



Το οικολογικό αποτύπωμα των θεραπευτικών μεθόδων πλασμαφαίρεσης



Παρασκευή Τσεκέ
Νεφρολόγος Επιμελήτρια Α΄
ΓΝΑ «ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ»



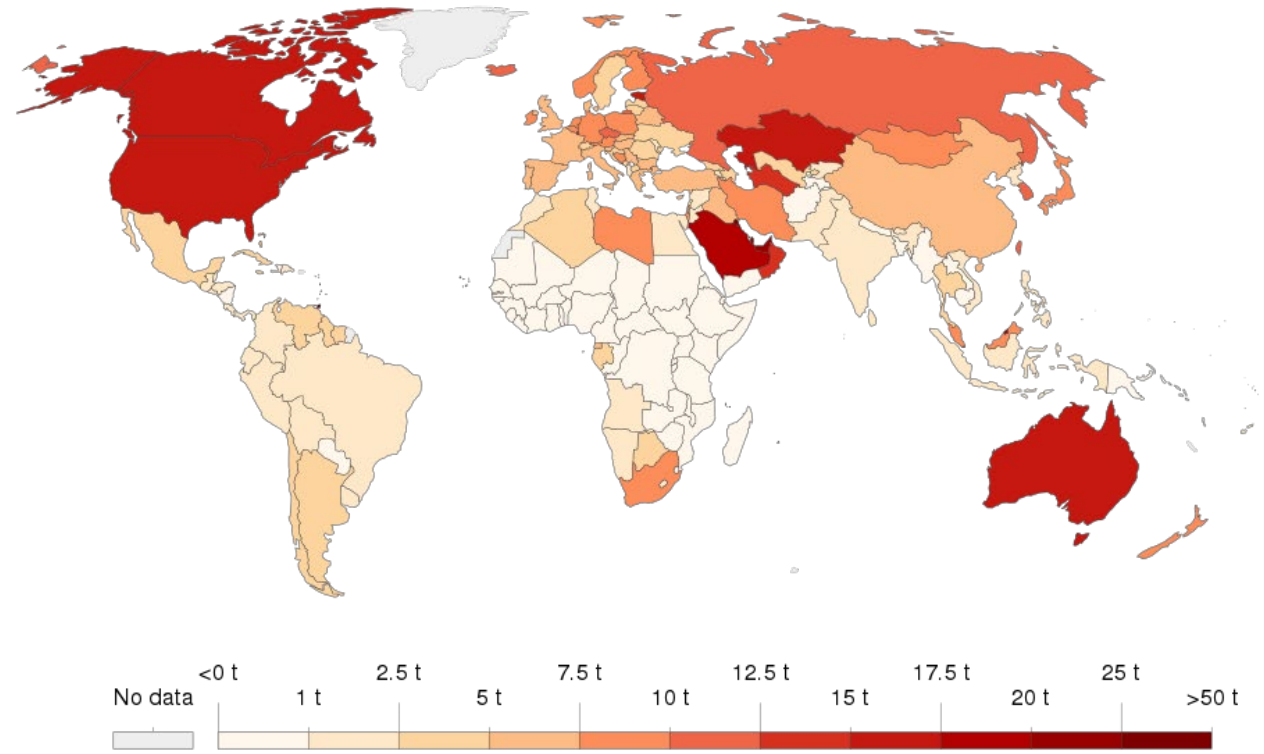
Κλιματική αλλαγή – ένα παγκόσμιο φαινόμενο

- Κλιματική αλλαγή: Συνεχές, εξαιρετικά σημαντικό παγκόσμιο φαινόμενο με επιπτώσεις σε πολλές πτυχές της ανθρώπινης δραστηριότητας
- Οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (GHG) είναι σημαντικά υψηλότερες στις αναπτυγμένες χώρες. Οι επιπτώσεις τους, όμως, επιβαρύνουν ιδιαίτερα τις χώρες με χαμηλότερο κοινωνικό - οικονομικό επίπεδο επιτείνοντας το φαινόμενο της κοινωνικής ανισότητας
- Οι GHG είναι υψηλές στη χώρα μας
- Η κλιματική αλλαγή δεν αποτελεί απλά απειλή για το περιβάλλον, αλλά και απειλή έκτακτης ανάγκης για τη δημόσια υγεία

CO₂ emissions per capita, 2017

Average carbon dioxide (CO₂) emissions per capita measured in tonnes per year.

