



Co-funded by
the European Union

Φως και Εγκέφαλος: Εξερευνώντας τους Νευρώνες και την Ευαισθησία στο Φως



BIOS4YOU
AR 2.0

BIO-INSPIRED STEM TOPICS FOR ENGAGING YOUNG GENERATIONS
THANKS TO THE USE OF AUGMENTED REALITY

Project Number: KA220-BW-23-30-126516

"Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them."

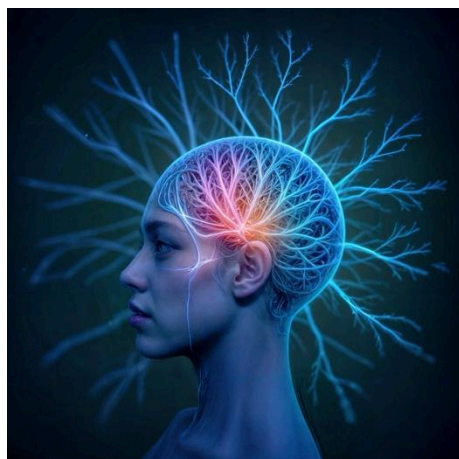




ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

· Εισαγωγή.....	2
· Διπλά Συστήματα Ανίχνευσης Φωτός: Φωτοϋποδοχείς και Νευρωνικές Οδοί.....	2
· Πώς το φως επηρεάζει τα βιολογικά συστήματα.....	3
· ΗΕΓ δραστηριότητα.....	7
· Οφέλη που συνδέονται με την εγκεφαλική δραστηριότητα και συμπεριφορά.....	9
· Επαυξημένη Πραγματικότητα και Γνωστική Απόκριση.....	10
· Εξερευνώντας την Εγκεφαλική Δραστηριότητα μέσω της Επαυξημένης Πραγματικότητας.....	12
· Πόροι.....	18





Γενικό θέμα της μαθησιακής διαδρομής	Νευροεπιστήμη και Φως: Κατανόηση των αντιδράσεων του εγκεφάλου στο φως
Συγκεκριμένη ονομασία μαθησιακής μονάδας	Φως και Εγκέφαλος: Εξερευνώντας τους Νευρώνες και την Ευαισθησία στο Φως
Ηλικία χρήστη-στόχου	14-18 ετών
Προαπαιτούμενα για τον μαθητή	Βασικές γνώσεις Βιολογίας, Φυσικής
Περιγραφή μαθησιακής μονάδας	Αυτή η ενότητα θα καθοδηγήσει εκπαιδευτικούς και μαθητές σχετικά με το πώς το φως επηρεάζει τον εγκέφαλο και πώς οι νευρώνες αντιδρούν σε εξωτερικά ερεθίσματα όπως το φως. Τα εργαλεία AR θα βελτιώσουν την οπτικοποίηση, επιτρέποντας στους μαθητές να αλληλεπιδρούν με τρισδιάστατα μοντέλα νευρώνων και δομών του εγκεφάλου. Οι μαθητές θα εξερευνήσουν εφαρμογές του πραγματικού κόσμου, όπως οι κίρκαδικοί ρυθμοί, η οπτογενετική και η φωτοθεραπεία.
Εμπλεκόμενα θέματα	Φυσική, Βιολογία, Νευροεπιστήμη, Γνωστική Επιστήμη
Λέξεις-κλειδιά	Φως, Νευροεπιστήμη, Νευρώνες, Εγκέφαλος, Κίρκαδικοί Ρυθμοί, Οπτογενετική, Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR), Οπτικοποίηση, Διαδραστική Μάθηση
Βασικές δεξιότητες, ικανότητες, γνώσεις που μπορούν να αποκτηθούν	- Κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι νευρώνες επικοινωνούν και αντιδρούν σε ερεθίσματα - Διερεύνηση της επίδρασης του φωτός σε λειτουργίες του εγκεφάλου όπως ο ύπνος, η εγρήγορση και τα συναισθήματα - Δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων μέσω εφαρμογών στον πραγματικό κόσμο (π.χ. φωτοθεραπεία, οπτογενετική) - Οπτικοποίηση βασισμένη σε επαυξημένη πραγματικότητα (AR) και διαδραστική μάθηση με μοντέλα εγκεφάλου
Πόροι και διδακτικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν	Ερευνητικές εργασίες, βιβλία, επιστημονικές βάσεις δεδομένων, διαδικτυακοί πόροι, εργαλεία επαυξημένης πραγματικότητας (π.χ. Merge Cube, JigSpace, BrainVR, Google Expeditions).
Κριτήρια αξιολόγησης και αξιολόγηση	Με βάση τις γνώσεις, τις ικανότητες και τις δεξιότητες που αποκτήθηκαν κατά τη διάρκεια του μαθήματος, συμπεριλαμβανομένων αξιολογήσεων που βασίζονται σε επαυξημένη Πραγματικότητα (AR), διαδραστικών προσομοιώσεων, εργασιών επίλυσης προβλημάτων και στοχασμών των μαθητών σχετικά με το φως και τον εγκέφαλο.





Εισαγωγή:

Το φως επηρεάζει σημαντικά τις ανθρώπινες φυσιολογικές και γνωστικές διεργασίες, επεκτείνοντας πέρα από την όραση και επηρεάζοντας τη νευρωνική δραστηριότητα, τα συναισθήματα και τους βιολογικούς ρυθμούς. Το φως είναι ένας σημαντικός περιβαλλοντικός παράγοντας που επηρεάζει διάφορες εγκεφαλικές λειτουργίες. Κλινικές μελέτες έχουν καταδείξει το θεραπευτικό δυναμικό της φωτοθεραπείας στη θεραπεία παθήσεων όπως η κατάθλιψη, η γνωστική εξασθένηση, ο χρόνιος πόνος και οι διαταραχές ύπνου. Ωστόσο, οι ακριβείς βιολογικοί μηχανισμοί μέσω των οποίων η φωτοθεραπεία ασκεί τα αποτελέσματά της παραμένουν ατελώς κατανοητοί (Huang et al., 2024).

Ο εγκέφαλος επεξεργάζεται το φως μέσω οπτικών και μη οπτικών οδών, ρυθμίζοντας βασικές λειτουργίες όπως οι κερκαδικοί ρυθμοί, τα αντανάκλαστικά της κόρης του ματιού και η γνωστική απόδοση. Πρόσφατη έρευνα έχει δείξει ότι το έντονο φως ενισχύει τη γνωστική απόδοση επηρεάζοντας την υποθαλαμική δραστηριότητα, υποδηλώνοντας μια άμεση σχέση μεταξύ της έκθεσης στο φως και της νοητικής ευκρίνειας (<https://neurosciencenews.com/cognition-bright-light-25973/?utm=>). Επιπλέον, μελέτες έχουν δείξει ότι οι συμπεριφορές έκθεσης στο φως προβλέπουν τη διάθεση, τη μνήμη και την ποιότητα του ύπνου, τονίζοντας τον κρίσιμο ρόλο του φωτός στη νευροφυσιολογική ρύθμιση (Siraji κ.ά., 2023).

Στη νευροεπιστήμη, η οπτογενετική έχει αναδειχθεί ως μια επαναστατική τεχνική που συνδυάζει την οπτική και τη γενετική για τον έλεγχο και την παρακολούθηση της δραστηριότητας μεμονωμένων νευρώνων σε ζωντανούς ιστούς. Οι εξελίξεις στην οπτογενετική έχουν επεκτείνει τις εφαρμογές της πέρα από τη βασική έρευνα, επιτρέποντας τη ρύθμιση των κυτταρικών δραστηριοτήτων για βιοϊατρικές θεραπείες όπως η φωτοϊατρική και η ανοσοθεραπεία (Chen et al., 2022).

Αυτές οι εξελίξεις υπογραμμίζουν τις θεραπευτικές δυνατότητες των παρεμβάσεων που βασίζονται στο φως στη θεραπεία διαταραχών του κεντρικού νευρικού συστήματος, προσφέροντας νέες δυνατότητες στη νευροθεραπεία (Neuroterapia). Γκενγκ κ.ά., 2023).

Επιπλέον, η παρέμβαση στο φως έχει αποδειχθεί ότι επηρεάζει σημαντικά την εγρήγορση και την πνευματική απόδοση, ιδιαίτερα στην αντιμετώπιση της γνωστικής κόπωσης κατά τη διάρκεια της μετά το μεσημεριανό βουτιάς, καταδεικνύοντας πώς η ελεγχόμενη έκθεση στο φως μπορεί να βελτιστοποιήσει την ανθρώπινη αποδοτικότητα (Ασκαρπουρ κ.ά.).

Αυτή η εκπαιδευτική ενότητα εισάγει τους φοιτητές στις διεπιστημονικές συνδέσεις μεταξύ νευροεπιστημών, φυσικής και βιοϊατρικών εφαρμογών, εστιάζοντας στον τρόπο με τον οποίο το φως επηρεάζει την εγκεφαλική δραστηριότητα και την γνωστική απόδοση. Οι φοιτητές θα χρησιμοποιήσουν την εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας Brainapse για να συμμετάσχουν σε διαδραστικές και οπτικά εμπλουτισμένες μαθησιακές εμπειρίες. Μέσω δυναμικών τρισδιάστατων μοντέλων εγκεφάλου και κινούμενων νευρωνικών οδών, θα εξερευνήσουν πώς οι νευρώνες αντιδρούν σε ερεθίσματα όπως το φως και πώς αυτές οι αντιδράσεις σχετίζονται με τις γνωστικές και αισθητηριακές λειτουργίες. Βυθίζοντας τους φοιτητές σε ρεαλιστικές απεικονίσεις δομών και διεργασιών του εγκεφάλου, το Brainapse υποστηρίζει μια βαθύτερη κατανόηση της νευρωνικής λειτουργίας και ενθαρρύνει την κριτική σκέψη σχετικά με τον ρόλο του φωτός στην έρευνα των νευροεπιστημών και στις θεραπευτικές τεχνολογίες που βασίζονται στο φως.

Διπλά Συστήματα Ανίχνευσης Φωτός: Φωτούποδοχείς και Νευρωνικές Οδοί



Στα ζώα, συμπεριλαμβανομένων των ανθρώπων, οι φωτοϋποδοχείς (κύτταρα αντίληψης φωτός) που ονομάζονται ραβδία και κώνοι βρίσκονται στον αμφιβληστροειδή, ένα στρώμα ιστού στο πίσω μέρος του ματιού που αντιδρά στο φως. Τα ραβδία και οι κώνοι αναλύουν τα οπτικά σήματα που μεταδίδονται μέσω ηλεκτρικών σημάτων στον εγκέφαλο, το οποίο ερμηνεύει αυτό που «βλέπεται». Ένας άλλος τύπος φωτοϋποδοχέων στον αμφιβληστροειδή, που ονομάζονται εγγενώς φωτοευαίσθητα γαγγλιακά κύτταρα του αμφιβληστροειδούς (ipRGCs), χρησιμοποιούν μακριές προεξοχές (άξονες) που σχηματίζουν το οπτικό νεύρο για να μεταφέρουν οπτικά σήματα από τα ραβδία και τους κώνους. Τα ipRGCs εκτελούν επίσης άλλες λειτουργίες, όπως η ρύθμιση των κιρκαδικών ρυθμών του σώματος που καθοδηγούνται από το φως και η διάκριση της αντίθεσης και του χρώματος. Είναι γνωστό ότι οι φωτοϋποδοχείς στα ζώα ανιχνεύουν το φως χρησιμοποιώντας μια οδό σηματοδότησης που ονομάζεται από την προέλευση του κυττάρου

(<https://www.hopkinsmedicine.org/news/newsroom/news-releases/2024/01/retinal-photoreceptors-use-dual-pathways-to-tell-brain-ive-seen-the-light>).

