



**ΤΕΙ Κρήτης**  
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης

Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

Πτυχιακή εργασία

**Λογισμικό υπολογισμού γκραναζιών με την  
μέθοδο AGMA και σύγκριση με την μέθοδο  
Din3990**

Βασιλάκης Εμμανουήλ – Ραφαήλ

Επιβλέπων καθηγητής: Παπαδάκης Νικόλαος

Copyright ©: Βασιλάκης Εμμανουήλ Ραφαήλ 2018

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

## Ευχαριστίες

---

Με το πέρας της παρούσας πτυχιακής εργασίας ολοκληρώνεται ένα πολύ μεγάλο κεφάλαιο της ζωής μου ως φοιτητής του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών του ΤΕΙ Κρήτης. Θα ήθελα λοιπόν να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Νικόλαο Παπαδάκη για την ευκαιρία που μου έδωσε προσφέροντας μου το θέμα αυτής της εργασίας, αλλά και την οικογένεια μου για την στήριξη που μου παρέχει όλα αυτά τα χρόνια

## **Abstract**

---

The purpose of this dissertation is to compare two different calculation methods for a gear mesh (DIN 3990 and ANSI/AGMA). Also, part of the dissertation is the designing of a web application that will do the calculations automatically by using the ANSI/AGMA method.

The dissertation starts with a brief introduction about the project. In the second chapter, we use DIN 3990 to make calculations, while in the next chapter we use ANSI/AGMA for the same calculations. In chapter four, we compare the results and we reach a conclusion. After that, there is a description about the software's implementation and the conclusion that includes some ideas to improve the software. In the last chapter, there are the appendixes with the code for the software's implementation and some unit tests.

## Πρόλογος

---

Η παρούσα Πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της ολοκλήρωσης των σπουδών μου στο ΑΤΕΙ Κρήτης στην Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών στο τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. Σκοπός της εργασίας αυτής είναι ο σχεδιασμός μιας συναρμογής οδοντωτών τροχών με την χρήση δύο διαφορετικών μεθόδων υπολογισμού (κατά ANSI/AGMA και κατά DIN 3990) και η σύγκριση των δύο αυτών μεθόδων. Εκτός από αυτή την σύγκριση, μέρος της εργασίας είναι και η υλοποίηση μίας διαδικτυακής εφαρμογής υπολογισμού οδοντωτών τροχών με την χρήση της μεθόδου ANSI/AGMA. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια μικρή εισαγωγή, στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται ο υπολογισμός κατά DIN 3990, στην συνέχεια στο τρίτο κεφάλαιο χρησιμοποιείται η μέθοδος κατά ANSI/AGMA, ακολουθεί η σύγκριση των δυο μεθόδων στο τέταρτο κεφάλαιο, στο πέμπτο κεφάλαιο πραγματοποιείται μια μικρή αναφορά στον τρόπο υλοποίησης της διαδικτυακής εφαρμογής υπολογισμού, στο έκτο κεφάλαιο τα συμπεράσματα, ενώ στο τέλος υπάρχουν παραρτήματα που περιέχουν τον κώδικα με τον οποίο πραγματοποιείται η εφαρμογή.

## Περιεχόμενα

---

Ευχαριστίες.....	2
Abstract.....	3
Πρόλογος .....	4
Περιεχόμενα.....	5
Ευρετήριο πινάκων .....	9
1 Εισαγωγή .....	10
1.1 Σκοπός.....	10
1.2 Μεθοδολογία .....	10
1.2.1 Δεδομένα παραδείγματος.....	10
2 Υπολογισμός συναρμογής οδοντοτροχών κατά DIN 3990. ....	11
2.1 Υπολογισμός οδόντα σε θραύση.....	11
2.1.1 Υπολογισμός συντελεστή εφαρμογής $K_A$ .....	12
2.1.2 Υπολογισμός συντελεστή δυναμικών καταπονήσεων $K_v$ .....	13
2.1.3 Υπολογισμός μετωπικού συντελεστή κατανομής φορτίου για θραύση $K_{Fa}$ . ....	13
2.1.4 Υπολογισμός συντελεστή μορφής $Y_{Fa}$ .....	14
2.1.5 Υπολογισμός συντελεστή διόρθωσης της τάσης $Y_{Sa}$ .....	15
2.1.6 Υπολογισμός συντελεστή επικάλυψης $Y_\epsilon$ . ....	16
2.1.7 Υπολογισμός τάσης λειτουργίας $\sigma_F$ . ....	17
2.1.8 Υπολογισμός επιτρεπόμενης τάσης στον πόδα $\sigma_{FP}$ . ....	17
2.2 Υπολογισμός του οδόντα σε πίεση επιφανείας. ....	19
2.2.1 Υπολογισμός μετωπικού συντελεστή κατανομής φορτίου για πίεση επιφανείας $K_{Ha}$ . 19	20
2.2.2 Υπολογισμός συντελεστή ζώνης $Z_H$ . ....	20

2.2.3	Υπολογισμός συντελεστή υλικού $Z_M$ .	21
2.2.4	Υπολογισμός συντελεστή επικάλυψης $Z_\epsilon$ .	22
2.2.5	Ταση λειτουργείας για πίεση επιφανείας $\sigma_H$ .	22
2.2.6	Υπολογισμός επιτρεπόμενης τάσης για πίεση επιφανείας $\sigma_{HP}$ .	22
3	Υπολογισμός συναρμογής οδοντοτροχών σύμφωνα με το AGMA (American Gear Manufacturers Association).	24
3.1	Υπολογισμός οδόντα σε θραύση.	24
3.1.1	Υπολογισμός επαπτομενικού μεταδιδόμενου φορτίου $W^t$ .	24
3.1.2	Υπολογισμός δυναμικού συντελεστή $K_U$ .	25
3.1.3	Υπολογισμός συντελεστή αξιοπιστίας $Y_Z$ .	25
3.1.4	Υπολογισμός συντελεστή μεγέθους $K_S$ .	26
3.1.5	Υπολογισμός συντελεστή κατανομής φορτίου $K_H$ .	27
3.1.6	Υπολογισμός συντελεστή κύκλου φόρτισης $Y_N$ (για θραύση).	30
3.1.7	Υπολογισμός συντελεστή υπερφόρτωσης $K_o$ .	30
3.1.8	Υπολογισμός συντελεστή πάχους πλαισίου $K_B$ .	30
3.1.9	Υπολογισμός συντελεστή γεωμετρίας και $Y_J$ .	31
3.1.10	Υπολογισμός τάσης λειτουργίας σε θραύση.	32
3.1.11	Υπολογισμός επιτρεπόμενης τάσης για θραύση $\sigma_{all}$ .	32
3.1.12	Υπολογισμός συντελεστή ασφαλείας για καταπόνηση σε θραύση $S_F$ .	32
3.2	Υπολογισμός του οδόντα σε πίεση επιφανείας.	33
3.2.1	Συντελεστής ελαστικότητας $Z_E$ .	34
3.2.2	Υπολογισμός συντελεστή κατάστασης επιφανείας $Z_R$ .	34
3.2.3	Υπολογισμός συντελεστή κύκλου φόρτισης $Z_N$ (για πίεση επιφανείας).	34
3.2.4	Υπολογισμός συντελεστή γεωμετρίας $Z_I$ .	35
3.2.5	Υπολογισμός τάσης λειτουργίας για πίεση επιφανείας.	35

3.2.6	Υπολογισμός επιτρεπόμενης τάσης για πίεση επιφανείας.....	36
3.2.7	Υπολογισμός συντελεστή ασφαλείας για καταπόνηση σε πίεση επιφανείας $S_H$ ....	36
4	Σύγκριση - συμπεράσματα.....	37
4.1	Καταπόνηση σε θραύση.....	37
4.1.1	Θεωρητική Σύγκριση συντελεστών .....	37
4.1.2	Ποσοτική σύγκριση .....	39
4.2	Καταπόνηση σε πίεση επιφανείας.....	41
4.2.1	Θεωρητική Σύγκριση συντελεστών .....	41
4.2.2	Ποσοτική σύγκριση .....	43
4.3	Συμπεράσματα. ....	45
5	Διαδικτυακή εφαρμογή υπολογισμού σύμφωνα με την μέθοδο ANSI/AGMA. ....	46
5.1	Εισαγωγή.....	46
5.2	Υλοποίηση εφαρμογής.....	47
5.2.1	Διάγραμμα ιεραρχίας.....	47
5.3	Εγχειρίδιο χρήσης εφαρμογής.....	48
6	Συμπεράσματα.....	50
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α - Αρχεία HTML.....		51
1.	Odo-tabs.html.....	51
2.	gearing.html .....	73
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β – Αρχεία JavaScript.....		95
1.	GC_PinionCalc.js.....	95
2.	GC_GearCalc.js .....	98
3.	GC_ElasticCoefficient.js .....	101
4.	GC_GeometryFactors.js.....	104
5.	GC_LoadDistributionKH.js.....	108



6. GC_reliability.js.....	112
7. GC_Size.js .....	114
8. GC_StressCycle.js .....	117
9. npGC_kvcalc.js.....	121
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ – Tests.....	123
1. GC_GeometryTest.js .....	123
2. GC_LoadDistributionKHTest.js .....	124
3. GC_reliabilityTest.js.....	127
4. GC_sizeTest.js .....	129
5. GC_StressCycleTest.js.....	129
6. npGC_kvcalcTest.js.....	131
Βιβλιογραφία .....	132

