



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΚΡΗΤΗΣ

Σχολή Μηχανικών
Παραγωγής και Διοίκησης

**ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΕΙΦΟΡΙΑΣ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ
ΓΑΛΑΚΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ**

Διπλωματική Εργασία
ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ ΛΟΓΙΑΔΗΣ
ΑΜ: 2019010105

Τριμελής Επιτροπή : Δρ. Βασίλειος Κουϊκόγλου
Δρ. Δημήτριος Ιψάκης
Δρ. Ευστράτιος Ιωαννίδης

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μέτρηση της αειφορίας (βιωσιμότητας) ελληνικών, κυρίως, γαλακτοβιομηχανιών με βάση κοινωνικοοικονομικά και περιβαλλοντικά κριτήρια. Παρουσιάζεται μία ιεραρχική διαίρεση της εταιρικής αειφορίας σε δύο κύριες διαστάσεις, την ανθρώπινη και την οικολογική, οι οποίες επίσης αποτελούνται από επί μέρους συνιστώσες. Η ανθρώπινη διάσταση έχει τρεις συνιστώσες: κοινωνικές συνθήκες, υγεία και ασφάλεια, οικονομική βιωσιμότητα. Η οικολογική διάσταση έχει και αυτή τρεις συνιστώσες: περιβαλλοντική διαχείριση, διαχείριση αποβλήτων, περιβαλλοντική μόλυνση. Κάθε συνιστώσα περιλαμβάνει έναν αριθμό δεικτών που μετρούν τις επιδόσεις κάθε εταιρείας στα επί μέρους κριτήρια εταιρικής αειφορίας. Για τον συνδυασμό των επί μέρους μεταβλητών σε πιο σύνθετες και τον υπολογισμό ενός συνολικού μέτρου αειφορίας κάθε επιχείρησης χρησιμοποιείται το μοντέλο ασαφούς λογικής Sustainability Assessment by Fuzzy Evaluation (SAFE). Το μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση της βιωσιμότητας μιας εταιρείας, την καταγραφή της ιστορικής της εξέλιξης και τη σύγκριση της εταιρείας με τους άμεσους ανταγωνιστές της. Εξίσου σημαντική είναι η δυνατότητα ανάλυσης ευαισθησίας με το μοντέλο SAFE, η οποία αναδεικνύει τους σημαντικότερους βασικούς δείκτες που επηρεάζουν την εταιρική βιωσιμότητα και προσδιορίζει τους τομείς στους οποίους οι διαχειριστές και τα στελέχη της επιχείρησης θα πρέπει να ενισχύσουν για τη μεγαλύτερη δυνατή βελτίωσης της αειφορίας. Ειδικότερα, οι σημαντικότεροι δείκτες που προέκυψαν και επηρεάζουν την αειφορία των εταιρειών είναι οι θάνατοι και τραυματισμοί λόγω εργατικού ατυχήματος.

Λέξεις κλειδιά: αειφορία, εταιρική βιωσιμότητα, ασαφής λογική, γαλακτοβιομηχανία

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή	3
2	Δείκτες, συνιστώσες και διαστάσεις συνολικής αειφορίας	5
2.1	Οικολογική διάσταση (ECOS)	6
2.1.1	Περιβαλλοντική διαχείριση	6
2.1.2	Διαχείριση στερεών αποβλήτων	7
2.1.3	Περιβαλλοντική ρύπανση	7
2.2	Ανθρώπινη διάσταση (HUMS)	8
2.2.1	Κοινωνικές συνθήκες	8
2.2.2	Υγεία και ασφάλεια εργαζομένων	9
2.2.3	Οικονομική βιωσιμότητα	9
3	Μεθοδολογία.....	11
3.1	Συλλογή δεδομένων	12
3.2	Εξομάλυνση	12
3.3	Κανονικοποίηση	13
3.4	Ασαφοποίηση (Fuzzification)	14
3.5	Βάσεις κανόνων.....	17
3.6	Ασαφής αξιολόγηση (Fuzzy Assessment) και Αποασαφοποίηση (Defuzzification)	20
3.7	Ανάλυση ευαισθησίας	22
4	Αποτελέσματα	25
5	Συμπεράσματα	26
6	Βιβλιογραφία	27

1 Εισαγωγή

Η αειφορία αποτελεί πλέον θεμελιώδη αρχή για σύγχρονες επιχειρήσεις που επιδιώκουν να διαμορφώνουν πολιτικές που ενισχύουν τη βιωσιμότητά τους. Ο κόσμος της επιχειρηματικότητας καλείται να αντιμετωπίσει προκλήσεις που σχετίζονται με την προστασία του περιβάλλοντος, την κοινωνική ευθύνη και την οικονομία. Η εταιρική αειφορία περιλαμβάνει πολλαπλές πτυχές, όπως η συμμόρφωση με περιβαλλοντικές νομοθεσίες, η διασφάλιση της υγείας των εργαζομένων, η οικονομική απόδοση, η εκπαίδευση των εργαζομένων, η χρήση τεχνολογιών φιλικών προς το περιβάλλον και η επίδραση του οργανισμού στη βιοποικιλότητα και τα οικοσυστήματα.

Στην Ελλάδα, οι επιχειρήσεις σταδιακά εφαρμόζουν πρακτικές βιώσιμης ανάπτυξης που αποσκοπούν στην ενίσχυση της φήμης τους, τη δημόσια αποδοχή και την οικονομική τους ανάπτυξη. Η παρούσα εργασία εστιάζει στην ανάλυση και σύνθεση αειφορίας ελληνικών, κυρίως, γαλακτοβιομηχανιών. Η αξιολόγηση της εταιρικής αειφορίας βασίστηκε σε βασικούς δείκτες που αντικατοπτρίζουν τη περιβαλλοντική, κοινωνική, και οικονομική απόδοση του οργανισμού. Η συλλογή των δεδομένων έγινε μέσα από ετήσιες εκθέσεις εταιρικής αειφορίας και οικονομικών καταστάσεων. Τέτοια δεδομένα είναι οι εκπομπές ρύπων, ο όγκος αποβλήτων, η κατανάλωση ενέργειας, οικονομικά αποτελέσματα και εργατικά ατυχήματα. Στη συνέχεια τα δεδομένα μετατρέπονται σε αριθμητικές κλίμακες και συνδυάζονται σε σύνθετους δείκτες, χρησιμοποιώντας σταθμισμένους μέσους όρους που αντανakλούν τη σχετική σημασία κάθε παράγοντα. Με αυτόν τον τρόπο, καθίσταται δυνατή η αξιολόγηση, η σύγκριση και η ταξινόμηση των επιχειρήσεων με βάση την αειφορία τους.

Το μοντέλο SAFE (Sustainability Assessment by Fuzzy Evaluation) είναι μια μεθοδολογία που βασίζεται στην ασαφή λογική και αποτυπώνει ποσοτικά τη συνολική εταιρική αειφορία μέσω ενός δείκτη, ο οποίος κυμαίνεται από 0 έως 1. Αρχικά γίνεται η συλλογή δεδομένων για βασικούς δείκτες. Έπειτα τα δεδομένα συνδυάζονται για διαμορφώσουν σύνθετους δείκτες, όπως η περιβαλλοντική διαχείριση, η διαχείριση στερεών αποβλήτων, η περιβαλλοντική ρύπανση, οι κοινωνικές συνθήκες, η υγεία και ασφάλεια εργαζομένων και η οικονομική βιωσιμότητα. Στη συνέχεια, οι σύνθετοι δείκτες συνδυάζονται ξανά διαμορφώνοντας τις δύο διαστάσεις της συνολικής αειφορίας, την οικολογική και την ανθρώπινη. Στο τελικό στάδιο της ανάλυσης υπολογίζεται ένας συνολικός δείκτης αειφορίας, ο οποίος επιτρέπει τη συγκριτική αξιολόγηση του επιπέδου βιωσιμότητας μιας εταιρείας με άλλες.

Η ανάλυση ευαισθησίας του SAFE συνίσταται στην εκτίμηση της βελτίωσης του ολικού μέτρου εξ αιτίας μίας υποθετικής βελτίωσης κάθε δείκτη ξεχωριστά. Με την ανάλυση ευαισθησίας εντοπίζονται οι δείκτες που έχουν τη μεγαλύτερη επίδραση στην εταιρική αειφορία, παρέχοντας τη δυνατότητα λήψης αποφάσεων που θα οδηγήσουν στην βελτίωση της βιωσιμότητας της επιχείρησης. Το μοντέλο

έχει προσαρμοστεί στην επιλογή βασικών δεικτών που εκφράζουν καλύτερα τα χαρακτηριστικά των συγκεκριμένων οργανισμών, ενώ περιλαμβάνει τις βάσεις κανόνων, τις συναρτήσεις συμμετοχής και τα κατώφλια βιωσιμότητας για κάθε δείκτη. Όλες αυτές οι προσαρμογές περιγράφονται λεπτομερώς στην μεθοδολογία και εφαρμογή του μοντέλου. Στην παρούσα εργασία το μοντέλο εφαρμόστηκε για δύο περιπτώσεις ελληνικών γαλακτοβιομηχανιών με σκοπό την αξιολόγηση του επιπέδου βιωσιμότητάς τους. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται αναλυτικά τα δεδομένα, η ανάλυση τους, η διαδικασία αξιολόγησης και τα αποτελέσματα που προκύπτουν.

2 Δείκτες, συνιστώσες και διαστάσεις συνολικής αειφορίας

Για την περίοδο 2017-2022, συλλέχθηκαν δεδομένα από τις ετήσιες εκθέσεις εταιρικής αειφορίας και τις οικονομικές καταστάσεις εννέα γαλακτοβιομηχανιών. Από αυτές, οι έξι εδρεύουν στην Ελλάδα, ενώ οι υπόλοιπες τρεις στην Ελβετία, την Ολλανδία και τη Δανία. Το μοντέλο SAFE χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση της βιωσιμότητας δύο από αυτών.

Οι δύο διαστάσεις που προτείνονται είναι : η Οικολογική διάσταση (Environment) και η ανθρώπινη διάσταση (Human system). Οι διαστάσεις χωρίζονται σε συνιστώσες και αυτές στη συνέχεια στους βασικούς δείκτες, που είναι δεδομένα που επεξεργάζεται το μοντέλο SAFE. Παρακάτω, παρατίθενται αναλυτικά οι 23 βασικοί δείκτες, οι σύνθετοι δείκτες, ο τύπος κάθε δείκτη SB (smaller-is-best, προτιμάται ο μικρότερος), LB (larger-is-best, προτιμάται ο μεγαλύτερος) και NB (nominal-is-best, προτιμάται κάποιο διάστημα τιμών) και τα κατώφλια που χωρίζουν αειφόρες από μη αειφόρες περιοχές τιμών, βάσει των οποίων έγινε η κανονικοποίηση. Σε επόμενο κεφάλαιο περιγράφεται αναλυτικά ο τρόπος που προέκυψαν τα κατώφλια βιωσιμότητας.