Our World
in Data



Source: OWID based on CDIAC; Global Carbon Project; Gapminder & UN

Το αντίκτυπο της κλιματικής αλλαγής στην υγεία

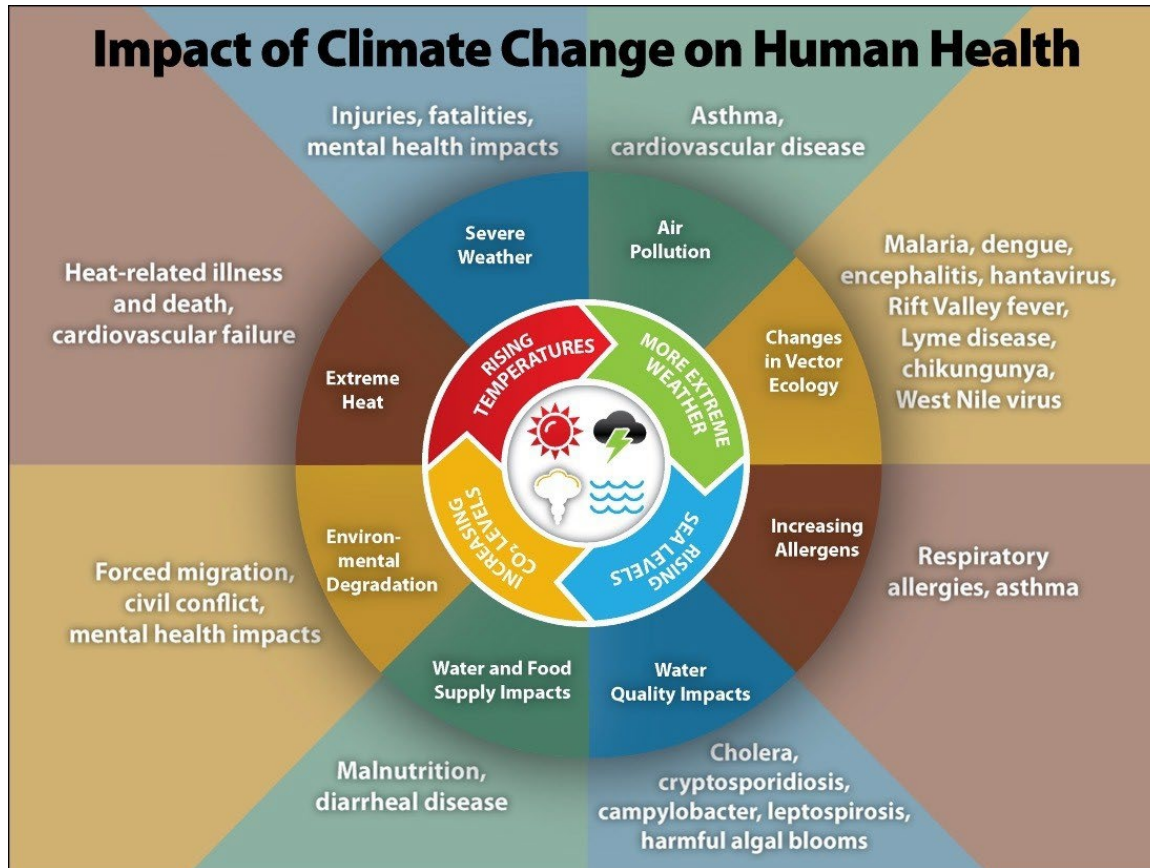


Image: Centers for Disease Control and Prevention

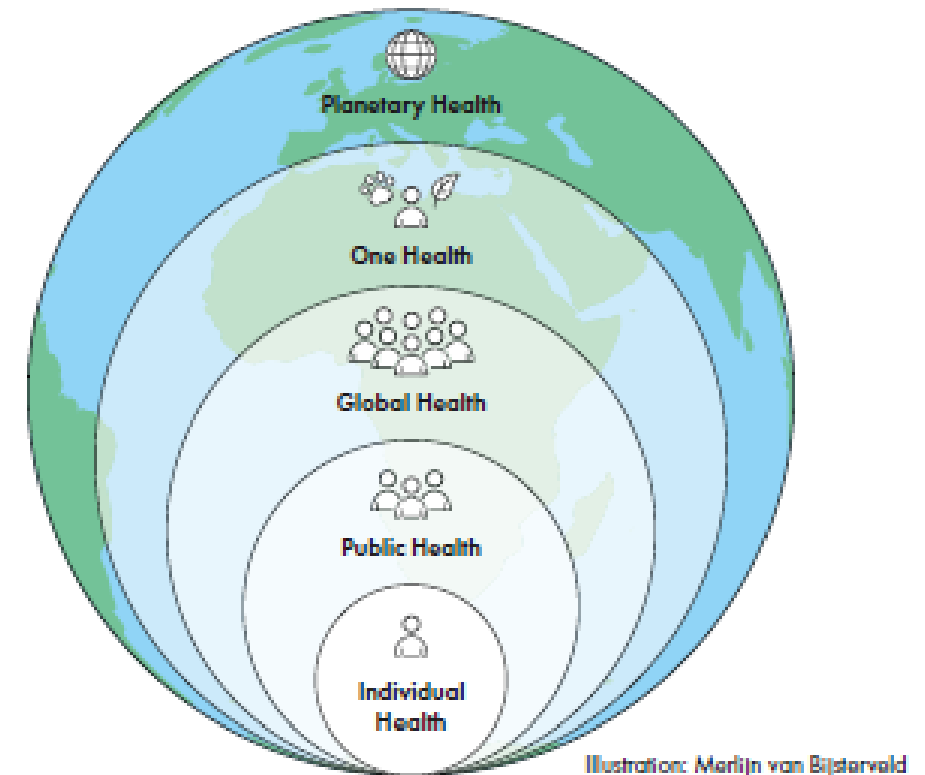
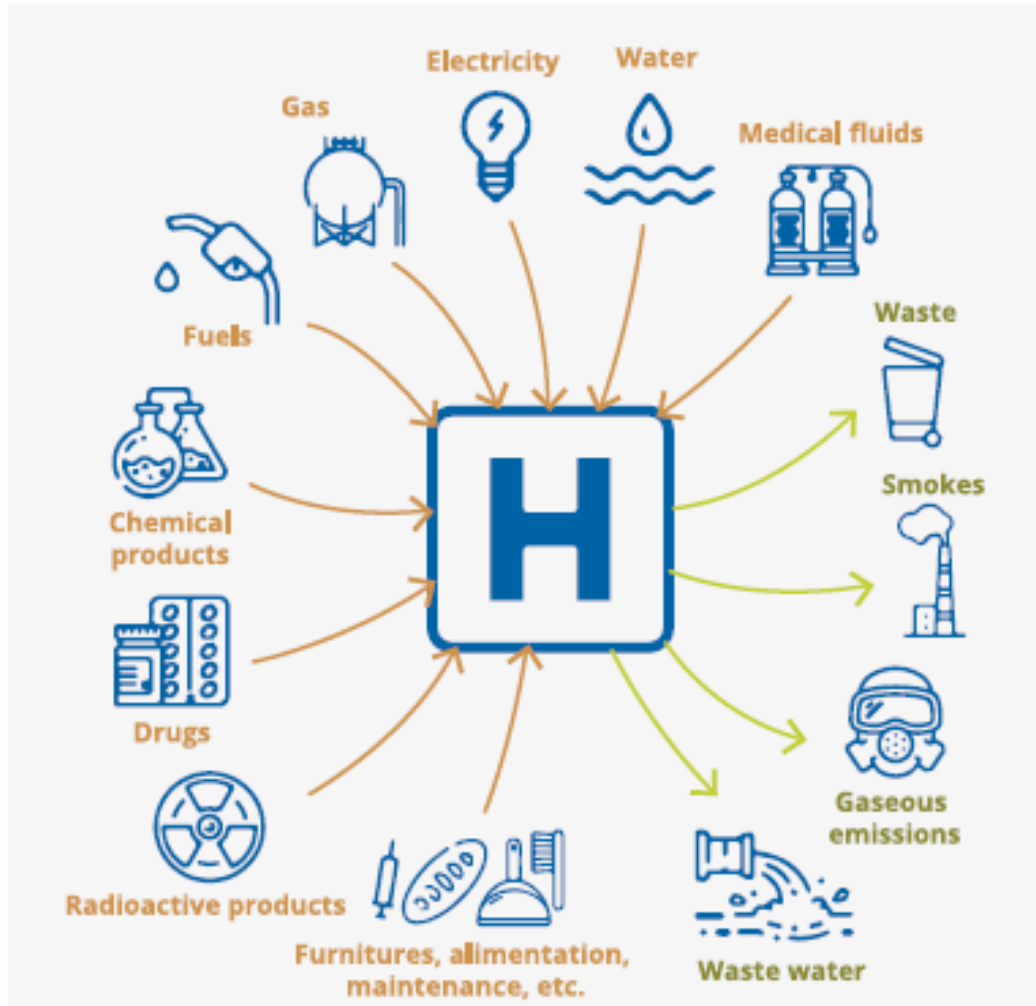


Figure 1. Interaction between our health and the environment

van Gelder, M.K., Mortimer, F.,
Blankestijn, P.J., Gerritsen, K.G.F.
ERA Neph-Manual 2025

Παράμετροι που ευθύνονται για εκπομπές GHG στον τομέα της υγείας



- Ο τομέας της υγείας «παράγει» παγκοσμίως ~2 δισεκατομμύρια τόνους ισοδύναμα CO₂ δηλαδή ~ 4.4%)
- Κατανάλωση πηγών ενέργειας για την παραγωγή υλικών, φαρμάκων, χημικών, ιατροτεχνολογικού και λοιπού εξοπλισμού, λειτουργία μονάδων υγείας
- Κατανάλωση ενέργειας και παραγωγή ρύπων (διοξίνες, φουράνες κλπ) κατά την καταστροφή επικίνδυνων και μη βιοαπόβλητων, κατανάλωση και μόλυνση νερού
- Επισημαίνεται ότι αν και μόνο το 15% των απόβλητων είναι μολυσματικά/επικίνδυνα συχνά γίνεται μη επαρκής διαλογή