## Ευρετήριο πινάκων

---

<b>Πίνακας 2-1</b> Συντελεστής εφαρμογής $K_A$ για 8ωρη ή (24ωρη) ημερήσια λειτουργία.(Πίνακας 1-7 Στεργίου.).....	12
<b>Πίνακας 2-2</b> Υλικά για οδοντωτούς τροχούς με ενδεικτικές τιμές αντοχής. (Πίνακας 1-9 Στεργίου.).....	18
<b>Πίνακας 2-3</b> Συντελεστής υλικού ZM (DIN 3990). .....	21
<b>Πίνακας 3-1</b> Συντελεστής αξιοπιστίας $Y_Z$ (ANSI/AGMA 2001-D04).....	26
<b>Πίνακας 3-2</b> Συντελεστής Lewis για γωνία πίεσης $20^\circ$ (Πίνακας 14-2 Shigley) .....	27
<b>Πίνακας 3-3</b> Συντελεστής ελαστικότητας $Z_E$ (AGMA 218.01).....	34
<b>Πίνακας 4-1</b> Πίνακας σύγκρισης μεγεθών για καταπόνηση σε θραύση.....	38
<b>Πίνακας 4-2</b> Πίνακας σύγκρισης αποτελεσμάτων για καταπόνηση σε θραύση.....	40
<b>Πίνακας 4-3</b> Πίνακας σύγκρισης τάσεων για καταπόνηση σε θραύση. ....	41
<b>Πίνακας 4-4</b> Πίνακας σύγκρισης μεγεθών για καταπόνηση σε πίεση επιφανείας. ....	43
<b>Πίνακας 4-5</b> Πίνακας σύγκρισης αποτελεσμάτων για καταπόνηση σε πίεση επιφανείας.....	44
<b>Πίνακας 4-6</b> Πίνακας σύγκρισης τάσεων. ....	45

# 1 Εισαγωγή

---

Η οδοντοκίνηση είναι μια διάταξη μετάδοσης της κίνησης με την βοήθεια οδοντωτών τροχών. Αυτή η μετάδοση πραγματοποιείται με την συμπλοκή των οδόντων του ενός τροχού με εκείνα του άλλου. Ανάλογα με την μορφή των τροχών και την θέση των αξόνων που συνδέουν, οι διατάξεις αυτές (μειωτήρες) λαμβάνουν και την ονομασία τους όπως μετωπικοί, κωνικοί, κοχλιωτοί κ.α. Υπάρχουν πολλά πρότυπα για τον υπολογισμό μίας οδοντοκίνησης. Κάθε ένα από αυτά έχει διαφορετική προσέγγιση δίνοντας έμφαση σε διαφορετικούς παράγοντες.

## 1.1 Σκοπός

Σκοπός μας είναι μέσα από αυτή τη σύγκριση των δυο προτύπων είναι να εξετάσουμε ποιοι είναι αυτοί οι παράγοντες και πως επηρεάζουν τα τελικά αποτελέσματα.

## 1.2 Μεθοδολογία

- Παρουσίαση παραδειγμάτων για DIN 3990 και AGMA.
- Για την σύγκριση τα υλικά θα παρθούν από το AGMA.
- Σύγκριση με τιμές αναφοράς το Din3990.

### 1.2.1 Δεδομένα παραδείγματος.

Θα υπολογίσουμε τον συντελεστή ασφαλείας ενός μειωτήρα με μετωπικούς ευθείς οδόντες για έναν κινητήρα ομοιόμορφης λειτουργίας ισχύος  $P = 5 \text{ kW}$  , στροφές στο πινιόν  $n_1 = 1400 \text{ rpm}$  , δόντια σε πινιόν και τροχό 18 και 41 αντίστοιχα , πλάτος οδόντα  $20 \text{ mm}$  , γωνία επαφής  $\phi = 20^\circ$  , μοντούλ  $m = 5 \text{ mm}$  και υλικό κατασκευής Nitralloy 135M με σκληρότητα 320 Brinell. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι υπολογισμοί στα παραδείγματα μας γίνονται μόνο για το πινιόν.

## 2 Υπολογισμός συναρμογής οδοντοτροχών κατά DIN 3990.

Οι παρακάτω υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με το βιβλίο των Ιωάννη και Κωνσταντίνου Στεργίου “Στοιχεία Μηχανών 2”.

### 2.1 Υπολογισμός οδόντα σε θραύση.

Ο υπολογισμός της τάσης που ασκείται στον πόδα του οδόντα πραγματοποιείται από την σχέση

$$\sigma_F = \frac{F_t}{b \cdot m} \cdot K_A \cdot K_V \cdot K_{Fa} \cdot Y_{Fa} \cdot Y_{Sa} \cdot Y_\varepsilon \leq \sigma_{FP} \approx \frac{\sigma_{Fl}}{S_F} \quad (2.1)$$

Η περιφερειακή δύναμη  $F_t$  υπολογίζεται από την σχέση

$$F_t = \frac{2000 \cdot T_1}{d_1} \quad (2.2)$$

όπου  $T_1$  η ροπή στρέψης στο πινιόν

$$T_1 = 9550 \cdot \frac{P_1}{n_1} = 9550 \cdot \frac{5}{1400} = 34.1 \text{ Nm} \quad (2.3)$$

και  $d_1$  η διάμετρος αρχικού κύκλου του πινιόν

$$d_1 = m \cdot Z_1 = 5 \cdot 18 = 90 \text{ mm} \quad (2.4)$$

Συνεπώς

$$F_t = \frac{2000 \cdot 34.1}{90} = 757,9 \text{ N}$$

2.1.1 Υπολογισμός συντελεστή εφαρμογής  $K_A$ 

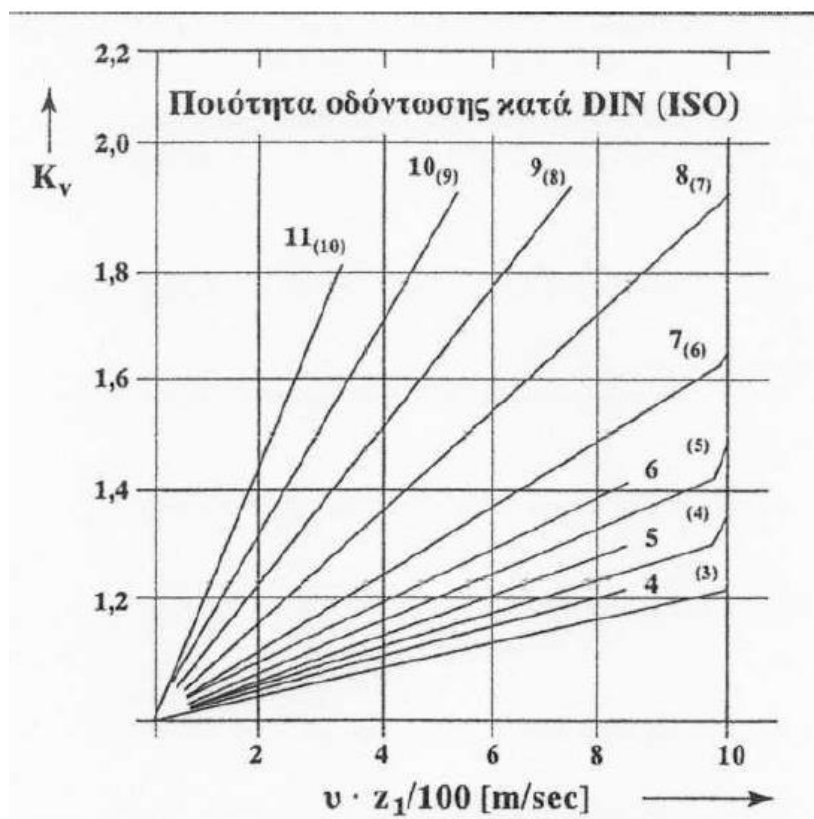
Από τον παρακάτω πίνακα για 8ωρη ομοιόμορφη ημερήσια λειτουργία προκύπτει  $K_A = 1$ .

Εργομηχανή	Κινητήρια μηχανή		
	Ομοιόμορφη κίνηση	Ελαφρές κρούσεις	Κρούσεις μέσο μεγέθους
	Ηλεκτροκινητήρας, ατμοστρόβιλος	Πολκύλινδρη εμβολοφόρος μηχανή	Μονοκύλινδρη εμβολοφόρος μηχανή
<b>Λειτουργία ομοιόμορφη.</b> (Π.χ. γεννήτριες, μειωτήρες πρόωσης, μεταφορικές ταινίες, ελαφρά αναβατόρια και βαρούλκα, στροβιλοφουσητήρες και συμπιεστές κ.α.)	1,0 (1,25)	1,25 (1,5)	1,5 (1,75)
<b>Λειτουργία με μέτριες κρούσεις.</b> (Π.χ. κύριες μεταδόσεις κίνησης, βαριά αναβατόρια, συστήματα περιστροφής γερανών, ανεμιστήρες ορυχείων, αντλίες διανομής κ.α. )	1,25 (1,5)	1,5 (1,75)	1,75 (2,0)
<b>Λειτουργία με ισχυρές κρούσεις.</b> (Π.χ. διατρητικά διαμορφωτικά μηχανήματα, ζυμωτήρια ελαστικού, μηχανές ελάστρων και μεταλλουργιών κ.α. )	1,75 (2,0)	2,0 (2,25)	2,25 (2,5)

**Πίνακας 2-1** Συντελεστής εφαρμογής  $K_A$  για 8ωρη ή (24ωρη) ημερήσια λειτουργία. (Πίνακας 1-7 Στεργίου.)

### 2.1.2 Υπολογισμός συντελεστή δυναμικών καταπονήσεων $K_v$ .

Για ακρίβεια κατασκευής οδόντωσης 8 και  $\frac{v \cdot z_1}{100} = 1,18$  από τον παρακάτω σχήμα έχω  $K_v = 1,1$ .



Σχήμα 2. 1 Συντελεστής δυναμικών καταπονήσεων  $K_v$  για οδ. τροχούς με ευθείς οδόντες (σχήμα 1-54 Στεργίου).

