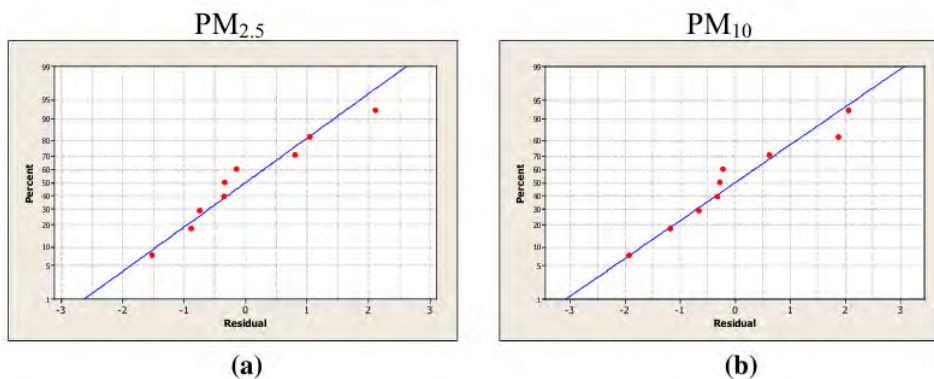
COVID-19 συσχετίζεται σημαντικά με τα σωματίδια PM_{2.5} ($R^2 = 50.1\%$ και $R^2 \text{ Adj} = 42.9\%$) από ό, τι με τα σωματίδια PM₁₀ ($R^2 = 31.2\%$ και $R^2 \text{ Adj} = 24.1\%$).

Πηγή	DFF	SS	MS	F	P
PM _{2.5} Regression	1	10,167	10,167	7,02	0,033
Residual error	7	10,139	1,448		
S = 1.20350 Press = 17.1597 R ² = 50.1% R ² (adj) = 42.9%					
PM ₁₀ Regression	1	6,333	6,333	3.17	0.118
Residual error	7	13,973	1,996		
S = 1.41283 Press = 22.7084 R ² = 31.2% R ² (adj) = 21.4%					

Πίνακας 7: Σε αυτόν τον πίνακα φαίνονται στοιχεία της ανάλυσης ποιότητας (ANOVA) για το μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης (Gupta et al., 2021).



Εικόνα 35: Στην εικόνα φαίνονται γραφικές παράστασης παλινδρόμησης για τα αιωρούμενα σωματίδια PM₁₀ και PM_{2.5}.



Εικόνα 36: Στην εικόνα φαίνονται διαγράμματα κανονικής πιθανότητας που απεικονίζει υπολείμματα για τα PM_{2.5} και PM₁₀.

Σε μια άλλη ερευνά, έγινε η προσπάθεια προσδιορισμού και αναφορά της διάρκειας του ιού Sars-Cov-2 αλλά και άλλων ιών της οικογένειας των κορωνοϊών σε διάφορες επιφάνειες όπως είναι το μέταλλο, το χαρτί και το γυαλί (Marzoli et al., 2021). Μέσω της διερεύνησης της διάρκειας ζωής των κορωνοϊών σε διάφορες επιφάνειες μπορεί να προσδιοριστεί και η μεταδοτικότητα τους καθώς αυτή επηρεάζεται από το ποσό μπορεί ο ιός να επιβιώσει στις επιφάνειες αυτές. Αν και ο κύριος τρόπος μετάδοσης ασθενειών όπως είναι η ασθένεια Covid-19 είναι μέσω του αέρα, η μετάδοση μέσω αντικειμένων είναι δυνατή ειδικά σε χώρους υγειονομικού ενδιαφέροντος όπως είναι τα νοσοκομεία και αποτελεί και αυτήν παράγοντα στην διασπορά του ιού.

Μέχρι την δημοσιοποίηση της συγκεκριμένης ερευνάς προϋπήρχαν τουλάχιστον 9 σχετικές δημοσιεύσεις που αφορούσαν την διασπορά του ιού από επιφάνειες (Fernández-Raga et al., 2021; Fiorillo et al., 2020; Geller et al., 2012; Kampf et al., 2020; Kaul, 2020; Kramer et al., 2006; Mohan et al., 2021; Noorimotlagh et al., 2020; Ren et al., 2020), ωστόσο δεν αποτελούν όλες συστηματικές ανασκοπήσεις και μόνο μια από αυτές συμπεριλάμβανε όλα τα υπάρχοντες αποδείξεις (Kampf et al., 2020). Ακόμη και αυτή η ανασκόπηση χρειάζεται όμως μια επανεξέταση σκεπτόμενη τον αύξοντα αριθμό των ερευνών που δημοσιοποιούνται με αυτό το θέμα. Επίσης στην έρευνα θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η επιβίωση του SARS-CoV-2 υπό διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως η έκθεση στο ηλιακό φως, η σχετική υγρασία (RH) και η θερμοκρασία.

Στην αναφερόμενη συστηματική ανασκόπηση πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας μια συγκεκριμένη, μη εκτεταμένη προσέγγιση, προκειμένου να ανακτηθούν γρήγορα και να ελεγχθούν σχετικά αρχεία από πολλαπλές βάσεις δεδομένων. Για την ερευνά αυτή έγινε εξέταση όλων των μελετών που δημοσιεύθηκαν σε επιστημονικά περιοδικά στην αγγλική γλώσσα. Δεν επιβλήθηκαν προθεσμίες. Έγινε αναζήτηση στις βάσεις PUBMED και EMBASE (Τίτλος/Περίληψη και Τίτλος, Περίληψη, Λέξεις κλειδιά συγγραφέα, αντίστοιχα) με τους όρους αναζήτησης που αναφέρονται στον Πίνακα 8.

Λέξεις Κλειδιά (Τίτλος/Περίληψη)					
Coronavirus 'Η coronaviruses 'Η cov 'Η sars 'Η mers 'Η sars-cov 'Η mers-cov 'Η sars-cov-2	Και	Surface 'Η surfaces 'Η environment OR environmental 'Η packaging 'Η packages 'Η package 'Η food 'Η skin 'Η hand 'Η hands	Και	Stability 'Η survival 'Η resistance 'Η viability 'Η inactivation 'Η disinfection 'Η biocide 'Η elimination 'Η removal 'Η persistence	

Πίνακας 8: Λέξεις κλειδιά που χρησιμοποιήθηκαν για την απόκτηση ερευνών σχετικών με την επιβίωση του κορωνοϊού (Marzoli et al., 2021).

Η τελευταία ημερομηνία αναζήτησης ήταν η 6η Νοεμβρίου 2020. Για την εφαρμογή της διαδικασίας αναζήτησης, χρησιμοποιήθηκε ο τελικός κατάλογος μελετών για να πραγματοποιηθεί μια αναζήτηση αναφοράς προς τα πίσω, προκειμένου να εντοπιστούν πιθανά ελλείποντα στοιχεία. Χρησιμοποιήθηκαν διάφορα κριτήρια για την επιλογή των κατάλληλων μελετών: (1) η μελέτη έπρεπε να είναι στα αγγλικά, (2) τα αναφερόμενα δεδομένα έπρεπε να ανήκουν στην πρωτογενή έρευνα, (3) η μελέτη έπρεπε να ασχοληθεί με έναν κορωνοϊό ικανό να μολύνει ανθρώπους, (4) η μελέτη έπρεπε να διεξαχθεί μέσω πειραματικής μόλυνσης των επιφανειών, (5) η μελέτη έπρεπε να αναφέρει αποτελέσματα σχετικά με την επιβίωση του ιού υπό κανονικές συνθήκες περιβάλλοντος. Η διαδικασία ελέγχου πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του λογισμικού EPPI-4 Reviewer (Thomas et al., 2010). Στην περίπτωση μιας ελάχιστα επεξηγηματικής περίληψης ή σε περίπτωση αμφιβολίας σχετικά με τα διαθέσιμα δεδομένα, η μελέτη συμπεριλήφθηκε και αξιολογήθηκε σε επίπεδο πλήρους κειμένου. Στη συνέχεια, δύο κριτές (SB, FM) εξέτασαν όλες τις μελέτες που προέκυψαν μέσω της αρχικής βιβλιογραφικής αναζήτησης σύμφωνα με τον τίτλο, την περίληψη και το πλήρες κείμενο, ανεξάρτητα (παράλληλη μέθοδος). Οι διαφωνίες επιλύθηκαν με συναίνεση. Ένας αξιολογητής συνέλεξε δεδομένα από σχετικές μελέτες και ένας δεύτερος αξιολογητής έλεγξε τα δεδομένα που συλλέχθηκαν σε σχέση με την προέλευση.

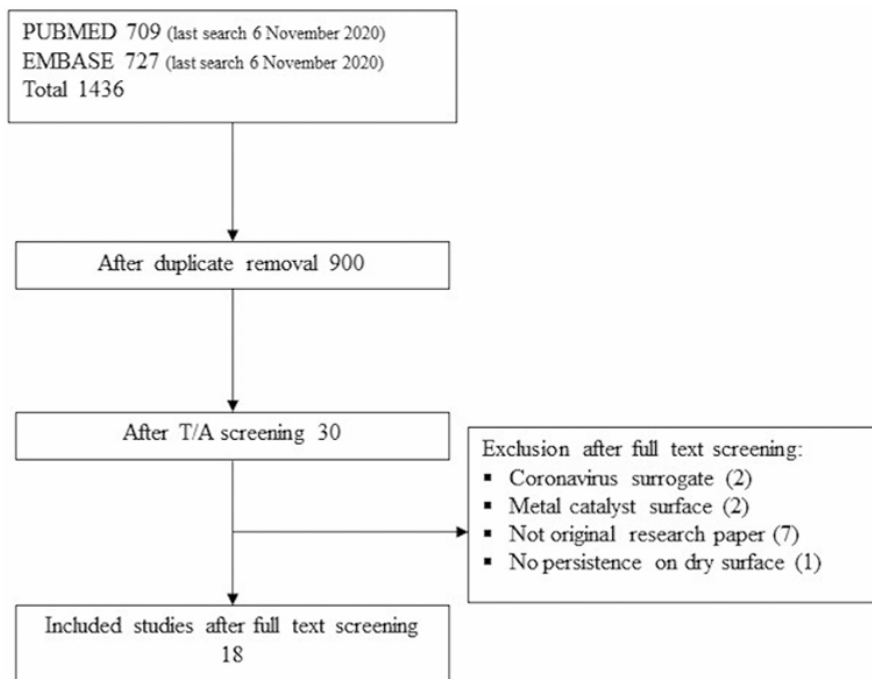
Τα δεδομένα συλλέχθηκαν σε προκαθορισμένες μορφές για τις ακόλουθες μεταβλητές χρήσιμες για την περιγραφή του σχεδιασμού της μελέτης: τύπος επιφάνειας, περιγραφή επιφάνειας, ιός, στέλεχος/απομόνωση, ικό φορτίο στην επιφάνεια, τρόπος επιφανειακής μόλυνσης, τρόπος αφυδάτωσης, θερμοκρασία, σχετική υγρασία, τρόπος ανίχνευσης ιού, όριο

ανίχνευσης, επιβίωση (τελευταία ανίχνευση-καμία ανίχνευση). Ο κίνδυνος μεροληψίας σε μεμονωμένες μελέτες μπορεί να οφείλεται σε μεθοδολογικά ζητήματα όπως η παρουσία επαναλήψεων και επίσης η χρήση θετικών και αρνητικών ελέγχων της διαδικασίας. Εξάχθηκαν δεδομένα σχετικά με την ποιότητα για να διασφαλισθεί ότι οι συστηματικές μέθοδοι αναθεώρησής είναι όσο το δυνατόν πιο διαφανείς, αλλά δεν αποκλείστηκαν μελέτες λόγω ζητημάτων ποιότητας.