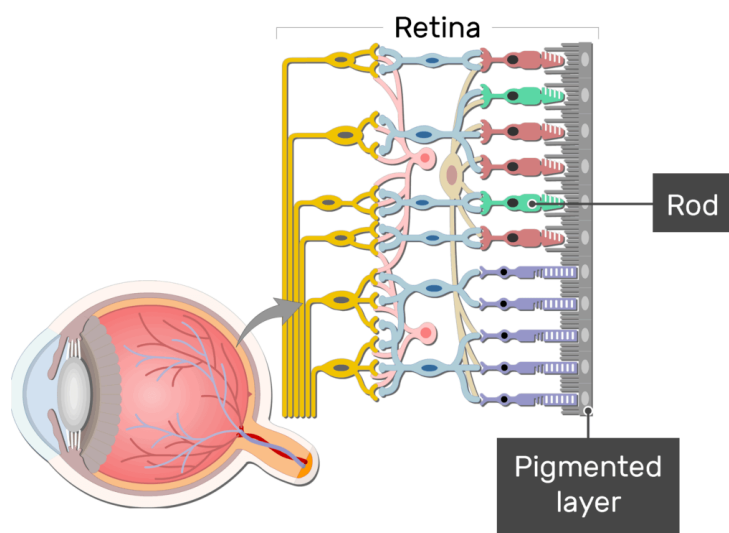


Figure 1. <https://www.getbodysmart.com/sensory-system/retina/>

Οι άνθρωποι περνούν ένα σημαντικό μέρος της ζωής τους σε εσωτερικούς χώρους, που εκτιμάται σε περίπου 80% έως 90% (Thach et al., 2020). Ως εκ τούτου, η επίδραση του εσωτερικού περιβάλλοντος στην άνεση των ενοίκων έχει γίνει κεντρικό θέμα στην έρευνα και την πρακτική (Lamb et al., 2016). Τα τελευταία χρόνια, έχει δοθεί αυξανόμενη προσοχή στον κρίσιμο ρόλο των θερμικών και φωτιστικών συνθηκών στη διαμόρφωση των γραφειακών περιβαλλόντων (Konstantzos et al., 2020). Αυτοί οι περιβαλλοντικοί παράγοντες έχουν αποδειχθεί ότι επηρεάζουν έντονα τα επίπεδα άγχους των εργαζομένων και την απόδοση των εργασιών, επηρεάζοντας τελικά τη συνολική ατομική και ομαδική ικανοποίηση (Witterseh et al., 2004). Μεταξύ αυτών, η συσχετισμένη θερμοκρασία χρώματος (CCT) και η θερμική αίσθηση είναι κρίσιμες, καθώς επηρεάζουν άμεσα την άνεση, το άγχος και την απόδοση σε εσωτερικούς χώρους.

Πώς το φως επηρεάζει τα βιολογικά συστήματα



Οι αλλαγές στις συνθήκες φωτισμού έχουν ευρείες επιπτώσεις σε ποικίλες φυσιολογικές και συμπεριφορικές λειτουργίες, συμπεριλαμβανομένου του κίρκαδιανού ρυθμού, της διάθεσης και της γνωστικής λειτουργίας (LeGates et al., 2014).

Η σταθερότητα του ηλιακού κύκλου χρησιμεύει ως κρίσιμο στοιχείο για τη ρύθμιση της συμπεριφοράς των θηλαστικών, κυρίως μέσω της σημαντικής επίδρασής της στη διάθεση και τη γνωστική λειτουργία. Αυτές οι επιρροές έχουν μελετηθεί εκτενώς σε εργαστηριακά ζώα (Bedrosian et al., 2011; LeGates et al., 2012) και σε ανθρώπους (Vandewalle et al., 2010). Οι διαταραχές στην έκθεση στο φως, είτε οφείλονται σε φυσικούς περιβαλλοντικούς παράγοντες είτε σε ανθρώπινες δραστηριότητες όπως η διέλευση από διαφορετικές χρονικές ζώνες και η εμφάνιση jet lag, καθώς και η εργασία σε βάρδιες, έχουν συσχετιστεί με καταθλιπτικά συμπτώματα και γνωστικές διαταραχές (Roh et al., 2016).

- Κίρκαδικός Ρυθμός

Η κίρκαδική υγεία είναι απαραίτητη για την ευθυγράμμιση των εσωτερικών βιολογικών ρολογιών του ανθρώπου με τους φυσικούς κύκλους φωτός-σκότους. Είναι ζωτικής σημασίας για τη συνολική ευεξία και επηρεάζει τον ύπνο, τη διάθεση και τον μεταβολισμό.

Αυτό το εσωτερικό ρολόι βρίσκεται σε μια μικροσκοπική συστάδα κυττάρων γνωστή ως υπερχιασματικός πυρήνας (SCN). Ο SCN βρίσκεται σε ένα μέρος του εγκεφάλου σας που ονομάζεται υποθάλαμος. Καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, τα γονίδια του εσωτερικού ρολογιού στον SCN στέλνουν σήματα για να ελέγχουν τη δραστηριότητα σε όλο σας το σώμα.

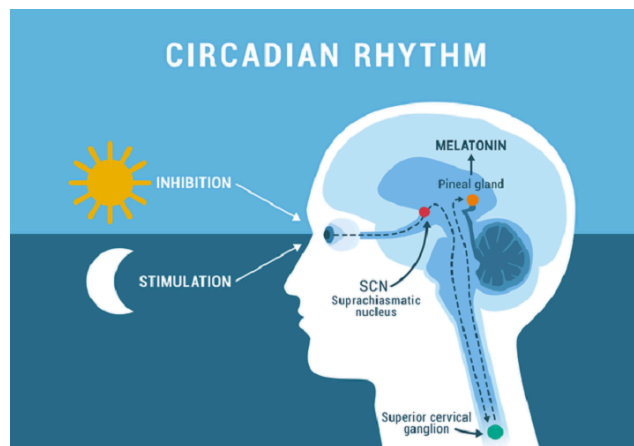


Figure 2. Circadian rhythm, source:

<https://www.okoa.org/articles/circadian-rhythm-see-what-is-it>

Οι κίρκαδιες συνθήκες φωτισμού που διαμορφώνονται από το διερχόμενο φως ημέρας παρουσιάζουν ευκαιρίες για βελτίωση τόσο της ενεργειακής απόδοσης όσο και της εσωτερικής υγείας. Αυτοί οι παράγοντες που επηρεάζουν το κίρκαδιο φως ημέρας μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τέσσερις διαστάσεις. Αυτές οι διαστάσεις είναι: α) η μεταβολή της πηγής φωτός ημέρας, η οποία βασίζεται στις ηλιακές και ουράνιες συνθήκες· β) οι οπτικές και μορφολογικές ιδιότητες των υαλοπινάκων που μεταβάλλουν αποτελεσματικά την κατανομή και



την ένταση της φασματικής ισχύος του διερχόμενου φωτός· γ) ο σχεδιασμός του εσωτερικού χώρου και τα φασματικά χαρακτηριστικά της επιφάνειας επηρεάζουν την κατανομή του διερχόμενου φωτός μέσα στον χώρο· και η τελευταία είναι δ) οι ανθρώπινοι παράγοντες που επηρεάζουν την ποσότητα έκθεσης στο κερκάδιο φως ημέρας μεταβάλλοντας την κατεύθυνση του ανθρώπινου βλέμματος και το ύψος του κερατοειδούς. Οι μηχανικοί και οι αρχιτέκτονες μπορούν να επικεντρωθούν στις διαστάσεις στο πλαίσιο αυτών των τεσσάρων παραγόντων. Οι ιδιότητες των παραθύρων και οι εσωτερικές χωρικές συνθήκες προάγουν ένα υγιές εσωτερικό περιβάλλον που επηρεάζεται από το κερκάδιο φως, καθώς οι διαστάσεις της πηγής φωτός ημέρας και οι ανθρώπινοι παράγοντες είναι απρόβλεπτοι και ανεξέλεγκτοι (Ardabili et al., 2025).

- Το αντανάκλαστικό της κόρης: Πώς αντιδρούν τα μάτια μας στο φως;

Η ικανότητα της κόρης μας να αλλάζει μέγεθος είναι μια ουσιαστική φυσιολογική απόκριση που προσαρμόζει την ποσότητα φωτός που χτυπά τον αμφιβληστροειδή για να βελτιστοποιήσει την όραση και να τον προστατεύσει. Οι κόρες συστέλλονται ως απόκριση στη φωτεινότητα, ενώ διαστέλλονται ως απόκριση σε σκοτεινές συνθήκες (γνωστή ως απόκριση ή αντανάκλαστικό της κόρης στο φως). Αντίθετα, αυτές οι αντιδράσεις σχετίζονται· θεωρείται ότι καθοδηγούνται από διαφορετικές νευρωνικές οδούς (Mathôt, 2018).

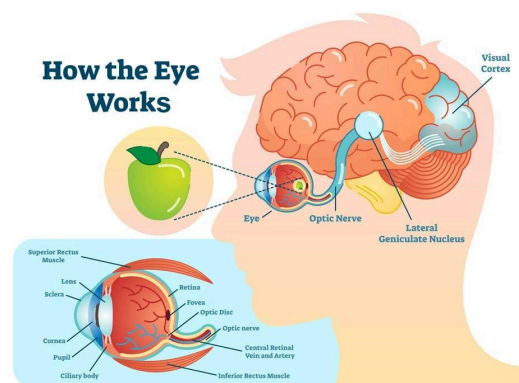


Figure 3. The Eye and the Brain, source: VectorMine/Shutterstock

- Ανθρώπινη αντίληψη και συμπεριφορά:

Η συσχετισμένη θερμοκρασία χρώματος (CCT) και η θερμική αίσθηση είναι ουσιώδεις παράγοντες που επηρεάζουν τα εσωτερικά περιβάλλοντα και επηρεάζουν σημαντικά την άνεση των ενοίκων, το στρες και την απόδοση της εργασίας. Επιδράσεις του φωτισμού στην απόδοση της εργασίας, το στρες και την θερμική αίσθηση στο εργασιακό περιβάλλον (Erkan et al., 2025). Η συσχετισμένη θερμοκρασία χρώματος (CCT) περιγράφει την εμφάνιση του φωτός από μια πηγή με βάση τον χρωματικό της τόνο. Συνήθως κατηγοριοποιείται με βάση τη ζεστασιά ή τη δροσιά: οι χαμηλότερες τιμές CCT αντιστοιχούν σε θερμότερο, κιτρινωπό φως, ενώ οι υψηλότερες τιμές υποδεικνύουν πιο εξαιρετικό, γαλαζωπό φως (Liu et al., 2022).