### 2.1.3 Υπολογισμός μετωπικού συντελεστή κατανομής φορτίου για θραύση $K_{Fa}$ .

Σύμφωνα με το βιβλίο για ευθείς οδόντες με συντελεστή ασφαλείας  $S_F \leq 2$  και ποιότητα οδόντωσης 8 η λεπτότερη λαμβάνεται  $K_{Fa} \approx 1$ . Για προσεγγιστικούς υπολογισμούς σε άλλες περιπτώσεις ισχύει  $K_{Fa} = 1/Y_\epsilon$  όπου  $Y_\epsilon = 0,25 + 0,75/\epsilon_\alpha$  για  $\epsilon_\alpha < 2$ . Ο βαθμός επικάλυψης

$$\epsilon_\alpha = \frac{ga}{Pe} = \frac{0,5 \cdot (\sqrt{da_1^2 + db_1^2} + \sqrt{da_2^2 + db_2^2}) - ad \cdot \eta_{μα}}{\pi \cdot m \cdot \sigma_{\nu\alpha}} \quad (2.5)$$

Διάμετρος βασικού κύκλου

$$d_b = d \cdot \sigma_{\nu a} \quad (2.6)$$

Διάμετρος κύκλου κεφαλής

$$d_a = d + 2 \cdot h_a \quad (2.7)$$

Ύψος κεφαλής

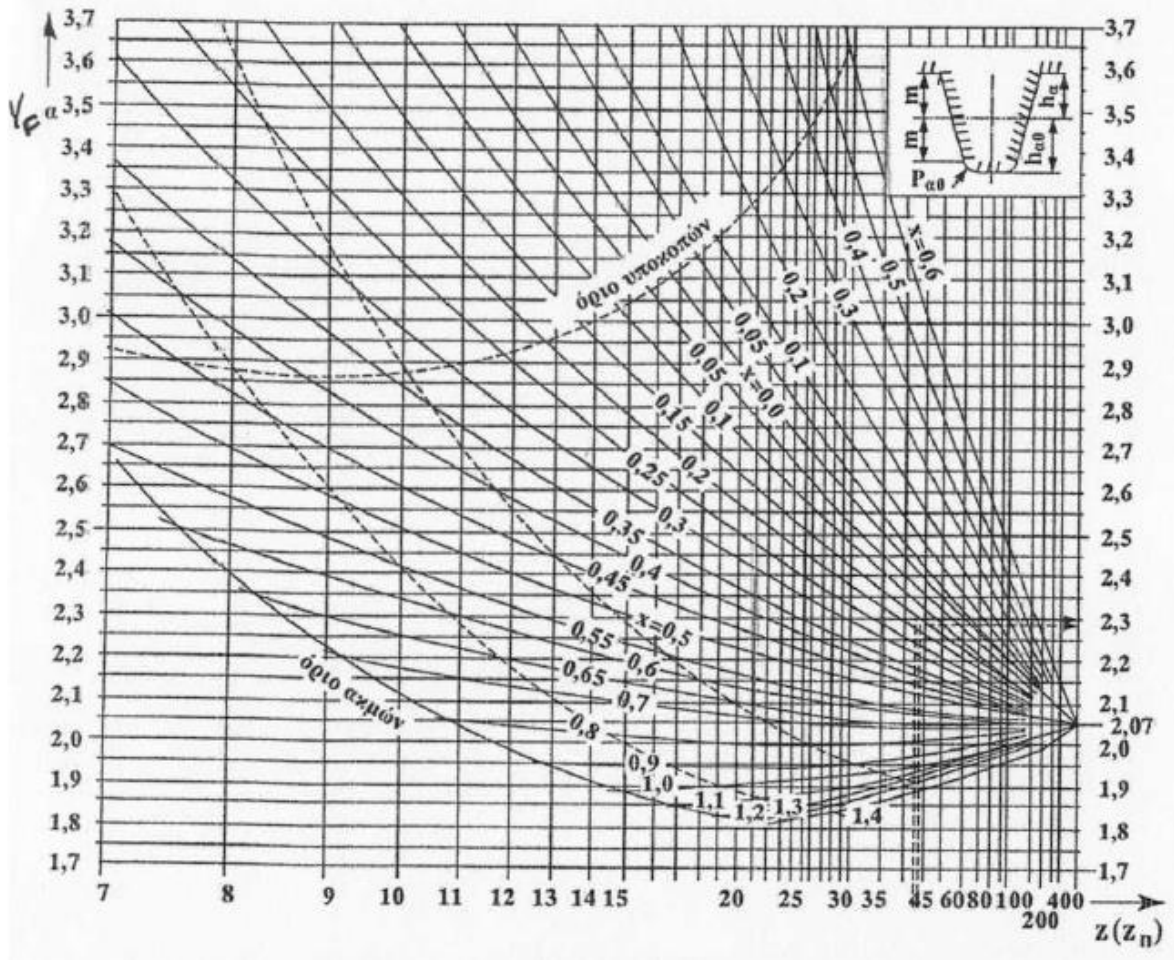
$$h_a = m \quad (2.8)$$

Συνεπώς στην περίπτωση μας  $K_{Fa} \cdot 1/Y_\epsilon = 1,4$ .

#### 2.1.4 Υπολογισμός συντελεστή μορφής $Y_{Fa}$ .

Ο συντελεστής μορφής  $Y_{Fa}$  εξαρτάται από το αριθμό των δοντιών αλλά και τον συντελεστή μετατόπισης  $\chi$  και λαμβάνεται από το σχήμα 2. 2.

Στο παράδειγμά μας για συντελεστή μετατόπισης  $\chi = 0$  και  $Z_1 = 18$   $Y_{Fa} = 3$ .

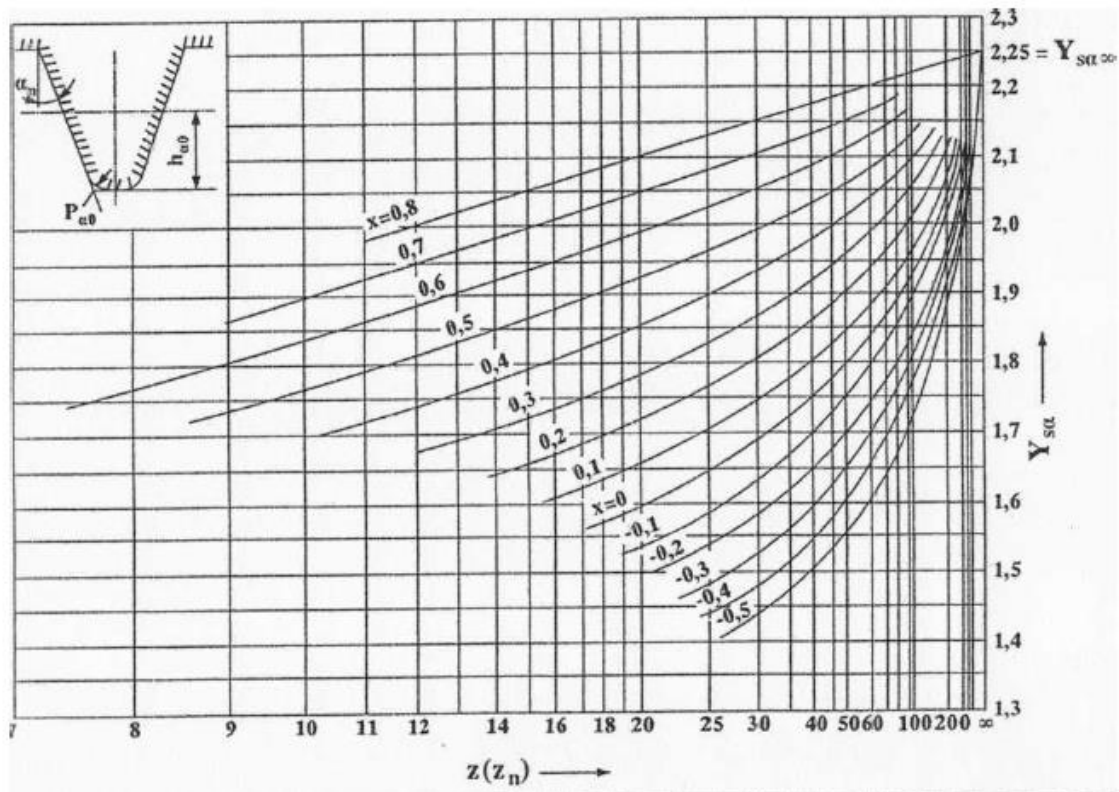


Σχήμα 2. 2 Συντελεστής μορφής  $Y_{Fa}$  για εξωτερική οδόντωση (σχήμα 1-55 Στεργίου).

2.1.5 Υπολογισμός συντελεστή διόρθωσης της τάσης  $Y_{Sa}$ .

Ο ίδιος είναι ο τρόπος υπολογισμού του συντελεστή διόρθωσης της τάσης  $Y_{Sa}$ . Χρησιμοποιώντας λοιπόν το σχήμα 2. 3 για  $\chi = 0$  και  $Z_1 = 18$   $Y_{Sa} = 1,57$ .





Σχήμα 2.3 Συντελεστής διόρθωσης τάσης  $Y_{Sa}$  για εξωτερική οδόντωση (σχήμα 1-56 Στεργίου).

### 2.1.6 Υπολογισμός συντελεστή επικάλυψης $Y_{\epsilon}$ .

Ο συντελεστής επικάλυψης  $Y_{\epsilon}$  υπολογίζεται από την σχέση

$$Y_{\epsilon} = 0,25 + \frac{0,75}{\epsilon_{\alpha}} \quad (2.9)$$

Για τον υπολογισμό του βαθμού επικάλυψης  $\epsilon_{\alpha}$  από την σχέση (2.5) χρειαζόμαστε:

- i. την διάμετρο αρχικού κύκλου για πινión και τροχό  $db_{1,2}$  (σχέση 2.6)
- ii. και την διάμετρο κύκλου κεφαλής για πινión και τροχό  $da_{1,2}$  (σχέση 2.7)

Διάμετρος αρχικού κύκλου πινión  $db_1 = 84,57 \text{ mm}$

Διάμετρος αρχικού κύκλου τροχού  $db_2 = 192,6 \text{ mm}$

Διάμετρος κύκλου κεφαλής πινión  $da_1 = 100 \text{ mm}$

Διάμετρος κύκλου κεφαλής πινión  $da_2 = 215 \text{ mm}$

Άρα ο βαθμός επικάλυψης  $\epsilon_{\alpha}$  είναι:

$$\varepsilon\alpha = \frac{0.5 \cdot \left( \sqrt{100^2 + 84,57^2} + \sqrt{215^2 + 192,6^2} \right) - 147,5 \cdot \eta\mu(20)}{3,14 \cdot 5 \cdot \sigma\upsilon\nu(20)} = 1,6$$

και κατά συνέπεια από την σχέση (2.9)  $Y_\varepsilon = 0,71$ .