Όσον αφορά τα αποτελέσματα ο αριθμός των ημερών επιβίωσης επιλέχθηκε ως μέγεθος επίδρασης. Συγκεκριμένα, αναφέρθηκαν δύο τιμές, μία που αντιστοιχεί στην τελευταία ημέρα κατά την οποία ο ιός ήταν βιώσιμος και η δεύτερη που αντιστοιχεί στην πρώτη ημέρα κατά την οποία χάθηκε η βιωσιμότητα. Επιπλέον, εξετάστηκαν μελέτες χωρίς το επιλεγμένο μέγεθος επίδρασης στην ενότητα κειμένου των αποτελεσμάτων. Αυτές ήταν μελέτες με άλλα μεγέθη επίδρασης (μείωση log ή χρόνος ημίσειας ζωής), μελέτες που παρέχουν ποιοτική αξιολόγηση ή μελέτες που συγκρίνουν την επιβίωση του ιού σε διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες (σκοτάδι και ηλιακό φως).

Οι συνθήκες δοκιμής, όπως οι περιβαλλοντικές συνθήκες (θερμοκρασία, RH, υπεριώδης ακτινοβολία ή ηλιακό φως), ιικό φορτίο εμβολίου, ο τρόπος επιφανειακής μόλυνσης (σταγονίδια, αεροζόλ, τύπος μέσων διασποράς), ο τρόπος αφυδάτωσης (περιβαλλοντικές συνθήκες, ξήρανση στρωτής ροής, χρόνος ξήρανσης), η μεθοδολογία ανίχνευσης ιών και τα χρονικά σημεία ανίχνευσης, ήταν ευρέως διαφορετικές μεταξύ των μελετών που περιλαμβάνονται και θα μπορούσαν ενδεχομένως να αποτελέσουν πηγές μεροληψίας μεταξύ των μελετών. Για το λόγο αυτό, δεν πραγματοποιήθηκε στατιστική σύνθεση των αποτελεσμάτων.

Η διαδικασία της τελικής επιλογής των κατάλληλων ερευνών που μελετήθηκαν απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα (εικόνα 23).



Εικόνα 37: Λέξεις κλειδιά που χρησιμοποιήθηκαν για την απόκτηση ερευνών σχετικών με την επιβίωση του κορωνοϊού (Marzoli et al., 2021).

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι τύποι κορωνοϊών που ελέγχθηκαν, και διάφορες παράμετροι που αφορούν τον έλεγχο της ποιότητας των πειραμάτων όπως είναι τα αντίγραφα τιτλοδότησης (Πίνακας 9).

Αναφορά	Κορωναίοι που ελέγχθηκαν					Έλεγχος ποιότητας						
	Hu	SARS	MERS	SARS2	Άλλο	Αντίγραφα υλικού			Αντίγραφα Τιτλοδότησης	AE	ΘΕ	ΔΑ
						X2	X3	X4				
Sizun et al., 2000	*						*			*		
Duan et al., 2003		*							*			
Rabenau et al., 2005	*	*										*
Lai et al., 2005		*						*		*		
Muller et al., 2008	*											*
Chan et al., 2011		*				*						
Van Doremalen et al., 2013			*				*					
Warnes et al.,	*						*					

2015												
Bonny et al., 2018	*											*
Behzadinasab et al., 2020				*			*		*			
Biryukov et al., 2020				*			*					
Chan et al., 2020		*		*			*				*	
Chin et al., 2020				*			*					
Kratzel et al., 2020				*								*
Malenovska, 2020					*		*		*		*	
Ratnesar-Shumate et al., 2020				*			*		*			
Riddell et al., 2020				*			*		*			
Van Doremalen et al., 2020		*		*			*					
Tot.	5	6	1	8	1	1	11	1	5	3	1	4
Hu:Hcov ; SARS:SARS-CoV ; MERS:MERS-CoV ; SARS2:SARS-CoV-2 ; AE:Αρνητικός Έλεγχος ; ΘΕ:Θετικός Έλεγχος ; ΔΑ:Δεν Αναφέρθηκε												

Πίνακας 9: Απεικόνιση κορωνοϊών που ελέγχθηκαν καθώς και διάφορων ποιοτικών παραμέτρων (Marzoli et al., 2021).

Μερικά από τα πειράματα που διεξήχθησαν αφορούσαν επιφάνειες φτιαγμένες από πολυμερή υλικά. Σε αυτά τα πειράματα φανερώθηκε ότι ο Sars-CoV-2 επιβίωσε για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα σε τέτοιες επιφάνειες και συγκεκριμένα για τουλάχιστον 28 ημέρες σε πολυμερή χαρτονομίσματα στους 20 C° σε σχέση με τον Sars-CoV ο οποίος μπόρεσε να επιβιώσει μέχρι τις 13 ημέρες και να καλλιεργηθεί μέχρι τις 21 (Riddell et al., 2020).

Στον παρακάτω πίνακα φανερώνονται τα αποτελέσματα των πειραμάτων που έγιναν σε πολυμερές επιφάνειες (Πίνακας 10).

Περιγραφή Επιφάνειας	Ιός	Ιικό φορτίο στην επιφάνεια	T (Co)	Επιβίωση	Όριο ανίχνευσης	Αναφορά
Πλαστικό	HCoV	5×10 ⁶ TCID ₅₀	ΘΔ	2-3d	10–100TCID ₅₀ /ml	Rabenau et al., 2005
		5×10 ⁶ TCID ₅₀	ΘΔ	1-2d	10–100TCID ₅₀ /ml	Rabenau et al., 2005
		2×10 ⁴ PFU	24d	>7d	ΔΑ	Bonny et al.,

						2018
	SARS-CoV	10^6TCID_{50}	ΘΔ	4-5d	ΔΑ	Duan et al., 2003
		10^7TCID_{50}	ΘΔ	6-9d	$10-100\text{TCID}_{50}/\text{ml}$	Rabenau et al., 2005
		10^5TCID_{50}	22-25	13-21d	ΔΑ	Chan et al., 2011
		$2,5 \times 10^3\text{TCID}_{50}$	21-23	3-4d	$3,2\text{TCID}_{50}/\text{ml}$	Van Doremalen et al., 2020
	Mers-CoV	10^6TCID_{50}	20	2-3d	ΔΑ	Van Doremalen et al., 2013
		10^6TCID_{50}	30	1-2d	ΔΑ	Van Doremalen et al., 2013
		10^6TCID_{50}	30	8h-1d	ΔΑ	Van Doremalen et al., 2013
	Sars-CoV-2	$5 \times 10^3\text{TCID}_{50}$	21-23	3-4d	$3,2\text{TCID}_{50}/\text{ml}$	Van Doremalen et al., 2020
		$6,3 \times 10^5\text{TCID}_{50}$	22	4-7d	$6,3 \times 10^2\text{TCID}_{50}/\text{ml}$	Chin et al., 2020
	Acoronavirus 1	$1,2 \times 10^7\text{TCID}_{50}$	4	>5d	ΔΑ	Malenovska, 2020
PVC/Τεφλόν	HCoV	10^3PFU	21	>5d	ΔΑ	Warnes et al., 2015
Λάστιχο σιλικόνης	HCoV	10^3PFU	21	3-5d	ΔΑ	Warnes et al., 2015
Αναλώσιμα Γάντια	HCoV	$5 \times 10^3\text{TCID}_{50}$	21	3-6h	ΔΑ	Sizun et al., 2000
		$5 \times 10^3\text{TCID}_{50}$	21	<1h	$6,3\text{TCID}_{50}/\text{ml}$	Sizun et al., 2000
Χαρτονομίσματα από πολυμερή	Sars-CoV-2	$3,38 \times 10^5\text{TCID}_{50}$	20	>28d	$6,3\text{TCID}_{50}/\text{ml}$	Riddell et al., 2020
		$3,38 \times 10^5\text{TCID}_{50}$	30	7-14d	$6,3\text{TCID}_{50}/\text{ml}$	Riddell et al., 2020
		$3,38 \times 10^5\text{TCID}_{50}$	40	1-2d	$6,3\text{TCID}_{50}/\text{ml}$	Riddell et al., 2020
Βινύλιο	Sars-CoV-2	$3,38 \times 10^5\text{TCID}_{50}$	20	>28d	$6,3\text{TCID}_{50}/\text{ml}$	Riddell et al., 2020
		$3,38 \times 10^5\text{TCID}_{50}$	30	3-7d	$6,3\text{TCID}_{50}/\text{ml}$	Riddell et al., 2020
		$3,38 \times 10^5\text{TCID}_{50}$	40	1-2d	$6,3\text{TCID}_{50}/\text{ml}$	Riddell et al., 2020

Πίνακας 10: Πειραματικές τιμές επιβίωσης των ιών σε πολυμερή επιφάνειες (Marzoli et al., 2021).

Όσον αφορά τις μεταλλικές επιφάνειες η μεγαλύτερη περίοδος επιβίωσης σε μέταλλο παρατηρήθηκε για τον SARS-CoV2, ο οποίος ανιχνεύθηκε για έως και 28 ημέρες (Riddell et al., 2020).

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται στοιχεία σχετικά με τα πειράματα που διεξήχθησαν σε μεταλλικές επιφάνειες, όσον αφορά τον χρόνο επιβίωσης των ιών (πίνακας 11).