Πίνακας 2.1 Βασικοί και σύνθετοι δείκτες, τύπος δείκτη και κατώφλια.

Διάσταση	Συνιστώσα	Βασικός δείκτης	Τύπος	Κατώφλια
Οικολογική	Περιβαλλοντική διαχείριση	Γνωστοποίηση Συνολικής Ενεργειακής Κατανάλωσης	LB	$u=0, t=1$
		Πιστοποιημένο Σύστημα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης	LB	$u=0, t=1$
		Γνωστοποίηση Αριθμού Περιβαλλοντικών Μη Συμμορφώσεων	LB	$u=0, t=1$
		Χρήση ενέργειας ΑΠΕ	LB	$u=0, t=1$
		Επιπτώσεις σε Βιοποικιλότητα & Οικοσυστήματα	LB	$u=0, t=1$
	Διαχείριση αποβλήτων	Ένταση Παραγωγής Αποβλήτων ($m^3/€$):	SB	$T=0.00299, U=3.00308$
		Γνωστοποίηση επικίνδυνων αποβλήτων	LB	$u=0, t=1$
		Διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων	LB	$u=0, t=1$
	Περιβαλλοντική μόλυνση	Κατανάλωση Νερού ανά Έσοδο ($m^3/€$)	SB	$T=1.45642, U=1736.97$
		Ενεργειακή Ένταση Εσόδων (MWh/€)	SB	$T=0.0533, U=296.959$
		Ένταση άνθρακα ανά έσοδο ($tCO_2/€$)	SB	$T=0.0541, U=1384.91$
Ανθρώπινη	Κοινωνικές συνθήκες	Ώρες εκπαίδευσης ανά εργαζόμενο	LB	$u=0.81432, t=8.51497$
		Φύλο σε Ανώτερες Διοικητικές Θέσεις	NB	$u=0, t=0.4, T=0.6, U=1$
		Μ.Ο. ηλικίας εργαζομένων	SM	$T=38.5, U=47.2$
		Παροχές εργαζομένων	LB	$u=0, t=1$
	Υγεία και ασφάλεια	Τραυματισμοί λόγω εργατικού ατυχήματος	SB	$T=0, U=9.3$
		1.000.000 ώρες εργασίας		

Διάσταση	Συνιστώσα	Βασικός δείκτης	Τύπος	Κατώφλια
		$\frac{\text{Θάνατοι λόγω εργατικού ατυχήματος}}{200.000 \text{ ώρες εργασίας}}$	SB	T=0, U=1
		Πιστοποιημένα Συστήματα Υγείας & Ασφάλειας	LB	u=0, t=1
	Οικονομική βιωσιμότητα	$\frac{\text{Κέρδη}}{\text{Συνολικό αριθμό εργαζομένων}}$ (ζημιές με πρόσημο -)	LB	u= -22.0265, t=36.8117
		$\frac{\text{Εισπράξεις από πωλήσεις}}{\text{Συνολικό αριθμό εργαζομένων}}$	LB	u=0.63212, t=545.617
		$\frac{\text{Μισθοί εργαζομένων}}{\text{Συνολικό αριθμό εργαζομένων}}$	LB	u=0.05295, t=51.0772
		Ανακλήσεις προϊόντων	SB	T=0, U =10

2.1 Οικολογική διάσταση (ECOS)

Η οικολογική διάσταση αναφέρεται στη διατήρηση και προστασία του φυσικού περιβάλλοντος, ώστε να εξασφαλίζεται η βιωσιμότητα των εταιρειών. Η οικολογική διάσταση έχει τρεις συνιστώσες: περιβαλλοντική διαχείριση, διαχείριση στερεών αποβλήτων και υδατικοί πόροι. Κάθε συνιστώσα με τη σειρά της περιλαμβάνει έναν αριθμό δεικτών που μετρούν τις επιδόσεις κάθε εταιρείας στα επί μέρους κριτήρια εταιρικής αειφορίας.

2.1.1 Περιβαλλοντική διαχείριση

Γνωστοποίηση Συνολικής Ενεργειακής Κατανάλωσης: Αναφέρεται στο αν η εταιρεία γνωστοποιεί δημόσια τη μέτρηση της συνολικής ενέργειας που χρησιμοποιεί για τις λειτουργίες της. Περιλαμβάνει τη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, φυσικού αερίου, πετρελαίου και άλλων ενεργειακών πόρων.

Πιστοποιημένο Σύστημα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης: Ύπαρξη και εφαρμογή συστήματος περιβαλλοντικής διαχείρισης που έχει πιστοποιηθεί από ανεξάρτητο κοινοποιημένο φορέα σύμφωνα με διεθνή ή εθνικά πρότυπα. Συνηθέστερο πρότυπο είναι το ISO 14001. Αποσκοπεί στην βελτίωση της περιβαλλοντικής απόδοσης, συμμόρφωση με κανονισμούς, μείωση περιβαλλοντικών προστίμων.

Γνωστοποίηση Αριθμού Περιβαλλοντικών Μη Συμμορφώσεων: Αποτύπωση του επιπέδου τήρησης των περιβαλλοντικών νόμων και απαιτήσεων από έναν οργανισμό. Τύποι μη συμμορφώσεων περιλαμβάνουν πρόστιμα, κυρώσεις από νομικές αρχές. Η διαφάνεια σε αυτόν τον δείκτη ενισχύει την αξιοπιστία της εταιρείας και της επιτρέπει να εντοπίσει αδυναμίες στο σύστημα περιβαλλοντικής διαχείρισης.

Χρήση ενέργειας ΑΠΕ: Δείχνει δέσμευση στη μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος, ενεργειακή ανεξαρτησία του οργανισμού και συμμόρφωση με περιβαλλοντικούς στόχους. Μη χρησιμοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας υποδηλώνει δυσκολίες στη μετάβαση πιο βιώσιμων πρακτικών. Οι

εταιρείας που αυξάνουν τη χρήση ΑΠΕ, ενισχύουν τη περιβαλλοντική τους υπευθυνότητα, μειώνουν το κόστος ενέργειας μακροπρόθεσμα και συμμορφώνονται με κανονισμούς για βιώσιμη ανάπτυξη.

Επιπτώσεις σε Βιοποικιλότητα & Οικοσυστήματα: Αναφέρεται στη διαφάνεια μιας εταιρείας όσον αφορά τις επιπτώσεις των δραστηριοτήτων της στη φύση και τα οικοσυστήματα. Ο δείκτης περιλαμβάνει αλλοιώσεις οικοσυστημάτων λόγω αποψίλωσης, ρύπανσης ή κατασκευών, μέτρα αποκατάστασης, όπως αναδασώσεις, επιπτώσεις σε προστατευόμενες περιοχές ή περιοχές με υψηλή βιοποικιλότητα. Δείχνει τον βαθμό υπευθυνότητας του οργανισμού και παρέχει πληροφόρηση για τις περιβαλλοντικές δεσμεύσεις .

2.1.2 Διαχείριση στερεών αποβλήτων

Ένταση Παραγωγής Αποβλήτων ($m^3/€$): Μετρά την ποσότητα αποβλήτων που παράγει μια εταιρεία σε σχέση με τα έσοδα της, δείχνοντας την αποδοτικότητα στη διαχείριση αποβλήτων σε σχέση με τα έσοδα της. Χαμηλός δείκτης δείχνει ότι παράγονται λιγότερα απόβλητα για κάθε μονάδα εσόδων, υψηλός δείκτης υποδηλώνει αναποτελεσματική διαχείριση πρώτων υλών ή έλλειψη στρατηγικής μείωσης αποβλήτων.

Γνωστοποίηση επικίνδυνων αποβλήτων: Εξετάζει στη διαφάνεια μιας εταιρείας όσον αφορά την παραγωγή, τη διαχείριση και τη διάθεση αποβλήτων που ταξινομούνται ως επικίνδυνα σύμφωνα με εθνικές και διεθνείς κανονιστικές διατάξεις. Περιλαμβάνει τον όγκο επικίνδυνων αποβλήτων που παράγεται ετησίως.

Διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων: Δείχνει αν μια εταιρεία έχει ή δεν έχει διαδικασίες για την ασφαλή διαχείριση των επικίνδυνων αποβλήτων της. Συγκεκριμένα, αν ο οργανισμός έχει συστήματα και διαδικασίες για τη συλλογή, αποθήκευση, μεταφορά, επεξεργασία και διάθεση επικίνδυνων αποβλήτων με τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς. Αν όχι, δεν υπάρχει σύστημα διαχείρισης, υποδηλώνει περιβαλλοντικούς και νομικούς κινδύνους.

2.1.3 Περιβαλλοντική ρύπανση

Κατανάλωση Νερού ανά Έσοδο ($m^3/€$): Μετρά την ποσότητα νερού που χρησιμοποιεί μια εταιρεία σε σχέση με τα έσοδα της. Ο συνολικός όγκος νερού που καταναλώνεται (m^3) διαιρείται με τις συνολικές εισπράξεις. Χαμηλός δείκτης σημαίνει ότι η εταιρεία καταναλώνει λιγότερο νερό σε σχέση με τα έσοδα της, δηλαδή υπάρχει αποδοτική χρήση και πιθανές πρακτικές εξοικονόμησης. Υψηλός δείκτης, υποδηλώνει σπατάλη νερού και λανθασμένη διαχείριση υδάτινων πόρων.

Ενεργειακή Ένταση Εσόδων (MWh/€): Εκφράζει την ενεργειακή ένταση της εταιρείας, δηλαδή την ποσότητα ενέργειας που καταναλώνεται ανά μονάδα εσόδων. Χαμηλός δείκτης δηλώνει ότι η εταιρεία είναι ενεργειακά αποδοτική σε σχέση με τα έσοδα της. Υψηλός δείκτης σημαίνει ότι η εταιρεία καταναλώνει περισσότερη ενέργεια για κάθε μονάδα εσόδων, κάτι που υποδεικνύει χαμηλή ενεργειακή αποδοτικότητα.

Ένταση άνθρακα ανά έσοδο (tCO₂/€): Μετρά την ένταση εκπομπών άνθρακα μιας εταιρείας σε σχέση με τα έσοδα της. Χαμηλός δείκτης σημαίνει ότι η εταιρεία έχει μικρότερο ανθρακικό αποτύπωμα σε σχέση με τις οικονομικές της αποδόσεις, κάτι που συνδέεται με αποδοτική παραγωγή και βιώσιμες πρακτικές. Υψηλός δείκτης σημαίνει υψηλές εκπομπές CO₂ σε σχέση με τα έσοδα και χαμηλή περιβαλλοντική αποδοτικότητα.