### 2.1.7 Υπολογισμός τάσης λειτουργίας $\sigma_F$ .

Έτσι από την σχέση 2.1 καταλήγουμε πως η τάση που ασκείται στον πόδα του οδόντα είναι

$$\sigma_F = \frac{Ft}{b \cdot m} \cdot K_A \cdot K_V \cdot K_{Fa} \cdot Y_{Fa} \cdot Y_{Sa} \cdot Y_\varepsilon = 39,2 \text{ MPa}$$

### 2.1.8 Υπολογισμός επιτρεπόμενης τάσης στον πόδα $\sigma_{FP}$ .

Η επιτρεπόμενη τάση στον πόδα υπολογίζεται χωριστά για πινιόν και τροχό. Στην προκειμένη περίπτωση όπου μελετάμε μόνο το πινιόν θα πρέπει να υπολογίσουμε την  $\sigma_{FP}$  μόνο σε αυτό.

$$\sigma_{FP} = \frac{\sigma_{FI}}{S_F} \quad (2.10)$$

Η δυναμική αντοχή στον πόδα  $\sigma_{FI}$  λαμβάνεται από τον πίνακα 2. 2 και στην περίπτωσή μας για υλικό με  $\sigma_{FI} = 277,8 \text{ MPa}$ .

Επιλέγω συντελεστή ασφαλείας  $S_F = 1,8$  για συνεχή λειτουργία (σελ.:87 Στεργίου).

Άρα από την σχέση 2.10 έχουμε  $\sigma_{FP} = 154,3 \text{ MPa}$

$\sigma_F = 39,2 \text{ MPa} < \sigma_{FP} = 154,3 \text{ MPa}$
---

Ομάδα υλικού	Σύμβολο υλικού κατά DIN (παλαιό)	Σκληρότητα του τροχού στην επιφάνεια N/mm <sup>2</sup>	Δυναμική αντοχή	
			στον πόδα σε επαναλαμβανόμενο φορτίο σ <sub>H</sub> N/mm <sup>2</sup>	σε πίεση επιφανείας σ <sub>HI</sub> N/mm <sup>2</sup>
Χυτοσίδηρος με δισκοειδή γραφίτη	GG-20	1800 HB	80	300
	GG-25	2200 HB	110	360
Χυτοσίδηρος με σφαιροειδή γραφίτη	GGG-40	1800 HB	370	370
	GGG-60	2500 HB	450	490
	GGG-80	3200 HB	500	610
Μαύρος μαλακός χυτοσίδηρος	GTS-35	1500 HB	330	320
	GTS-65	2200 HB	410	460
Χυτοχάλυβες	GS-52	1600 HB	280	320
	GS-60	1750 HB	320	380
Χάλυβες κατασκευών	St50	1600 HB	320	370
	St60	1900 HB	350	430
	St70	2080 HB	510	460
Βελτιωμένοι χάλυβες	C45	1850 HV10	410	530
	34CrMo4	2700 HV10	520	530
	42CrMo4	3000 HV10	570	600
	34CrNiMo4	3100 HV10	610	630
Βελτιωμένοι χάλυβες, βαμμένοι με φλόγα ή επαγωγικά	C45	4200 HV10	620	710
	16MnCr5	5600 HV10	650	770
	42CrMo4	6100 HV10	680	830
	34Cr4	6500 HV10	900	1350
Βελτιωμένοι χάλυβες εναζωτωμένοι	42CrMo4	5500 HV10	770	1070
	16MnCr5	5500 HV10	810	1100
	31CrMoV9	7800 HV10	840	1230
Χάλυβες επιφανειακής βαφής	16MnCr5	7200 HV10	860	1470
	15CrNi6	7200 HV10	920	1490
	17CrNiMo6	7400 HV10	1000	1510

**Πίνακας 2-2** Υλικά για οδοντωτούς τροχούς με ενδεικτικές τιμές αντοχής. (Πίνακας 1-9 Στεργίου.)

## 2.2 Υπολογισμός του οδόντα σε πίεση επιφανείας.

Η πίεση επιφανείας που ασκείται και στους δύο τροχούς στην δυσμενέστερη περιοχή του οδόντα υπολογίζεται από την σχέση:

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{F_t}{b \cdot d_1} \cdot \frac{u+1}{u} \cdot K_A \cdot K_V \cdot K_{Ha} \cdot Z_H \cdot Z_M \cdot Z_\varepsilon} \leq \sigma_{HP} = \frac{\sigma_{H1}}{S_H} \quad (2.11)$$

$$U \text{ είναι ο λόγος του αριθμού οδόντων του τροχού προς του πινιόν } u = \frac{Z_2}{Z_1} \quad (2.12)$$

$$\text{Στην περίπτωση μας } u = \frac{41}{18} = 2,27$$

$K_A$  και  $K_V$  όπως 2.2.1 και 2.2.2 αντίστοιχα.

### 2.2.1 Υπολογισμός μετωπικού συντελεστή κατανομής φορτίου για πίεση επιφανείας $K_{Ha}$ .

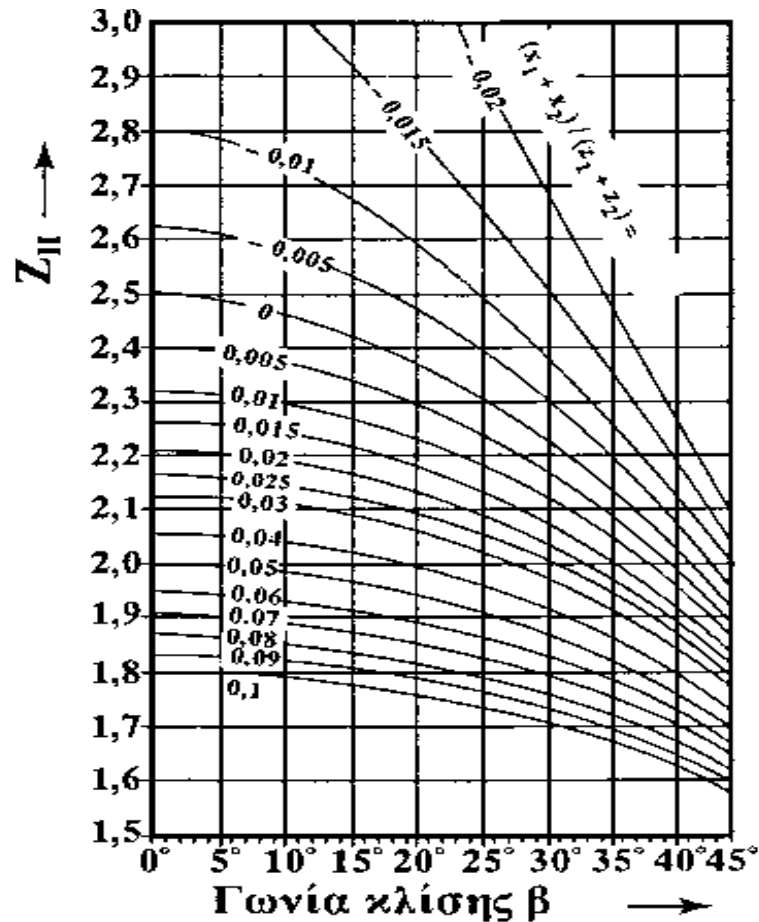
Σύμφωνα με το βιβλίο για ευθείς οδόντες με συντελεστή ασφαλείας για πίεση επιφανείας  $S_H \leq 1,3$  και ποιότητα οδόντωσης 8 η λεπτότερη, λαμβάνεται  $K_{Ha} \approx 1$ . Για προσεγγιστικούς υπολογισμούς

$$\text{και χονδρή οδόντωση ισχύει } K_{Ha} = 1/Z_\varepsilon^2 \text{ όπου } Z_\varepsilon = \sqrt{\frac{(4-\varepsilon_\alpha)}{3}}.$$

$$\text{Στην περίπτωση μας } K_{Ha} = 1/Z_\varepsilon^2 = 1,26.$$

### 2.2.2 Υπολογισμός συντελεστή ζώνης $Z_H$ .

Ο συντελεστής ζώνης  $Z_H$  λαμβάνεται από το σχήμα 2. 4 χρησιμοποιώντας την γωνία κλίσης  $\beta$  και τον λόγο  $\frac{\chi_1 + \chi_2}{Z_1 + Z_2}$ .



Σχήμα 2. 4 Συντελεστής ζώνης  $Z_H$ . (σχήμα 1-59 Στεργίου).

Για οδοντωτούς τροχούς με ευθείς οδόντες  $\beta = 0$ , χωρίς μετατόπιση ο λόγος  $\frac{\chi_1 + \chi_2}{Z_1 + Z_2} = 0$ . Συνεπώς έχουμε συντελεστή ζώνης  $Z_H = 2,5$ .

### 2.2.3 Υπολογισμός συντελεστή υλικού $Z_M$ .

Ο συντελεστής υλικού λαμβάνεται από τον πίνακα 2.3 και εξαρτάται από το μέτρο ελαστικότητας του υλικού που χρησιμοποιούμε.

Τροχός 1		Τροχός 2		
Υλικό	Μέτρο ελαστικότητας $N/mm^2$	Υλικό	Μέτρο ελαστικότητας MPa	$Z_M$ MPa
Χάλυβας	206000	Χάλυβας	206000	189,8
		Χυτοχάλυβας	202000	188,9
		Χυτοσίδηρος με σφαιροειδή γραφίτη	173000	181,4
		Χυτός κασσιτερούχος ορείχαλκος	103000	155,0
		Κασσιτερούχος ορείχαλκος	113000	159,8
		Χυτοσίδηρος με δισκοειδή γραφίτη	126000 έως 118000	165,4 έως 162,0
Χυτοχάλυβας	202000	Χυτοχάλυβας	202000	188,0
		Χυτοσίδηρος με σφαιροειδή γραφίτη	173000	180,5
		Χυτοσίδηρος με δισκοειδή γραφίτη	118000	161,4
Χυτοσίδηρος με σφαιροειδή γραφίτη	173000	Χυτοσίδηρος με σφαιροειδή γραφίτη	173000	173,9
		Χυτοσίδηρος με δισκοειδή γραφίτη	118000	156,6
Χυτοσίδηρος με δισκοειδή γραφίτη	126000 έως 118000	Χυτοσίδηρος με δισκοειδή γραφίτη	118000	146,0 έως 143,7
Χάλυβας	206000	Σκληρό πλέγμα με $\nu = 0,5$	7850 i.M.	56,4

**Πίνακας 2-3** Συντελεστής υλικού  $Z_M$  (DIN 3990).

Στην περίπτωση μας για χάλυβα με μέτρο ελαστικότητας  $206000 \text{ N/mm}^2$  παίρνουμε  $Z_M = 189,8 \sqrt{\text{N/mm}^2}$ .