Περιγραφή επιφάνειας	Ιός	Ιικό φορτίο στην επιφάνεια	T (Co)	Επιβίωση	Όριο ανίχνευσης	Αναφορά
Απροσδιόριστο μέταλλο	SARS-CoV	10^6TCID_{50}	ΘΔ	>5d	ΔΑ	Duan et al., 2003
	SARS-CoV-2	$9,63 \times 10^4 \text{TCID}_{50}$	4	8-9d	$10^2 \text{TCID}_{50}/\text{ml}$	Kratzel et al., 2020
		$9,63 \times 10^4 \text{TCID}_{50}$	ΘΔ	5-6d	$10^2 \text{TCID}_{50}/\text{ml}$	Kratzel et al., 2020
		$9,63 \times 10^4 \text{TCID}_{50}$	30	>9d	$10^2 \text{TCID}_{50}/\text{ml}$	Kratzel et al., 2020
Ατσάλι	HCoV	10^3PFU	21	>5d	ΔΑ	Warnes et al., 2015
		$2 \times 10^4 \text{PFU}$	24	>7d	ΔΑ	Bonny et al., 2018
	SARS-CoV	$5 \times 10^3 \text{TCID}_{50}$	21-23	2-3d	$3,2 \text{TCID}_{50}/\text{ml}$	Van Doremalen et al., 2020
	MersCoV	10^6TCID_{50}	20	2-3d	ΔΑ	Van Doremalen et al., 2013
		10^6TCID_{50}	30	1-2d	ΔΑ	Van Doremalen et al., 2013
		10^6TCID_{50}	30	8h-1d	ΔΑ	Van Doremalen et al., 2013
	SARS-CoV-2	$5 \times 10^3 \text{TCID}_{50}$	21-23	3-4d	$3,2 \text{TCID}_{50}/\text{ml}$	Van Doremalen et al., 2020
		$6,3 \times 10^5 \text{TCID}_{50}$	22	4-7d	$10^2 \text{TCID}_{50}/\text{ml}$	Chin et al., 2020
		$3,2 \times 10^5 \text{TCID}_{50}$	22-23	>1d	$90 \text{TCID}_{50}/\text{ml}$	Behzadinasab et al., 2020
		$3,38 \times 10^5 \text{TCID}_{50}$	20	>28d	$6,3 \text{TCID}_{50}/\text{ml}$	Riddell et al., 2020
		$3,38 \times 10^5 \text{TCID}_{50}$	30	7-14d	$6,3 \text{TCID}_{50}/\text{ml}$	Riddell et al.,

						2020
		$3,38 \times 10^5 \text{TCID}_{50}$	40	1-2d	$6,3 \text{TCID}_{50}/\text{ml}$	Riddell et al., 2020
Αλουμίνιο	HCoV	$5 \times 10^3 \text{TCID}_{50}$	21	6-12h	ΔΑ	Sizun et al., 2000
		$5 \times 10^3 \text{TCID}_{50}$	21	2-3h	ΔΑ	Sizun et al., 2000
Χαλκός	SARS-CoV	$10^3\text{-}10^4 \text{TCID}_{50}$	21-23	8-1d	$31,6 \text{TCID}_{50}/\text{ml}$	Van Doremalen et al., 2020
	SARS-CoV-2	$10^3\text{-}10^4 \text{TCID}_{50}$	21-23	4-8h	$31,6 \text{TCID}_{50}/\text{ml}$	Van Doremalen et al., 2020

Πίνακας 11: Πειραματικές τιμές επιβίωσης των ιών σε μεταλλικές επιφάνειες (Marzoli et al., 2021).

Όσον αφορά τα πειράματα που έγιναν σε γυάλινες επιφάνειες στους 20°C, κορωνοϊοί εκτός του SARS-CoV-2 επέζησαν έως και 14 ημέρες (Chan et al., 2020), ενώ εντοπίστηκε ζωντανός SARS-CoV-2 για έως και 28 ημέρες.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται στοιχεία σχετικά με τα πειράματα που έγιναν σε γυάλινες επιφάνειες, όσον αφορά την επιβίωση του ιού (Πίνακας 12).

Ιός	Ιικό φορτίο στην επιφάνεια	T(Co)	Επιβίωση	Όριο Ανίχνευσης	Αναφορά
HCoV	103PFU	21	>5d	ΔΑ	Warnes et al., 2015
	$2 \times 10^4 \text{PFU}$	24	>7d	ΔΑ	Bonny et al., 2018
SARS-CoV	10^6TCID_{50}	ΘΔ	4-5d	ΔΑ	Duan et al., 2003
	10^5TCID_{50}	4	>14d	ΔΑ	Chan et al., 2020
	10^5TCID_{50}	20-25	7-14d	ΔΑ	Chan et al., 2020
	10^5TCID_{50}	30	1-3d	ΔΑ	Chan et al., 2020
	10^5TCID_{50}	37	1-3d	ΔΑ	Chan et al., 2020
SARS-CoV-2	$3,2 \times 10^5 \text{TCID}_{50}$	22-23	>1d	$90 \text{TCID}_{50}/\text{ml}$	Behzadinasab et al., 2020
	$3,2 \times 10^4 \text{TCID}_{50}$	4	>14d	ΔΑ	Chan et al., 2020
	$3,2 \times 10^4 \text{TCID}_{50}$	20-25	3-5d	ΔΑ	Chan et al., 2020

	$3,2 \times 10^4 \text{TCID}_{50}$	30	1-3d	ΔΑ	Chan et al., 2020
	$3,2 \times 10^4 \text{TCID}_{50}$	37	0-1d	ΔΑ	Chan et al., 2020
	$6,3 \times 10^5 \text{TCID}_{50}$	22	2-4d	$10^2 \text{TCID}_{50}/\text{ml}$	Chin et al., 2020
	$3,38 \times 10^5 \text{TCID}_{50}$	20	>28d	$6,3 \text{TCID}_{50}/\text{ml}$	Riddell et al., 2020
	$3,38 \times 10^5 \text{TCID}_{50}$	30	7-14d	$6,3 \text{TCID}_{50}/\text{ml}$	Riddell et al., 2020
	$3,38 \times 10^5 \text{TCID}_{50}$	40	1-2d	$6,3 \text{TCID}_{50}/\text{ml}$	Riddell et al., 2020

Πίνακας 12: Πειραματικές τιμές επιβίωσης των ιών σε γυάλινες επιφάνειες (Marzoli et al., 2021).

Όσον αφορά την επιβίωση του ιού σε διάφορες επιφάνειες βρέθηκε ότι ο ιός Sars-CoV-2 ανιχνεύτηκε έως και 28 ημέρες στο χαρτί και ήταν ένας από του πιο επίμονους ιούς σε υφασμάτινες επιφάνειες έχοντας επιβιώσει σε βαμβακερό κουρέλι μέχρι και 7 ημέρες (Riddell et al., 2020). Ωστόσο ο ιός Sars-CoV βρέθηκε να είναι πιο ανθεκτικός σε ξύλινες επιφάνειες σε σχέση με τον ιό Sars-CoV-2. Η επιβίωση του SARS-CoV-2 στη μάσκα προσώπου παρατηρήθηκε έως 7 ημέρες (Chin et al., 2020), σε κοινά χαρτονομίσματα έως 4 ημέρες (Chin et al., 2020) και έως 28 ημέρες τόσο σε πολυμερή όσο και σε πλαστικά χαρτονομίσματα (Riddell et al., 2020). Η επιβίωση του ιού HCoV σε επιφάνειες από σφουγγάρι δεν ξεπέρασε τη 1 ημέρα (Sizun et al., 2000), ενώ στα κεραμικά επέζησε έως και 5 ημέρες (Warnes et al., 2015). Στο μωσαϊκό και στο έδαφος, ο SARS-CoV επέζησε 3 και 4 ημέρες, αντίστοιχα (Duan et al., 2003).

Στον παρακάτω πίνακα φανερώνονται στοιχεία όσον αφορά την επιβίωση των ιών σε διάφορες επιφάνειες (πίνακας 13).

Τύπος Επιφάνειας	Περιγραφή Επιφάνειας	Ιός	Ιικό φορτίο στην επιφάνεια	T(Co)	Επιβίωση	Όριο Ανίχνευσης	Αναφορά
Χαρτί	Γενικό Χαρτί	SARS-CoV	$5 \times 10^3 \text{TCID}_{50}$	ΘΔ	6-1d	ΔΑ	Lai et al., 2005
			$5 \times 10^2 \text{TCID}_{50}$	ΘΔ	2-3h	ΔΑ	Lai et al., 2005
			50TCID_{50}	ΘΔ	<5min	ΔΑ	Lai et al., 2005
	Χαρτί Χαρτομάντηλου	SARS-CoV-2	$6,3 \times 10^4 \text{TCID}_{50}$	22	30min-3h	$10^2 \text{TCID}_{50}/\text{ml}$	Chin et al., 2020
		SARS-CoV-	$3,2 \times 10^5 \text{TCID}_{50}$	22	30min-3h	$10^2 \text{TCID}_{50}/\text{ml}$	Chin et al., 2020

		2					
	Χαρτί Εκτύπωσης	SARS-CoV	10^6 TCID ₅₀	ΘΔ	4-5d	ΔΑ	Duan et al., 2003
	Χαρτί Φίλτρου	SARS-CoV	10^6 TCID ₅₀	ΘΔ	>5d	ΔΑ	Duan et al., 2003
	Χαρτόνι	SARS-CoV	10^3 – 10^4 TCID ₅₀	21-23	8-1d	3,2TCID ₅₀ /ml	Van Doremale et al., 2020
		SARS-CoV-2	10^3 – 10^4 TCID ₅₀	21-23	1-2d	3,2TCID ₅₀ /ml	Van Doremale et al., 2020
	Χάρτινα Χαρτονομίσματα	SARS-CoV-2	$3,38 \times 10^5$ TCID ₅₀	20	>28d	6,3TCID ₅₀ /ml	Riddell et al., 2020
			$3,38 \times 10^5$ TCID ₅₀	30	21-28d	6,3TCID ₅₀ /ml	Riddell et al., 2020
			$3,38 \times 10^5$ TCID ₅₀	40	1-2d	6,3TCID ₅₀ /ml	Riddell et al., 2020
Υφασμα	Κουρέλι	SARS-CoV	10^6 TCID ₅₀	ΘΔ	>5d	ΔΑ	Duan et al., 2003
		SARS-CoV-2	$6,3 \times 10^4$ TCID ₅₀	22	1-2d	10^2 TCID ₅₀ /ml	Chin et al., 2020
	Ρόμπα μιας χρήσης	SARS-CoV	5×10^3 TCID ₅₀	ΘΔ	1-2d	ΔΑ	Lai et al., 2005
			5×10^2 TCID ₅₀	ΘΔ	6h-1d	ΔΑ	Lai et al., 2005
			50TCID ₅₀	ΘΔ	5min-1h	ΔΑ	Lai et al., 2005
	Βαμβακερή Ρόμπα	SARS-CoV	5×10^3 TCID ₅₀	ΘΔ	6h-1d	ΔΑ	Lai et al., 2005
			5×10^2 TCID ₅₀	ΘΔ	5min-1h	ΔΑ	Lai et al., 2005
			50TCID ₅₀	ΘΔ	0-5min	ΔΑ	Lai et al., 2005
	Βαμβακερό Κουρέλι	SARS-CoV-2	$3,38 \times 10^5$ TCID ₅₀	20	7-14d	6,3TCID ₅₀ /ml	Riddell et al., 2020
			$3,38 \times 10^5$ TCID ₅₀	30	3-7d	6,3TCID ₅₀ /ml	Riddell et al., 2020
			$3,38 \times 10^5$ TCID ₅₀	40	1-1d	6,3TCID ₅₀ /ml	Riddell et al., 2020
Ξύλο		SARS-CoV	10^6 TCID ₅₀	ΘΔ	4-5d	ΔΑ	Duan et al., 2003
		SARS-CoV-	5×10^5 TCID ₅₀	22	1-2d	10^2 TCID ₅₀ /ml	Chin et al., 2020