- Η ΕΕ ευθύνεται για το 12% των συνολικών εκπομπών

Αν και για την εξωνεφρική κάθαρση υπάρχουν πολλά δεδομένα...

- Δεν υπάρχουν βιβλιογραφικά δεδομένα για το ανθρακικό αποτύπωμα των μεθόδων θεραπευτικής αφαίρεσης

Transfusion and Apheresis Science 64 (2025) 104227



Contents lists available at ScienceDirect

Transfusion and Apheresis Science

journal homepage: www.elsevier.com/locate/transci



The ecological footprint of therapeutic plasmapheresis methods

Paraskevi Tseke ^{a,*}, Petros Tsekas ^a, Ioannis Griveas ^b

Transfusion and Apheresis Science 64 (2025) 104228



Contents lists available at ScienceDirect

Transfusion and Apheresis Science

journal homepage: www.elsevier.com/locate/transci



Organizing in “green” a plasmapheresis unit

Ioannis Griveas ^{a,*}, Paraskevi Tseke ^b



Volume 64, issue 5, October 2025

ISSN 1473-0502

Transfusion and Apheresis Science

Official Journal of:
The World Apheresis Association
The European Society for Haemapheresis
The Società Italiana di Emaferesi
e Manipolazione Cellulare
The Turkish Society of Apheresis