#### 2.2.4 Υπολογισμός συντελεστή επικάλυψης $Z_\varepsilon$ .

Ο συντελεστής επικάλυψης  $Z_\varepsilon$  υπολογίζεται από την σχέση

$$Z_\varepsilon = \sqrt{\frac{(4-\varepsilon_\alpha)}{3}} \quad (2.13)$$

$\varepsilon_\alpha = 1,6$  ο βαθμός επικάλυψης από την σχέση 2.5.

Άρα στην περίπτωση μας  $Z_\varepsilon = 0,89$ .

#### 2.2.5 Τάση λειτουργείας για πίεση επιφανείας $\sigma_H$ .

Έτσι από την σχέση 2.11 καταλήγουμε πως η πίεση στην επιφάνεια της δυσμενέστερης περιοχής του οδόντα είναι

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{F_t}{b \cdot d_1} \cdot \frac{u+1}{u} \cdot K_A \cdot K_V \cdot K_{H\alpha} \cdot Z_H \cdot Z_M \cdot Z_\varepsilon} = 387,3 \text{ MPa}$$

#### 2.2.6 Υπολογισμός επιτρεπόμενης τάσης για πίεση επιφανείας $\sigma_{HP}$ .

Η μέγιστη επιτρεπόμενη τάση για πίεση επιφανείας δίνεται από την σχέση

$$\sigma_{HP} = \frac{\sigma_{HI}}{S_H} \quad (2.14)$$

Όπου  $\sigma_{HI}$  η αντοχή διάρκειας των κατανομών των οδόντων σε πίεση επιφανείας από τον πίνακα

2. 2. Στην περίπτωση μας για υλικό με  $\sigma_{HI} = 910 \text{ MPa}$ .

Επιλέγω συντελεστή ασφαλείας  $S_H = 1,3$  λόγο ακρίβειας υπολογισμών. Κατά μέσο όρο λαμβάνεται  $S_H \geq 1,35$  (σελ.: 90 Στεργίου).

Άρα από την σχέση 2.14 έχουμε  $\sigma_{HP} = 700 \text{ MPa}$

Έτσι από την σχέση 2.11 καταλήγουμε πως η πίεση επιφανείας στην δυσμενέστερη περιοχή του οδόντα είναι

$$\sigma_H = 387 \text{ MPa} < \sigma_{HP} = 700 \text{ MPa}$$



### 3 Υπολογισμός συναρμογής οδοντοτροχών σύμφωνα με το AGMA (American Gear Manufacturers Association).

---

Οι παρακάτω υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με το βιβλίο του Shigley Mechanical Engineering Design 9<sup>th</sup> edition.

#### 3.1 Υπολογισμός οδόντα σε θραύση.

Η σχέση από την οποία υπολογίζεται η καταπόνηση του οδόντα σε θραύση σύμφωνα με την μεθοδολογία του AGMA και το βιβλίο του Shigley Mechanical Engineering Design 9<sup>th</sup> edition σε μονάδες του SI είναι

$$\sigma = W^t \cdot K_O \cdot K_U \cdot K_S \cdot \frac{1}{b \cdot m} \cdot \frac{K_H \cdot K_B}{Y_J} \quad (3.1) \text{ (Shigley, eq.:14-15, σελ.:746)}$$

##### 3.1.1 Υπολογισμός εφαπτομενικού μεταδιδόμενου φορτίου $W^t$

Το εφαπτομενικό μεταδιδόμενο φορτίο  $W^t$  υπολογίζεται από την σχέση

$$W^t = \frac{H}{V} \quad (3.2)$$

$$\text{Με περιφερειακή ταχύτητα } V \text{ από την σχέση } V = \frac{\pi \cdot d_p \cdot n_p}{60} \quad (3.3)$$

όπου  $d_p$  η διάμετρος αρχικού κύκλου του πινιόν (η αντίστοιχη της  $d_1$ ) από την σχέση 2.4 χρησιμοποιούμενη σε μέτρα.

$$\text{Συνεπώς } V = \frac{3.14 \cdot 0.9 \cdot 1400}{60} = 6.6 \text{ m/sec}$$

$$\text{Άρα από την σχέση 4.2 το μεταδιδόμενο φορτίο } W^t = \frac{5000}{6.59} = 758 \text{ N}$$

### 3.1.2 Υπολογισμός δυναμικού συντελεστή $K_U$ .

Οι δυναμικοί συντελεστές χρησιμοποιούνται για την αντιμετώπιση ανακρίβειας κατά την κατασκευή και την εμπλοκή του οδοντωτού τροχού σε λειτουργεία.

Ο δυναμικός συντελεστής  $K_U$  υπολογίζεται από την σχέση

$$K_U = \left( \frac{A + \sqrt{200 \cdot V}}{A} \right)^B \quad (3.4) \text{ (Shigley, eq.:14-27, σελ.:756)}$$

όπου  $A = 50 + 56(1 - B)$  και

$$B = 0.25 \cdot (12 - Q_u)^{2/3} \quad (3.5) \text{ (Shigley, eq.:14-28, σελ.:756)}$$

Ο ποιοτικός αριθμός  $Q_u$  ορίστηκε για να αντιμετωπιστούν προβλήματα όπως οι δονήσεις του δοντιού λόγω της δυσκαμψίας του, η ανισορροπία των κινούμενων μερών, η τριβή ανάμεσα στα δόντια κ.α. Σύμφωνα με το βιβλίο αριθμοί από 3 έως 7 συμπεριλαμβάνουν τα περισσότερα τυποποιημένα γρανάζια, ενώ αριθμοί από το 8 έως το 12 λαμβάνονται για γρανάζια υψηλής ακρίβειας. Στην περίπτωση μας επιλέγουμε  $Q_u = 8$ .

Συνεπώς έχουμε από την σχέση 3.5 έχουμε

$$A = 70,7 \text{ και } B = 0,63$$

Άρα από την σχέση 3.4 έχουμε

$$K_U = 1,3$$

### 3.1.3 Υπολογισμός συντελεστή αξιοπιστίας $Y_Z$ .

Ο συντελεστής αξιοπιστίας  $Y_Z$  αντιπροσωπεύει το ποσοστό των αποτυχιών που οφείλονται στην κόπωση του υλικού και υπολογίζεται από την σχέση

$$Y_Z = \begin{cases} 0.658 - 0.0759 \ln(1 - R) & 0.5 < R < 0.99 \\ 0.50 - 0.109 \ln(1 - R) & 0.99 \leq R \leq 0.9999 \end{cases} \quad (3.6) \text{ (Shigley, eq.:14-38,}$$

σελ.:763)

Ο αριθμός αξιοπιστίας  $R$  είναι το ποσοστό επίτευξης των διαστάσεων που θα χρησιμοποιηθούν στους υπολογισμούς. Για τις βασικές τιμές η επιλογή του συντελεστή αξιοπιστίας  $Y_Z$  μπορεί να γίνει από τον πίνακα 3.1.

<i>Reliability</i>	$K_R(Y_Z)$
0.9999	1.50
0.999	1.25
0.99	1.00
0.90	0.85
0.50	0.70

**Πίνακας 3-1** Συντελεστής αξιοπιστίας  $Y_Z$  (ANSI/AGMA 2001-D04)

Στην περίπτωση μας για  $R = 0.9999$  λαμβάνεται  $Y_Z = 1,50$ .

### 3.1.4 Υπολογισμός συντελεστή μεγέθους $K_S$

Ο συντελεστής μεγέθους αντικατοπτρίζει την ανομοιομορφία των ιδιοτήτων του υλικού λόγω του μεγέθους του. Εξαρτάται από το μέγεθος των δοντιών, τη διάμετρο του τεμαχίου, την αναλογία του μεγέθους των δοντιών προς την διάμετρο του τεμαχίου, το πλάτος του δοντιού, την περιοχή της τάσης, τη σκληρότητα και τη θερμική επεξεργασία.

Ο AGMA προτείνει συντελεστή μεγέθους  $K_S$  μεγαλύτερο της μονάδας, ενώ σε περιπτώσεις όπου η επίδραση του μεγέθους είναι αμελητέα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και η μονάδα.

Ο υπολογισμός του συντελεστή μεγέθους  $K_S$  μπορεί να πραγματοποιηθεί από την σχέση

$$K_S = 0,904 \cdot \left(\frac{F \cdot \sqrt{Y}}{P}\right)^{0.0535} \quad (3.7) \text{ (Shigley, eq.: a, σελ.:759)}$$

Ο συντελεστής Lewis “ $Y$ ” μπορεί να ληφθεί από τον πίνακα 3.2 συναρτήσει του αριθμού των δοντιών του τεμαχίου. Στην περίπτωση μας για πινιόν με  $Z_1 = 18$  δόντια λαμβάνουμε

$$Y = 0,309.$$

Το διαμετρικό βήμα  $P$  διατυπώνει τον αριθμό των οδόντων που περιέχονται στην μονάδα μήκους της διαμέτρου του τεμαχίου και είναι  $P = 1/m$ . Στο παράδειγμα που μελετάμε  $m = 5 \text{ mm}$  άρα  $P = 0,2 \text{ δόντια/mm}$ .

Κατά συνέπεια  $K_S = 1,12$ .

Αριθμός δοντιών	Y	Αριθμός δοντιών	Y
12	0,245	28	0,353
13	0,261	30	0,359
14	0,277	34	0,371
15	0,290	38	0,384
16	0,296	43	0,397
17	0,303	50	0,409
18	0,309	60	0,422
19	0,314	75	0,435
20	0,322	100	0,447
21	0,328	150	0,460
22	0,331	300	0,472
24	0,337	400	0,480
26	0,346	Rack	0,485

*Πίνακας 3-2 Συντελεστής Lewis για γωνία πίεσης 20° (Πίνακας 14-2 Shigley)*

### 3.1.5 Υπολογισμός συντελεστή κατανομής φορτίου $K_H$

Ο συντελεστής κατανομής φορτίου  $K_H$  συμμετέχει στην μελέτη καταπόνησης των οδοντωτών τροχών αντικατοπτρίζοντας τις ανομοιομορφίες στην κατανομή του φορτίου κατά μήκος της γραμμής επαφής τους. Ο υπολογισμός του συντελεστή αυτού γίνεται από τη σχέση

$$K_H = 1 + C_{mc} \cdot (C_{pf} \cdot C_{pm} + C_{ma} \cdot C_e) \quad (3.7) \text{ (Shigley, eq.:14-30, σελ.:759)}$$

Ο συντελεστής διόρθωσης φορτίου  $C_{mc}$  από την σχέση

$$C_{mc} = \begin{cases} 1 & \text{για κανονικούς οδόντες} \\ 0,8 & \text{για οδόντες τύπου κορώνας} \end{cases} \quad (3.8) \text{ (Shigley, eq.:14-31, σελ.:760)}$$

Στην περίπτωση μας  $C_{mc} = 1$ .