		2					
Μάσκα Προσώπου	Εσωτερική Επένδυση	SARS -CoV- 2	$7,9 \times 10^5 \text{TCID}_{50}$	22	4-7d	$10^2 \text{TCID}_{50}/\text{m}$ l	Chin et al., 2020
	Εξωτερική επένδυση	SARS -CoV- 2	$5,3 \times 10^5 \text{TCID}_{50}$	22	>7d	$10^2 \text{TCID}_{50}/\text{m}$ l	Chin et al., 2020
Σφουγγάρι		HCoV	$5 \times 10^3 \text{TCID}_{50}$	21	6-12h	ΔΑ	Sizun et al., 2000
			$5 \times 10^3 \text{TCID}_{50}$	21	<1h	ΔΑ	Sizun et al., 2000
Κεραμικό		HCoV	10^3PFU	21	>5d	ΔΑ	Warnes et al., 2015
Χαρτονομίσματ α		SARS -CoV- 2	$1,3 \times 10^6 \text{TCID}_{50}$	22	2-4d	$10^2 \text{TCID}_{50}/\text{m}$ l	Chin et al., 2020
Έδαφος		SARS -CoV	10^6TCID_{50}	ΘΔ	4-5d	ΔΑ	Duan et al., 2003
Μωσαϊκό		SARS -CoV	10^6TCID_{50}	ΘΔ	3-4d	ΔΑ	Duan et al., 2003

Πίνακας 13: Πειραματικές τιμές που αφορούν την επιβίωση του ιού σε διάφορες επιφάνειες που δεν αναφέρθηκαν σε άλλους πίνακες (Marzoli et al., 2021).

Η μεροληψία μεταξύ των μελετών συμβαίνει λόγω παραγόντων που σχετίζονται με τις συνθήκες δοκιμής. Όσον αφορά τη θερμοκρασία, η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη θερμοκρασία ήταν η θερμοκρασία δωματίου (ΘΔ), από 20 έως 25 ° C.

Μεταξύ των μελετών που ανακτήθηκαν στην παρούσα ανασκόπηση, η πρώτη αξιολόγηση της επιβίωσης από κορωνοϊό που προέρχεται από τον άνθρωπο πραγματοποιήθηκε το 2000 σε δύο στελέχη HCoV (229E, OC43) υπεύθυνα για το κοινό κρυολόγημα (Sizun et al., 2000). Λαμβάνοντας υπόψη τις μελέτες που περιλαμβάνονται, έχει αποδειχθεί σε πειραματικές συνθήκες ότι ορισμένοι κορωνοϊοί μπορούν να επιβιώσουν σε επιφάνειες για τουλάχιστον 28 ημέρες Σε ΘΔ (Riddell et al., 2020), με τον SARS CoV-2 να είναι ο πιο ανθεκτικός κορωνοϊός σε σύγκριση με τον HCoV, SARS-CoV και MersCoV. Σημαντική επιβίωση του SARS-CoV-2 προσδιορίστηκε επίσης σε μέσα ατομικής προστασίας, μάσκα προσώπου, με την οποία επέζησε για 7 ημέρες (Chin et al., 2020). Αποδείχθηκε ότι οι εξαιρετικά μολυσμένες επιφάνειες πολυμερών και χάρτινων χαρτονομισμάτων διευκολύνουν την επιβίωση του SARS-CoV-2 για τουλάχιστον 28 ημέρες σε ΘΔ (Riddell et al., 2020). Ωστόσο, παρατηρούμε τη σημαντική διαφορά μεταξύ του Riddell et al. (2020) και μια άλλη μελέτη, η οποία προσδιόρισε ότι η επιβίωση στο γυαλί ήταν μόνο για 2 ημέρες παρά τη χρήση 0,3 log υψηλότερου αρχικού τίτλου ιού και 15% υψηλότερης σχετικής υγρασίας (Chin et al., 2020). Οι περιβαλλοντικές συνθήκες μπορούν να επηρεάσουν την επιβίωση των ιών στους μικροοργανισμούς. Πράγματι,

αποδείχθηκε ότι η υψηλή θερμοκρασία και η υψηλή σχετική υγρασία έχουν συνεργιστική επίδραση στην αδρανοποίηση της βιωσιμότητας του SARS-CoV και του SARS-CoV-2, ενώ οι χαμηλές θερμοκρασίες και η χαμηλή σχετική υγρασία υποστηρίζουν την παρατεταμένη επιβίωση αυτών των ιών σε μολυσμένες επιφάνειες, ανεξάρτητα από τον τύπο επιφάνειας (Biryukov et al., 2020, Chan et al., 2020, Chan et al., 2011, Van Doremalen et al., 2013).

Γενικά η μεγαλύτερη επιβίωση του SARS-CoV-2 που έχει αποδειχθεί υπό εργαστηριακές συνθήκες σε θερμοκρασία δωματίου ότι είναι 28 ημέρες σε γυαλί, χάλυβα και πολυμερή και χάρτινα χαρτονομίσματα, ενώ κορωνοϊοί διαφορετικοί από τον SARS-CoV-2 μπορούν να επιβιώσουν 14 ημέρες σε γυαλί. Η επιβίωση του SARS-CoV-2 θα μειωθεί σε 21 ημέρες όταν μετρήθηκε όριο επιβίωσης 10^2 TCID₅₀/ml. Ωστόσο, η χαμηλή θερμοκρασία και η υγρασία μπορούν να αυξήσουν την επιβίωση του ιού, ενώ το υπεριώδες φως και το ηλιακό φως μπορούν να μειώσουν σημαντικά την επιβίωση του ιού σε εκτεθειμένες επιφάνειες. Ωστόσο, οι αυστηρά ελεγχόμενες εργαστηριακές συνθήκες που εφαρμόζονται κατά τη διάρκεια πειραμάτων ενδέχεται να μην αντικατοπτρίζουν την πραγματική αντίσταση του SARS-CoV-2 και, ως εκ τούτου, θα πρέπει να διεξάγονται μελέτες που προσομοιώνουν καλύτερα τις πραγματικές συνθήκες. Επιπλέον, δεν βρέθηκε συσχέτιση μεταξύ ενός υψηλότερου αρχικού ιικού τιτλοδοτικού μέσου και μιας μεγαλύτερης περιόδου επιβίωσης. Για παράδειγμα, παρά τον υψηλότερο αρχικό τιτλοδοτικό μέσο του ιού που χρησιμοποιείται στο γυαλί, οι Chin et al. (2020) αξιολόγησαν την επιβίωση του SARS-CoV-2 για 26 ημέρες λιγότερο από ό, τι αναφέρθηκε από τους Riddell et al., 2020. Αν και έχει αποδειχθεί παρατεταμένη επιβίωση του SARS-CoV-2 σε επιφάνειες, εξακολουθούν να απαιτούνται στοιχεία μετάδοσης από μολυσμένες ξηρές επιφάνειες, ενώ η άμεση μετάδοση από άτομο σε άτομο παραμένει η κύρια επιβεβαιωμένη οδός.

6. Συμπεράσματα

Ο ιός Sars-Cov-2 ανήκει στην οικογένεια των κορωνοϊών στην οποία ανήκουν και άλλοι παραπλήσιοι ιοί όπως ο ιός που προκαλεί την ασθένεια MERS, ο MERS-CoV και μεταδίδεται από άτομο σε άτομο κυρίως μέσω σταγονιδίων βήχα και μικρότερων σωματιδίων της αναπνοής αλλά και από τη επαφή με επιφάνειες που έχουν προσβληθεί από τα μολυσμένα σωματίδια και με την επακόλουθη επαφή με τα ματιά το στόμα ή την μύτη. Ο ιός μπορεί να εισβάλει στον ξενιστή με από τα μέρη του σώματος που αναφέρθηκαν και κατά την πορεία του προς τους πνεύμονες προσκολλάται σε ορισμένα αντίγονα εκ των οποίων ένα που είναι συγκεκριμένα το αντίγονο ACE-2 που βρίσκεται σε αφθονία σε βλεννογόνα κύτταρα όπως είναι τα κύτταρα που υπάρχουν στις αεροφόρους οδούς. Αφού ο ιός προσκολληθεί στο κατάλληλο αντίγονο ένα κομμάτι της πρωτεϊνικής του ακίδας αποκόπτεται με αποτέλεσμα να δημιουργείτε ένα άνοιγμα που επιτρέπει στο άλλο κομμάτι να εισβάλει στο κύτταρο, μέσα στο