Co-Editors in Chief
Gail A. Rock
Ravindra Sarode

Senior Editors
F Altuntas, J Cid, M Gandhi, M Irani, F Lanza

Featuring

- International Forum: Spain
- Theme: “Green” Methodology In Blood Purification Techniques

Άμεσες πηγές ανθρακικού αποτυπώματος στην πλασμαφαίρεση

- Αναλώσιμα υλικά: γραμμές και φίλτρα, υγρά αναπλήρωσης, αντιπηκτικά
- Ενεργειακή κατανάλωση: Χρήση ενέργειας από μηχανήματα, monitor παρακολούθησης και αντλίες
- Ιατρικά απόβλητα: Μη ανακυκλώσιμα πλαστικά υλικά, υλικά μολυσματικά

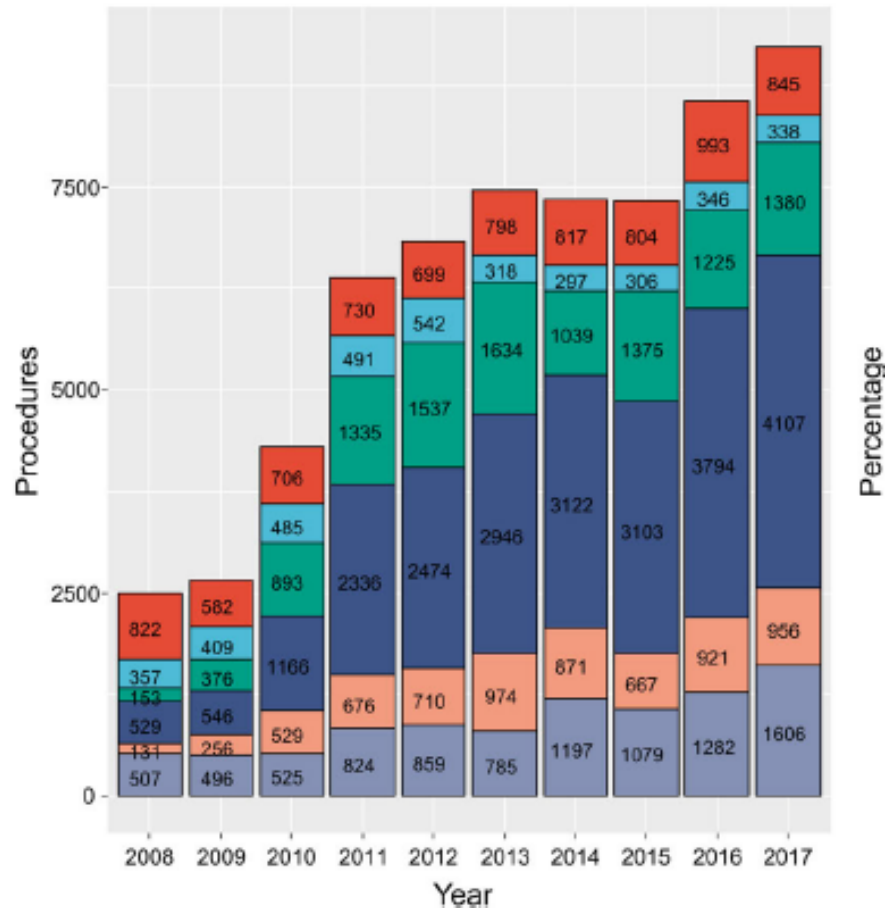
Έμμεσες πηγές ανθρακικού αποτυπώματος στην πλασμαφαίρεση

- Κατανάλωση πρώτων υλών και ενέργειας για την κατασκευή μηχανημάτων-υλικών
- Ενεργειακή κατανάλωση κατά τη λειτουργία μονάδων που πραγματοποιούνται οι συνεδρίες
- Μετακίνηση προσωπικού-ασθενών, διακίνηση φαρμάκων, αναλώσιμων υλικών και μηχανημάτων

Ποιο είναι το μέγεθος του προβλήματος?

- Για την αιμοκάθαρση γνωρίζουμε ότι η ετήσια εκπομπή CO₂ ποικίλει από 3818-10200 Kg/ασθενή, ωστόσο δεν υπάρχουν αντίστοιχα δεδομένα για την θεραπευτική πλασμαφαίρεση
- Δεν υπάρχει σύστημα καταγραφής συνεδριών πλασμαφαίρεσης σε παγκόσμια κλίμακα
- Υπάρχουν ενδείξεις αύξησης των συνεδριών τόσο της θεραπευτικής πλασμαφαίρεσης, όσο και των μεθόδων αφαίρεσης για συλλογές παραγόντων αίματος που οφείλεται σε αύξηση των νοσημάτων
- Επιπρόσθετα υπάρχει ποικιλομορφία στη χρήση των μεθόδων αφαίρεσης στα διάφορα κράτη της ΕΕ