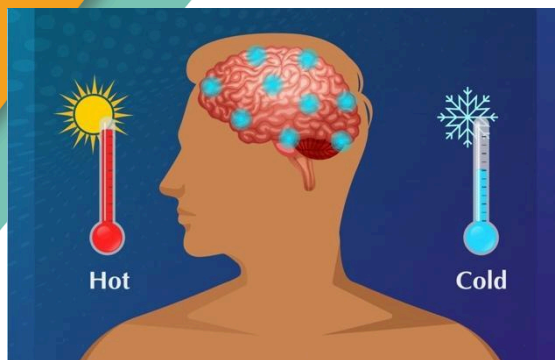


Figure 4. Brain and thermal sensation, source:
<https://www.waseda.jp/top/en/news/83173>

Η υποκειμενική αντίληψη των ατόμων για το θερμικό περιβάλλον είναι κρίσιμη για τον προσδιορισμό της άνεσης των ενοίκων και συνδέεται στενά με την εργασιακή απόδοση σε εσωτερικούς χώρους (Soto et al., 2022). Η λήψη υπόψη των προτιμήσεων των ατόμων όσον αφορά τη θερμική αίσθηση είναι ζωτικής σημασίας για την προώθηση της άνεσης και της παραγωγικότητας, ιδιαίτερα σε εργασιακά περιβάλλοντα. Έρευνες έχουν δείξει ότι όταν οι άνθρωποι προσαρμόζονται στις θερμικές τους συνθήκες, βιώνουν μεγαλύτερη άνεση, υψηλότερη ικανοποίηση από την εργασία τους και βελτιωμένη γνωστική απόδοση (Yeganeh et al., 2018).

Το στρες είναι η αντίδραση του σώματος στην αβεβαιότητα ή σε συγκεκριμένες απαιτήσεις. Συνήθως εκδηλώνεται με αντίδραση συναγερμού, αντίσταση και εξάντληση. Αυτά τα στάδια αντανakλούν τις φυσιολογικές προσπάθειες του σώματος να αντιμετωπίσει το στρες και χαρακτηρίζονται από την απελευθέρωση κορτιζόλης, τον αυξημένο καρδιακό ρυθμό και την έκκριση αδρεναλίνης. Εάν ο παράγοντας στρες παραμείνει άλυτος, το σώμα μπορεί να εισέλθει στο τελικό στάδιο εξάντλησης (Seley, 1956).

Στους χώρους εργασίας, το άγχος αναφέρεται στις φυσιολογικές και ψυχολογικές αντιδράσεις που βιώνουν τα άτομα όταν αντιλαμβάνονται απαιτήσεις ή πιέσεις που υπερβαίνουν την ικανότητά τους να αντεπεξέλθουν (Awada et al., 2023). Αυτό το άγχος μπορεί να εκδηλωθεί με διάφορα σωματικά συμπτώματα, όπως αυξημένο καρδιακό ρυθμό, υψηλή αρτηριακή πίεση, μυϊκή ένταση, ευερεθιστότητα, δυσκολία συγκέντρωσης και μειωμένη γνωστική απόδοση (Askaripoor et al., 2018). Τα υψηλά επίπεδα άγχους στον χώρο εργασίας μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά την ικανοποίηση από την εργασία, την παραγωγικότητα και την απόδοση. Το υπερβολικό άγχος μπορεί επίσης να οδηγήσει σε δυσμενείς επιπτώσεις όπως μειωμένο κίνητρο, μειωμένη λήψη αποφάσεων, χαμηλότερη δημιουργικότητα και αυξημένη απουσία από την εργασία (Altindag, 2020).

Το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (ΗΕΓ) και η Μεταβλητότητα του Καρδιακού Ρυθμού (ΜΚΡ) χρησιμοποιούνται συχνά για την αξιολόγηση του στρες (Di az et al., 2019). Το ΗΕΓ μετρά την ηλεκτρική δραστηριότητα του εγκεφάλου, προσφέροντας πληροφορίες για τις γνωστικές και συναισθηματικές διεργασίες που σχετίζονται με το στρες (Choi et al., 2015). Το ΜΚΡ, από την άλλη πλευρά, παρακολουθεί τα χρονικά διαστήματα μεταξύ των καρδιακών παλμών,



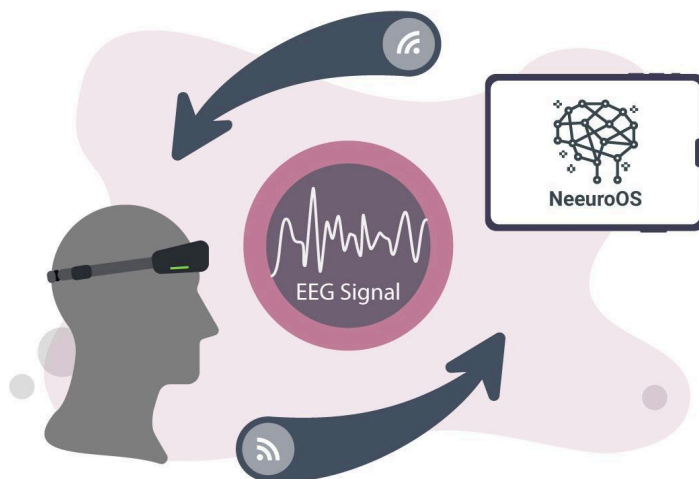
υποδεικνύοντας πώς το αυτόνομο νευρικό σύστημα ρυθμίζει το στρες (Kaklauskas et al., 2011). Χρησιμοποιώντας το ΗΕΓ και το ΜΚΡ ως αντικειμενικούς δείκτες, οι ερευνητές στη νευροαρχιτεκτονική στοχεύουν στην καλύτερη κατανόηση των φυσιολογικών αντιδράσεων σε μεταβαλλόμενες συνθήκες φωτισμού και θερμότητας σε εσωτερικά περιβάλλοντα (Li et al., 2023).

Δραστηριότητα ΗΕΓ:

Το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (ΗΕΓ) μετρά την ηλεκτρική δραστηριότητα του εγκεφάλου ανιχνεύοντας σήματα από ηλεκτρόδια που τοποθετούνται στο τριχωτό της κεφαλής (Terplan, 2002). Ανάλογα με τη συσκευή ΗΕΓ, χρησιμοποιούνται διάφορα συστήματα τοποθέτησης ηλεκτροδίων. Τα ακατέργαστα δεδομένα ΗΕΓ συνήθως συλλέγονται και στη συνέχεια υποβάλλονται σε επεξεργασία για την εξαγωγή συγκεκριμένων ζωνών συχνοτήτων που σχετίζονται με την ανίχνευση στρες, κυρίως των κυμάτων άλφα και θήτα.

Η επεξεργασία δεδομένων EEG περιλαμβάνει διάφορα βήματα. Αρχικά, το συνεχές σήμα EEG διαιρείται σε μικρότερα τμήματα ή εποχές, που συνήθως διαρκούν λίγα δευτερόλεπτα το καθένα, για απλοποίηση της ανάλυσης. Αυτές οι εποχές υποβάλλονται στη συνέχεια σε φασματική ανάλυση, η οποία υπολογίζει τη φασματική πυκνότητα ισχύος και επιτρέπει την εξαγωγή χαρακτηριστικών στο πεδίο συχνοτήτων (Yang et al., 2018). Η εστίαση γίνεται κυρίως στις ζώνες συχνοτήτων άλφα (8–13 Hz) και θήτα (4–7 Hz), οι οποίες είναι γνωστό ότι αντανakλούν την εγκεφαλική δραστηριότητα που σχετίζεται με το στρες.

Τα κύματα άλφα συνήθως σχετίζονται με καταστάσεις χαλάρωσης και παρατηρούνται συνήθως σε συνθήκες ηρεμίας ή παθητικότητας (Prent & Smit, 2020). Αντίθετα, τα κύματα θήτα



συνδέονται με το γνωστικό φορτίο, την προσοχή και τη συναισθηματική διέγερση, καθιστώντας τα ιδιαίτερα σημαντικά για την αξιολόγηση του στρες (Abdalhadi et al., 2024). Επομένως, η ισχύς εντός αυτών των ζωνών υπολογίζεται και αναλύεται για τον προσδιορισμό των επιπέδων στρες κατά τη διάρκεια πειραματικών συνεδριών.



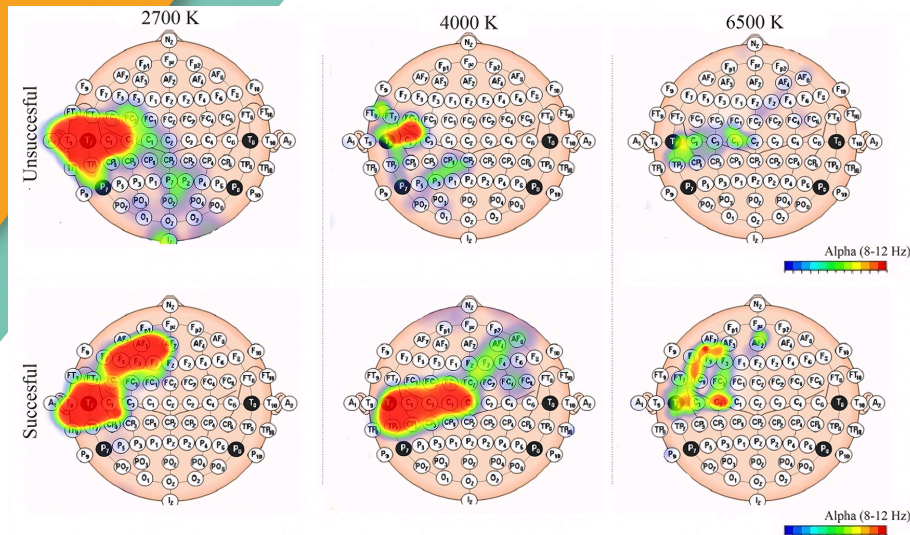


Figure 6. Brain maps change depending on the alpha power value of successful/unsuccessful participants at different CCT Levels, source: Erkan et al., 2025.

Οι ηλεκτροεγκεφαλογραφικές υπογραφές του εγκεφάλου που σχετίζονται με το στρες, όπως η μειωμένη ισχύς άλφα και η αυξημένη δραστηριότητα θήτα, αποτελούν άμεσους δείκτες του πώς η αντίληψη, το συναίσθημα και η γνωστική λειτουργία επηρεάζονται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες, αξιοσημείωτα από το φως (Yang et al., 2018; Abdalrhadi et al., 2024).

Η φωτοθεραπεία είναι μια στοχευμένη παρέμβαση που χρησιμοποιεί τεχνητό φως υψηλής έντασης, ευρέος φάσματος για την προσομοίωση του φυσικού φωτός ημέρας και την επαναφορά του εσωτερικού ρολογιού του σώματος. Συνήθως χορηγείται μέσω ενός φωτιστικού κουτιού 10.000 lux και είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική το πρωί για την επαναρύθμιση των κirkαδικών ρυθμών και τη βελτίωση της νευρωνικής ρύθμισης του στρες και της διάθεσης.