οποίο ο ιός αρχίζει τον πολλαπλασιασμό του. Αφού ο ιός πολλαπλασιαστεί αρκετά το κύτταρο καταστρέφεται και ο ιός εισβάλλει σε άλλα κύτταρα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα σοβαρό τραυματισμό όλων των βλεννογόνων κυττάρων και σοβαρή πληγή του οργανισμού ξενιστή. Με αυτόν τον τρόπο άτομα μεγάλα σε ηλικία με επιβαρυνμένο ανοσοποιητικό και άτομα με μια ή περισσότερες ήδη υπάρχουσες προβληματικές καταστάσεις υγείας όπως είναι τα διαβητικά και τα παχύσαρκα άτομα, τα άτομα που πάσχουν από καρκίνο ή AIDS και τα άτομα που πάσχουν από καρδιαγγειακά και νεφρικά προβλήματα είναι πιο ευάλωτα στην θνησιμότητα από τον ιό ωστόσο άλλες ομάδες πιο νεαρές σε ηλικία λόγω της ασυμπτωματικότητας που εμφανίζουν είναι οι κατάλληλοι φορείς του. Η ατμοσφαιρική ρύπανση φαίνεται να παίζει σημαντικό ρολό τόσο στη εξάπλωση όσο και στην θνησιμότητα που προκαλείται από τον ιό. Η ατμοσφαιρική ρύπανση φαίνεται να συμβάλει στην εξάπλωση του ιού μέσω της επίδρασης ορισμένων ρύπων όπως τα οξείδια του αζώτου στην αύξηση της εμφάνισης ενός αντίγονου του ιού στην επιφάνειά των κυττάρων, πράγμα που διευκολύνει την μετάδοση του. Όσον αφορά την επίδραση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην θνησιμότητα που προκαλεί ο ιός είναι και αυτή σημαντική καθώς άτομα που εμφανίζουν αναπνευστικά προβλήματα είναι πιο ευάλωτα στην θνησιμότητα από τον ιό. Αυτό συμβαίνει επειδή η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει αρνητικές επιπτώσεις στο αναπνευστικό σύστημα ενός ατόμου ιδιαίτερος αν το άτομο αλληλοεπιδρά με αυτήν σε ισχυρές ποσότητες για μεγάλα και συνεχή χρονικά διαστήματα. Άλλη μια σχέση που παρουσιάζει η ατμοσφαιρική ρύπανση με τον ιό Sars-CoV-2 είναι το γεγονός ότι συνήθως σε μέρη με συγκεντρώσεις υψηλής ατμοσφαιρικής ρύπανσης παρατηρούνται και υψηλά κρούσματα της ασθένειας Covid 19 που προκαλεί ο ιός. Αυτό σημαίνει λόγο της μεγάλης ανθρώπινης δραστηριότητας που προκαλεί μεγάλη συκέντρωση ρύπων στην περιοχή με αποτέλεσμα σοβαρό αντίκτυπο στην υγεία ενός ατόμου. Αυτή η επιβάρυνση κάνει ένα άτομο πιο ευάλωτο σε θνησιμότητα από ασθένειες όπως η ασθένεια Covid 19. Επίσης ευνόηται η μετάδοση του ιού σε μεγάλες πόλεις λόγω της στενής επαφής που έχουν τα άτομα μεταξύ τους. Μέσω της μελέτης αυτής μπορεί κάποιος να καταλάβει ότι λόγω της έντονης συσχέτισης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης με τον ιό αυτή παίζει ένα πάρα πολύ σημαντικό ρολό και επόμενο φανερώνετε ότι εκτός από όλα τα κλιματικά και οικολογικά δυσμενή φαινόμενα που προκαλεί μπορεί να έχει ακόμη πιο μεγάλες επιπτώσεις στην υγεία από τις ήδη εμφανής και έτσι παροτρύνετε η ανάγκη για την μείωση και τον περιορισμό της.

Βιβλιογραφία

Ελληνική

Αβδούλου Μ. (2021) Παρακολούθηση των τιμών της αέριας ρύπανσης στα μεγάλα αστικά κέντρα της Ελλάδας, κατά τις περιόδους περιορισμού κυκλοφορίας ως μέτρο αντιμετώπισης του SARS-CoV-2 (COVID-19) (Διπλωματική εργασία). Αποκτήθηκε από το αποθετήριο του Ανοικτού Ελληνικού Πανεπιστήμιου.

Γελαδάρη Χ.Β., Γελαδάρη Ε.Β., Ανδρεάδης Ε.Α., Βαλλιάνου Ν., Ντουράκης Σ.Π. (2020) ‘Ο ρόλος της κλιματικής αλλαγής στην εμφάνιση και εξάπλωση του νέου κορωνοϊού, (ειδικό άρθρο), Αθηνά, 28 οδός Αχαΐας. Αποκτήθηκε από τα αρχεία Ελληνικής Ιατρικής.

Γεροτζίφα Μ και Πραντσίδη Μ. (2021) Κοινωνικόχωρικές διαφοροποιήσεις και η πανδημία SARS-CoV-2: Η περίπτωση του Île-de-France (Διπλωματική εργασία). Αποκτήθηκε από αποθετήριο του Αριστοτελείου πανεπιστήμιου Θεσσαλονίκης.

Παπαναστασίου Δημήτριος. (2023) ‘‘ Ατμοσφαιρική Ρύπανση και Αντιρρυπαντικές Τεχνολογίες’’ (Σημειώσεις μαθήματος).

Τζελέπη Ε. (2022) Ο ρόλος των Περιβαλλοντικών Συνθηκών στην εξάπλωση του COVID-19 (Διπλωματική εργασία) . Αποκτήθηκε από το αποθετήριο του Ανοικτού Ελληνικού Πανεπιστήμιου.

Ξένη

A Prüss-Ustün, J Wolf, C Corvalán, R Bos and M Neira. (2017) ‘Preventing disease through healthy environments ‘, *United States Environmental Protection Agency*.
http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/204585/1/9789241565196_eng.pdf?ua=1

Alm E, Broberg EK, Connor T, Hodcroft EB, Komissarov AB, Maurer-Stroh S, Melidou A, Neher RA, O'Toole Á, Pereyaslov D, the WHO European Region sequencing laboratories and the GISAID EpiCoV group. (2020) ‘Geographical and temporal distribution of SARS-CoV-2 clades in the WHO European Region, January to June 2020’, *Euro Surveill*, 25(32).
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7427299/>

- Anderson EL, Turnham P, Grifn JR, Clarke CC. (2020) ‘Consideration of the aerosol transmission for COVID-19 and public health’, *Risk Analysis*. **40**, 902–7.
- Bazant, M.Z., & Bush, J.W.M. (2021) ‘A guideline to limit indoor airborne transmission of Covid-19’, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **118**, 7.
- Behzadinasab, S., Chin, A., Hosseini, M., Poon, L., Ducker, W.A. (2020) ‘A surface coating that rapidly inactivates SARS-CoV-2’ *ACS Appl Mater Interfaces* **12**, 34723–34727.
- Bert Brunekreef, Stephen T Holgate. (2002). ‘Air pollution and health’, *THE LANCET*, **360** (9341).
- Biryukov, J., Boydston, J.A., Dunning, R.A., Yeager, J.J., Wood, S., Reese, A.L., Ferris, A., Miller, D., Weaver, W., Zeitouni, N.E., Phillips, A., Freeburger, D., Hooper, I., RatnesarShumate, S., Yolitz, J., Krause, M., Williams, G., Dawson, D.G., Herzog, A., Dabisch, P., Wahl, V., Hevey, M.C., Altamura, L.A., 2020 ‘Increasing temperature and relative humidity accelerates inactivation of SARS-COV-2 on surfaces’, *mSphere*, **5**.
- Bonny, T.S., Yezli, S., Lednicky, J.A., 2018 ‘Isolation and identification of human coronavirus 229E from frequently touched environmental surfaces of a university classroom that is cleaned daily’, *Am. J. Infect. Control* **46**, 105–107.
- Caldaria A, Conforti C, Di Meo N, Dianzani C, Jafferany M, Lotti T, Zalaudek I, Giuffrida R. Caldaria A, Conforti C, Di Meo N, Dianzani C, Jafferany M, Lotti T, Zalaudek I, Giuffrida R. (2020) ‘COVID-19 and SARS: Differences and similarities’, (Letter), *Dermatology and Therapy*.
- Chan JFW, Yuan S, Kok KH, To KKW, Chu H, Yang J, Xing F, Liu J, Yip CCY, Poon RWS, Tsoi HW. (2020) ‘A familial cluster of pneumonia associated with the 2019 novel coronavirus indicating person-to-person transmission: a study of a family cluster’, *Lancet*,. **395** 514–23.
- Chan, K.H., Peiris, J.S.M., Lam, S.Y., Poon, L.L.M., Yuen, K.Y., Seto, W.H. (2011) ‘The effects of temperature and relative humidity on the viability of the SARS coronavirus’, *Adv. Virol.* <https://doi.org/10.1155/2011/734690>.
- Chan, K.-H., Sridhar, S., Zhang, R.R., Chu, H., Fung, A.Y.-F., Chan, G., Chan, J.F.-W., To, K.K.- W., Hung, I.F.-N., Cheng, V.C.-C., Yuen, K.-Y. (2020) ‘Factors affecting stability and infectivity of SARS-CoV-2’, *J. Hosp. Infect.* **106**, 226–231. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2020.07.009>.
- Chen N, Zhou M, Dong X, Qu J, Gong F, Han Y, Qiu Y, Wang J, Liu Y, Wei Y, Yu T. (2020) ‘Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study’, *Lancet*, **395** 507–13.

- Chen T-M, Gokhale J, Shofer S, Kuschner WG. (2007) 'Outdoor air pollution: nitrogen dioxide, sulfur dioxide, and carbon monoxide health effects', *Am J MedSci*, **333**, 249–56. doi: 10.1097/MAJ.0b013e31803b900f
- Chen, S., Prettnner, K., Kuhn, M., Geldsetzer, P., Wang, C, Barnighausen, T., & Bloom, D. (2021). 'Climate and the spread of COVID-19', *Scientific Reports*, **11** 9042.
- Cheng VC, Lau SK, Woo PC, Yuen KY. (2007) 'Severe acute respiratory syndrome coronavirus as an agent of emerging and reemerging infection', *Cin Microbiol Rev*, **20** :660–94.
- Chin, A.W.H., Chu, J.T.S., Perera, M.R.A., Hui, K.P.Y., Yen, H.-L., Chan, M.C.W., Peiris, M., Poon, L.L.M., (2020). 'Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions', *The Lancet Microbe* **1**, e10. [https://doi.org/10.1016/S2666-5247\(20\)30003-3](https://doi.org/10.1016/S2666-5247(20)30003-3).
- Conticini E, Frediani B, Caro D. (2020). 'Can atmospheric pollution be considered a co-factor in extremely high level of SARS-CoV-2 lethality in Northern Italy?', *Environmental Pollution*, **261**.
- Coutard B, Valle C, de Lamballerie X, Canard B, Seidah NG, Decroly E. The spike glycoprotein of the new coronavirus 2019 nCoV contains a furin-like cleavage site absent in CoV of the same clade. *Antivir Res.* 2020;176:104742.
- Cramer, D. (2003) 'A cautionary tale of two Statistics: Partial Correlation and Standardized partial Regression', *the Journal of Psychology*, **137**, (5), : 507-511.
- Deng, S. Q. & Peng, H. J. (2020) 'Characteristics of and public health responses to the coronavirus disease 2019 outbreak in China', *J. Clin. Med.* **9**, 575.
- Deslandes A, Berti V, Tandjaoui-Lambotte Y, Alloui C, Carbonnelle E, Zahar JR, Brichler S, Cohen Y. (2020) 'SARS-CoV-2 was already spreading in France in late December 2019', *Int. J. Antimicrob. Agents*, **55**, 106006.
- Dhanusha Yesudhas. (2021) 'COVID-19 outbreak: history, mechanism, transmission, structural studies and therapeutics', *Springer*, **49**, 199–213.
- Dong, E., Du, H. & Gardner, L. (2020) 'An interactive web-based dashboard to track COVID-19 in real time', *Lancet Infect. Dis.*, **20**, 533–534.
- Duan, S., Zhao, X., Wen, R., Huang, J., Pi, G., Zhang, S., Han, J., Bi, S., Ruan, L., Dong, X. (2003) 'Stability of SARS coronavirus in human specimens and environment and its sensitivity to heating and UV irradiation', *Biomed. Environ. Sci.* **16**, 246–255.
- Elezkurtaj S, Greuel S, Ihlow J, Michaelis EG, Bischoff P, Kunze CA, Sinn BV, Gerhold M, Hauptmann K, Ingold-Heppner B, Miller F, Herbst H, Corman VM, Martin H, Radbruch H, Heppner FL, Horst D. Causes of death and comorbidities in hospitalized patients with

COVID-19. Sci Rep. 2021 Feb 19;11(1):4263. doi: 10.1038/s41598-021-82862-5. PMID: 33608563; PMCID: PMC7895917.