Ο συντελεστής αναλογίας του πινιόν  $C_{pf}$  από την σχέση

$$C_{pf} = \begin{cases} \frac{F}{10d} - 0.025 & F \leq 1 \text{ in} \\ \frac{F}{10d} - 0.0375 + 0.0125F & 1 < F \leq 17 \text{ in} \\ \frac{F}{10d} - 0.1109 + 0.0207F - 0.000228F^2 & 17 < F \leq 40 \text{ in} \end{cases} \quad (3.9) \text{ (Shigley, eq.:14-}$$

32, σελ.:760)

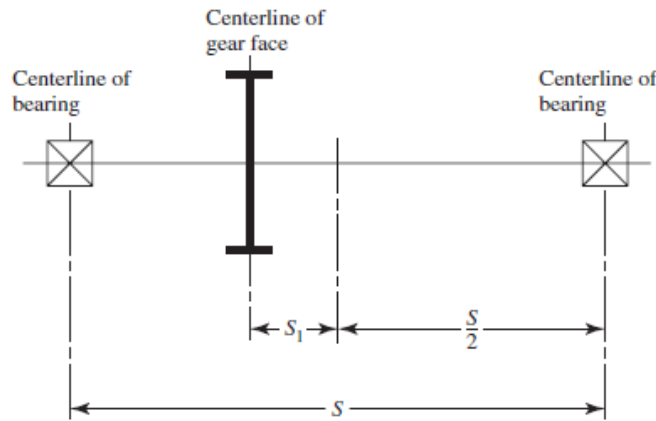
Για τιμές  $\frac{F}{10d} < 0,05$  λαμβάνεται  $\frac{F}{10d} = 0,05$ .

Στο παράδειγμα μας για  $F = 20 \text{ mm} < 1 \text{ in}$  και  $\frac{F}{10d} = 0,05$ ,  $C_{pf} = 0,025$ .

Ο τροποποιητής αναλογίας του πινιόν  $C_{pm}$  επιλέγεται με τα παρακάτω κριτήρια

$$C_{pm} = \begin{cases} 1 & \text{για } \frac{S_1}{S} < 0,175 \\ 1,1 & \text{για } \frac{S_1}{S} \geq 0,175 \end{cases} \quad (3.10) \text{ (Shigley, eq.:14-33 σελ.:760)}$$

Οι αποστάσεις  $S$  και  $S_1$  ορίζονται από το σχήμα 3.1.



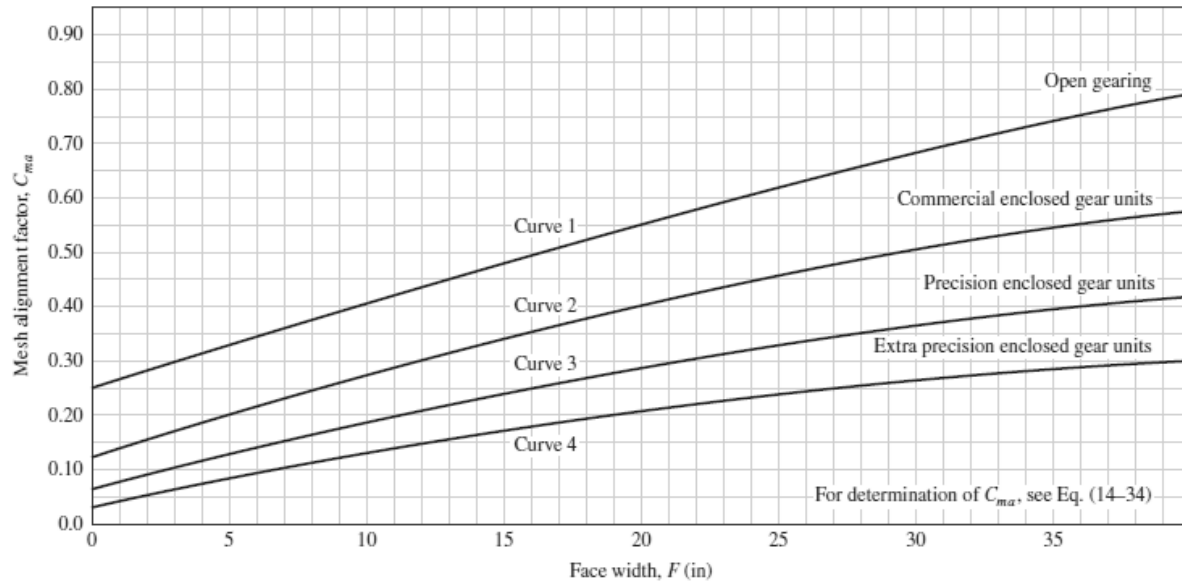
**Σχήμα 3. 1** Ορισμός αποστάσεων  $S$  και  $S_1$ . (Shigley, figure 14-10).

Στην περίπτωση μας  $C_{pm} = 1$ .

Ο συντελεστής ευθυγράμμισης  $C_{ma}$  λαμβάνεται από την σχέση

$$C_{ma} = A + BF + CF^2 \quad (3.11) \text{ (Shigley eq.:14-34, σελ.:760)}$$

ή από το σχήμα 4.2 μετατρέποντας το πλάτος  $F$  σε ίντσες.



Σχήμα 3. 2 Διάγραμμα συντελεστή ευθυγράμμισης  $C_{ma}$ . (Shigley, figure 14-11)

Στην περίπτωση μας για τυποποιημένες κλειστές μονάδες και  $F=0.78$  in (20mm) ο  $C_{ma} = 0,14$ .

Ο συντελεστής διόρθωσης ευθυγράμμισης  $C_e$  λαμβάνεται

$$C_e \begin{cases} 0,8 & \text{για περιπτώσεις βελτιωμένης συμβατότητας,} \\ & \text{ή προσαρμογής κατα την συναρμολόγηση} \\ 1 & \text{για όλες τις άλλες περιπτώσεις.} \end{cases} \quad (3.12) \text{ (Shigley, eq.:14-35)}$$

σελ.:760)

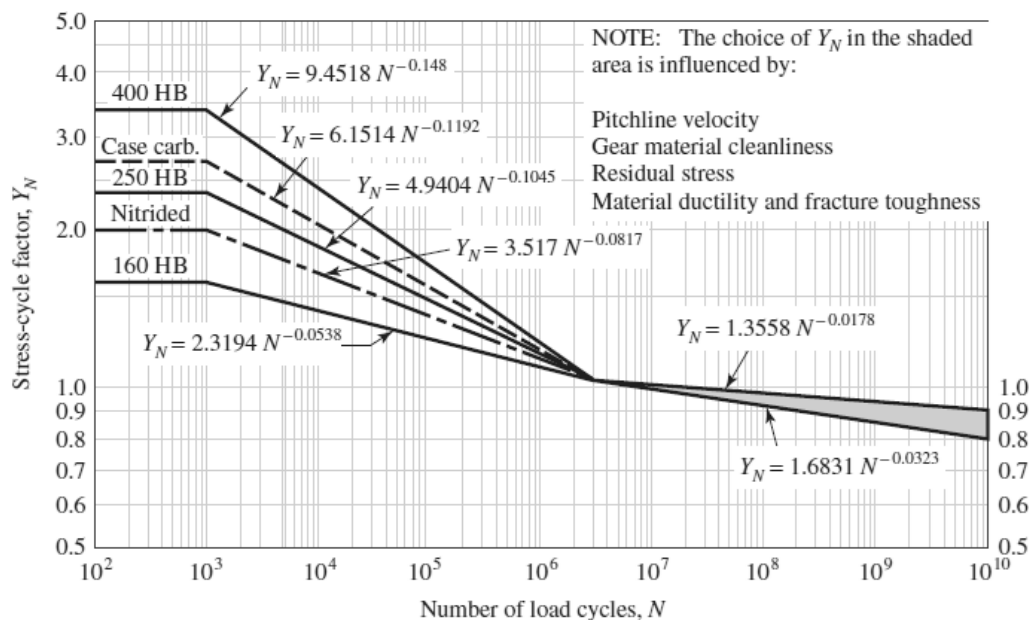
Στην περίπτωση μας  $C_e = 1$ .

Συνεπώς από την σχέση 4.7 έχουμε συντελεστής κατανομής φορτίου  $K_H = 1,16$ .

### 3.1.6 Υπολογισμός συντελεστή κύκλου φόρτισης $Y_N$ (για θραύση).

Σκοπός του συντελεστή  $Y_N$  είναι να τροποποιήσει την αντοχή του γραναζιού για κύκλους φόρτισης διαφορετικούς από  $10^7$  και λαμβάνεται από το παρακάτω σχήμα.

Στην περίπτωση μας για  $N = 10^7$   $Y_N = 1$ .



Σχήμα 3. 3 Διάγραμμα συντελεστή κύκλου φόρτισης  $Y_N$  (για θραύση). (Shigley, figure 14-14)

### 3.1.7 Υπολογισμός συντελεστή υπερφόρτωσης $K_o$ .

Ο συντελεστής υπερφόρτωσης λαμβάνει υπόψιν του τα επιπρόσθετα στο ονομαστικό ( $W^l$ ) μεταδιδόμενα φορτία, όπως μεταβολές της ροπής εξαιτίας της ανάφλεξης σε μια Μ.Ε.Κ. Στην περίπτωση μας λαμβάνουμε  $K_o = 1$ .