2.2 Ανθρώπινη διάσταση (HUMS)

Οι οργανισμοί καλούνται να επενδύουν στην ανθρώπινη διάσταση και να εστιάζουν σε ζητήματα που αφορούν τους εργαζομένους και τη διοίκηση μιας εταιρείας. Αποσκοπεί στη προστασία των εργαζομένων, στη βελτίωση των συνθηκών εργασίας, την ενίσχυση της εταιρικής φήμης και την μακροπρόθεσμη βιώσιμη ανάπτυξη. Η ανθρώπινη διάσταση έχει τρεις συνιστώσες: κοινωνικές συνθήκες, υγεία και ασφάλεια εργαζομένων και διακυβέρνηση. Κάθε συνιστώσα αποτελείται από έναν σύνολο δεικτών, οι οποίοι αξιολογούν την απόδοση μιας εταιρείας σε συγκεκριμένα κριτήρια εταιρικής αειφορίας.

2.2.1 Κοινωνικές συνθήκες

Ώρες εκπαίδευσης ανά εργαζόμενο: Μετρά τη μέση εκπαίδευση που λαμβάνει κάθε εργαζόμενος σε μία εταιρεία. Υψηλή τιμή δηλώνει ότι η εταιρεία επενδύει στην κατάρτιση και την ανάπτυξη δεξιοτήτων του ανθρώπινου δυναμικού της, ενώ χαμηλή τιμή μπορεί να υποδηλώνει ελλείψεις σε εκπαιδευτικές πρωτοβουλίες ή περιορισμένη δέσμευση στην ανάπτυξη του προσωπικού.

Φύλο σε Ανώτερες Διοικητικές Θέσεις: Μετρά τη συμμετοχή των δύο φύλων σε ηγετικές θέσεις μέσα σε μια εταιρεία. Ποσοστό μεταξύ του 40% – 60%, δείχνει ότι η εταιρεία προωθεί τη διαφορετικότητα στην ηλικία. Μεγάλη υπεροχή ενός φύλου, δηλαδή ποσοστό μεγαλύτερου του 60%, μπορεί να υποδηλώνει έλλειψη ισότητας ευκαιριών ή οργανωτικές πολιτικές που δεν ενισχύουν τη συμμετοχή και των δύο φύλων σε ηγετικούς ρόλους. Συγκεκριμένα, $u=0$, μηδενική τιμή είναι μη βιώσιμη, $t=0.4$ έως $T=0.6$ είναι αειφόρος τιμή, και τιμές $U = 1$ είναι μη βιώσιμες.

Μέσος όρος ηλικίας εργαζομένων: Μετρά την ηλικιακή σύνθεση του ανθρώπινου δυναμικού μιας εταιρείας. Υψηλός μέσος όρος ηλικίας, υποδηλώνει ότι η εταιρεία έχει έναν μεγαλύτερο και πιο έμπειρο εργατικό δυναμικό, αλλά ίσως αντιμετωπίζει προκλήσεις στη διαδοχή ή τη διατήρησης νεότερων ταλέντων. Χαμηλός μέσος όρος, δείχνει ότι ο οργανισμός προσελκύει ή διατηρεί κυρίως νεότερους εργαζομένους, οι οποίοι είναι πιο εξοικειωμένοι με νέες τεχνολογίες αλλά ίσως λείπει η εμπειρία.

Παροχές εργαζομένων: Αναφέρεται στα διάφορα οφέλη και υπηρεσίες που προσφέρει μια εταιρεία στους εργαζομένους της εκτός από τον βασικό μισθό. Αυτές οι παροχές περιλαμβάνουν υγειονομική περίθαλψη και ασφάλιση, άδειες, ευέλικτο ωράριο εργασίας και δυνατότητες τηλεργασίας, εκπαιδευτικά προγράμματα, μπόνους παραγωγικότητας. Έλλειψη παροχών σημαίνει περιορισμένο ενδιαφέρον για την ευημερία των εργαζομένων.

2.2.2 Υγεία και ασφάλεια εργαζομένων

Τραυματισμοί, $\frac{\text{Τραυματισμοί λόγω εργατικού ατυχήματος}}{1.000.000 \text{ ώρες εργασίας}}$: Μετρά τον αριθμό των τραυματισμών που συνέβησαν λόγω εργατικού ατυχήματος ανά 1.000.000 ώρες εργασίας. Υψηλός δείκτης, δείχνει ότι η εταιρεία ενδέχεται να έχει προβλήματα με την ασφάλεια στους χώρους εργασίας, με αυξημένο κίνδυνο εργατικών ατυχημάτων. Χαμηλός δείκτης, σημαίνει ότι εταιρεία εφαρμόζει αποτελεσματικές πολιτικές ασφαλείας και έχει μικρό ποσοστό τραυματισμών.

Θάνατοι, $\frac{\text{Θάνατοι λόγω εργατικού ατυχήματος}}{200.000 \text{ ώρες εργασίας}}$: Μετρά τον αριθμό των θανάτων που συνέβησαν λόγω εργατικού ατυχήματος ανά 200.000 ώρες εργασίας .

Πιστοποιημένα Συστήματα Υγείας & Ασφάλειας: Αναφέρεται στην αναφορά και δημοσιοποίηση από την εταιρεία των συστημάτων που έχει εφαρμόσει για τη διαχείριση της υγείας και ασφάλειας των εργαζομένων της και τα οποία είναι πιστοποιημένα από εξωτερικούς φορείς. Υλοποίηση εξωτερικά πιστοποιημένων συστημάτων σημαίνει ότι η εταιρεία ακολουθεί βέλτιστες πρακτικές για την προστασία της υγείας και ασφάλειας των εργαζομένων της, έχοντας αποκτήσει πιστοποιήσεις από αξιόπιστους φορείς (π.χ. ISO 45001).

2.2.3 Οικονομική βιωσιμότητα

Κέρδη, $\frac{\text{Κέρδη}}{\text{Συνολικό αριθμό εργαζομένων}}$: Μετρά τη χρηματοοικονομική απόδοση της εταιρείας ανά εργαζόμενο, υπολογίζοντας το κέρδος (ή την ζημία, με αρνητικό πρόσημο) που δημιουργεί κάθε εργαζόμενος για την επιχείρηση. Υψηλός δείκτης, δείχνει ότι ο οργανισμός έχει υψηλή αποδοτικότητα

και ότι οι εργαζόμενοι συμβάλλουν σημαντικά στην κερδοφορία της επιχείρησης . Χαμηλός δείκτης, ζημίες, η εταιρεία αντιμετωπίζει δυσκολίες στη διαχείριση του προσωπικού της ή ότι τα λειτουργικά έξοδα είναι υψηλά σε σχέση με τα έσοδα.

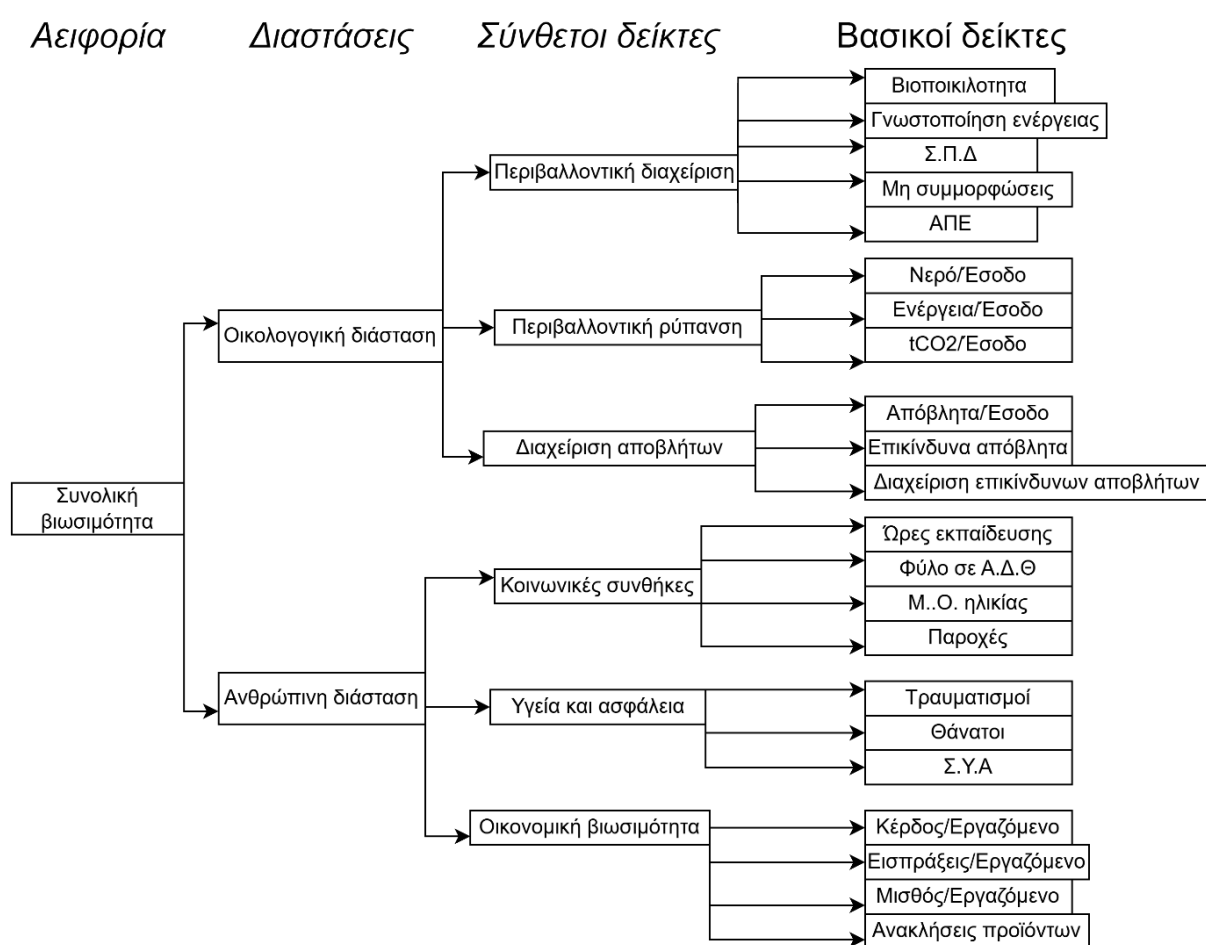
Πωλήσεις, $\frac{\text{Εισπράξεις από πωλήσεις}}{\text{Συνολικό αριθμό εργαζομένων}}$: Μετρά την παραγωγικότητα ανά εργαζόμενο, υπολογίζοντας τις πωλήσεις που παράγει κάθε εργαζόμενος για την επιχείρηση. Υψηλός δείκτης, δηλώνει υψηλή παραγωγικότητα και αποτελεσματικότητα από το προσωπικό, με τη δημιουργία σημαντικών εσόδων από τις πωλήσεις ανά εργαζόμενο. Αντιθέτως, χαμηλός δείκτης, η εταιρεία δεν αξιοποιεί πλήρως το ανθρώπινο δυναμικό της ή ότι υπάρχουν προβλήματα στην αποδοτικότητα των εργαζομένων.