Fernández-Raga, M., Díaz-Marugán, L., García Escolano, M., Bort, C., Fanjul, V. (2021) 'SARS-CoV-2 viability under different meteorological conditions, surfaces, fluids and transmission between animals', *Environ. Res.*

Fiorillo, L., Cervino, G., Matarese, M., D'Amico, C., Surace, G., Paduano, V., Fiorillo, M.T., Moschella, A., La Bruna, A., Romano, G.L., Laudicella, R., Baldari, S., Cicciù, M. (2020) 'COVID-19 surface persistence: a recent data summary and its importance for medical and dental settings', *Int. J. Environ. Res. Public Heal.*, **17**. <https://doi.org/10.3390/IJERPH17093132>. Page 3132.

Fisher, D. & Heymann, D. (2020) 'Q&A: the novel coronavirus outbreak causing COVID-19', *BMC Med*, **18**, 57.

Frontera A, Cianfanelli L, Vlachos K, Landoni G, Cremona G. Severe air pollution links to higher mortality in COVID-19 patients: The “double-hit” hypothesis. *J Infect.* 2020 Aug;81(2): 255-259

Gasparrini, A., Armstrong, B., Kenward, M.G. (2010) 'Distributed lag non-linear models', *Statistics in Medicine*, **29**, 2224–2234.

Geller, C., Varbanov, M., Duval, R.E. (2012). 'Human coronaviruses: insights into environmental resistance and its influence on the development of new antiseptic strategies' *Viruses* **4**, 3044–3068.

Giacomelli A, Pezzati L, Conti F, Bernacchia D, Siano M, Oreni L, Rusconi S, Gervasoni C, Ridolfo AL, Rizzardini G, Antinori S, Galli M. (2020) 'Self-reported olfactory and taste disorders in SARS-CoV-2 patients: a cross-sectional study', *Clin. Infect. Dis.* **71**, 889–890.

Gorbalenya A.E., Baker S.C., Baric R.S., de Groot R.J., Drosten C., Gulyaeva A.A., Haagmans B.L., Lauber C., Leontovich A.M., Neuman B.W., Penzar D. (2020) 'The species severe acute respiratory syndrome related coronavirus: classifying 2019-nCoV and naming it SARS-CoV-2', *Nat Microbiol*, **5**, 536–44.

Gryparis A, Forsberg B, Katsouyanni K, Analitis A, Touloumi G, Schwartz J, Samoli E, Medina S, Anderson HR, Niciu EM, Wichmann HE, Kriz B, Kosnik M, Skorkovsky J, Vonk JM, Dörtludak Z. (2004) 'Acute effects of ozone on mortality from the "air pollution and health: a European approach" project', *Am J Respir Crit Care Med*, **170** (10), 1080-7. doi: 10.1164/rccm.200403-333OC.

Guan WJ, Ni ZY, Hu Y, Liang WH, Ou CQ, He JX, Liu L, Shan H, Lei CL, Hui DSC, Du B, Li LJ, Zeng G, Yuen KY, Chen RC, Tang CL, Wang T, Chen PY, Xiang J, Li SY, Wang JL, Liang ZJ, Peng YX, Wei L, Liu Y, Hu YH, Peng P, Wang JM, Liu JY, Chen Z, Li G, Zheng ZJ, Qiu SQ, Luo J, Ye CJ, Zhu SY, Zhong NS; China Medical Treatment Expert Group for

Covid-19. (2020) 'Clinical characteristics of Coronavirus disease in 2019 in China', *N Engl J Med*, **382**, 1708–20.

Gupta A, Bherwani H, Gautam S, Anjum S, Musugu K, Kumar N, Anshul A, Kumar R. (2021) 'Air pollution aggravating COVID-19 lethality? Exploration in Asian cities using statistical models', *Environment, Development and Sustainability*, **23**(4), 6.408-6.417.

Hamming I, Timens W, Bulthuis ML, Lely AT, Navis G, van Goor H. (2004) 'Tissue distribution of ACE2 protein, the functional receptor for SARS coronavirus. A first step in understanding SARS pathogenesis', *J Pathol*, **203**, 631–7.

Harrison AG, Lin T, Wang P. (2020) 'Mechanisms of SARS-CoV-2 Transmission and Pathogenesis', *Trends in Immunology*, **41**(12), 1.100-1.115.

Hasan A, Paray BA, Hussain A, Qadir FA, Attar F, Aziz FM, Sharifi M, Derakhshankhah H, Rasti B, Mehrabi M, Shahpasand K. A review on the cleavage priming of the spike protein on coronavirus by angiotensin-converting enzyme-2 and furin. *J Biomol Struct Dyn*. 2020. (In press).

Heibati, B., Wang, Rytty, N., Dominici, F., Ducatman, A., Zhang, Z., & Jaakoola, J.J.K. (2021) 'Weather Conditions and COVID-19. Incidence in a cold climate: A time-series study in Finland', *Frontiers in Public Health*, **8** : 605128. doi: 10.3389/fpubh.2020.605128.

Hilary Costa, Erin Sprout, Santani Teng, Melissa McDaniel, Jeff Hunt, Diane Boudreau, Tara Ramroop, Kim Rutledge, Hilary Hall. (2023) 'Greenhouse Effect', *National Geographic*.

Hoffmann M, Kleine-Weber H, Schroeder S, Krüger N, Herrler T, Erichsen S, Schiergens TS, Herrler G, Wu NH, Nitsche A, Müller MA, Drosten C, Pöhlmann S. (2020) 'SARS-CoV-2 cell entry depends on ACE2 and TMPRSS2 and is blocked by a clinically proven protease inhibitor', *Cell*, **181**, 271–280.

Holmes KV. (2003) SARS coronavirus: a new challenge for prevention and therapy', *J Clin Investig*, **111**, 1605–9.

Hu B, Guo H, Zhou P, Shi ZL. (2021) 'Characteristics of SARS- CoV-2 and COVID-19', *Nature reviews microbiology*, **19**.

Huang C, Wang Y, Li X, Ren L, Zhao J, Hu Y, Zhang L, Fan G, Xu J, Gu X, Cheng Z. (2020) 'Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China', *Lancet*, **395**, 497–506.

Huang X, Dong W, Milewska A, Golda A, Qi Y, Zhu QK, Marasco WA, Baric RS, Sims AC, Pyrc K, Li W. (2015) 'Human coronavirus HKU1 spike protein uses O-acetylated sialic acid as an attachment receptor determinant and employs hemagglutinin-esterase protein as a receptor-destroying enzyme', *J Virol*, **89**, 7202–13.

Hui KPY, Cheung MC, Perera RAPM, Ng KC, Bui CHT, Ho JCW, Ng MMT, Kuok DIT, Shih KC, Tsao SW, Poon LLM, Peiris M, Nicholls JM, Chan MCW. (2020) ‘Tropism, replication competence, and innate immune responses of the coronavirus SARS-CoV-2 in human respiratory tract and conjunctiva: an analysis in ex-vivo and in-vitro cultures’, *Lancet Respir. Med.*, **8**, (7), 687–695.

Jia HP, Look DC, Shi L, Hickey M, Pewe L, Netland J, Farzan M, Wohlford-Lenane C, Perlman S, McCray PB Jr. (2005) ‘ACE2 receptor expression and severe acute respiratory syndrome coronavirus infection depend on differentiation of human airway epithelia’, *JOURNAL OF VIROLOGY*, **79**, 14.614–14.621.

Jiang, S., Du, L. & Shi, Z. (2020) ‘An emerging coronavirus causing pneumonia outbreak in Wuhan, China: calling for developing therapeutic and prophylactic strategies’, *Emerg. Microbes Infect.*, **9**, 275–277.

Johansson MA, Quandelacy TM, Kada S, Prasad PV, Steele M, Brooks JT, Slayton RB, Biggerstaff M, Butler JC. (2021) ‘SARS-CoV-2 Transmission From People Without COVID-19 Symptoms’, *JAMA Network Open*, **4**, 1.

Kampf, G., Todt, D., Pfaender, S., Steinmann, E., 2020 ‘Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents’, *J. Hosp. Infect.*, **104**, 246–251. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2020.01.022>.

Katsouyanni K, Zmirou D, Spix C, et al. Short-term effects of air pollution on health: a European approach using epidemiological time series data. The APHEA project: background, objectives, design. *Eur Respir J* 1995; **8**: 1030–38.

Kaul, D. (2020) ‘An overview of coronaviruses including the SARS-2 coronavirus – molecular biology, epidemiology and clinical implications’, *Curr. Med. Res. Pract.*, **10**, 54–64. <https://doi.org/10.1016/j.cmrp.2020.04.001>.

Kenichi Azuma, Naoki Kagi, Hoon Kim, Motoya Hayashi. (2020) ‘Impact of climate and ambient air pollution on the epidemic growth during COVID-19 outbreak in Japan’, *Environmental Research*, **190**.

Kloog I, Ridgway B, Koutrakis P, Coull BA, Schwartz JD. (2013) ‘Long- and short-term exposure to PM_{2.5} and mortality using novel exposure models’, *Epidemiology*, **24**, 555–61. doi: 10.1097/EDE.0b013e318294beaa

Kramer, A., Schwebke, I., Kampf, G. (2006) ‘How long do nosocomial pathogens persist on inanimate surfaces? A systematic review’, *BMC Infect. Dis.* **6**, 130. <https://doi.org/10.1186/1471-2334-6-130>.

Kratzel, A., Steiner, S., Todt, D., Brueggemann, Y., Steinmann, J., Steinmann, E., Thiel, V., Pfaender, S. (2020). ‘Temperature-dependent surface stability of SARS-CoV-2’, *J. Infect*, **81**, 452–482.