Ενδεικτικά δεδομένα από Κορέα και Ιταλία

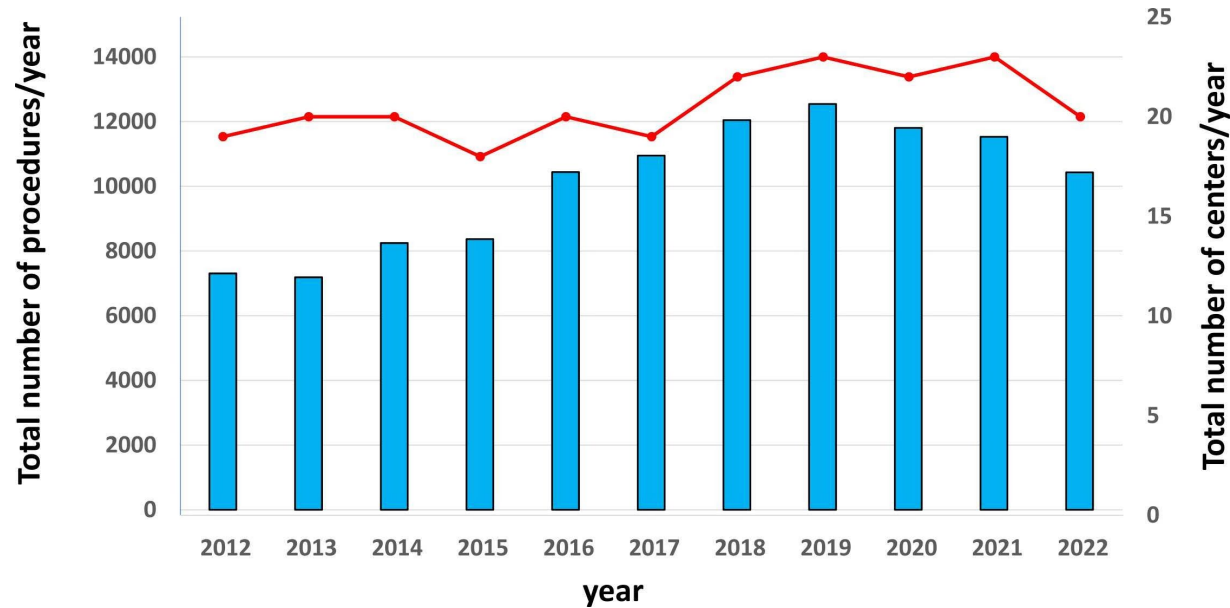


J Clin Apher. 2021;1–10.

Therapeutic apheresis procedures for the years 2019 to 2023.

	N. Procedures				
	2019	2020	2021	2022	2023
Therapeutic procedure					
1 - Plasma exchange	11458	11272	12562	13485	15064
2 - Cascade filtration	484	600	797	569	596
3 - Plasma adsorption (physical, chemical)	0	0	240	70	109
4 - IgG / IgE Immunoabsorption	235	138	192	43	39
5 - Photopheresis (online)	1624	2774	3012	3532	4525
6 - Photopheresis (off line)	2921	4776	6052	5635	4695
7 - Lipoprotein apheresis	377	441	657	584	670
8 - Lymphoplasmapheresis	16	0	7	0	2
9 - Cytoreductive leukapheresis	199	75	98	75	64
10 - Granulocyte-monocyte-apheresis	342	255	294	242	195
11 - Therapeutic platelet apheresis	12	30	36	21	40
12 - Erythrocyte exchange	1274	2110	2203	2389	2652
13 - Erythro-apheresis	2457	2787	3300	3418	2885
14 - Stem Cell Collection (autotransplant)	2192	3236	3548	4212	4135
15 - Other:	66	56	683	427	537
Total	23657	28550	33681	34702	36208

Δεν υπάρχει ενιαία και συστηματική καταγραφή,
ωστόσο οι αυξητικές τάσεις είναι προφανείς



Δεδομένα από World Apheresis Registry 2023(27 κέντρα/12 χώρες)

Transfusion and Apheresis Science 58 (2019) 278–280

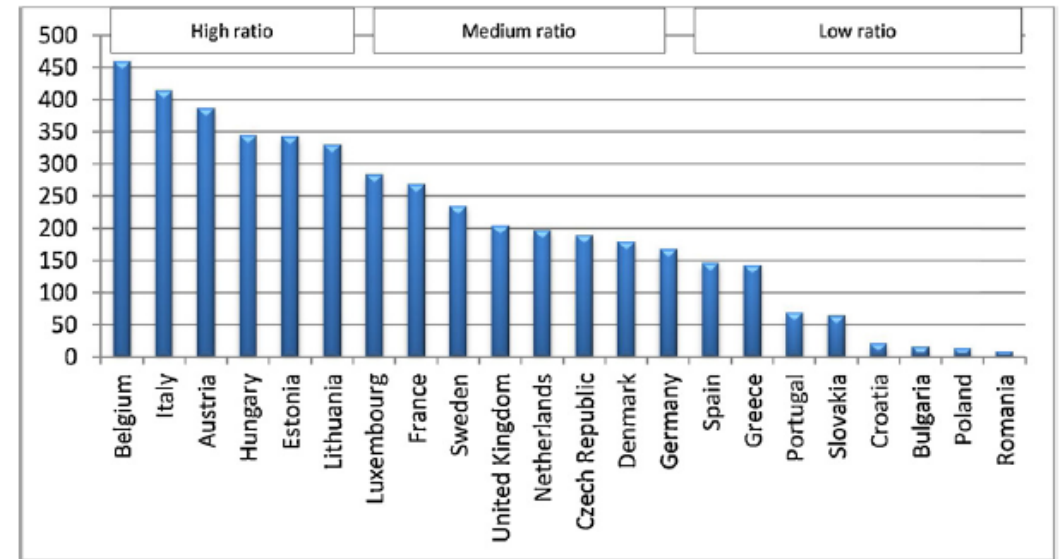


Fig. 1. Number of disposables units for TPE by centrifugation sold in countries of the EU per 1 million inhabitants in 2014. Three groups are arbitrarily marked depending on the ratio, high (≥ 300), medium (150–299) and low (< 149).