Μισθοί, $\frac{\text{Μισθοί εργαζομένων}}{\text{Συνολικό αριθμό εργαζομένων}}$: Μετρά τον μέσο μισθό που λαμβάνει κάθε εργαζόμενος στην εταιρεία. Υψηλός δείκτης υποδηλώνει ότι η εταιρεία πληρώνει καλά τους εργαζομένους της, προσφέροντας υψηλούς μισθούς σε σχέση με το μέσο όρο της αγοράς. Χαμηλός δείκτης δείχνει ότι η εταιρεία προσφέρει χαμηλούς μισθούς, κάτι που μπορεί να επηρεάσει την ικανοποίηση των εργαζομένων και να οδηγήσει σε υψηλότερο ποσοστό αποχωρήσεων ή δυσκολία στην προσέλκυση ταλέντων.

Ανακλήσεις προϊόντων: Αναφέρεται στον αριθμό των προϊόντων που η εταιρεία ανακαλεί από την αγορά λόγω προβλημάτων ασφαλείας, ποιότητας ή συμμόρφωσης με τους κανονισμούς.

3 Μεθοδολογία

Στο μοντέλο SAFE, η συνολική βιωσιμότητα μιας επιχείρησης θεωρείται ότι είναι συνάρτηση δύο παραγόντων. Της οικολογικής συνιστώσας και της ανθρώπινης συνιστώσας. Η οικολογική συνιστώσα αποτελείται από τρεις σύνθετους δείκτες : τη περιβαλλοντική διαχείριση, τη περιβαλλοντική μόλυνση και τη διαχείριση αποβλήτων. Ενώ η ανθρώπινη συνιστώσα απαρτίζεται από : Κοινωνικές συνθήκες, υγεία και ασφάλεια και την οικονομική βιωσιμότητα. Κάθε σύνθετος δείκτης αξιολογείται μέσω των βασικών δεικτών για να προκύψει η συνολική βιωσιμότητα. Στην Εικόνα 3.1. αναπαρίσταται η ιεραρχική αξιολόγηση των δεικτών για να προκύψει η συνολική αειφορία.



Εικόνα 3.1 Ιεραρχική αξιολόγηση της εταιρικής βιωσιμότητας (Σ.Π.Δ. : Σύστημα περιβαλλοντικής διαχείρισης. Α.Π.Ε: Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Α.Δ.Θ.: Ανώτερη διοικητική θέση. Σ.Υ.Α: Σύστημα υγείας και ασφάλειας. Μ.Ο.: Μέσος όρος).

Στη συνέχεια περιγράφεται αναλυτικά η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την αξιολόγηση της αειφορίας δύο ελληνικών γαλακτοβιομηχανιών (Α και Β).

3.1 Συλλογή δεδομένων

Η διαδικασία της συλλογής δεδομένων αποτελεί το πρώτο στάδιο. Σε αυτή τη φάση, επιλέγονται οι δείκτες αειφορίας και συγκεντρώνονται οι απαραίτητες πληροφορίες για την αξιολόγηση. Το μοντέλο προσφέρει ευελιξία στην επιλογή δεικτών. Οι πληροφορίες συλλέχθηκαν από εταιρικές εκθέσεις βιωσιμότητας των οργανισμών και από οικονομικές καταστάσεις τους.

3.2 Εξομάλυνση

Η διαδικασία εξομάλυνσης στο μοντέλο SAFE αποσκοπεί στη μείωση των διακυμάνσεων και στη βελτίωση της αξιοπιστίας των δεικτών αειφορίας. Οι χρονικές σειρές των βασικών δεικτών προέρχονται από διαθέσιμα δεδομένα είτε υπολογίζονται με βάση τις πληροφορίες που περιλαμβάνονται στις ετήσιες εκθέσεις βιωσιμότητας της αξιολογούμενης εταιρείας για τα έτη 2017-2022. Για τη μετατροπή των δεικτών σε συγκρίσιμη μορφή εφαρμόζεται γραμμική παρεμβολή μεταξύ της ελάχιστης και της μέγιστης επιθυμητής τιμής, ώστε να κλιμακωθούν στο διάστημα $[0,1]$. Με αυτόν τον τρόπο, εξασφαλίζεται ότι οι διαφορετικοί δείκτες αξιολογούνται σε μια κοινή κλίμακα.

Έστω δείκτης c με χρονοσειρά δεδομένων $z(t_1), z(t_2), \dots, z(t_k)$ για τα έτη t_1, t_2, \dots, t_k , όπου τα έτη δεν είναι απαραίτητα συνεχόμενα, λόγω πιθανής έλλειψης κάποιων δεδομένων και K το πλήθος των ετών. Το μοντέλο SAFE όπως εφαρμόζεται σε αυτήν την εργασία χρησιμοποιεί δύο αλγόριθμους για την εξομάλυνση της χρονοσειράς.

1. Ο κλασικός Αλγόριθμος Holt – Winters, παράγει μια ακολουθία εκτιμήσεων επιπέδων και τάσεων L_k και T_k για $k = 1, \dots, K$ (Gardner 1985). Σε περίπτωση που έχουμε μη συναπτά έτη ο αλγόριθμος τροποποιείται με διαφορετικά χρονικά βήματα (Gardner 1985, error – correction Model 4-1). Η τροποποίηση χρησιμοποιεί δύο παραμέτρους $\alpha, \gamma \in [0,1]$ και περιλαμβάνει τα εξής βήματα :

- Αρχικές τιμές $L_0 = T_0 = T_1 = 0$
- Για $k = 1, 2, \dots, K$:
Πρόβλεψη \hat{z}_k της τιμής $z_c(t_k)$ κατά το έτος t_{k-1} : $\hat{z}_k = L_{k-1} + T_{k-1}(t_k - t_{k-1})$
Σφάλμα: $e_k = z(t_k) - \hat{z}_k$
Ενημέρωση επιπέδου και τάσης: $L_k = \hat{z}_k + \alpha e_k$ και $T_k = T_{k-1} + \gamma \alpha e_k$
- Τα παραπάνω βήματα επαναλαμβάνονται για διάφορους συνδυασμούς παραμέτρων (α, γ) με αναζήτηση στο $[0, 1]^2$ και επιλέγεται ο συνδυασμός ο οποίος ελαχιστοποιεί το άθροισμα τετραγώνων των σφαλμάτων, $e_1^2 + e_2^2 + \dots + e_K^2$.

2. Ο παραπάνω αλγόριθμος υποθέτει άπειρο ιστορικό χρονοσειρών z_t . Σε περιπτώσεις μικρών συνόλων δεδομένων ή σποραδικών δεδομένων τα βήματα ενημέρωσης μεταβάλλονται ως εξής (Wright 1986):

$$L_k = L_{k-1} + \frac{e_k}{1 + \beta^{t_k - t_{k-1}} + \dots \beta^{t_k - t_1}}$$

$$T_k = T_{k-1} + \frac{\frac{L_k - L_{k-1}}{t_k - t_{k-1}} - T_{k-1}}{1 + \delta^{t_k - t_{k-1}} + \dots \delta^{t_k - t_2}}$$

όπου, παρόμοια με την προηγούμενη περίπτωση τα β και δ επιλέγονται ως το ζεύγος τιμών στο διάστημα $[0, 1]$ για το οποίο ελαχιστοποιείται το άθροισμα των τετραγώνων των σφαλμάτων.

Για κάθε χρονοσειρά, εφαρμόζονται τόσο ο κλασικός Holt-Winters αλγόριθμος όσο και η τροποποιημένη εκδοχή του για μικρά σύνολα δεδομένων. Στη συνέχεια, επιλέγεται η εκδοχή που ελαχιστοποιεί το άθροισμα των τετραγώνων των σφαλμάτων, εξασφαλίζοντας τη βέλτιστη προσαρμογή στα δεδομένα.

Η τελική κανονικοποιημένη τιμή του δείκτη (z) αντιστοιχεί στην πιο πρόσφατη εκτίμηση του επιπέδου της χρονοσειράς (L_k). Εφόσον ο δείκτης αναφέρεται σε τάση, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η αντίστοιχη εκτίμηση της τάσης (T_k) ως τελική τιμή.

3.3 Κανονικοποίηση

Το μοντέλο SAFE επιτρέπει τη σύγκριση διαφορετικών δεικτών αειφορίας, ακόμα κι αν έχουν διαφορετικές μονάδες μέτρησης και μεγέθη διαφορετικής τάξης. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της κανονικοποίησης, η οποία μετατρέπει τους δείκτες σε συγκρίσιμες, αδιάστατες τιμές εντός του διαστήματος $[0,1]$.

Για κάθε δείκτη προσδιορίστηκε ένα κατώτατο όριο βιωσιμότητας U (unsustainable – μη βιώσιμες) και ένα κατώφλι για τον στόχο T (target – στόχος βιωσιμότητας). Τα δεδομένα που συλλέχτηκαν για τις επτά εταιρείες που δεν υπολογίστηκε η συνολική βιωσιμότητα συνέβαλλαν στον υπολογισμό των κατωφλίων. Υπολογίστηκαν κανονικοποιημένες τιμές δεικτών στο $[0, 1]$ με γραμμική παρεμβολή

$$x = \frac{z - U}{T - U}$$

όπου z : η τιμή του βασικού δείκτη, U : μη βιώσιμη τιμή, T : τιμή στόχος – βιώσιμη και x : η κανονικοποιημένη τιμή.

Υπάρχουν τρεις βασικές κατηγορίες δεικτών :

- Larger-is-better (LB): Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή, τόσο πιο αειφόρα θεωρείται. Παράδειγμα:

$$\frac{\text{Κέρδη}}{\text{Συνολικό αριθμό εργαζομένων}}$$

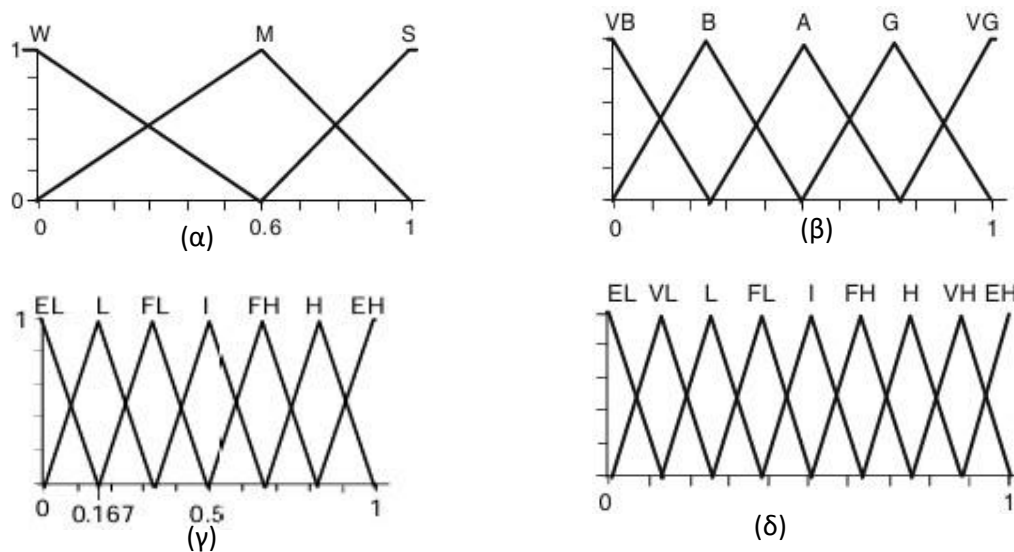
- Smaller-is-better (SB): Όσο μικρότερη η τιμή, τόσο καλύτερη η αειφορία. Παράδειγμα: οι εκπομπές CO_2 .
- Nominal-is-best (NB): Η ιδανική τιμή βρίσκεται μέσα σε ένα συγκεκριμένο εύρος. Παράδειγμα: Φύλο σε Ανώτερες Διοικητικές Θέσεις.