- Kuba K, Imai Y, Rao S, Gao H, Guo F, Guan B, Huan Y, Yang P, Zhang Y, Deng W, Bao L, Zhang B, Liu G, Wang Z, Chappell M, Liu Y, Zheng D, Leibbrandt A, Wada T, Slutsky AS, Liu D, Qin C, Jiang C, Penninger JM. (2005) 'A crucial role of angiotensin converting enzyme 2 (ACE2) in SARS coronavirus-induced lung injury', *Nat. Med*, **11**, 875–879.
- Lai, C. C., Shih, T. P., Ko, W. C., Tang, H. J. & Hsueh, P. R. (2020) 'Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) and coronavirus disease-2019 (COVID-19): the epidemic and the challenges', *Int. J. Antimicrob. Agents*, **55**, 105924.
- Landier, J., Paireau, J., Rebaudet, S., Legendre, E., Lehot, L., Fontanet, A., Cauchemez, S. & Gaudart, J. (2021) 'Cold and dry winter conditions are associated with greater SARSCoV-2 transmission at regional level in western countries during the first epidemic wave', *Scientific Reports*, **11**, 12756.
- Lee S, Meyler P, Mozel M, Tauh T, Merchant R. (2020) 'Asymptomatic carriage and transmission of SARS-CoV-2: what do we know?', *Can J Anaesth.*, (In press).
- Lembo R, Landoni G, Cianfanelli L, Frontera A. (2021) 'Air pollutants and SARS-CoV-2 in 33 European countries', *Acta Biomedica*, **92**, 1-8.
- Leroy EM, Gouilh MA, Brugère-Picoux J. (2020) 'The risk of SARSCoV-2 transmission to pets and other wild and domestic animals strongly mandates a one-health strategy to control the COVID19 pandemic', *One Health*, **10**.
- Li F. (2016) 'Structure, function, and evolution of coronavirus spike proteins' . *Annu Rev Virol*, **3**, 237–61.
- Lu X, Zhang L, Du H, Zhang J, Li YY, Qu J, Zhang W, Wang Y, Bao S, Li Y, Wu C, Liu H, Liu D, Shao J, Peng X, Yang Y, Liu Z, Xiang Y, Zhang F, Silva RM, Pinkerton KE, Shen K, Xiao H, Xu S, Wong GWK. (2020). 'SARS-CoV-2 Infection in Children', . *New Engl. J. Med*, . **382**, 1663–1665. doi: 10.1056/NEJMc2005073.
- Malenovská, H. (2020) 'Coronavirus persistence on a plastic carrier under refrigeration conditions and its reduction using wet wiping technique, with respect to food safety', *Food Environ Virol*, **12**(4), 361-366.
- Manisalidis I, Stavropoulou E, Stavropoulos A, Bezirtzoglou E. (2020) 'Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review', *Frontiers in Public Health*, **8**.
- Marzoli F, Bortolami A, Pezzuto A, Mazzetto E, Piro R, Terregino C, Bonfante F, Belluco S. (2021) 'A systematic review of human coronaviruses survival on environmental surface', *Science of the Total Environment*, **778**.
- Millet JK, Whittaker GR. (2015) 'Host cell proteases: critical determinants of coronavirus tropism and pathogenesis', *Virus Res*, **202**, 120–34.

Mohan, S.V., Hemalatha, M., Kopperi, H., Ranjith, I., Kumar, A.K. (2021). 'SARS-CoV-2 in environmental perspective: occurrence, persistence, surveillance, inactivation and challenges', *Chem. Eng. J.*, **405**, 126893. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.126893>.

Neeltje van Doremalen and Trenton Bushmaker and Dylan H. Morris and Myndi G. Holbrook and Amandine Gamble and Brandi N. Williamson and Azaibi Tamin and Jennifer L. Harcourt and Natalie J. Thornburg and Susan I. Gerber and James O. Lloyd-Smith and Emmie de Wit and Vincent J. Munster. (2020) 'Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1', *New England Journal of Medicine*, **382** (16), 1564-1567.

Noorimotlagh, Z., Mirzaee, S.A., Jaafarzadeh, N., Maleki, M., Kalvandi, G., Karami, C. (2020) 'A systematic review of emerging human coronavirus (SARS-CoV-2) outbreak: focus on disinfection methods, environmental survival, and control and prevention strategies', *Environ. Sci. Pollut. Res.* <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11060-z>.

Owens, M., Townsend, E., Hall, E., Bhatia, T., Fitzgibbon, R., & Miller-Lakin, F. (2022) 'Mental Health and Wellbeing in Young People in the UK during Lockdown (COVID-19)', *Int J Environ Res Public Health*, **19**(3).

Pastorino B, Touret F, Gilles M, de Lamballerie X, Charrel RN. (2020) 'Evaluation of heating and chemical protocols for inactivating SARS-CoV-2', *bioRxiv*..

Peiris JSM, Guan Y, Yuen KY. (2004) 'Severe acute respiratory syndrome', *Nat Med*, **10**, 88-97.

Perlman S, Netland J. (2009) 'Coronaviruses post-SARS: update on replication and pathogenesis', *Nat Rev Microbiol*, **7**, 439–50.

Phelan AL, Katz R, Gostin LO. (2020) 'The novel coronavirus originating in Wuhan, China: challenges for global health governance', *JAMA*, **323**, 709–10.

Pittet D. (2001) 'Compliance with hand disinfection and its impact on hospital-acquired infections', *J Hosp Infect*, **48**.

Pollard CA, Morran MP, Nestor-Kalinoski AL. (2020). 'The COVID-19 pandemic: a global health crisis', *Physiological Genomics*, **52** (11).

Rabenau, H.F., Cinatl, J., Morgenstern, B., Bauer, G., Preiser, W., Doerr, H.W. (2005) 'Stability and inactivation of SARS coronavirus', *Med. Microbiol. Immunol*, **194**, 1–6.

Ren, S.-Y., Wang, W.-B., Hao, Y.-G., Zhang, H.-R., Wang, Z.-C., Chen, Y.-L., Gao, R.-D., (2020). 'Stability and infectivity of coronaviruses in inanimate environments', *World J. Clin. cases* **8**, 1391–1399.

Riddell, S., Goldie, S., Hill, A., Eagles, D., Drew, T.W. (2020) 'The effect of temperature on persistence of SARS-CoV-2 on common surfaces', *Virol. J.*, **17**, 145.

Roujian Lu, Xiang Zhao, Juan Li, Peihua Niu, Bo Yang, Honglong Wu, Wenling Wang, Hao Song, Baoying Huang, Na Zhu, Yuhai Bi, Xuejun Ma, Faxian Zhan, Liang Wang, Tao Hu, Hong Zhou, Zhenhong Hu, Weimin Zhou, Li Zhao, Jing Chen, Yao Meng, Ji Wang, Yang Lin, Jianying Yuan, Zhihao Xie, Jinmin Ma, William J Liu, Dayan Wang, Wenbo Xu, Edward C Holmes, George F Gao, Guizhen Wu, Weijun Chen, Weifeng Shi, Wenjie Tan. (2020) ‘Genomic characterisation and epidemiology of 2019 novel coronavirus: implications for virus origins and receptor binding’, *Lancet*, **395**, 565–574.

Sacks E, Yangchen S. (2021) ‘COVID-19, climate change, and communities’, (Comment), *THE LANCET*, **5** (10).

Salian VS, Wright JA, Vedell PT, Nair S, Li C, Kandimalla M, Tang X, Carmona Porquera EM, Kalari KR, Kandimalla KK. (Vrishali S. Salian et al. (2021) ‘. COVID-19 Transmission, Current Treatment, and Future Therapeutic Strategies’, *Molecular Pharmaceutics*, **18**, (3), .754-771.

Setti L, Passarini F, De Gennaro G, Barbieri P, Perrone MG, Borelli M, Palmisani J, Di Gilio A, Piscitelli P, Miani A. (2020) ‘Airborne transmission route of COVID-19: why 2 meters/6 feet of inter-personal distance could not be enough’, *Int J Environ Res Public Health*, **17**, 2932.

Shang J, Ye G, Shi K, Wan Y, Luo C, Aihara H, Geng Q, Auerbach A, Li F. (2020) ‘Structural basis of receptor recognition by SARS-CoV-2’, *Nature*, **581**, 221–224.

Simmons G, Zmora P, Gierer S, Heurich A, Pöhlmann S. (2013) ‘Proteolytic activation of the SARS-coronavirus spike protein: cutting enzymes at the cutting edge of antiviral research’, *Antivir Res*, **100**, 605–14.

Sizun, J., Yu, M.W., Talbot, P. (2000). ‘Survival of human coronaviruses 229E and OC43 in suspension and after drying on surfaces: a possible source of hospital-acquired infections’, *J. Hosp. Infect.*, **46**, 55–60. <https://doi.org/10.1053/jhin.2000.0795>

Snijder EJ, van der Meer Y, Zevenhoven-Dobbe J, Onderwater JJ, van der Meulen J, Koerten HK, Mommaas AM. (2006) ‘Ultrastructure and origin of membrane vesicles associated with the severe acute respiratory syndrome coronavirus replication complex’, *J. Virol*, **80**, 5927–5940.

Stadler K, Rappuoli R. (2005) SARS: understanding the virus and development of rational therapy. *Curr Mol Med.*, **5**, 677–9.

Thomas, J., Brunton, J., Graziosi, S. (2010) ‘EPPI-Reviewer 4: Software for Research Synthesis.

UKHSA, (2021). UK Health Security Agency. Cold weather health risks and COVID-19 actions to prevent harm.

US Centers for Disease Control and Prevention (<https://www.cdc.gov/index.html>).

US Centers for Disease Control and Prevention. Things to know about the COVID – 19 pandemic. Updated December 4, 2020. Accessed December 10, 2020.

Van Doremalen, N., Bushmaker, T., Morris, D.H., Holbrook, M.G., Gamble, A., Williamson, B.N., Tamin, A., Harcourt, J.L., Thornburg, N.J., Gerber, S.I., Lloyd-Smith, J.O., de Wit, E., Munster, V.J. (2020). ‘Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1’, *N. Engl. J. Med.*

Vvan Doremalen, N., Bushmaker, T., Munster, V., (2013). ‘Stability of Middle East respiratory syndrome coronavirus (MERS-CoV) under different environmental conditions’, *Eurosurveillance* **18**, 20590. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES2013.18.38.20590>.

Wan Y, Shang J, Graham R, Baric RS, Li F. (2020) ‘Receptor recognition by the novel coronavirus from Wuhan: an analysis based on decade-long structural studies of SARS coronavirus’, *J Virol*, . **2020;94**:.e00127–e220

Wang D, Hu B, Hu C, Zhu F, Liu X, Zhang J, Wang B, Xiang H, Cheng Z, Xiong Y, Zhao Y. (2020) ‘Clinical characteristics of 138 hospitalized patients with 2019 novel coronavirus–infected pneumonia in Wuhan, China’, *JAMA*, . **2020;323**, :1061–9.