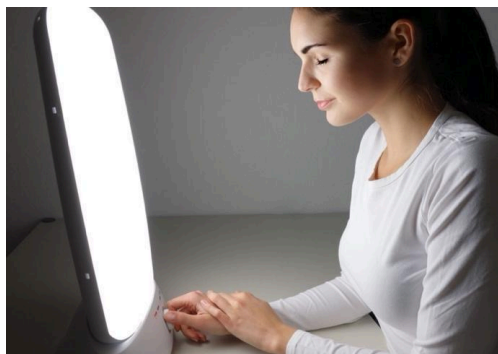


Figure 7. Light therapy, source:

<https://www.universiteitleiden.nl/en/research/research-projects/social-and-behavioural-sciences/psychology/bioclack-light-therapy-for-depression>





Οφέλη που συνδέονται με τη δραστηριότητα και τη συμπεριφορά του εγκεφάλου:

- Ενισχύει τα κύματα Άλφα (χαλάρωση): Η έκθεση σε έντονο φως αυξάνει την ισχύ άλφα στο ΗΕΓ, σηματοδοτώντας βελτιωμένη ηρεμία και γνωστική ετοιμότητα (Berger et al., 2022).
- Βελτιώνει τους κύκλους ύπνου-αφύπνισης: Μια μελέτη του Στάνφορντ διαπίστωσε ότι ο συνδυασμός της φωτοθεραπείας με τεχνικές συμπεριφοράς έδωσε στους εφήβους 43 λεπτά επιπλέον ύπνου ανά νύχτα, μειώνοντας το άγχος που σχετίζεται με τον ύπνο και βελτιώνοντας την καθημερινή λειτουργία (Ιατρική του Στάνφορντ, 2019).
- Μειώνει τα συμπτώματα κατάθλιψης: Η θεραπεία με έντονο φως ενισχύει την εγκεφαλική διέγερση και τη ρύθμιση της διάθεσης, κάτι που έχει συνδεθεί με αυξημένη προμετωπιαία δραστηριότητα, η οποία είναι το κλειδί για τη συναισθηματική ρύθμιση στους εφήβους (Berger et al., 2022).
- Επαναφέρει τους κύκλους κορτιζόλης και μελατονίνης: Η έκθεση σε έντονο φως νωρίς το πρωί καταστέλλει φυσικά τη μελατονίνη (την ορμόνη του ύπνου) και ενισχύει την κορτιζόλη (την ορμόνη της εγρήγορσης), βοηθώντας τον εγκέφαλο να αισθάνεται πιο ξύπνιος και συναισθηματικά ισορροπημένος κατά τη διάρκεια της ημέρας (Scheer & Buijs, 1999).
- Βελτίωση εφαρμογών EEG μέσω επαυξημένης πραγματικότητας (AR)

Η ενσωμάτωση του EEG με την Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR) παρέχει μια πολλά υποσχόμενη κατεύθυνση για την ανάπτυξη καθηλωτικών, ανταποκρινόμενων περιβαλλόντων που αντανakλούν νευροφυσιολογικές καταστάσεις σε πραγματικό χρόνο. Οι Viczko et al. (2021) διερεύνησαν αυτή τη συνέργεια συνδυάζοντας μια εμπειρία διαλογισμού AR με νευροανάδραση ασυμμετρίας μετωπιαίου γάμμα χρησιμοποιώντας μια κορδέλα Muse EEG. Οι συμμετέχοντες, όλοι βίωναν μέτριο άγχος ή κατάθλιψη, συμμετείχαν σε μια εμπειρία AR που σχεδιάστηκε για να προκαλέσει θετικές συναισθηματικές καταστάσεις. Χρησιμοποίησαν ρητά την εφαρμογή Healium για να απεικονίσουν πεταλούδες να αναδύονται από μια χρυσαλλίδα καθώς οι χρήστες ασχολούνταν με διαλογισμό αγάπης και καλοσύνης.

Η μελέτη αποκάλυψε ότι τόσο οι ομάδες που έλαβαν μόνο AR όσο και οι ομάδες που έλαβαν AR συν νευροανάδραση (AR+NF) παρουσίασαν σημαντικές βελτιώσεις στη διάθεση, συμπεριλαμβανομένης μειωμένης έντασης και αυξημένης ηρεμίας, αλλά η ομάδα AR+NF ανέφερε υψηλότερη εμπλοκή. Τα δεδομένα EEG έδειξαν αυξημένη δραστηριότητα άλφα και τάσεις στις αλλαγές στη δραστηριότητα γάμμα, ιδιαίτερα σε περιοχές του εγκεφάλου που συνδέονται με τη συναισθηματική ρύθμιση, όπως ο πρόσθιος φλοιός του προσαγωγίου και η νησίδα. Αυτά τα ευρήματα υποδηλώνουν ότι η ενισχυμένη με EEG AR μπορεί να χρησιμεύσει ως βρόχος ανατροφοδότησης σε πραγματικό χρόνο, προσαρμόζοντας το περιβάλλον με βάση τη δραστηριότητα των εγκεφαλικών κυμάτων για την εμβάθυνση των διαλογιστικών ή θεραπευτικών αποτελεσμάτων.

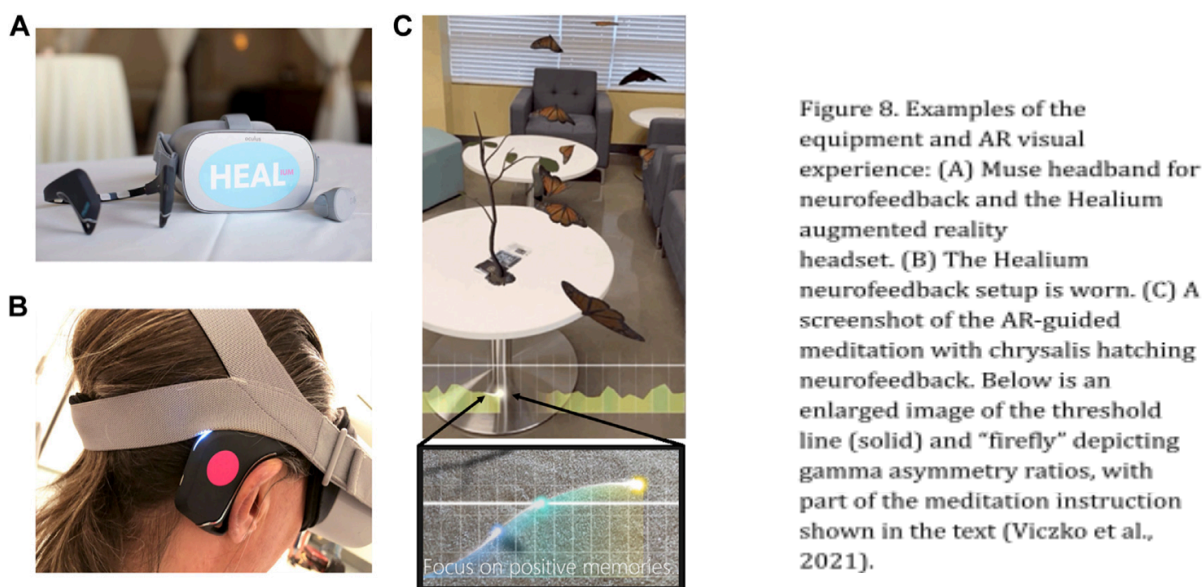
Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι η μελέτη καταδεικνύει πώς η AR μπορεί να βελτιώσει την έρευνα και τις παρεμβάσεις που βασίζονται στο EEG με:

- Οπτικοποίηση της νευροανάδρασης στο πλαίσιο, αυξάνοντας την εμπλοκή των χρηστών.



- Επιτρέποντας διαδραστικές εμπειρίες συναισθηματικής ρύθμισης, κυρίως μέσω μηχανισμών θετικής ανατροφοδότησης, όπως οι οπτικές ανταμοιβές (π.χ., εκκόλαψη πεταλούδων όταν επιτυγχάνονται τα όρια του ΗΕΓ).
- Υποστήριξη παρακολούθησης στρες σε πραγματικό χρόνο, με το EEG να λειτουργεί ως δυναμική βιομετρική διεπαφή που επηρεάζει το περιεχόμενο AR.

Έτσι, η ενσωμάτωση του EEG με την AR προσφέρει μια νέα εκπαιδευτική και θεραπευτική προσέγγιση και ενισχύει την επίγνωση των χρηστών σχετικά με τις εσωτερικές τους καταστάσεις. Είναι ένα ισχυρό εργαλείο για εφαρμογές στη διαχείριση του στρες, την συναισθηματική αυτορρύθμιση και την εκπαίδευση για την ψυχική υγεία.



Επαυξημένη Πραγματικότητα και Γνωστική Απόκριση:

Οι φυσιολογικές αντιδράσεις επηρεάζονται από την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος:

Κατά μέσο όρο, οι άνθρωποι περνούν περίπου το 90% του χρόνου τους σε κτίρια και καταναλώνουν τεράστια ποσότητα ενέργειας για να διατηρήσουν ένα άνετο εσωτερικό περιβάλλον.

Το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που καταναλώνεται στα κτίρια δαπανάται για τη διατήρηση της ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος (IEQ) και η υπερβολική μείωση της κατανάλωσης ενέργειας μπορεί να υποβαθμίσει την IEQ για μια άνετη ζωή (De Rosa et al., 2014). Επομένως, στη σύγχρονη κοινωνία, η ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας στα κτίρια με παράλληλη διατήρηση ικανοποιητικής IEQ δεν αποτελεί πλέον επιλογή αλλά απαραίτητη (Sujanona et al., 2019).



Εν τω μεταξύ, οι τεχνολογίες και οι μέθοδοι για την παρακολούθηση της κατανάλωσης ενέργειας συνεχίζουν να αναπτύσσονται. Τα συστήματα διαχείρισης ενέργειας συμβάλλουν στην αύξηση της ενεργειακής απόδοσης και αναμένεται να εμφανιστούν στο μέλλον πιο αποτελεσματικές διαδικασίες και καινοτόμες τεχνολογίες (Aliero et al., 2022). Προηγούμενες έρευνες δείχνουν ότι η κατανάλωση ενέργειας μπορεί να μειωθεί με την οπτικοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας χρησιμοποιώντας τεχνολογία επαυξημένης πραγματικότητας (AR) (Bekaro et al., 2018).

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα (ΕΠ) γίνεται ραγδαία ένα μετασχηματιστικό εργαλείο στην εκπαίδευση των φυσικών επιστημών, ειδικά για να καταστήσει πολύπλοκα βιολογικά συστήματα όπως ο εγκέφαλος πιο προσιτά σε μαθητές λυκείου. Μια ιδιαίτερα συναρπαστική εφαρμογή είναι η χρήση της ΕΠ για την προσομοίωση γνωστικών και νευρολογικών αντιδράσεων στο φως, όπως η διαστολή της κόρης, ο χρόνος αντίδρασης και η προσομοιωμένη νευρωνική δραστηριότητα. Αυτοί είναι βασικοί δείκτες για το πώς ο εγκέφαλος επεξεργάζεται τα ερεθίσματα του περιβάλλοντος φωτός και προσαρμόζει τη συμπεριφορά του ανάλογα.

Η έκθεση στο φως πυροδοτεί διάφορες φυσιολογικές και νευρολογικές αντιδράσεις στον εγκέφαλο. Για παράδειγμα, το φως που εισέρχεται στο μάτι ενεργοποιεί τους φωτούποδοχείς του αμφιβληστροειδούς, πυροδοτώντας μια καταρράκτη που φτάνει στις περιοχές του εγκεφάλου που είναι υπεύθυνες για την εγρήγορση και την κirkάδια ρύθμιση. Μια καλά τεκμηριωμένη αντίδραση είναι η αλλαγή στο μέγεθος της κόρης, η οποία αντανakλά τόσο τη φωτεινότητα όσο και τη γνωστική προσπάθεια. Όπως εξηγεί ο Mathôt (2018), η κορομετρία, η μέτρηση της διαμέτρου της κόρης, προσφέρει μια εικόνα για το γνωστικό φορτίο και την αισθητηριακή επεξεργασία, καθιστώντας την ένα πολύτιμο εργαλείο για τη μελέτη της λειτουργίας του εγκεφάλου υπό μεταβαλλόμενες συνθήκες φωτισμού.