Ανάλογα με τον τύπο του δείκτη, χρησιμοποιούνται διαφορετικά όρια (κατώφλια) για να καθοριστεί αν μια τιμή θεωρείται αειφόρα ή όχι. Η κανονικοποίηση βοηθά στην αντικειμενική αποτίμηση της συνεισφοράς κάθε δείκτη στην ενεργειακή αειφορία, με τιμή 0 να σημαίνει μη αειφόρο αποτέλεσμα και τιμή 1 την απόλυτη αειφορία. Οι ενδιάμεσες τιμές αντιπροσωπεύουν διάφορα επίπεδα αειφορίας.

$$LB = x = \begin{cases} 0, & z \leq u \\ \frac{z-u}{\tau-u}, & u < z < \tau \\ 1, & \tau \leq z \end{cases} \quad SB = x = \begin{cases} 0, & z \leq T \\ \frac{U-z}{U-T}, & T < z < U \\ 1, & U \leq z \end{cases} \quad NB = x = \begin{cases} 0, & z \leq u \\ \frac{z-u}{\tau-u}, & u < z < \tau \\ 1, & \tau \leq z \leq T \\ \frac{U-z}{U-T}, & T < z < U \\ 0, & U \leq z \end{cases}$$

3.4 Ασαφοποίηση (Fuzzification)

Ένας δείκτης με τιμή μεταξύ των ακραίων τιμών, κανονικοποιείται σε τιμή-επίπεδο αειφορίας x μεταξύ του ελάχιστου, 0, και του μέγιστο, 1. Ακολουθώντας με την ασαφοποίηση αντιστοιχίζεται κάθε κανονική τιμή x σε βαθμούς συμμετοχής της τιμής αυτής σε ασαφή σύνολα που διαιρούν το διάστημα $[0, 1]$. Για τους βασικούς δείκτες υπολογίστηκαν οι βαθμοί συμμετοχής της x σε τρία ασαφή σύνολα : Ασθενές (W), Ενδιάμεσο (M), Ισχυρό (S). Οι συναρτήσεις συμμετοχής αυτών των συνόλων φαίνονται στην Εικόνα 3.2(α).



Εικόνα 3.2 Ασαφή σύνολα για (α) βασικούς δείκτες, (β) σύνθετους δείκτες, (γ) διαστάσεις και (δ) συνολική αειφορία

Για παράδειγμα, για την εταιρεία Α, ο μέσος όρος ηλικίας των εργαζομένων της είναι 45.2 έτη, αυτό προέκυψε από την εκθετική εξομάλυνση των δεδομένων της για τα έτη 2017 έως 2022. Έπειτα το 45.2 κανονικοποιείται με γραμμική παρεμβολή μεταξύ των ακραίων τιμών 38.5 που αντιστοιχεί στο 1 και 47.2 που αντιστοιχεί στο 0, επειδή ο δείκτης είναι τύπου SB και προκύπτει

$$x = (45.2 - 47.2) / (38.5 - 47.2) = -2 / -8.7 = 0.22988.$$

Από την Εικόνα 3.2(α) προκύπτει ότι ο βαθμός συμμετοχής του x στα τρία ασαφή σύνολα W , M και S είναι $\mu(W) = 0.5481$, $\mu(M) = 0.4519$, $\mu(S) = 0$.

Στον Πίνακα 3.1 φαίνονται οι κανονικοποιημένες τιμές των βασικών δεικτών και οι συναρτήσεις συμμετοχής στα ασαφή σύνολα W , M , S .

Πίνακας 3.1 Κανονικοποιημένες τιμές και βαθμοί συμμετοχής βασικών δεικτών.

Βασικοί Δείκτες	Εταιρεία Α	Βαθμός συμμετοχής	Εταιρεία Β	Βαθμός συμμετοχής
Γνωστοποίηση Συνολικής Ενεργειακής Κατανάλωσης	0.552	0.0000-0.0000-1.0000	0	0.0000-0.0000-1.0000
Πιστοποιημένο Σύστημα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης	1	0.0000-0.0000-1.0000	1	0.0000-0.0000-1.0000
Γνωστοποίηση Αριθμού Περιβαλλοντικών Μη Συμμορφώσεων	1	0.0000-0.8960-0.1040	1	1.0000-0.0000-0.0000
Χρήση ενέργειας ΑΠΕ	0	1.0000-0.0000-0.0000	1	0.0000-0.0000-1.0000
Επιπτώσεις σε Βιοποικιλότητα & Οικοσυστήματα	1	0.0000-0.0000-1.0000	0	1.0000-0.0000-0.0000
Ένταση Παραγωγής Αποβλήτων (m³/€):	0.974	0.0000-0.0512-0.9488	0.998	0.0000-0.0039-0.9961
Γνωστοποίηση επικίνδυνων αποβλήτων	1	0.0000-0.0000-1.0000	1	0.0000-0.0000-1.0000
Διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων	1	0.0000 -0.0000-1.0000	1	0.0000-0.0000-1.0000
Κατανάλωση Νερού ανά Έσοδο (m³/€)	0.998	0.0000-0.0028-0.9972	0.998	0.0000-0.0032-0.9968
Ενεργειακή Ένταση Εσόδων (MWh/€)	0.998	0.0000-0.0025-0.9975	0.999	0.0000-0.0014-0.9986
Ένταση άνθρακα ανά έσοδο (Tco ₂ /€)	0.999	0.0000-0.0003-0.9997	0.999	0.0000-0.0000-0.9999
Ώρες εκπαίδευσης ανά εργαζόμενο	0.289	0.4216-0.5784-0.0000	0.997	0.0000-0.0050-0.9950
Φύλο σε Ανώτερες Διοικητικές Θέσεις	0	1.0000-0.0000-0.0000	0.187	0.6250-0.3750-0.0000
Μ.Ο. ηλικίας εργαζομένων	0.225	0.5481-0.4519-0.0000	0.931	0.0000-0.1379-0.8621
Παροχές εργαζομένων	1	0.0000-0.0000-1.0000	1	0.0000-0.0000-1.0000
Τραυματισμοί 1.000.000 ώρες εργασίας	0.462856	0.0743-0.9257-0.0000	NA	1.0000-0.0000-0.0000
Θάνατοι 200.000 ώρες εργασίας	0	1.0000-0.0000-0.0000	0	1.0000-0.0000-0.0000
Πιστοποιημένα Συστήματα Υγείας & Ασφάλειας	1	0.0000-0.0000-1.0000	1	0.0000-0.0000-1.0000
Κέρδη	0.288	0.4235-0.5765-0.0000	0.810	0.0000-0.3789-0.6211
Συνολικό αριθμό εργαζομένων Εισπράξεις από πωλήσεις	0.467	0.0650-0.9350-0.0000	0.804	0.0000-0.3911-0.6089
Συνολικό αριθμό εργαζομένων Μισθοί εργαζομένων	0.929	0.0000-0.1420-0.8580	0.45	0.0946-0.9054-0.0000
Συνολικό αριθμό εργαζομένων Ανακλήσεις προϊόντων	1	0.0000-0.0000-1.000	1	0.0000-0.0000-1.0000

Για πιο σύνθετες μεταβλητές χρησιμοποιήθηκαν πιο πυκνές ασαφείς διαμερίσεις του διαστήματος [0, 1] οι οποίες φαίνονται στις Εικόνες 3.2(β)–(δ). Οι σύνθετοι δείκτες έχουν πέντε ασαφή σύνολα: Πολύ κακό (VB), Κακό (B), Μέσο (A), Καλό (G), Πολύ καλό (VG). Αντίστοιχα, για τις διαστάσεις χρησιμοποιήθηκαν επτά ασαφή σύνολα είναι: Εξαιρετικά χαμηλό (EL), Χαμηλό (L), Κάπως Χαμηλό (FL), Ενδιάμεσο (I), Κάπως υψηλό (FH), Υψηλό (H), Εξαιρετικά υψηλό (EH). Τέλος, η συνολική αειφορία περιγράφεται από εννέα ασαφή σύνολα: Εξαιρετικά χαμηλό (EL), Πολύ χαμηλό (VL), Χαμηλό (L),

Κάπως Χαμηλό (FL), Ενδιάμεσο (I), Κάπως υψηλό (FH), Υψηλό (H), Πολύ υψηλό (VH), Εξαιρετικά υψηλό (EH).

3.5 Βάσεις κανόνων

Για την αξιολόγηση της αειφορίας και την σύνθεση των δεικτών, των συνιστωσών και των διαστάσεων γίνεται χρήση της βάσης κανόνων της μορφής «αν (είσοδος-συνθήκη), τότε (έξοδος – συνέπεια)». Κάθε κανόνας συνδυάζει συγκεκριμένες τιμές ή καταστάσεις των εισόδων για να καταλήξει σε μία τιμή ή κατηγορία για την έξοδο.

Για παράδειγμα αν οι βασικοί δείκτες Τραυματισμοί είναι χαμηλό(L), Θάνατοι είναι χαμηλό(L) και συστήματα υγείας και ασφάλειας είναι υψηλό (H), τότε ο σύνθετος δείκτης Υγεία και ασφάλεια είναι Πολύ κακό (VL).

Αν (νερό/έσοδο) Καλό, (ενέργεια/έσοδο) ενδιάμεσο (M) και ένταση άνθρακα μεσαίο (M) τότε ο σύνθετος δείκτης περιβαλλοντική μόλυνση είναι πολύ καλό (VH).

Ο αριθμός των κανόνων αυξάνεται γεωμετρικά με τον αριθμό των εξόδων. Για παράδειγμα, αν έχουμε πέντε εισόδους και κάθε μια έχει τρία ασαφή σύνολα (κακό, μέτριο, καλό), τότε το πλήθος των κανόνων είναι 3^5 . Αξιοποιώντας το γεγονός ότι κάθε συνιστώσα, διάσταση και η τελική τιμή αειφορίας αποτελούν αύξουσες συναρτήσεις των αντίστοιχων εισόδων. Αυτό επιτρέπει την εφαρμογή κατάλληλων κανόνων που συμβάλλουν στη βελτιστοποίηση των υπολογισμών.