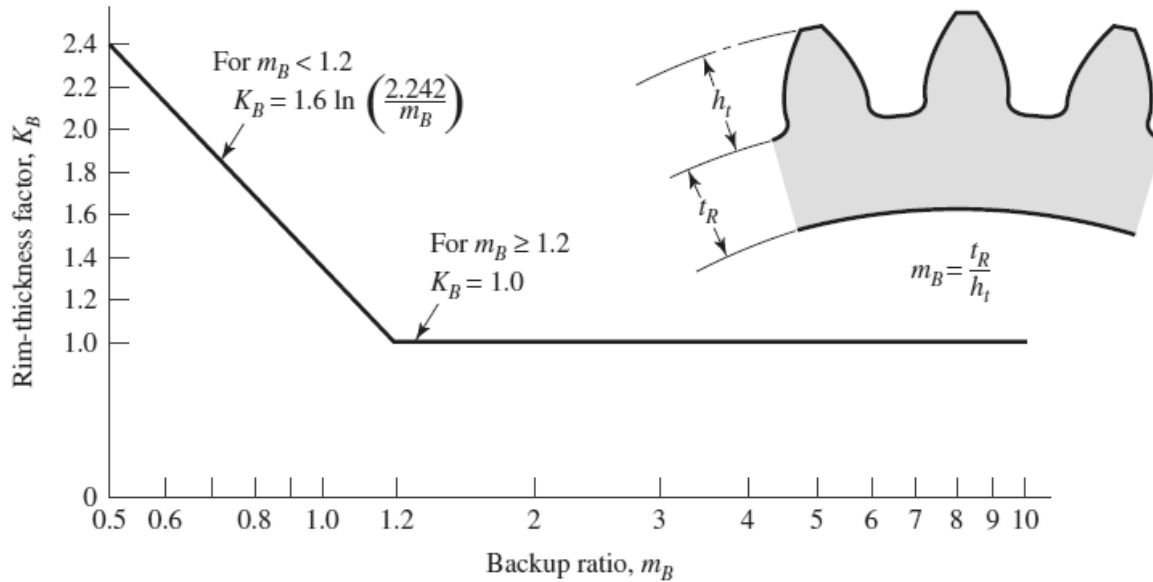
### 3.1.8 Υπολογισμός συντελεστή πάχους πλαισίου $K_B$ .

Ο συντελεστής πάχους πλαισίου ρυθμίζει την εκτιμώμενη τάση κάμψης στο πλαίσιο σε περίπτωση που έχουμε οδοντωτό τροχό σε σχήμα στεφάνης και υπολογίζεται από την σχέση

$$K_B = \begin{cases} 1,6 \ln \frac{2,242}{m_B} & m_B < 1,2 \\ 1 & m_B > 1,2 \end{cases} \quad (3.13) \text{ (Shigley, eq.:14-40, σελ.:764)}$$

όπου ο λόγος  $m_B = \frac{t_R}{h_t}$ , με την διάμετρο κύκλου πόδα  $t_R = d_p - 2 \cdot 1,16 \cdot m$  και με ύψος δοντιού  $h_t = 2,25 \cdot m$ .

Ο συντελεστής  $K_B$  λαμβάνεται επίσης από το σχήμα 3.3.



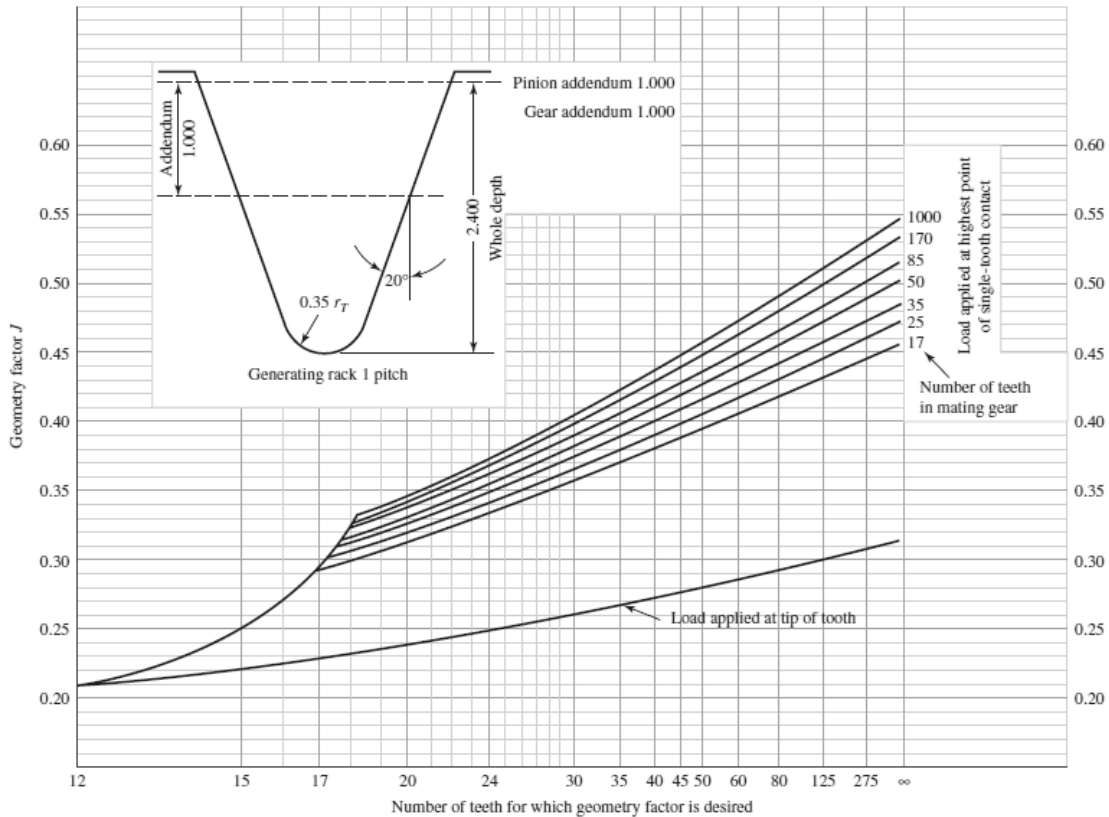
**Σχήμα 3. 3** Διάγραμμα συντελεστή πάχους πλαισίου  $K_B$ . (Shigley, figure 14-16)

Στην περίπτωση μας  $K_B = 1$ .

### 3.1.9 Υπολογισμός συντελεστή γεωμετρίας και $Y_J$ .

Ο συντελεστής γεωμετρίας  $Y_J$  λαμβάνεται από το σχήμα 3.4. Στην περίπτωση μας για  $N_p = 18$  και  $N_G = 41$  έχουμε  $Y_J = 0,3031$ .





Σχήμα 3. 4 Διάγραμμα συντελεστή γεωμετρίας  $Y_J$ . (Shigley, figure 14-6)

### 3.1.10 Υπολογισμός τάσης λειτουργίας σε θραύση.

Συνεπώς από την σχέση 3.1 έχουμε ότι η τάση που καταπονεί τον οδόντα σε θραύση είναι

$$\sigma = 42,3 \text{ MPa}$$

### 3.1.11 Υπολογισμός επιτρεπόμενης τάσης για θραύση $\sigma_{all}$ .

Η επιτρεπόμενη τιμή της τάσης για καταπόνηση σε θραύση είναι :

$$\sigma_{all} = \frac{S_t \cdot Y_N}{Y_\theta \cdot Y_Z} = 184.7 \text{ MPa}$$

### 3.1.12 Υπολογισμός συντελεστή ασφαλείας για καταπόνηση σε θραύση $S_F$ .

Ο συντελεστής ασφαλείας για καταπόνηση σε θραύση  $S_F$  υπολογίζεται από την σχέση

$$S_F = \frac{\sigma_{all}}{\sigma} \tag{3.14} \text{ (Shigley, eq.:14-41 σελ.:765)}$$

Ο συντελεστής επιφανειακής αντοχής  $S_t$  για πρώτης ποιότητας Nitralloy και μονάδες στο SI υπολογίζεται από την σχέση

$$S_t = 0,594H_B + 87,79 \text{ MPa} \quad (3.15) \text{ (πηγή: ANSI/AGMA 2001-D04 and 2104-D04)}$$

Για το υλικό που χρησιμοποιούμε (Nitralloy 135M) επιλέγουμε μια μέση σκληρότητα  $H_B = 320$  Brinell. Κατά συνέπεια έχουμε  $S_t = 277,8 \text{ MPa}$ .

Από τα παραπάνω λοιπόν λύνοντας την σχέση 3.14 έχουμε συντελεστή ασφαλείας για καταπόνηση σε πίεση επιφανείας

$S_F = 4,36$
--------------

### 3.2 Υπολογισμός του οδόντα σε πίεση επιφανείας.

Η σχέση από την οποία υπολογίζεται η καταπόνηση του οδόντα σε πίεση επιφανείας σύμφωνα με την μεθοδολογία και το βιβλίο που μελετάμε, σε μονάδες του SI είναι

$$\sigma_C = Z_E \cdot \sqrt{W^t \cdot K_O \cdot K_U \cdot K_S \cdot \frac{K_H}{d_P \cdot f} \cdot \frac{Z_R}{Z_I}} \quad (3.16) \text{ (Shigley, eq.:14-16, σελ.:746)}$$

### 3.2.1 Συντελεστής ελαστικότητας $Z_E$ .

Ο συντελεστής ελαστικότητας  $Z_E$  λαμβάνεται από τον πίνακα 3.3. Στην περίπτωση μας για χάλυβα έχουμε  $Z_E = 191 \sqrt{MPa}$ .