Παρόλο που οι πλατφόρμες AR δεν μπορούν να καταγράψουν άμεσα την εγκεφαλική δραστηριότητα, μπορούν να προγραμματιστούν για να προσομοιώνουν νευρολογικά αποτελέσματα με βάση καθιερωμένα επιστημονικά δεδομένα. Έρευνα των Chang et al. (2012) έδειξε ότι ακόμη και σύντομες εκθέσεις σε έντονο φως μπορούν να ενισχύσουν σημαντικά τη γνωστική εγρήγορση και να μεταβάλουν την υποκειμενική υπνηλία, ευρήματα που μπορούν να ενσωματωθούν σε διαδραστικά περιβάλλοντα AR για τη μοντελοποίηση ρεαλιστικών γνωστικών αποτελεσμάτων.



Figure 9. AR tools, Source:

<https://delta2020.com/blog/142-how-augmented-and-virtual-reality-could-help-bring-the-classroom-to-life>





Στον ανθρωποκεντρικό σχεδιασμό, είναι σημαντικό να λαμβάνεται υπόψη ο τρόπος με τον οποίο το εσωτερικό περιβάλλον επηρεάζει τόσο τις φυσιολογικές όσο και τις γνωστικές αντιδράσεις. Στοιχεία όπως ο φωτισμός, η θερμική άνεση, η ποιότητα του αέρα και η ακουστική έχουν επηρεάσει σημαντικά την άνεση, την παραγωγικότητα και την ευημερία των ενοίκων (Al Horr et al., 2016; Frontczak & Wargocki, 2011). Αυτοί οι περιβαλλοντικοί παράγοντες διαμορφώνουν τον τρόπο με τον οποίο τα άτομα αισθάνονται σωματικά και επηρεάζουν τη γνωστική λειτουργία, την προσοχή και τις συναισθηματικές καταστάσεις. Για παράδειγμα, οι Mendell και Heath (2005) διαπίστωσαν ότι η ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος στα σχολεία επηρεάζει άμεσα την απόδοση και την υγεία των μαθητών, υπογραμμίζοντας την ανάγκη να δοθεί προτεραιότητα στην εμπειρία του χρήστη στον σχεδιασμό κτιρίων.

Πρόσφατα ευρήματα έδειξαν ότι η οπτικοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας μέσω της επαυξημένης πραγματικότητας (AR) δεν επηρεάζει σημαντικά την υποκειμενική ικανοποίηση από την Ποιότητα Εσωτερικού Περιβάλλοντος (IEQ), μειώνοντας παράλληλα την κατανάλωση ενέργειας σε εσωτερικούς χώρους. Ένα σύστημα επαυξημένης πραγματικότητας (AR) παρακολουθεί τις αντιδράσεις και τις συμπεριφορές των ενοίκων για να αλλάξει την κατανάλωση ενέργειας. Ωστόσο, είναι επίσης απαραίτητο να διερευνηθούν οι επιπτώσεις αυτών των μέτρων στην ικανοποίηση των ενοίκων, επειδή το IEQ επηρεάζει σημαντικά την ικανοποίηση, την υγεία και την παραγωγικότητα των ενοίκων (Mirzaei et al., 2020). Αυτές οι φυσιολογικές αντιδράσεις περιλαμβάνουν τη μεταβλητότητα του καρδιακού ρυθμού (HRV), το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (EEG), την ηλεκτροδερμική δραστηριότητα (EDA) και τη θερμοκρασία του δέρματος (SKT), οι οποίες χρησιμοποιούνται σε πολλές μελέτες που σχετίζονται με το IEQ για την ποσοτική αξιολόγηση της υποκειμενικής ικανοποίησης των ενοίκων (Sun et al., 2020).

Εξερευνώντας την Εγκεφαλική Δραστηριότητα μέσω της Επαυξημένης Πραγματικότητας

Η τεχνολογία έχει πλέον ενσωματωθεί στην εκπαίδευση και τα αποτελέσματα δείχνουν ότι επηρεάζει θετικά τις μεθόδους μάθησης και διδασκαλίας (Dübel et al. 2014). Η τεχνολογία AR/VR μπορεί να παρέχει προσομοιωμένες εμπειρίες που αντικαθιστούν προσωρινά ή μόνιμα ορισμένα στοιχεία της πρακτικής διδασκαλίας (Bakharria et al. 2016). Η AR παρέχει έναν αποτελεσματικό τρόπο αναπαράστασης ενός μοντέλου που χρειάζεται οπτικοποίηση, ώστε ένα μοντέλο εγκεφάλου να μπορεί να επωφεληθεί στο έπακρο από την AR.



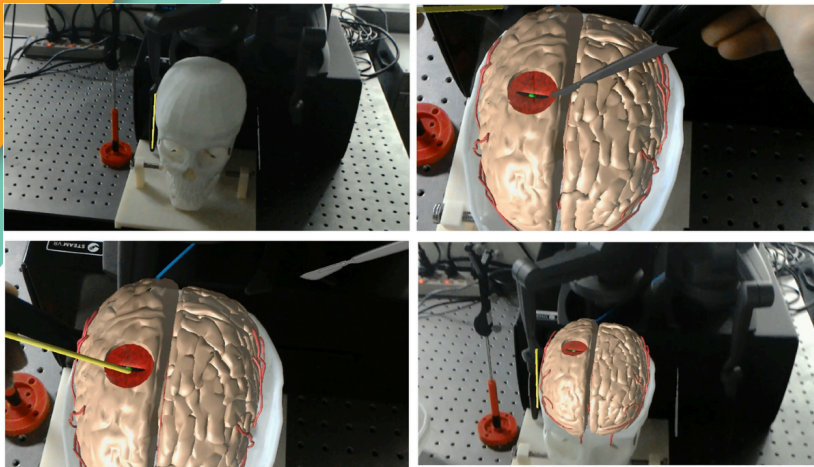


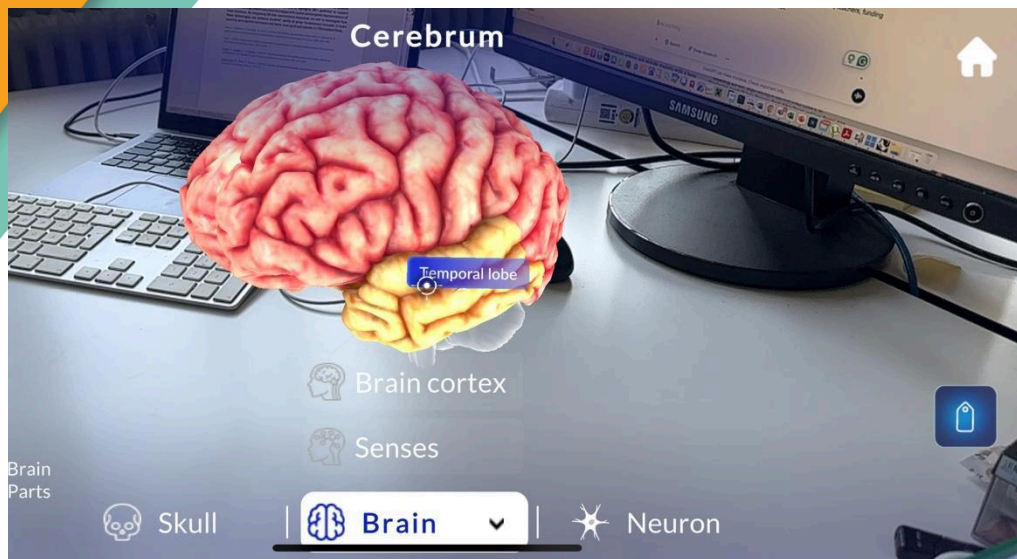
Figure 10. Augmented reality guidance for neurosurgery, source: Si et al., 2019.

Τα τελευταία χρόνια, η επαυξημένη πραγματικότητα (AR) έχει αναδειχθεί ως ένα μετασχηματιστικό εργαλείο στην εκπαίδευση και τη νευροεπιστήμη, προσφέροντας νέες δυνατότητες για την οπτικοποίηση και την αλληλεπίδραση με πολύπλοκα βιολογικά συστήματα. Μια πολλά υποσχόμενη εφαρμογή έγκειται στην εξερεύνηση της εγκεφαλικής δραστηριότητας, όπου η AR μπορεί να γεφυρώσει το χάσμα μεταξύ αφηρημένων νευρωνικών διεργασιών και απτών μαθησιακών εμπειριών. Η AR επιτρέπει την οπτικοποίηση σε πραγματικό χρόνο, σε χώρο, ανατομικών δομών και εγκεφαλικών λειτουργιών, ενισχύοντας την εμπλοκή και την κατανόηση των μαθητών (Bacca et al., 2014; Radu, 2014). Στο πλαίσιο της εκπαίδευσης στις νευροεπιστήμες, ειδικά μεταξύ των νεότερων μαθητών, εφαρμογές AR όπως *Εγκεφαλική άνοια* παρουσιάζουν μια καινοτόμο προσέγγιση στην κατανόηση των νευρωνικών μηχανισμών, επικαλύπτοντας ψηφιακά μοντέλα εγκεφάλου με κινούμενα σχέδια της εγκεφαλικής δραστηριότητας και των γνωστικών λειτουργιών.

Αυτό ευθυγραμμίζεται με τα ευρήματα των Kucuk et al. (2016), οι οποίοι ανέφεραν ότι τα μαθησιακά περιβάλλοντα που βασίζονται στην επαυξημένη πραγματικότητα βελτιώνουν σημαντικά την εννοιολογική κατανόηση και το κίνητρο των μαθητών σε θέματα φυσικών επιστημών. Επιπλέον, η έρευνα των Billinghamurst et al. (2015) υπογραμμίζει τη δυνατότητα της επαυξημένης πραγματικότητας να υποστηρίζει την ενσωματωμένη μάθηση, όπου οι χρήστες ασχολούνται ενεργά με χωρικές και χρονικές αναπαραστάσεις των εγκεφαλικών λειτουργιών. Ενσωματώνοντας την επαυξημένη πραγματικότητα στην εκπαίδευση στις νευροεπιστήμες, στοχεύουμε να διερευνήσουμε πώς αυτές οι τεχνολογίες μπορούν να ενισχύσουν την ικανότητα των μαθητών να κατανοούν θεμελιώδεις έννοιες στην ανατομία του εγκεφάλου και στις γνωστικές διαδικασίες και να καλλιεργήσουν ένα πιο βαθύ ενδιαφέρον για τομείς που σχετίζονται με τις θετικές επιστήμες, τη μηχανική, τη μηχανική και τις μαθηματικές επιστήμες (STEM).