Στο πλαίσιο αυτό, τα ασαφή σύνολα αναπαρίστανται μέσω ακεραίων αριθμών, όπου το χαμηλότερο επίπεδο αντιστοιχεί στο 0, το αμέσως υψηλότερο στο 1, και ούτω καθεξής. Η προσέγγιση αυτή απλοποιεί τη διαδικασία και μειώνει την υπολογιστική πολυπλοκότητα.

- Δείκτες: Ασθενές W = 0, Ενδιάμεσο M = 1, Ισχυρό S = 2 για τους δείκτες.
- Συνιστώσες: Πολύ κακό VB = 0, Κακό B = 1, Μέσο A = 2, Καλό G = 3, Πολύ καλό VG = 4 για τους σύνθετους δείκτες
- Διαστάσεις: Εξαιρετικά χαμηλό EL = 0, Χαμηλό L = 1, Κάπως Χαμηλό FL = 2, Ενδιάμεσο I = 3, Κάπως υψηλό FH = 4, Υψηλό H = 5, Εξαιρετικά υψηλό EH = 6 για τις διαστάσεις.
- Ολική αειφορία SAFE: Εξαιρετικά χαμηλό EL = 0, Πολύ χαμηλό VL = 1, Χαμηλό L = 2, Κάπως Χαμηλό FL = 3, Ενδιάμεσο I = 4, Κάπως υψηλό FH = 5, Υψηλό H = 6, Πολύ υψηλό VH = 7, Εξαιρετικά υψηλό EH = 8

Για την εξαγωγή των κανόνων ακολουθήθηκαν τα παρακάτω βήματα :

- Για κάθε είσοδο έγινε ανάθεση βάρους w_i , σχετικά με τις υπόλοιπες εισόδους του κανόνα.
- Υπολογίστηκε το άθροισμα με τα βάρη των ασαφών συνόλων εισόδου ως:

$$\begin{aligned} \text{SUM} &= \sum_{\text{εισόδοι του κανόνα}} w_i (\text{Ασαφές σύνολο εισόδου } i) \\ &= w_1(\text{σύνολο εισόδου 1}) + w_2(\text{σύνολο εισόδου 2}) + \dots \end{aligned}$$

Για παράδειγμα, οι θάνατοι θεωρήθηκαν τρεις φορές πιο σημαντικοί από τις υπόλοιπες εισόδους του σύνθετου δείκτη υγεία και ασφάλεια:

$$\text{SUM(HEAL\&SAFE)} = (\text{Τραυματισμοί}) + 3(\text{Θάνατοι}) + (\Sigma.Υ.Α.)$$

- Έγινε αντιστοιχία του αθροίσματος σε κατάλληλο ασαφές σύνολο εξόδου με βάση μία αύξουσα συνάρτηση, ούτως ώστε μεγάλες τιμές SUM να αντιστοιχούν σε μεγάλο ασαφές σύνολο της εξόδου.

Η συνάρτηση SUM που χρησιμοποιήθηκε για τη συνολική αειφορία (SAFE_Dairy) προκύπτει από την εξίσωση $\text{SUM} = \text{ECOS} + \text{HUMS}$, όπου ECOS είναι η Οικολογική διάσταση και HUMS η Ανθρώπινη διάσταση. Στις δύο αυτές εισόδους δόθηκαν βάρη 1.

Η μικρότερη τιμή που μπορεί να λάβει το SUM είναι 0 όταν όλες οι εισοδοί είναι 0. Αυτή η τιμή αντιστοιχεί στο ασαφές σύνολο EL (εξαιρετικά χαμηλό). Η υψηλότερη τιμή που μπορεί να πάρει είναι 12, όταν $\text{ECOS} = 6$ και $\text{HUMS} = 6$. Επίσης, η τιμή $\text{SUM} = 4$ αντιστοιχεί σε ενδιάμεση αειφορία. Κάθε τιμή SUM, αντιστοιχίζεται σε μία τιμή στο $[0,8]$ και από αυτή υπολογίζεται η συνολική βιωσιμότητα των οργανισμών. Δηλαδή, γίνεται χρήση του παρακάτω τύπου :

$$\text{SUM(SAFE_DAIRY)} = \begin{cases} 0(\text{EL}), \text{αν } \text{SUM} = 0,1 \\ 1(\text{VL}), \text{αν } \text{SUM} = 2,3 \\ 2(\text{L}), \text{αν } \text{SUM} = 4 \\ 3(\text{FL}), \text{αν } \text{SUM} = 5 \\ 4(\text{I}), \text{αν } \text{SUM} = 6,7 \\ 5(\text{FH}), \text{αν } \text{SUM} = 8 \\ 6(\text{H}), \text{αν } \text{SUM} = 9,10 \\ 7(\text{VH}), \text{αν } \text{SUM} = 11 \\ 8(\text{EH}), \text{αν } \text{SUM} = 12 \end{cases}$$

Η διάσταση ECOS έχει τρεις εισόδους : ENV_GOV, ENV_POLL, WASTES. Το ασαφές σύνολο ορίζεται από την εξίσωση $\text{SUM(ECOS)} = \text{ENV_GOV} + \text{ENV_POLL} + \text{WASTES}$

Ομοίως για την άλλη διάσταση $\text{SUM(HUMS)} = \text{HEAL_SAFE} + \text{FINANCE} + \text{SOCIAL}$.

Σε όλα τα ασαφή σύνολα εισόδου, δόθηκε βάρος 1. Οι μέγιστες τιμές του SUM είναι $4+4+4 = 12$.

Οι βάσεις κανόνων για τις διαστάσεις ECOS και HUMS δίνονται από τους τύπους :

$$\text{HUMS και ECOS} = \begin{cases} 0 \text{ (EL)}, \text{ αν SUM} = 0,1,2 \\ 1 \text{ (L)}, \text{ αν SUM} = 3 \\ 2 \text{ (FL)}, \text{ αν SUM} = 4,5 \\ 3 \text{ (I)}, \text{ αν SUM} = 6,7 \\ 4 \text{ (FH)}, \text{ αν SUM} = 8,9 \\ 5 \text{ (H)}, \text{ αν SUM} = 10,11 \\ 6 \text{ (EH)}, \text{ αν SUM} = 12 \end{cases}$$

Για τους σύνθετους δείκτες αξιοποιήθηκαν τα εξής ασαφή σύνολα :

$$\text{ENV_GOV, ENV_POLL} = \begin{cases} 0 \text{ (VB)}, \text{ αν SUM} = 0,1,2 \\ 1 \text{ (B)}, \text{ αν SUM} = 3,4 \\ 2 \text{ (A)}, \text{ αν SUM} = 5,6 \\ 3 \text{ (G)}, \text{ αν SUM} = 7,8 \\ 4 \text{ (VG)}, \text{ αν SUM} = 9,10 \end{cases}$$

όπου $\text{SUM}(\text{ENV_GOV}) = (\text{Γνωστοποίηση ενέργειας}) + (\Sigma. \text{Π. Δ.}) + (\text{Μη συμμορφώσεις}) + (\text{ΑΠΕ}) + (\text{Βιοποικιλότητα})$

και $\text{SUM}(\text{ENV_POLL}) = 3(\text{Ένταση CO}_2) + \left(\frac{\text{Νερό}}{\text{Έσοδα}}\right) + \left(\frac{\text{Ενέργεια}}{\text{Έσοδα}}\right)$

Οι δείκτες ENV_GOV, ENV_POLL έχουν τρεις εισόδους εκ των οποίων η μία του δείκτη ENV_POLL έχει βάρος 3. Επίσης έχουν ίδια βάση κανόνων και ίδια μέγιστη τιμή 10.

$$\text{WASTES} = \begin{cases} 0 \text{ (VB)}, \text{ αν SUM} = 0,1 \\ 1 \text{ (B)}, \text{ αν SUM} = 2,3 \\ 2 \text{ (A)}, \text{ αν SUM} = 4,5 \\ 3 \text{ (G)}, \text{ αν SUM} = 6,7 \\ 4 \text{ (VG)}, \text{ αν SUM} = 8 \end{cases}$$

όπου:

$\text{SUM}(\text{WASTES}) = 2(\text{Ένταση αποβλήτων}) + (\text{Επικίνδυνα απόβλητα}) + (\text{Διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων})$

Ο δείκτης WASTES έχει 3 εισόδους, εκ των οποίων η μία έχει βάρος 2, και έχει μέγιστη τιμή 8.

$$\text{SOCIAL, FINANCE} = \begin{cases} 0 \text{ (VB)}, \text{ αν SUM} = 0,1 \\ 1 \text{ (B)}, \text{ αν SUM} = 2,3 \\ 2 \text{ (A)}, \text{ αν SUM} = 4,5 \\ 3 \text{ (G)}, \text{ αν SUM} = 6,7 \\ 4 \text{ (VG)}, \text{ αν SUM} = 8 \end{cases}$$

$SUM(SOCIAL) = (\Omega\rho\epsilon\varsigma \epsilon\kappa\pi\alpha\acute{\iota}\delta\epsilon\upsilon\sigma\eta\varsigma) + (Μ. Ο. \eta\lambda\iota\kappa\acute{\iota}\alpha\varsigma) + (Π\alpha\rho\omicron\chi\acute{\epsilon}\varsigma) + (Φ\acute{\upsilon}\lambda\omicron \sigma\epsilon \Lambda. \Delta. \Theta.)$

$SUM(FINANCE) = (Κ\acute{\epsilon}\rho\delta\omicron\varsigma/Ε\rho\gamma\alpha\acute{\zeta}\omicron\mu\epsilon\upsilon\omicron) + (Π\omega\lambda\acute{\eta}\sigma\epsilon\iota\varsigma/Ε\rho\gamma\alpha\acute{\zeta}\omicron\mu\epsilon\upsilon\omicron) + (Μ\iota\sigma\theta\acute{\omicron}\varsigma/Ε\rho\gamma\alpha\acute{\zeta}\omicron\mu\epsilon\upsilon\omicron) + (Α\upsilon\alpha\kappa\lambda\acute{\eta}\sigma\epsilon\iota\varsigma \pi\rho\omicron\iota\acute{\omicron}\nu\tau\omega\upsilon)$

Αυτοί οι δύο σύνθετοι δείκτες έχουν ίδια βάση κανόνων και ίδια μέγιστη τιμή 8.

$$HEAL\&SAFE = \begin{cases} 0 \text{ (VB)}, \text{ αν } SUM = 0,1,2 \\ 1 \text{ (B)}, \text{ αν } SUM = 3,4 \\ 2 \text{ (A)}, \text{ αν } SUM = 5,6 \\ 3 \text{ (G)}, \text{ αν } SUM = 7,8 \\ 4 \text{ (VG)}, \text{ αν } SUM = 9,10 \end{cases}$$

$SUM(HEAL\&SAFE) = (Τ\rho\alpha\upsilon\mu\alpha\tau\iota\sigma\mu\acute{\omicron}\iota) + 3(Θ\acute{\alpha}\nu\alpha\tau\omicron\iota) + (\Sigma. Υ. Α.)$ με μέγιστη τιμή 10. Ο δείκτης θανάτων έχει βαρύτητα 3, καθώς αποτελεί άμεσο μέτρο υγειονομικής περίθαλψης και συνθηκών εργασίας.