Πρόσφατα παρουσιάσαμε...



Συγκριτική αξιολόγηση των δύο διαθέσιμων μεθόδων θεραπευτικής αφάιρεσης, της μεθόδου με φίλτρο διαχωρισμού (Aquarius) και εκείνης με φυγόκεντρο (Optia)

- ποσότητα του πλαστικού
- ηλεκτρική ενέργεια
- ποσότητα H₂O (ορών/ αντιπηκτικού)



	AQUARIUS	OPTIA
ΒΑΡΟΣ ΣΕΤ ΣΥΝΟΛΙΚΑ/ΧΩΡΙΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ*	1400/1200 gr**	700/500
ΟΡΟΣ ΕΚΠΛΥΣΗΣ/ΑΝΤΙΠΗΚΤΙΚΟ ***	2000ml/ηπαρίνη	1000ml/750 ml κιτρικά
ΕΝΕΡΓΕΙΑ	350w	Έως 1000w (ανάλογα με στροφές)
ΧΡΟΝΟΣ PRIMING	~10-15 min	7-10 min
ΧΡΟΝΟΣ ΘΕΡΑΠΕΙΑΣ ****	ΠΟΙΚΙΛΛΕΙ ~ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΡΟΗΣ ~10% ΣΥΝΤΟΜΟΤΕΡΟΣ cTPE	

*ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΙΜΗ – **ΜΑΖΙ ΜΕ ΦΙΛΤΡΟ

ΓΡΑΜΜΕΣ+ΦΙΛΤΡΟ ΜΟΛΥΣΜΑΤΙΚΑ ΜΗ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΙΜΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ
ΤΟ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΣΕ ΑΝΑΛΟΓΟ CO₂ eq ~ 1.7-2.1kg/kg ΠΛΑΣΤΙΚΟΥ (ΣΕ ΜΗ ΜΟΛΥΣΜΑΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ)

*** Μετά το τέλος της συνεδρίας όσα υγρά απομείνουν (ορός, κιτρικά) κενώνονται και οι συσκευασίες τους απορρίπτονται στα ανακυκλώσιμα μη μολυσματικά απόβλητα.

**** αποδοτικότητα αφαίρεσης πλάσματος στην μονάδα του χρόνου είναι 80% cTPEκαι 30% mTPE (AJKD 2023; 81(4): 475-92)

Κιτρικά vs ηπαρίνη

- Η ηπαρίνη προέρχεται από τον εντερικό βλεννογόνο των χοίρων ~ 1 χοίρος παράγει 650 mg ηπαρίνης που αναλογεί σε 670 kg ισοδύναμου CO₂
- Η συντριπτική πλειοψηφία των χοίρων (~95%) εκτρέφεται σε χώρες της ανατολικής και νοτιανατολικής Ασίας, το 50% της ηπαρίνης παγκοσμίως προέρχεται από την Κίνα
- Το οικολογικό αποτύπωμα των κιτρικών είναι λιγότερο από το 1.5% του αντίστοιχου της ηπαρίνης δεδομένου ότι προέρχονται από τα παντζαρια και η παραγωγή 1 kg κιτρικών αναλογεί σε 20 Kg ισοδύναμου CO₂