Το Brainapse είναι μια διαδραστική εκπαιδευτική εφαρμογή που χρησιμοποιεί επαυξημένη πραγματικότητα (AR) για να ζωντανέψει τον ανθρώπινο εγκέφαλο. Συνδυάζοντας τρισδιάστατα ανατομικά μοντέλα με πραγματικά περιβάλλοντα, η εφαρμογή προσφέρει στους μαθητές έναν συναρπαστικό τρόπο να εξερευνήσουν τις δομές του εγκεφάλου, τις νευρωνικές οδούς και τις





γνωστικές λειτουργίες. Μετατρέπει αφηρημένες βιολογικές έννοιες σε απτές μαθησιακές εμπειρίες, καθιστώντας την ιδιαίτερα πολύτιμη για νεότερους μαθητές ή για όσους είναι νέοι στη νευροεπιστήμη. Με την οπτική της σαφήνεια και τον καθηλωτικό σχεδιασμό της, το Brainapse ανοίγει νέες ευκαιρίες για διαδραστική, βασισμένη στην περιέργεια μάθηση, τόσο εντός όσο και εκτός τάξης.

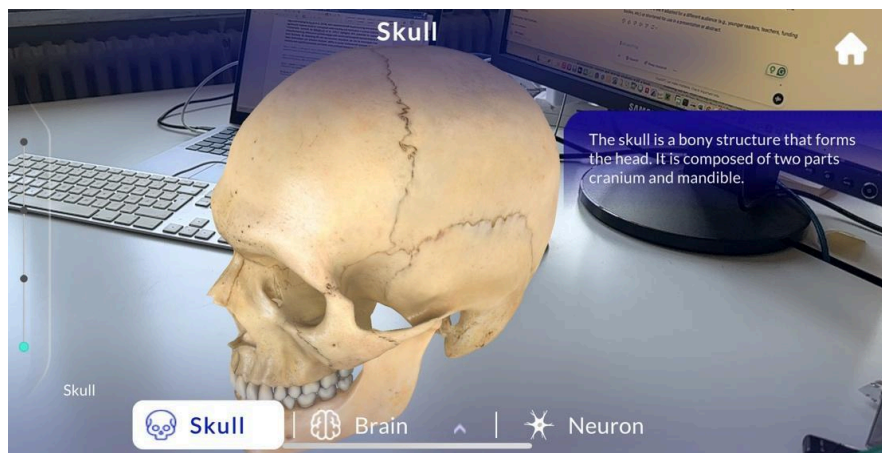
Η



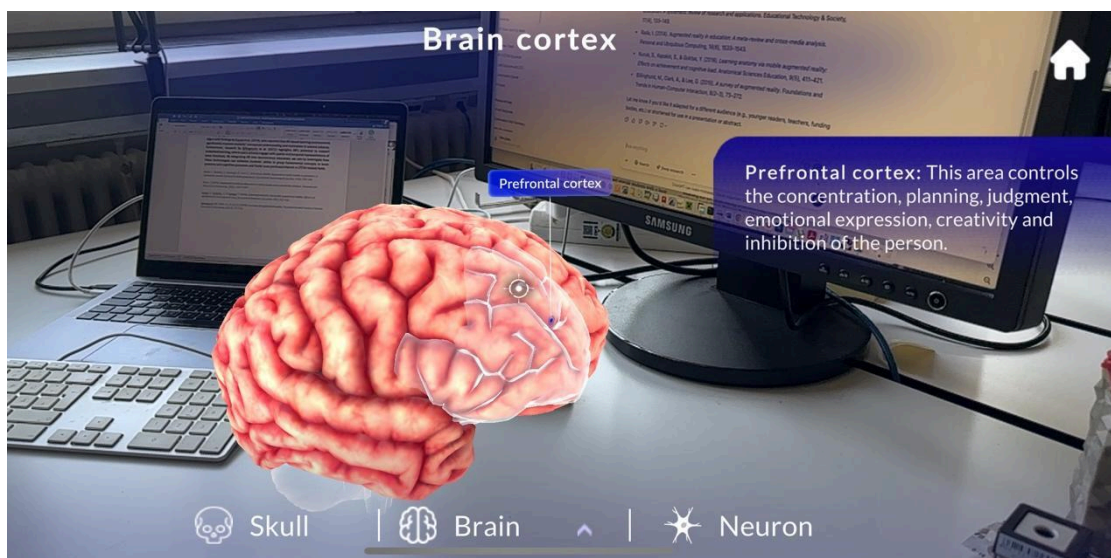
παρακάτω εικόνα δείχνει τη χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας για την απεικόνιση του ανθρώπινου κρανίου σε τρεις διαστάσεις. Μέσω του Brainapse, οι μαθητές μπορούν να εξερευνήσουν την ανατομική δομή του κρανίου, η οποία αποτελείται από το κρανίο και την κάτω γνάθο. Αυτή η διαδραστική απεικόνιση βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν τον προστατευτικό ρόλο του κρανίου και τη σημασία του στη στέγαση του εγκεφάλου, ενισχύοντας την αντίληψη του χώρου και τη διατήρηση της μνήμης μέσω της τεχνολογίας εμβύθισης.



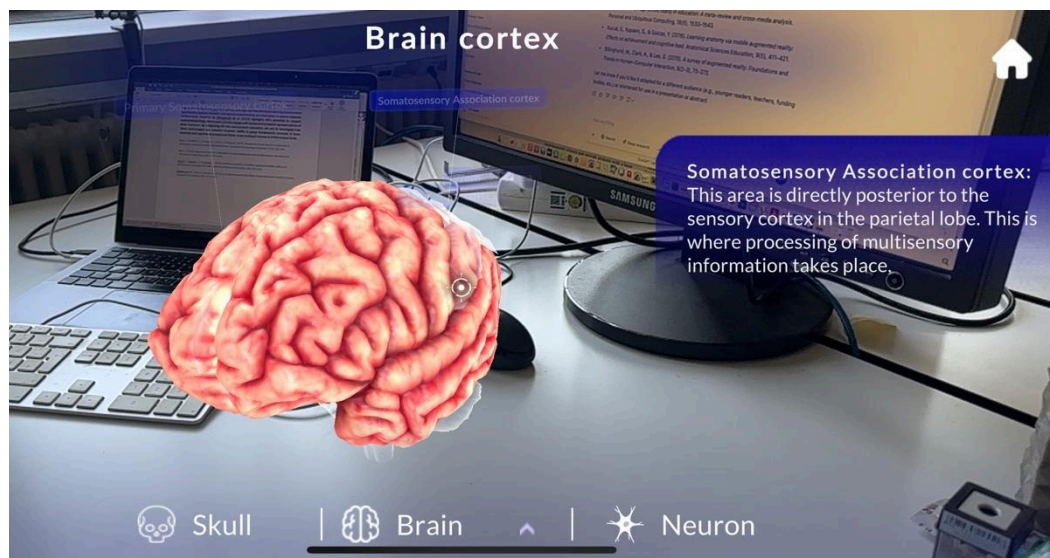
Αυτή η παρακάτω όψη δείχνει τον εγκέφαλο με επίκεντρο τον κροταφικό λοβό, μια περιοχή απαραίτητη για την επεξεργασία ακουστικών πληροφοριών και τον σχηματισμό μνήμης. Χρησιμοποιώντας την Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR), οι μαθητές μπορούν να αλληλεπιδράσουν άμεσα με τα επισημασμένα μέρη του εγκεφάλου, ενισχύοντας μια βαθύτερη κατανόηση της λειτουργικής νευροανατομίας. Τέτοια διαδραστικά στοιχεία έχουν βελτιώσει τη διατήρηση της γνώσης και το κίνητρο των μαθητών στην εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες (Kucuk et al., 2016).



Η εφαρμογή αναδεικνύει τον σωματοαισθητικό φλοιό συσχέτισης που βρίσκεται στον βρεγματικό λοβό. Αυτή η περιοχή ενσωματώνει και ερμηνεύει αισθητηριακές πληροφορίες από διάφορες μορφές. Η επαυξημένη πραγματικότητα καθιστά αυτήν την έννοια πιο συγκεκριμένη για τους μαθητές, παρουσιάζοντάς την σε ένα πραγματικό πλαίσιο, επιτρέποντας βιωματική μάθηση που υποστηρίζει την πολυαισθητηριακή εμπλοκή (Bacca et al., 2014).



Αυτή η οπτικοποίηση εστιάζει στον προμετωπιαίο φλοιό, γνωστό για τον ρόλο του στον σχεδιασμό, τη λήψη αποφάσεων, τη δημιουργικότητα και τη συναισθηματική ρύθμιση. Το Brainapse επιτρέπει στους μαθητές να συνδέουν τις γνωστικές λειτουργίες με τις ανατομικές τους θέσεις, δημιουργώντας μια ισχυρή μαθησιακή εμπειρία που συνδέει τη βιολογία με τη συμπεριφορά, υποστηριζόμενη από μελέτες στη μάθηση φυσικών επιστημών με ενίσχυση της επαυξημένης πραγματικότητας (AR) (Billinghurst et al., 2015).



Αυτή η
σκηνή
βυθίζει τους
μαθητές σε

μια μικροσκοπική εικόνα του νευρικού ιστού, απεικονίζοντας νευρώνες και νευρογλοιακά κύτταρα σε ένα δυναμικό, τρισδιάστατο περιβάλλον. Εισερχόμενοι εικονικά στο κυτταρικό τοπίο του εγκεφάλου, οι μαθητές εκτιμούν την πολυπλοκότητα της νευρωνικής επικοινωνίας και της οργάνωσης των ιστών, μια εμπειρία που είναι δύσκολο να αναπαραχθεί μόνο μέσω σχολικών βιβλίων (Radu, 2014).

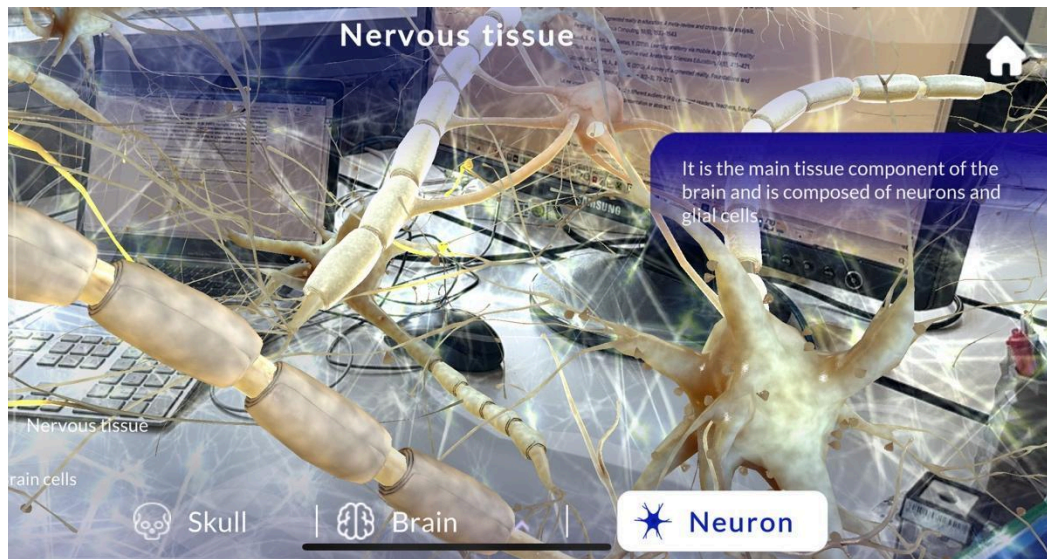
Η εφαρμογή Brainapse προσφέρει μια μοναδική ευκαιρία για την υποστήριξη των μαθησιακών στόχων αυτής της εκπαιδευτικής ενότητας, *Φως και Εγκέφαλος: Εξερευνώντας τους Νευρώνες και την Ευαισθησία στο Φως*, καθοδηγώντας οπτικά τους μαθητές μέσα από τη δομή, τις λειτουργίες και τα νευρωνικά στοιχεία του εγκεφάλου. Παρόλο που η εφαρμογή δεν προσομοιώνει άμεσα την ευαισθησία στο φως, παρέχει μια σαφή και διαδραστική απεικόνιση βασικών περιοχών του εγκεφάλου που εμπλέκονται στην αισθητηριακή επεξεργασία, όπως ο ινιακός λοβός (υπεύθυνος για την οπτική αντίληψη) και τα νευρωνικά δίκτυα (υπεύθυνα για τη μετάδοση σημάτων, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που σχετίζονται με φωτεινά ερεθίσματα).