3.6 Ασαφής αξιολόγηση (Fuzzy Assessment) και Αποασαφοποίηση (Defuzzification)

Χρησιμοποιώντας του κανόνες βάσης, εφαρμόζεται ο αλγόριθμος της ασαφούς αξιολόγησης για τον υπολογισμό των βαθμών συμμετοχής των σύνθετων μεταβλητών (ENV_GOV, ENV_POLL, WASTES, SOCIAL, FINANCE, HEAL&SAFE) και των διαστάσεων (ECOS, HUMS), και της συνολικής αειφορίας. Το μοντέλο SAFE βασίζεται στον συνδυασμό **γινόμενου-αθροίσματος** (product-sum), εξασφαλίζοντας ότι κάθε βελτίωση σε έναν δείκτη συμβάλλει στην βελτίωση της συνολικής αειφορίας. Στην συγκεκριμένη μεθοδολογία, ο λογικός τελεστής «και» αναπαρίσταται ως το γινόμενο των βαθμών συμμετοχής. Αυτό σημαίνει ότι οι κανόνες του μοντέλου λαμβάνουν υπόψη τη σημασία κάθε επιμέρους δείκτη για την εκτίμηση της συνολικής βιωσιμότητας των οργανισμών.

Παράδειγμα:

Αν η ένταση αποβλήτων είναι ασθενής (W) με βαθμό συμμετοχής 0.3, επικίνδυνα απόβλητα είναι μεσαία (M) με βαθμό συμμετοχής 0.5 και διαχείριση αποβλήτων είναι μεσαία (M) με βαθμό συμμετοχής 0.4, τότε ο δείκτης απόβλητα (WASTES) είναι κακός (B)

Αν η ένταση αποβλήτων είναι ασθενής (W) με βαθμό συμμετοχής 0.7, επικίνδυνα απόβλητα είναι μεσαία (M) με βαθμό συμμετοχής 0.5 και διαχείριση αποβλήτων είναι ισχυρή (S) με βαθμό συμμετοχής 0.6, τότε ο δείκτης απόβλητα (WASTES) είναι κακός (B).

Για τον σύνθετο δείκτη WASTES ισχύουν : Ο πρώτος κανόνας συμπεραίνει « ο δείκτης WASTES είναι B με βαθμό συμμετοχής : $0.3 \times 0.5 \times 0.4 = 0.06$ » και ο δεύτερος κανόνας συμπεραίνει « ο δείκτης WASTES είναι B με βαθμό συμμετοχής : $0.7 \times 0.5 \times 0.6 = 0.21$ » . Εφόσον οι κανόνες ανήκουν στο

ίδιο ασαφές σύνολο, ο συνολικός βαθμός του δείκτη WASTES που είναι κακό (B) ισούται με τον άθροισμα των επιμέρους κανόνων. Επομένως, σύνθετος δείκτης WASTES είναι κακός με βαθμό συμμετοχής $0.21 + 0.06 = 0.27$.

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών για τις δύο εταιρείες φαίνονται στον Πίνακα 3.2.

Πίνακας 3.2 Βαθμοί συμμετοχής σύνθετων δεικτών, διαστάσεων και συνολικής αειφορίας

Δείκτες	Εταιρεία Α					Εταιρεία Β				
	Βαθμοί συμμετοχής στα ασαφή σύνολα									
	0-1-2-3-4 (για συνιστώσες)									
	ή 0-1-2-3-4-5-6 (για ECOS, HUMS)									
	ή 0-1-2-3-4-5-6-7-8 (για SAFE_DAIRY)									
ENV_GOV	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
ENV_POLL	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.9997	0.0000	0.0000	0.0000	0.0039	0.9961
WASTES	0.0000	0.0000	0.0000	0.0512	0.9488	0.00000	0.0000	0.0000	0.0001	0.9999
ECOS	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0040
				1.0000	0.0000				0.9960	0.0000
SOCIAL	0.0000	0.7387	0.2613	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0891	0.9109	
						0.0000				0.0000
HEAL&SAFE	0.0743		0.9257	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000									
FINANCE	0.0000	0.0039	0.5335	0.4626	0.0000	0.0000	0.0000	0.1930	0.8070	0.0000
HUMS	0.0000	0.0322	0.8559	0.1119	0.0000	0.0000	0.0000	0.0172	0.9828	0.0000
			0.0000	0.0000				0.0000	0.0000	
SAFE_DAIRY	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0322	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
		0.9678	0.0000	0.0000	0.0000		0.9999	0.0000	0.0000	0.0000

Για να υπολογιστεί μια σαφής τιμή για έναν σύνθετο δείκτη, μια διάσταση ή τη συνολική αειφορία χρησιμοποιείται η μέθοδος αποασαφοποίησης ύψους «height defuzzification». Είναι η διαδικασία μετατροπής ενός ασαφούς συνόλου σε μια αριθμητική τιμή. Η τελική τιμή αντιπροσωπεύει την εκτίμηση του δείκτη συνεκτιμώντας τους βαθμούς συμμετοχής του δείκτη σε όλα τα ασαφή σύνολα όπως έχουν υπολογιστεί.

$$\text{Σύνθετος δείκτης } x = \frac{\sum_L \gamma_L \mu_L}{\sum_L \mu_L},$$

όπου μ_L είναι ο βαθμός συμμετοχής του δείκτη στο ασαφές σύνολο L και γ_L είναι η πλέον αντιπροσωπευτική αριθμητική τιμή του ασαφούς συνόλου L , ήτοι το ίχνος της κορυφής της συνάρτησης συμμετοχής του L στον οριζόντιο άξονα x .

Για παράδειγμα παρατηρώντας την Εικόνα 3.2.(δ) προκύπτει ότι $\gamma_{EL} = 0$, $\gamma_{VL} = 0.125$, $\gamma_L = 0.25$, κλπ.

Οι συνολικές αειφορίες για τις εταιρείες Α και Β προκύπτουν ως εξής :

$$SAFE(A) = \frac{0.5 \times 0.0322 + 0.625 \times 0.9678}{0.0322 + 0.9678} = \frac{0.62097}{1} = 0.62097$$

$$SAFE(B) = \frac{0.5 \times 0.0001 + 0.625 \times 0.9999}{0.0001 + 0.9999} = \frac{0.625}{1} = 0.62499$$

Πίνακας 3.3 Αριθμητικές τιμές σύνθετων δεικτών, διαστάσεων και συνολικής αειφορίας.

Δείκτες	Εταιρεία Α	Εταιρεία Β
ENV_GOV	0.75000	0.50000
ENV_POLL	0.99993	0.99998
WASTES	0.98720	0.99903
ECOS	0.83333	0.83267
SOCIAL	0.31534	0.72772
HEAL&SAFE	0.23143	0.25000
FINANCE	0.61466	0.70176
HUMS	0.34661	0.49713
SAFE_DAIRY	0.62097	0.62499

3.7 Ανάλυση ευαισθησίας

Η ανάλυση ευαισθησίας είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται για να εκτιμηθεί η επίδραση συγκεκριμένων μεταβλητών στην τελική αξιολόγηση ενός συστήματος. Στο πλαίσιο της αειφορίας, αυτή η διαδικασία βοηθά στη διαμόρφωση στρατηγικών και πολιτικών που εστιάζουν στους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν τη βιωσιμότητα μιας επιχείρησης. Μέσω της μεθόδου SAFE (Sustainability Assessment by Fuzzy Evaluation), υπολογίζεται η κλίση του συνολικού δείκτη βιωσιμότητας ως προς κάθε βασικό δείκτη. Αυτή η κλίση δείχνει ποιοι παράγοντες έχουν τη μεγαλύτερη επίδραση στη συνολική αξιολόγηση και συνεπώς, ποιες παρεμβάσεις μπορούν να βελτιώσουν ουσιαστικά τη βιωσιμότητα.

Συγκεκριμένα, για μια εταιρεία, οι κανονικοποιημένες τιμές βασικών δεικτών x_c όπου $c = 1, \dots, 23$, η συνολική βιωσιμότητα υπολογίζεται με βάση τη μεθοδολογία που περιγράφηκε και προκύπτει ο συνολικός δείκτης, έστω, $SAFE(x_1, \dots, x_c, \dots)$. Εάν ληφθούν μέτρα για τη βελτίωση ενός κανονικοποιημένου δείκτη, έστω, x_c κατά μια μικρή ποσότητα δ , τότε η νέα τιμή της βιωσιμότητας θα είναι υψηλότερη ή τουλάχιστον ίση με την προηγούμενη, λόγω της μονοτονικότητας του συστήματος SAFE. Η μεταβολή αυτή υπολογίζεται μέσω του πηλίκου διαφορών:

$$\Delta_c = \frac{SAFE(x_1, \dots, x_c + \delta, \dots) - SAFE(x_1, \dots, x_c, \dots)}{\delta}$$

όπου ο παρονομαστής είναι επίσης διαφορά $(x_c + \delta) - x_c$. Η ποσότητα Δ_c δείχνει το ρυθμό βελτίωσης της συνολικής βιωσιμότητας για κάθε δείκτη. Οι δείκτες ταξινομούνται κατά φθίνουσα σειρά της Δ_c , ώστε να εντοπιστούν οι πιο κρίσιμοι παράγοντες για την πρόοδο της βιωσιμότητας

Μια βασική αδυναμία της παραπάνω προσέγγισης είναι η μεροληψία υπέρ δεικτών που ανήκουν σε μικρές ομάδες αφού μία αύξηση ενός δείκτη κατά δ έχει περισσότερη επίπτωση στο αποτέλεσμα από όσο η ίδια αύξηση του δείκτη όταν ανήκει σε ομάδα με πολλούς δείκτες. Για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος, οι δείκτες ταξινομούνται με βάση το γινόμενο:

$$\Delta_c (1 - x_c),$$

όπου $1 - x_c$ είναι η απόσταση του δείκτη από την ιδανική τιμή βιωσιμότητας. Με αυτόν τον τρόπο, δίνεται προτεραιότητα σε δείκτες που έχουν τη μεγαλύτερη επίδραση και βρίσκονται σε μη βιώσιμες περιοχές.