Οροί έγχυσης στην διαδικασία έκπλυσης

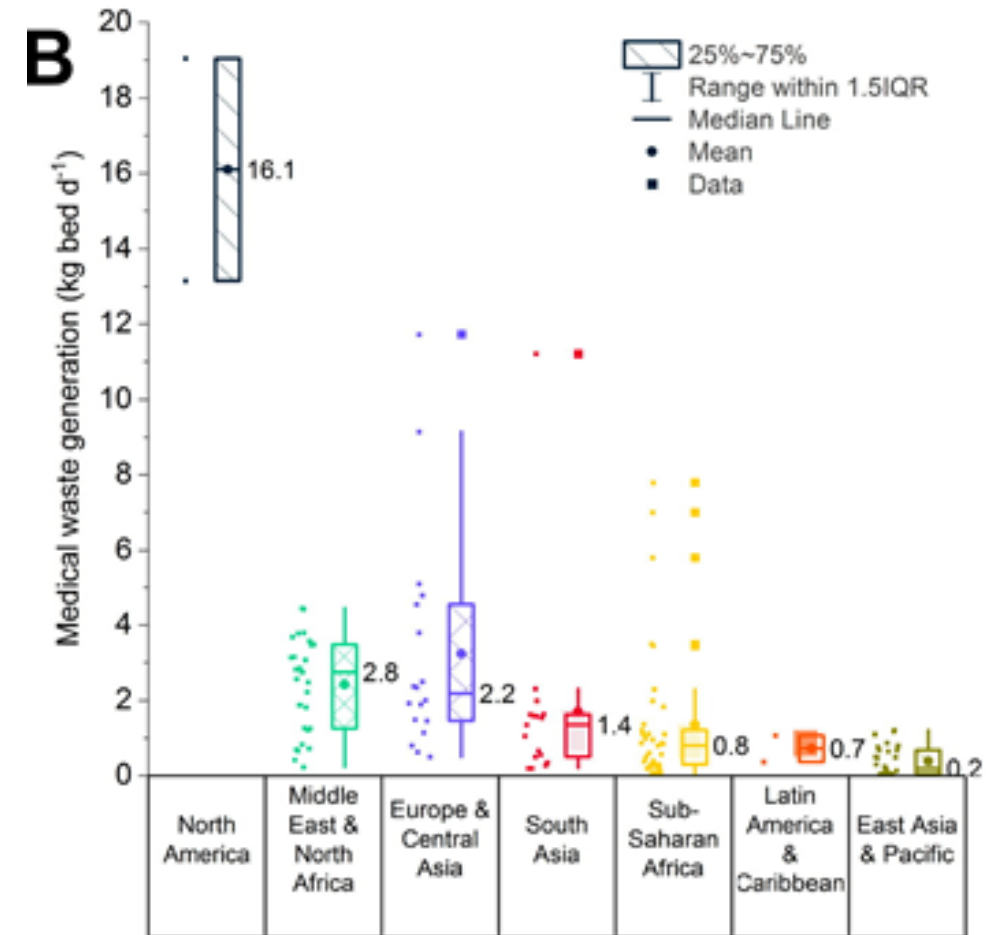
- Ορός / συνεδρία 1000ml, συνήθως καταναλώνεται 1/3
- Στην αιμοκάθαρση η αντικατάστασή του σε ορισμένα μηχανήματα από το υπερ-καθαρό νερό (που παράγεται on-line) οδήγησε σε:
 - μείωση συνολικού κόστους
 - μείωση του βάρους των βιοαπόβλητων/συνεδρία (σετ χορήγησης ορού)
- Αντίστοιχα στην πλασμαφαίρεση?

Ανοσοπροσρόφηση-οικολογικό αποτύπωμα

- Efferon LPS εκλεκτική προσρόφηση λιποπολυσακχαριτών και μη εκλεκτική προσρόφηση κυτοκινών, μυοσφαιρίνης, κυτταρικών υπολειμμάτων, εξωγενών και ενδογενών τοξινών
- Το βάρος της στήλης είναι 350 gr και των γραμμών 200-300 ανάλογα με τον τύπο του μηχανήματος που θα χρησιμοποιηθεί
- Η συγκεκριμένη στήλη είναι μιας χρήσης
- Υπάρχουν αρκετές αναφορές για επαναχρησιμοποίηση στηλών προσρόφησης και τα αποτελέσματα δείχνουν ότι είναι δυνατή η χρήση έως 2 -3 φορές

Παραγωγή & κόστος διαχείρισης βιοαπόβλητων

- Η παραγωγή βιοαπόβλητων καθώς και η επαγόμενη οικονομική και οικολογική επιβάρυνση ποικίλλει ανάλογα με τη χώρα
- Το 2022 ο ΠΟΥ ανέφερε ότι σε παγκόσμιο επίπεδο 3/10 υγειονομικές μονάδες δεν διαχειρίζονται με ασφάλεια τα βιοαπόβλητα
- Ευρώπη ~2 €/kg (0.70 cent-5 €)



Μείωση οικολογικού αποτυπώματος στην Υγεία

3 βασικοί πυλώνες

- Ενίσχυση στον τομέα πρόληψης – έγκαιρης διάγνωσης
- Ισορροπημένη παροχή ιατρικής φροντίδας-αναγκών
- Μείωση εκπομπών από την παροχή ιατρικής φροντίδας με τη βοήθεια της τεχνολογίας (ανανεώσιμες πηγές ενέργειας κλπ)

MacNeill AJ, McGain F, Sherman JD. Planetary health care: a framework for sustainable health systems. *Lancet Planet Health*. 2021;5(2):e66-e68.



Είναι εφικτή η μείωση του οικολογικού αποτυπώματος της αφαίρεσης;

- Πολιτικές φιλικές προς το περιβάλλον βελτιώνουν την αποδοτικότητα καθώς και τη σχέση κόστους/απόδοσης
- Σε επίπεδο μονάδας πλασμαφαίρεσης η εκπαίδευση του προσωπικού για την καταγραφή και σωστή διαχείριση είναι το κύριο βήμα με βασικές αρχές:



REDUCE



SORT



REDUCE



RECYCLE

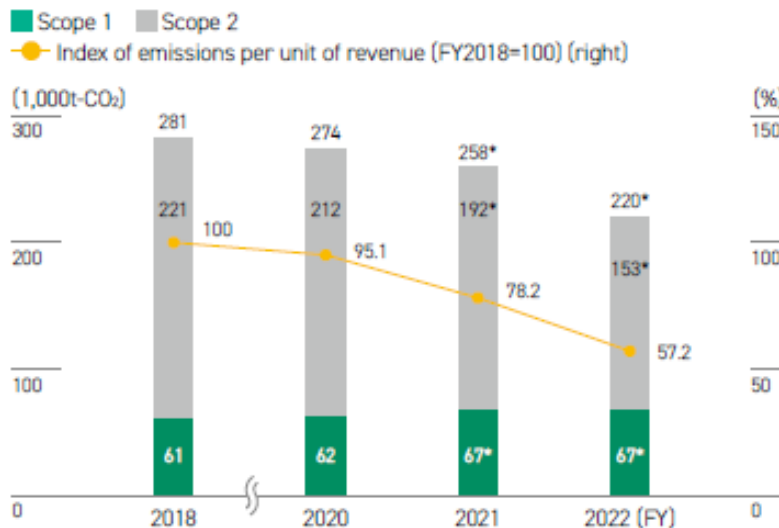
Scope 1* and 2*

- Reduce absolute GHG emissions 50.4% by 2030 from a 2018 base year
- Increase a ratio of renewable electricity use up to 50% by 2030
- Achieve carbon neutrality by 2040

Σε παγκόσμια επίπεδο οι κυβερνήσεις έχουν μετακυλήσει την πρόκληση της μείωσης εκπομπών CO₂ και την εξοικονόμηση πηγών ενέργειας στις εταιρείες, για τις οποίες πια αποτελεί βασική στοχοθεσία.

Σχετικό παράδειγμα αποτελεί η τελευταία δημοσιευμένη στοχοθεσία της TERUMO

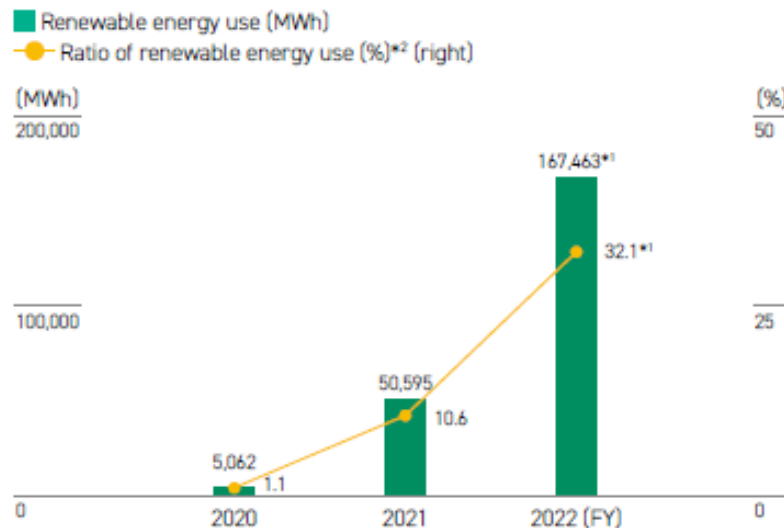
CO₂ Emissions (Scope 1 and 2)



* Data assured by a third party

Scope: Terumo Group business sites in Japan and manufacturing and R&D sites overseas

Renewable Energy Use



*¹ Data assured by a third party

*² The ratio of renewable energy use to total electricity use

Scope: Terumo Group business sites in Japan and manufacturing and R&D sites overseas



Τρόποι μείωσης οικολογικού αποτυπώματος

- Χρήση βιοδιασπώμενων ή και επαναχρησιμοποιούμενων υλικών
- Βελτίωση ενεργειακής απόδοσης ιατροτεχνολογικού εξοπλισμού και νοσηλευτικών κτιρίων
- Βελτιστοποίηση θεραπευτικών πρωτοκόλλων με στόχο μείωση χρόνου/υλικών
- Προσπάθεια μείωσης θεραπειών σε ΜΕΘ
- Εκπαίδευση προσωπικού - ασθενών στη διαχείριση αποβλήτων
- Ορισμός ομάδας επίβλεψης και καταγραφής
- Ορθολογική διαχείριση θεραπειών

Ορθολογική διαχείριση θεραπειών...



Orlando Bloom: Ξόδεψε 10 χιλιάδες λίρες για να «καθαρίσει» το αίμα του από μικροπλαστικά και τοξικά χημικά

...κάνοντας αυτή τη θεραπεία «συμμετείχε στην παραγωγή μικροπλαστικών», επιβαρύνοντας το περιβάλλον, ενώ ταυτόχρονα πιθανά «στέρησε» τη θεραπεία σε κάποιον ασθενή που πραγματικά την είχε ανάγκη

Η θεραπευτική πλασμαφαίρεση έχει οικολογικό αντίκτυπο

- Η ισορροπία μεταξύ κλινικής αποτελεσματικότητας και βιωσιμότητας είναι σημαντική
- Η ανάπτυξη οικολογικής συνείδησης προϋποθέτει την διαρκή ενημέρωση και εκπαίδευση ιατρο-νοσηλευτικού προσωπικού
- Η επένδυση σε νεώτερες τεχνολογίες με χαμηλότερο ανθρακικό αποτύπωμα αποτελεί αναγκαιότητα





Το 2022, η γενική συνέλευση Ηνωμένων Εθνών επίσημα αναγνώρισε το ανθρώπινο δικαίωμα σε ένα καθαρό, υγιές και βιώσιμο περιβάλλον ορίζοντας την προάσπισή του ως ευθύνη των κρατών και των κυβερνήσεών τους