Εξερευνώντας αυτά τα μέρη σε 3D, οι μαθητές μπορούν να κατανοήσουν καλύτερα πώς οι νευρώνες μεταδίδουν αισθητηριακές πληροφορίες, πώς επεξεργάζονται τα φωτεινά ερεθίσματα





και πώς ενεργοποιούνται διαφορετικές περιοχές του εγκεφάλου ως απόκριση. Αυτή η χωρική και εμπυθιστική μάθηση ευθυγραμμίζεται με στοιχεία που υποδηλώνουν ότι η AR ενισχύει την εννοιολογική κατανόηση και τη μνήμη (Bacca et al., 2014; Radu, 2014). Επιπλέον, η λεπτομερής παρατήρηση των νευρώνων και του νευρικού ιστού ενθαρρύνει μια βαθύτερη εκτίμηση για το πώς ο εγκέφαλος ανιχνεύει, επεξεργάζεται και αντιδρά σε εξωτερικά ερεθίσματα όπως το φως, υποστηρίζοντας την ανάπτυξη τόσο της επιστημονικής γνώσης όσο και της περιέργειας.





Φάση	Περιγραφή
Εξερευνώ	- Διερευνήστε πώς το φως επηρεάζει τον εγκέφαλο, συμπεριλαμβανομένων των οπτικών/μη οπτικών οδών, των κίρκαδικών ρυθμών και των αντιδράσεων στο στρες.
	- Ανάπτυξη Περιεχομένου: Ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού που ενσωματώνει τη νευροεπιστήμη, τη γνωστική επιστήμη και τις τεχνολογίες που βασίζονται στο φως.
	- Ανάλυση Αναγκών: Αξιολόγηση των προηγούμενων γνώσεων των μαθητών σχετικά με τη βιολογία, το φως και τη λειτουργία του εγκεφάλου για την προσαρμογή της διδασκαλίας.
Εκτελώ	- Εφαρμογή Προγράμματος Σπουδών: Παράδοση μαθημάτων σχετικά με την αλληλεπίδραση νευρώνων-φωτός, τη φωτοθεραπεία και τις σχέσεις ΗΕΓ-εγκεφαλικών κυμάτων χρησιμοποιώντας εργαλεία AR.
	- Διαδραστικές Ασκήσεις: Χρησιμοποιήστε εφαρμογές AR (π.χ., Brainapse, Merge Cube) για να εξερευνήσετε νευρωνικές οδούς, κίρκαδικούς κύκλους και γνωστικές λειτουργίες που σχετίζονται με το φως.
	- Συλλογή σχολίων: Συλλογή σκέψεων, δεδομένων απόδοσης και αποτελεσμάτων συζητήσεων μεταξύ συνομηλίκων σχετικά με την επίδραση του φωτός στη λειτουργία του εγκεφάλου και τα συναισθήματα.
Επαυξάνω	- Ενσωμάτωση AR: Χρησιμοποιήστε προσομοιώσεις AR για να απεικονίσετε νευρώνες, φωτοευαίσθητες περιοχές του εγκεφάλου και αλλαγές κυμάτων EEG υπό διαφορετικό φωτισμό.
	- Διαδραστική Μάθηση: Δώστε στους μαθητές τη δυνατότητα να προσαρμόζουν τα επίπεδα φωτός και να παρατηρούν τις επιδράσεις σε μοντέλα εγκεφάλου (π.χ. αντανάκλαστικό κόρης, κίρκαδικός ρυθμός).
	Παιχνιδοποιημένο Περιεχόμενο:
	- Πόντοι και Εμβλήματα: Ανταμοιβή για τη σωστή αναγνώριση των εγκεφαλικών δομών ή τα αποτελέσματα της προσομοίωσης.
	- Πίνακες κατάταξης: Κατατάξτε τους μαθητές με βάση την ακρίβεια στην ολοκλήρωση σεναρίων αντίδρασης φωτεινών νευρώνων.
	- Αποστολές και Επίπεδα: Ξεκλειδώστε προχωρημένα θέματα όπως η οπτογενετική και η φωτοθεραπεία καθώς οι μαθητές προχωρούν.
	- Ανταμοιβές για Εξερεύνηση: Ενσωματώστε επιπλέον περιεχόμενο AR (π.χ. κρυμμένα γεγονότα ή απεικονίσεις EEG).
	- Συνεργατικές Παιχνιδοποιημένες Εργασίες: Ομάδες αναλύουν δεδομένα στρες ή κίρκαδική ευθυγράμμιση σε σενάρια εικονικού φωτισμού.
	Αξιολογήσεις που βασίζονται σε AR:
	- Οι μαθητές επιδεικνύουν κατανόηση αλληλεπιδρώντας με εικονικές προσομοιώσεις εγκεφάλου και ολοκληρώνοντας ανάλυση της επίδρασης του φωτός στη νευρωνική λειτουργία.





Πόροι:

Abdalhadi A, Koundal N, Yusoff MZ, et al. Μελέτη των επιπτώσεων του οξέος στρες στη λήψη αποφάσεων χρησιμοποιώντας ηλεκτροεγκεφαλογραφία και λειτουργική φασματοσκοπία εγγύς υπέρυθρου: μια συστηματική ανασκόπηση. IEEE Πρόσβαση 2024; 12: 53454–53474.

Al Horr, Y., Arif, M., Kaushik, A., Mazroei, A., Katafygiotou, M., & Elsarrag, E. (2016). Παραγωγικότητα ενοίκων και ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος γραφείου: Ανασκόπηση της βιβλιογραφίας. Building and Environment, 105, 369–389. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.06.001>

Aliero. M. S, Asif. M, Ghani. I, Pasha. M. F, Jeong. S. R, Συστηματική Ανάλυση Ανασκόπησης για τα Έξυπνα Κτίρια: Προκλήσεις και Ευκαιρίες, Sustain. (2022), <https://doi.org/10.3390/su14053009>.

Altindag O. Σχέση μεταξύ διαχείρισης του στρες και εργασιακής απόδοσης σε οργανισμούς. Διεθνές Περιοδικό Έρευνας στις Επιχειρήσεις και τις Κοινωνικές Επιστήμες 2020; 9: 43–49.

Awada M, Becerik-Gerber B, Liu R, et al. Δέκα ερωτήματα σχετικά με τον αντίκτυπο του περιβάλλοντος άγχος στους υπαλλήλους γραφείου. Κτίριο και Περιβάλλον 2023; 229: 109964.

Askaripoor T, Motamedzadeh M, Golmohammadi R, et al. Επιδράσεις του φωτός που δεν σχηματίζουν εικόνα στα εγκεφαλικά κύματα, την αυτόνομη νευρική δραστηριότητα, την κόπωση και την απόδοση. Journal of Circadian Rhythms 2018; 16: 9.

Askaripoor.T, Motamedzade.M, Golmohammadi.R, Farhadian.M, Babamiri.M, Samavati.M, 2019, Επιδράσεις της παρέμβασης με φως στην εγρήγορση και την πνευματική απόδοση κατά τη διάρκεια της βουτιάς μετά το μεσημεριανό γεύμα: μια μελέτη πολλαπλών μετρήσεων, Industrial Health, 57, 511–524.

Ardabili. G. N, Digert. N, Urich.S, Wang.J, 2025, Χαρακτηρισμός της απόδοσης των αρχιτεκτονικών υαλοπινάκων για το κερκάρδιο φως, Energy & Buildings 328, 115144.





Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Graf, S., & Kinshuk. (2014). Τάσεις επαυξημένης πραγματικότητας στην εκπαίδευση: Μια συστηματική ανασκόπηση της έρευνας και των εφαρμογών. Εκπαιδευτική Τεχνολογία & Κοινωνία, 17(4), 133–149.

Bakharia.A, Bruza.P, Watters. J, Narayan.B, και Sitbon. L. 2016. Διαδραστική Θεματική Μοντελοποίηση για την Υποβοήθηση της Ποιοτικής Ανάλυσης Περιεχομένου (CHIIR'16). Association for Computing Machinery, Νέα Υόρκη, Νέα Υόρκη, ΗΠΑ, 213–222.<https://doi.org/10.1145/2854946.2854960>

Bekaroo. G, Sungkur. R, Ramsamy. P, Okolo. A, Moedeen. W, ενίσχυση της ευαισθητοποίησης σχετικά με την πράσινη κατανάλωση ηλεκτρονικών συσκευών: Η εφαρμογή της Επαυξημένης Πραγματικότητας, Αξιολογήσεις Βιώσιμης Ενεργειακής Τεχνολογίας. (2018),<https://doi.org/10.1016/j.seta.2018.10.016>.

Bedrosian, T.A., Fonken, L.K., Walton, J.C., Haim, A., και Nelson, R.J. (2011). Το αμυδρό φως τη νύχτα προκαλεί συμπεριφορές που μοιάζουν με κατάθλιψη και μειώνει την πυκνότητα της δενδριτικής σπονδυλικής στήλης CA1 σε θηλυκά χάμστερ. Psychoneuroendocrinology 36, 1062–1069.

Berger C, Dück A, Gest S, Jonas L, Kölch M, Martin F, Reis O, Schroth J, Legenbauer T και Holtmann M (2022) Πιθανές επιδράσεις της θεραπείας με έντονο φως στην ηλεκτροεγκεφαλογράφημα-επαγρύπνηση στη θεραπεία της κατάθλιψης σε εφήβους: Μια πιλοτική μελέτη. Front. Psychiatry 13:820090. Doi: 10.3389/fpsyt.2022.820090

Billinghurst, M., Clark, A., & Lee, G. (2015). Μια επισκόπηση της επαυξημένης πραγματικότητας. Foundations and Trends in Human-Computer Interaction, 8(2–3), 73–272.

Chen.B, Cui.M, Wang.Y, Shi.P, Wang.H, Wang., 2022, Πρόσφατες εξελίξεις στην κυτταρική οπτογενετική για τη φωτοϊατρική, PMID: 35843507,DOI:10.1016/j.addr.2022.114457

Choi Y, Kim M, Chun C. Μέτρηση του στρες των ενοίκων με βάση ηλεκτροεγκεφαλογράμματα (HEΓ) σε δώδεκα συνδυασμένα περιβάλλοντα. Building and Environment 2015; 88: 65–72.

Chang, A.-M., Santhi, N., St Hilaire, M., Gronfier, C., Bradstreet, D. S., Duffy, J. F., & Czeisler, C. A. (2012). Ανθρώπινες αντιδράσεις στο έντονο φως διαφορετικής διάρκειας. Journal of Physiology, 590(13), 3103–3112.