Επαναλαμβάνουμε για λόγους πληρότητας τη μαθηματική ανάλυση των Phillis et al. (2011) που αιτιολογεί την επιλογή του συγκεκριμένου δείκτη. Έστω K ένα σύνολο για τους 23 δείκτες βιωσιμότητας x_c όπου $x_c \in [0,1]$. Ο κάθε δείκτης έχει ένα κόστος διατήρησης $K_c(x_c)$, το οποίο είναι αύξουσα συνάρτηση (δηλαδή, όσο αυξάνουμε το επίπεδο βιωσιμότητα x_c τόσο αυξάνεται και το κόστος του). Στόχος είναι η μεγιστοποίηση της συνολικής βιωσιμότητας SUM υπό τον περιορισμό ότι το διαθέσιμο συνολικό κόστος K κατανέμεται σε όλους τους δείκτες. Δηλαδή :

$$\max \text{SAFE_DAIRY}(x_1, \dots, x_c, \dots) \text{ υπό } K = \sum_{c=1}^{23} K_c(x_c)$$

Η παραπάνω ισότητα οδηγεί στο πρόβλημα χωρίς περιορισμούς :

$$\max \text{SAFE}(x_1, \dots, x_c, \dots) + \lambda [K - \sum_{c=1}^{23} K_c(x_c)]$$

όπου λ είναι ο πολλαπλασιαστής Lagrange. Κάνοντας παραγωγή ως προς κάθε x_c , προκύπτει η συνθήκη πρώτης τάξης

$$\frac{\partial \text{SAFE}}{\partial x_c} - \lambda \frac{dK_c(x_c)}{dx_c} = 0 \text{ για κάθε } c = 1, \dots, 23.$$

Για να είναι τα x_c ακρότατα πρέπει

$$D_c = \frac{\partial \text{SAFE}}{\partial x_c} \left[\frac{dK_c(x_c)}{dx_c} \right]^{-1} = \lambda$$

Η βέλτιστη πολιτική απαιτεί την εξισορρόπηση αυτών των τιμών D_c , δηλαδή μείωση των υψηλών και να αύξηση των χαμηλών, ώστε να γίνει καλύτερη κατανομή των πόρων.

Ο δείκτης D_c συγκρίνεται με τον δείκτη $\Delta_c (1 - x_c)$. Η μερική παράγωγος της συνολικής αιεφορίας που συμπεριλαμβάνεται στο δείκτη D_c προσεγγίζεται από τη διαιρεμένη διαφορά Δ_c . Επομένως, οι δύο δείκτες κατάταξης μπορούν να θεωρηθούν παρόμοιοι εάν οι συναρτήσεις κόστους ικανοποιούν:

$$\left[\frac{dK_c(x_c)}{dx_c} \right]^{-1} \approx B(1 - x_c)$$

για μία αυθαίρετη θετική σταθερά B . Τέτοια έκφραση προκύπτει αν διαφορίσουμε (και κατόπιν πάρουμε την αντίστροφη) την $K_c(x_c) \approx A_c - [\ln(1 - x_c)]/B$, όπου A_c μία αυθαίρετη παράμετρος κόστους που μπορεί να εξαρτάται από τον δείκτη c και B ενιαία για όλους τους δείκτες. Η έκφραση αυτή είναι μία γενική προσέγγιση μίας εξίσωσης κόστους και ικανοποιεί ορισμένες διαισθητικά επιθυμητές ιδιότητες. Για $x_c = 0 \Rightarrow -\ln(1 - x_c) = 0$ και $K_c(0) = 0$, μια εταιρεία δεν χρειάζεται να δαπανήσει πόρους για να κρατήσει μη βιώσιμο ένα δείκτη. Η συνάρτηση $-\ln(1 - x_c)$ είναι κυρτή και αύξουσα όπως και η συνάρτηση K_c .

Η βελτίωση της βιωσιμότητας απαιτεί πάντα ένα κόστος, και μάλιστα, όσο υψηλότερο είναι το επίπεδο βιωσιμότητας x_c , τόσο μεγαλύτερο είναι το επιπλέον κόστος για περαιτέρω βελτίωση. Αυτό σημαίνει ότι είναι συνήθως πιο εύκολο και λιγότερο δαπανηρό να αυξήσουμε έναν δείκτη που βρίσκεται σε χαμηλό επίπεδο παρά να πετύχουμε την ίδια αύξηση σε έναν ήδη υψηλό δείκτη. Ένα μειονέκτημα της συνάρτησης αυτής είναι ότι για $x_c \rightarrow 1$ έχουμε $K_c(1) \rightarrow \infty$ πράγμα που είναι μη ρεαλιστικό. Γενικά όμως η χρήση του δείκτη $\Delta_c(1-x_c)$ λαμβάνει υπόψη έστω και κατά προσέγγιση το κόστος βελτίωσης του κάθε δείκτη c και προσφέρει καλύτερη πληροφορία για τη λήψη αποφάσεων από τη χρήση μόνο του δείκτη Δ_c ο οποίος δεν λαμβάνει καθόλου υπόψη το κόστος επένδυσης για βελτίωση δεικτών αιεφορίας.

Η ανάλυση ευαισθησίας αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο για τη λήψη αποφάσεων που αφορούν τη αιεφορία. Επιτρέπει την ιεράρχηση των κρίσιμων παραγόντων και τη στοχευμένη βελτίωση δεικτών που μπορούν να προσφέρουν τη μεγαλύτερη δυνατή πρόοδο.

4 Αποτελέσματα

Στον παρακάτω πίνακα παρατίθεται η κατάταξη των δύο εταιρειών σύμφωνα με την συνολική αειφορία τους για τα έτη 2017-2022. Επιπλέον, καταγράφονται οι δείκτες που ήταν οι πιο καθοριστικοί στην συνολική αειφορία κάθε οργανισμού.

Πίνακας 4.1 Κατάταξη βιομηχανιών, ολική αειφορία, διαστάσεις και σημαντικότεροι δείκτες κάθε οργανισμού.

	Εταιρείες	SUM	HUMS	ECOS	Πιο σημαντικοί δείκτες	Πιο σημαντικός δείκτης
1	B	0.624	0.497	0.832	Θάνατοι, μισθός/εργαζόμενο, φύλο σε ανώτερες διοικητικές θέσεις, συμμόρφωση με περιβαλλοντικούς νόμους	Θάνατοι
2	A	0.620	0.346	0.833	Τραυματισμοί, πωλήσεις/εργαζόμενο, κέρδη/εργαζόμενο, θάνατοι	Τραυματισμοί

Ανάμεσα στις δύο εταιρείες αυτή που βρίσκεται στη πρώτη θέση είναι η εταιρεία B. Από την ανάλυση ευαισθησίας προέκυψαν οι πιο καθοριστικοί δείκτες για την συνολική αειφορία των οργανισμών.

Αυτοί είναι: $\frac{\text{Θάνατοι λόγω εργατικού ατυχήματος}}{200.000 \text{ ώρες εργασίας}}$ για την εταιρεία B, και $\frac{\text{Τραυματισμοί λόγω εργατικού ατυχήματος}}{1.000.000 \text{ ώρες εργασίας}}$ για την εταιρεία A. Άλλοι σημαντικοί δείκτες για τις επιχειρήσεις αυτές είναι η ισότητα των φύλων, η συμμόρφωση με περιβαλλοντικούς νόμους και η κερδοφορία.

5 Συμπεράσματα

Η παρούσα εργασία είχε ως στόχο την ανάλυση και σύνθεση της αειφορίας των ελληνικών γαλακτοβιομηχανιών. Ως ανάλυση εδώ ορίζεται η εκτίμηση της αειφορίας μίας επιχείρησης και ως σύνθεση η λήψη αποφάσεων βελτιστοποίησής της. Έγινε έρευνα και συλλογή δεδομένων των βασικών δεικτών της αειφορίας και έπειτα έγινε υπολογισμός της συνολικής αειφορίας των δύο γαλακτοβιομηχανιών και η σύγκριση τους. Με τη βοήθεια του μοντέλου Sustainability Assessment by Fuzzy Evaluation (SAFE), το οποίο βασίζεται στην ασαφή λογική, έγινε η κατάταξη των δυο οργανισμών στο διάστημα $[0,1]$. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας έδειξαν ως σημαντικότερους δείκτες τους: Θάνατοι, μισθός/εργαζόμενο, φύλο σε ανώτερες διοικητικές θέσεις, συμμόρφωση με περιβαλλοντικούς νόμους για την εταιρεία Β και για την εταιρεία Α τους: τραυματισμοί, πωλήσεις/εργαζόμενο, κέρδη/εργαζόμενο, θάνατοι. Ανάμεσα στις δύο βιομηχανίες γάλακτος, αυτή με τη μεγαλύτερη βαθμολογία αναδείχθηκε η Β.

Συνολικά, παρόλο που η διαδικασία αξιολόγησης μέσω του SAFE περιλαμβάνει έναν βαθμό υποκειμενικότητας στις βάσεις κανόνων και στις εισαγόμενες παραμέτρους, το μοντέλο αποδείχθηκε εξαιρετικά ευέλικτο, προσφέροντας τη δυνατότητα ανάλυσης ευαισθησίας – ένα χαρακτηριστικό που απουσιάζει από άλλα μοντέλα. Επιπλέον, το SAFE προσφέρει μια πολύπλευρη προσέγγιση της αειφορίας, επιτρέποντας τόσο μια συνολική όσο και μια λεπτομερή αποτίμηση των επιμέρους διαστάσεων της.

Συμπερασματικά, η ανάλυση και σύνθεση της αειφορίας των ελληνικών γαλακτοβιομηχανιών μέσω της μεθοδολογίας SAFE ανέδειξε τόσο τις προόδους όσο και τις προκλήσεις του κλάδου. Η ενίσχυση των βιώσιμων πρακτικών, η αξιοποίηση καινοτόμων τεχνολογιών και η υιοθέτηση μιας περισσότερο στρατηγικής προσέγγισης στην αειφορία μπορούν να συμβάλουν στην ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας και της μακροπρόθεσμης βιωσιμότητας του τομέα. Η εφαρμογή του μοντέλου SAFE σε μεγαλύτερη κλίμακα και σε διαφορετικούς κλάδους θα μπορούσε να προσφέρει επιπλέον χρήσιμες γνώσεις και να βελτιώσει τη διαδικασία λήψης αποφάσεων σε θέματα βιώσιμης ανάπτυξης.

6 Βιβλιογραφία

Department of Economic and Social Affairs, Sustainable Development. (n.d.). Retrieved from United Nations: <https://sdgs.un.org/goals>

Phillis, Y.A., & Andriantiatsaholainaina, L. . (2001). Sustainability: An ill-defined concept and its assessment using fuzzy logic. *Ecological Economics*, 37, pp. 435-456. Retrieved from [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(00\)00290-1](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(00)00290-1)

Kouikoglou, V. S., & Phillis, Y. A. (2011). Application of a fuzzy hierarchical model to the assessment of corporate social and environmental sustainability. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 18(4), 209-219.

Phillis, Y. A., & Davis, B. J. (2009). Assessment of corporate sustainability via fuzzy logic. *Journal of Intelligent and robotic systems*, 55, 3-20.

Phillis, Y. A., Grigoroudis, E., & Kouikoglou, V. S. (2011). Sustainability ranking and improvement of countries. *Ecological Economics*, 70(3), 542-553.