Wang MY, Zhao R, Gao LJ, Gao XF, Wang DP, Cao JM. (2020) ‘SARS-CoV-2: Structure, Biology, and Structure-Based Therapeutics Development’, *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, **10**.

Wang, J., & Xu, C. (2017) ‘. Geodetector: principle and prospective. *Acta Geographica Sinica*’, 72, (1), 116–134. doi: 10.11821/dlxb201701010.

Warnes, S.L., Little, Z.R., Keevil, C.W., (2015). ‘Human coronavirus 229E remains infectious on common touch surface materials’, *MBio* 6. <https://doi.org/10.1128/mBio.01697-15>.

Wrapp D, Wang N, Corbett KS, Goldsmith JA, Hsieh CL, Abiona O, Graham BS, McLellan JS. Cryo-EM structure of the 2019-nCoV spike in the prefusion conformation. *Science*. 2020;367:1260–3.

Wrapp D, Wang N, Corbett KS, Goldsmith JA, Hsieh CL, Abiona O, Graham BS, McLellan JS. Cryo-EM structure of the 2019-nCoV spike in the prefusion conformation’, *Science*, . **2020;367**, :1260–3.

Wu F, Zhao S, Yu B, Chen YM, Wang W, Song ZG, Hu Y, Tao ZW, Tian JH, Pei YY, Yuan ML, Zhang YL, Dai FH, Liu Y, Wang QM, Zheng JJ, Xu L, Holmes EC, Zhang YZ, Wu, F. et al. (2020) ‘A new coronavirus associated with human respiratory disease in China’, *Nature* **579**, 265–269.

Wu, H.-Y. and Brian, D.A. (2010) ‘Subgenomic messenger RNA amplification in coronaviruses’, *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, **107**, 12.257–12.262.

Xia S, Lan Q, Su S, Wang X, Xu W, Liu Z, Zhu Y, Wang Q, Lu L, Jiang S. The role of furin cleavage site in SARS-CoV-2 spike protein-mediated membrane fusion in the presence or absence of trypsin. *Signal Transduct Target Ther.* 2020;5:92.

Xu R, Rahmandad H, Gupta M, DiGennaro C, Ghaffarzadegan N, Amini H, Jalali MS. (2021) ‘Weather, air pollution, and SARS-CoV-2 transmission: a global analysis’, *THE LANCET*, **5** (10).

Xu R, Rahmandad H, Gupta M, DiGennaro C, Ghaffarzadegan N, Amini H, Jalali MS. (2021) Xu. Q., Li. R., Rutherford, S., Luo, C., Liu, Y., Wang, Z. & Li, X., (2018). ‘Using a distributed lag non-linear model to identify impact of temperature variables on haemorrhagic fever with renal syndrome in Shandong Province’, *Epidemiology and Infection*, **146**, : 1671–1679. <https://doi.org/10.1017/S095026881800184X>.

Yan R, Zhang Y, Li Y, Xia L, Guo Y, Zhou Q. (2020) ‘Structural basis for the recognition of SARS-CoV-2 by full-length human ACE2’, *Science*, . **2020**;**367**, :1444–8.

Yuki K, Fujiogi M, Koutsogiannaki S. (2020) ‘COVID-19 pathophysiology: A review’, *Clinical Immunology*, **215**.

Zaki AM, Van Boheemen S, Bestebroer TM, Osterhaus AD, Fouchier RA. (2012) ‘Isolation of a novel coronavirus from a man with pneumonia in Saudi Arabia’, *N Engl J Med*, **67**, 1814–20.

Zhou P, Yang XL, Wang XG, Hu B, Zhang L, Zhang W, Si HR, Zhu Y, Li B, Huang CL, Chen HD. (2020) A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin’, *Nature*, **579**, 270–3.

Zhu H, Wang L, Fang C, Peng S, Zhang L, Chang G, Xia S, Zhou W. (2020). ‘Clinical analysis of 10 neonates born to mothers with 2019- nCoV pneumonia’, *Transl Pediatr*, **9**.

Zhu N, Zhang D, Wang W, Li X, Yang B, Song J, Zyhao X, Huang B, Shi W, Lu R, Niu P, Zhan F, Ma X, Wang D, Xu W, Wu G, Gao GF, Tan W. (2020) ‘A Novel Coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019’, *N. Engl. J. Med*, **382**, (8), 727–733.

Πηγες εικόνων

Εικόνα 1: <https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/torovirinae>

Εικόνα 2: https://www.researchgate.net/figure/Classification-of-Coronavirus_fig2_354463707

Εικόνα 3: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=104914011>

Εικόνα 4: <https://www.abcam.com/content/structural-and-functional-mechanism-of-sars-cov-2-cell-entry>

Εικόνα 5:

https://en.wikipedia.org/wiki/Coronavirus_spike_protein#/media/File:6VSB_spike_protein_SARS-CoV-2_monomer_in_homotrimer.png

Εικόνα 6: <https://www.sigmaaldrich.com/GR/en/technical-documents/product-supporting/milliplex/immunology-multiplex-assays>

Εικόνα 7: <https://pmgbiology.com/2019/07/16/protein-synthesis-part-3-grade-9-understanding-for-igcse-biology-3-18b/>

Εικόνα 8: <https://www.lsbio.com/media/whitepapers/sars-cov-2-and-covid-19-pathogenesis-a-review>

Εικόνα 9: Ben Hu et al. (2021). Characteristics of SARS- CoV-2 and COVID-19. Nature reviews microbiology, 19.

Εικόνα 10: Andrew G. Harrison et al. (2020). Mechanisms of SARS-CoV-2 Transmission and Pathogenesis. Trends in Immunology, 41 (12).

Εικόνα 11: Andrew G. Harrison et al. (2020). Mechanisms of SARS-CoV-2 Transmission and Pathogenesis. Trends in Immunology, 41 (12).

Εικόνα 12: <https://www.businessinsider.com/coronavirus-covid19-pandemic-scientific-facts-learned-since-outbreak-2019-2020-4#scientists-confirmed-that-live-virus-particles-can-be-found-in-infected-patients-poop-and-semen-5>

COVID-19 (Διπλωματική εργασία) . Αποκτήθηκε από το αποθετήριο του Ανοικτού Ελληνικού Πανεπιστημίου.

Εικόνα 13: Ben Hu et al. (2021). Characteristics of SARS- CoV-2 and COVID-19. Nature reviews microbiology, 19.

Εικόνα 14: <https://safarmedical.com/en/medical-articles/pcr-test>

Εικόνα 15: <https://www.thejournal.ie/antigen-tests-ireland-5642304-Dec2021/>

Εικόνα 16: <https://www.ctvnews.ca/health/coronavirus/ontario-hospitals-alarmed-by-increase-in-covid-19-cases-warn-province-losing-ground-1.5103817>

Εικόνα 17: <https://envira.global/primary-and-secondary-pollutants-most-dangerous/>

Εικόνα 18: <https://www.livescience.com/63065-acid-rain.html>

Εικόνα 19: <https://www.britannica.com/science/acid-rain/Effects-on-human-made-structures>

Εικόνα 20: <https://www.epa.gov/acidrain/effects-acid-rain>

Εικόνα 21: <https://hubbardbrook.org/online-book-chapter/ecosystem-effects-of-acidic-deposition/>

Εικόνα 22:

https://www.reddit.com/r/Suomi/comments/3u7g5h/ei_pelk%C3%A4st%C3%A4%C3%A4n_puhuta_hiilett%C3%B6myydest%C3%A4_vaan/

Εικόνα 23 : <https://www.qmul.ac.uk/media/news/2022/se/insects-may-feel-pain-says-growing-evidence--heres-what-this-means-for-animal-welfare-laws.html>

Εικόνα 24: <https://eu.usatoday.com/story/news/nation/2018/02/26/flood-battered-cities-brace-more-damage-after-deadly-storms/372201002/>

Εικόνα 25: <https://energyin.gr/2016/06/21/%CF%84%CE%BF-%CF%86%CF%89%CF%84%CE%BF%CF%87%CE%B7%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CF%8C-%CE%BD%CE%AD%CF%86%CE%BF%CF%82-%CE%AD%CF%80%CE%BD%CE%B9%CE%BE%CE%B5-%CF%84%CE%B7%CE%BD-%CE%B1%CE%B8%CE%AE%CE%BD%CE%B1/>

Εικόνα 26: <https://www.kathimerini.gr/life/environment/843425/i-aithalomichli-apeilei-xana-megales-poleis/>

Εικόνα 27: <https://rac.com.au/car-motoring/info/air-pollution-busy-roads>

Εικόνα 28: https://s3.picofile.com/file/8220564676/AALUDEGYE_HAWAA_1.jpg

Εικόνα 29: Τζελέπη Ε. Ο ρόλος των Περιβαλλοντικών Συνθηκών στην εξάπλωση του COVID-19 (Διπλωματική εργασία) . Αποκτήθηκε από το αποθετήριο του Ανοικτού Ελληνικού Πανεπιστημίου.

Εικόνα 30: <https://www.who.int/philippines/emergencies/covid-19-response-in-the-philippines/information/protective-measures>

Εικόνα 31: <https://www.pnnl.gov/publications/projecting-global-urban-area-growth-through-2100-based-historical-time-series-data-and>

Εικόνα 32: <https://wingify.earth/single-thought/how-is-air-pollution-caused-by-vehicles->

Εικόνα 33: Τζελέπη Ε. Ο ρόλος των Περιβαλλοντικών Συνθηκών στην εξάπλωση του COVID-19 (Διπλωματική εργασία) . Αποκτήθηκε από το αποθετήριο του Ανοικτού Ελληνικού Πανεπιστήμιου.

Εικόνα 34: Τζελέπη Ε. Ο ρόλος των Περιβαλλοντικών Συνθηκών στην εξάπλωση του COVID-19 (Διπλωματική εργασία) . Αποκτήθηκε από το αποθετήριο του Ανοικτού Ελληνικού Πανεπιστήμιου.

Εικόνα 35: Ankit Gupta et al. (2021). Air pollution aggravating COVID-19 lethality? Exploration in Asian cities using statistical models. Environment, Development and Sustainability, 23, 6.408-6.417.

Εικόνα 36: Ankit Gupta et al. (2021). Air pollution aggravating COVID-19 lethality? Exploration in Asian cities using statistical models. Environment, Development and Sustainability, 23, 6.408-6.417.

Εικόνα 37: Filippo Marzoli et al. (2021). A systematic review of human coronaviruses survival on environmental surfaces. Science of the Total Environment, 778.