De Rosa. M, Bianco. V, Scarpa. F, Tagliafico. L. A, Αξιολόγηση της ενεργειακής ζήτησης κτιρίων για θέρμανση και ψύξη: Ένα απλοποιημένο μοντέλο και μια τροποποιημένη προσέγγιση βαθμομερών, Appl. Energy. (2014),<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.04.067>.

Di´az M. H, Cid FM, Ota´rola J, Rojas R, Alarco´n O, Canˆete L. EEG Αξιολόγηση του τομέα συχνότητας βήτα της ζώνης για την αξιολόγηση του στρες και του άγχους σε συνθήκες ηρεμίας, κλειστών ματιών, βασικές συνθήκες. Procedia Computer Science 2019; 162: 974–981.





Dübel.S, Röhlig.M, Schumann.H, και Trapp.M. 2014. Δισδιάστατη και τρισδιάστατη παρουσίαση χωρικών δεδομένων: Μια συστηματική ανασκόπηση. Διεθνές εργαστήριο IEEE VIS για το 3DVis. <https://doi.org/10.13140/2.1.1281.7602>

Erkan.I, Simsek.S, Ancı.AB, Akyol.G, 2025, Επιδράσεις του φωτισμού στην απόδοση της εργασίας, το στρες και την αίσθηση θερμότητας σε εργασιακά περιβάλλοντα

Frontczak, M., & Wargocki, P. (2011). Επισκόπηση της βιβλιογραφίας σχετικά με το πώς διαφορετικοί παράγοντες επηρεάζουν την ανθρώπινη άνεση σε εσωτερικούς χώρους. Κτίρια και Περιβάλλον, 46(4), 922–937. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.10.021>

Geng.Y, Li.Z, Du.C., Yuan.F, Cai.X, Alleyer.A, Yang.J, Cong.Z, και Ma.C, 2023, Πρόοδοι στις Εφαρμογές Οπτογενετικής για Τραυματισμούς του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος, J.Περιοδικό Νευροτραύματος 40:1297–1316, Mary Ann Liebert, Inc, DOI: 10.1089/neu.2022.0290

Huang.X, Tao.Q, και Ren.C, 2024, Μια ολοκληρωμένη επισκόπηση των νευρωνικών μηχανισμών της φωτοθεραπείας, Neurosci. Bull. Μάρτιος, 2024, 40(3):350–362, <https://doi.org/10.1007/s12264-023-01089-8>

Kaklauskas A, Zavadskas EK, Seniut M, et al. Διαδικτυακό σύστημα συμβουλευτικής για βιομετρικό ποντίκι υπολογιστή για την ανάλυση των συναισθημάτων και της παραγωγικότητας της εργασίας ενός χρήστη. Engineering Applications of Artificial Intelligence 2011; 24: 928–945.

Κωνσταντζος Ι, Σάντεγκι ΣΑ, Κιμ Μ, κ.ά. Η επίδραση του περιβάλλοντος φωτισμού στην απόδοση των εργασιών στα κτίρια: μια ανασκόπηση. Ενέργεια και Κτίρια 2020; 226: 110394.

Kucuk, S., Karakin, S., & Goktas, Y. (2016). Μάθηση ανατομίας μέσω επαυξημένης πραγματικότητας για κινητά: Επιδράσεις στην επίτευξη και το γνωστικό φορτίο. Anatomical Sciences Education, 9(5), 411–421.

Lamb S, Kwok KCS. Διαχρονική διερεύνηση των παραγόντων στρες του εργασιακού περιβάλλοντος στην απόδοση και την ευημερία των εργαζομένων γραφείου. Applied Ergonomics 2016; 52: 104–111.

LeGates, T.A., Altimus, C.M., Wang, H., Lee, H.-K., Yang, S., Zhao, H., Kirkwood, A., Weber, E.T., και Hattar, S. (2012). Το ανώμαλο φως επηρεάζει άμεσα τη διάθεση και τη μάθηση μέσω νευρώνων που εκφράζουν μελανοψίνη. Nature 491, 594–598.

LeGates TA, Fernandez DC, Hattar S. Το φως ως κεντρικός ρυθμιστής των κιρκαδικών ρυθμών, του ύπνου και του συναισθήματος. Nat Rev Neurosci 2014, 15: 443–454.





Liu C, Sun L, Jing X, et al. Πώς η συσχετισμένη θερμοκρασία χρώματος (CCT) επηρεάζει τους προπτυχιακούς φοιτητές: μια ψυχολογική και φυσιολογική αξιολόγηση. *Journal of Building Engineering* 2022; 45: 103573.

Li S, Zhang X, Li Y, et al. Μια ολοκληρωμένη ανασκόπηση της αξιολόγησης των επιπτώσεων του θερμικού περιβάλλοντος εσωτερικών χώρων στην εργασιακή και γνωστική απόδοση – συνδυασμένες φυσιολογικές μετρήσεις και μηχανική μάθηση. *Journal of Building Engineering* 2023; 71: 106417.

Mathôt, S. (2018). Κορομετρία: Ψυχολογία, Φυσιολογία και Λειτουργία. *Journal of Cognition*, 1(1).<https://doi.org/10.5334/joc.18>

Mendell, M. J., & Heath, G. A. (2005). Επηρεάζουν τα εσωτερικά περιβάλλοντα στα σχολεία την επίδοση των μαθητών; Μια ανασκόπηση της βιβλιογραφίας. *Indoor Air*, 15(1), 27–52. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2004.00320.x>

Mirzaei. N, Kamelnia. H, Islami. S.G, Kamyabi.S, Assadi.S.N, Ο αντίκτυπος της ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος των πράσινων κτιρίων στην υγεία και την ικανοποίηση των ενοίκων: μια συστηματική ανασκόπηση, *J. Community Heal. Res.* (2020), <https://doi.org/10.18502/jchr.v9i1.2574>.

Prent N, Smit DJA. Η δυναμική των ταλαντώσεων άλφα σε κατάσταση ηρεμίας προβλέπει ατομικές διαφορές στη δημιουργικότητα. *Neuropsychologia* 2020; 142: 107456.

Radu, I. (2014). Επαυξημένη πραγματικότητα στην εκπαίδευση: Μια μετα-ανασκόπηση και δια-πολυμεσική ανάλυση. *Προσωπική και Πανταχού Παρούσα Υπολογιστική*, 18(6), 1533–1543.

Roh, S.-C., Park, E.-J., Shim, M., και Lee, S.-H. (2016). Η βήτα και η χαμηλή ισχύς γάμμα στο ΗΕΓ συσχετίζονται με την έλλειψη προσοχής σε ασθενείς με μείζονα καταθλιπτική διαταραχή. *J. Affect. Disord.* 204, 124–130.

Scheer FA, Buijs RM. Το φως επηρεάζει την πρωινή σιελογόνο κορτιζόλη στους ανθρώπους. *J Clin Endocrinol Metab.* Σεπτέμβριος 1999;84(9):3395-8. doi: 10.1210/jcem.84.9.6102. PMID: 10487717.

Selye H. Το άγχος της ζωής. Νέα Υόρκη, Νέα Υόρκη: McGraw-Hill Book Company, 1956.

Soto Mun˜oz J, Trebilcock Kelly M, Flores-Ale’s V, κ.ά. Αναγνωρίζοντας την επίδραση του θερμικού περιβάλλοντος στην αυτοαντιληπτή παραγωγικότητα στα γραφεία: μια προοπτική μοντελοποίησης δομικών εξισώσεων. *Building and Environment* 2022; 210: 108696.





Šujanová, P., Rychtariková, M., Mayor, T.S., Hyder, A., Ένα υγιές, ενεργειακά αποδοτικό και άνετο εσωτερικό περιβάλλον, μια ανασκόπηση, *Energies* (2019), <https://doi.org/10.3390/en12081414>.

Sun, X., Wu, H., Wu, Y., Διερεύνηση των σχέσεων μεταξύ θερμοκρασίας, έντασης φωτισμού και ηχητικής στάθμης, τυπικών φυσιολογικών παραμέτρων και ανθρώπινων αντιλήψεων, *Build. Environ.* (2020), <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107193>.

Si, W.X., Liao, X.Y., Qian, Y. L., Sun, H.T., Chen, X. D., Wang, Q., Heng, A. A. (2019). Αξιολόγηση της απόδοσης της νευροχειρουργικής εκπαίδευσης που βασίζεται στην επαυξημένη πραγματικότητα, Οπτική Υπολογιστική για τη Βιομηχανία, τη Βιοϊατρική και την Τέχνη, <https://doi.org/10.1186/s42492-019-0015-8>

Teplan M. Βασικές αρχές της μέτρησης EEG. *Measurement Science Review* 2002; 2: 1–11.

Thach T-Q, Mahirah D, Sauter C, et al. Συσχετίσεις της αντιληπτής ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος με το άγχος στον χώρο εργασίας. *Indoor Air* 2020; 30: 1166–1177.

Vandewalle, G., Schwartz, S., Grandjean, D., Vuillaume, C., Balteau, E., Degueldre, C., Schabus, M., Phillips, C., Luxen, A., Dijk, D.J., και Maquet, P. (2010). Η φασματική ποιότητα του φωτός τροποποιεί τις συναισθηματικές αντιδράσεις του εγκεφάλου στους ανθρώπους. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 107, 19549–19554.

Viczko J, Tarrant J και Jackson R (2021) Επιδράσεις στη διάθεση και τις καταστάσεις EEG μετά από διαλογισμό σε επαυξημένη πραγματικότητα με και χωρίς επικουρική νευροανάδραση. *Front. Virtual Real.* 2:618381. doi: 10.3389/frvir.2021.618381

Witterseh T, Wyon DP, Clausen G. Οι επιδράσεις της μέτριας θερμικής καταπόνησης και της απόσπασης της προσοχής από τον θόρυβο σε ανοιχτό χώρο γραφείου στα συμπτώματα του SBS και στην απόδοση της εργασίας γραφείου. *Indoor Air* 2004; 14: 30–40.

Yang B, Duan K, Fan C, et al. Αυτόματη αφαίρεση οφθαλμικών τεχνουργημάτων στο ΗΕΓ χρησιμοποιώντας βαθιά μάθηση. *Biomedical Signal Processing and Control* 2018; 43: 148–158.

Yeganeh AJ, Reichard G, McCoy AP, et al. Συσχέτιση της θερμοκρασίας του αέρα περιβάλλοντος και της γνωστικής απόδοσης: μια συστηματική ανασκόπηση και μετα-ανάλυση. *Building and Environment* 2018; 143:701–716.

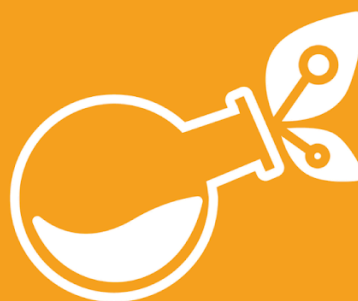
https://med.stanford.edu/news/all-news/2019/09/teens-sleep-43-more-minutes-per-night-after-combo-of-two-treatments.html?utm_source=chatgpt.com







Co-funded by
the European Union



BIOS4YOU AR 2.0

BIO-INSPIRED STEM TOPICS FOR ENGAGING YOUNG GENERATIONS
THANKS TO THE USE OF AUGMENTED REALITY



Project Number: KA220-BW-23-30-126516

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.