Υλικό του πινιόν	Μέτρο ελαστικότητας πινιόν MPa	Υλικό του τροχού					
		Χάλυβας	Μαλακός χυτοσίδηρος	Χυτοσίδηρος σφαιροειδούς γραφίτη	Χυτοσίδηρος	Κράμα χαλκού - αλουμινίου	Κασσιτερο ύχος ορείχαλκος
Χάλυβας	$2 \times 10^5$	191	181	179	174	162	158
Μαλακός χυτοσίδηρος	$1.7 \times 10^5$	181	174	172	168	158	154
2Χυτοσίδηρος σφαιροειδούς γραφίτη	$1.7 \times 10^5$	179	172	170	166	156	152
Χυτοσίδηρος	$1.5 \times 10^5$	174	168	166	163	154	149
Κράμα χαλκού - αλουμινίου	$1.2 \times 10^5$	162	158	156	154	145	141
Κασσιτερο ύχος ορείχαλκος	$1.1 \times 10^5$	158	154	152	149	141	137

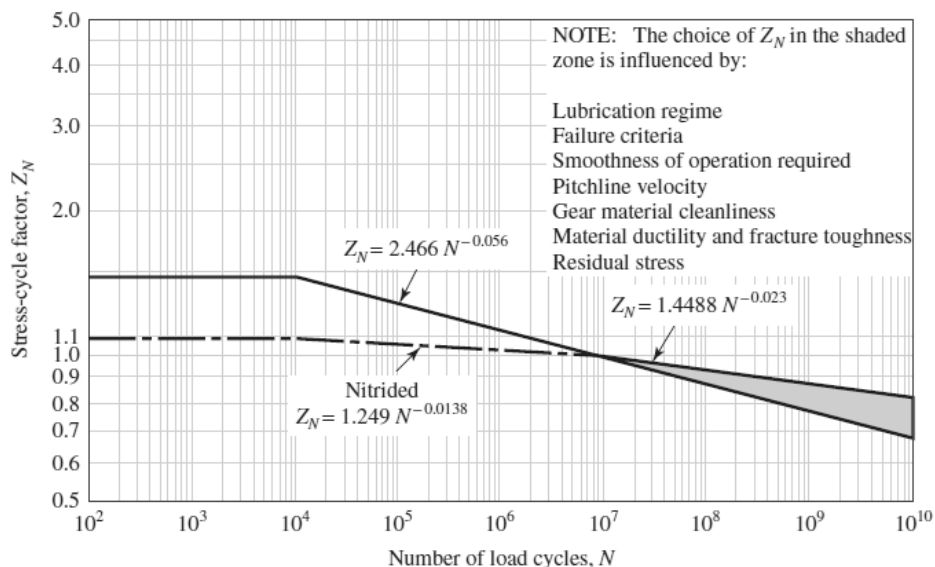
Πίνακας 3-3 Συντελεστής ελαστικότητας  $Z_E$  (AGMA 218.01)

### 3.2.2 Υπολογισμός συντελεστή κατάστασης επιφανείας $Z_R$ .

Ο συντελεστής κατάστασης επιφανείας  $Z_R$  εξαρτάται από το τελικό φινίρισμα της επιφάνειας και την πλαστική παραμόρφωση. Στην περίπτωση μας θεωρούμε ότι έχουμε εξαιρετικής ποιότητας φινίρισμα οπότε  $Z_R = 1$ .

### 3.2.3 Υπολογισμός συντελεστή κύκλου φόρτισης $Z_N$ (για πίεση επιφανείας).

Σκοπός του συντελεστή  $Z_N$  είναι να τροποποιήσει την αντοχή του γραναζιού για κύκλους φόρτισης διαφορετικούς από  $10^7$  και λαμβάνεται από το παρακάτω σχήμα. Στην περίπτωση μας για  $N = 10^7$   $Z_N = 1$ .



**Σχήμα 3. 5** Διάγραμμα συντελεστή κύκλου φόρτισης  $Z_N$  (για πίεση επιφανείας). (Shigley, figure 14-15)

### 3.2.4 Υπολογισμός συντελεστή γεωμετρίας $Z_I$ .

Ο συντελεστής γεωμετρίας  $Z_I$  υπολογίζεται από την σχέση

$$Z_I = \begin{cases} \frac{\cos(\varphi) \cdot \sin(\varphi)}{2 \cdot m_N} \cdot \frac{m_G}{m_G + 1} & \text{για εξωτερική οδόντωση.} \\ \frac{\cos(\varphi) \cdot \sin(\varphi)}{2 \cdot m_N} \cdot \frac{m_G}{m_G - 1} & \text{για εσωτερική οδόντωση.} \end{cases} \quad (3.17) \text{ (Shigley, eq.:14-23,}$$

σελ.:755)

Ο λόγος  $m_N$  χρησιμοποιείται μόνο για περιπτώσεις ελικοειδών οδόντων, συνεπώς στην περίπτωση μας ισούται με την μονάδα, ενώ ο λόγος των οδόντων  $m_G = \frac{N_G}{N_P} = \frac{41}{18} = 2,27$ .

Για εξωτερική οδόντωση λοιπόν έχουμε  $Z_I = \frac{\cos(\varphi) \cdot \sin(\varphi)}{2} \cdot \frac{m_G}{m_G + 1} = \frac{\cos(20) \cdot \sin(20)}{2} \cdot \frac{2,27}{2,27 + 1} = 0,11$ .

### 3.2.5 Υπολογισμός τάσης λειτουργίας για πίεση επιφανείας.

Τελικά από την σχέση 3.16 έχουμε ότι η καταπόνηση του οδόντα σε πίεση επιφανείας είναι

$\sigma_C = 482,7 \text{ MPa}$
--------------------------------

### 3.2.6 Υπολογισμός επιτρεπόμενης τάσης για πίεση επιφανείας.

Η επιτρεπόμενη τιμή της τάσης για καταπόνηση σε θραύση είναι :

$$\sigma_{\text{call}} = \frac{S_C \cdot Z_N \cdot C_H}{Y_\theta \cdot Y_Z} = 605,2 \text{ MPa}$$

Όπου ο λόγος σκληρότητας  $C_H$  χρησιμοποιείται μόνο στην περίπτωση του τροχού και όχι στο πινιόν. Συνεπώς στην περίπτωση μας όπου υπολογίζουμε την αντοχή μόνο του πινιόν ο λόγος  $C_H$  παραλείπεται.

### 3.2.7 Υπολογισμός συντελεστή ασφαλείας για καταπόνηση σε πίεση επιφανείας $S_H$ .

Ο συντελεστής ασφαλείας για καταπόνηση σε πίεση επιφανείας  $S_H$  υπολογίζεται από την σχέση

$$S_H = \frac{\sigma_{\text{call}}}{\sigma_C} \quad (3.18) \text{ (Shigley, eq.:14-42 σελ.:765)}$$

Ο συντελεστής επιφανειακής αντοχής  $S_C$  για διαμπερή σκλήρυνση και μονάδες στο SI υπολογίζεται από την σχέση

$$S_C = 2,22H_B + 200 \text{ MPa} \quad (3.19) \text{ (πηγή: ANSI/AGMA 2001-D04 and 2104-D04)}$$

Συνεπώς έχουμε  $S_C = 910,4 \text{ MPa}$ .

Από τα παραπάνω λοιπόν λύνοντας την σχέση 3.18 έχουμε συντελεστή ασφαλείας για καταπόνηση σε πίεση επιφανείας

$S_H = 1,25$
--------------

## 4 Σύγκριση - συμπεράσματα.

### 4.1 Καταπόνηση σε θραύση

#### 4.1.1 Θεωρητική Σύγκριση συντελεστών

A/A	Περιγραφή	DIN 3990	ANSI/AGMA
<b>Καταπόνηση σε θραύση</b>			
1	Περιφερειακή δύναμη (Transmitted load)	$F_t = \frac{2000 \cdot T_1}{d_1}$	$W^t = \frac{H}{V}$
2	Συντελεστής εφαρμογής Επίδραση των εξωτερικών εφαρμοζόμενων φορτίων που υπερβαίνουν το ονομαστικό	$K_A$ (Πίνακας 2.1)	Overload factor $K_O$
3	Δυναμικές καταπονήσεις που προέρχονται από ταλαντώσεις συνεργαζόμενων τροχών	Συντελεστής δυναμικών καταπονήσεων $K_V$ (σχήμα 2.1)	Dynamic factor $K_U = \left( \frac{A + \sqrt{200 * V}}{A} \right)^B$
4	Κατανομή φορτίου ανάμεσα στους οδόντες	Συντελεστής κατανομής φορτίου $K_{Fa}$	Load distribution factor $K_H = 1 + C_{mc} \cdot (C_{pf} \cdot C_{pm} + C_{ma} \cdot C_e)$
5	Επιρροή της μορφής του οδόντα στην τάση κάμψης	Συντελεστής μορφής $Y_{Fa}$ (σχήμα 2.2)	Lewis form factor $Y$ (πίνακας 3.2), Geometry factor $Y_j$ (σχήμα 3.4)
6	Επίδραση της καμπυλότητας του πόδα του οδόντα στην τάση	Συντελεστής διόρθωσης τάσης $Y_{Sa}$ (σχήμα 2.3)	-

7	Θέση εφαρμογής της δύναμης στον οδόντα σε σχέση με την θέση εφαρμογής στην κεφαλή του οδόντα	Συντελεστής επικάλυψης $Y_\epsilon = 0,25 + \frac{0,75}{\epsilon_\alpha}$	-
8	Διάρκεια ζωής-φόρτισης	-	Stress cycle factor $Y_N$ (σχήμα 3.3)
9	Αξιοπιστία	-	Reliability factor $Y_Z$ $= \begin{cases} 0.658 - 0.0759 \ln(1 - R) & 0.5 < R < 0.99 \\ 0.50 - 0.109 \ln(1 - R) & 0.99 \leq R \leq 0.9999 \end{cases}$
11	Συντελεστής θερμοκρασίας	-	$Y_\theta$
15	Επίδραση του μεγέθους του οδόντα στις ιδιότητες του υλικού του	-	Size factor $K_S = 0,904 \cdot \left( \frac{F \cdot \sqrt{Y}}{P} \right)^{0.0535}$
14	Διόρθωση τάσης στην περίπτωση όπου το πάχος της στεφάνης δεν είναι αρκετό να υποστηρίξει τον οδόντα	-	Rim-thickness factor $K_B = \begin{cases} 1,6 \ln \frac{2,242}{m_B} & m_B < 1,2 \\ 1 & m_B > 1,2 \end{cases}$

**Πίνακας 4-1** Πίνακας σύγκρισης μεγεθών για καταπόνηση σε θραύση.

Στον πίνακα 4-1 βλέπουμε τους τύπους υπολογισμού των συντελεστών και κάνουμε μία αντιστοίχιση στα κοινά σημεία όσων αφορά την καταπόνηση σε θραύση. Από τον παραπάνω πίνακα διακρίνουμε ότι και οι δύο μέθοδοι λαμβάνουν υπόψιν τους την περιφερειακή δύναμη, την επίδραση των εξωτερικών εφαρμοζόμενων φορτίων που υπερβαίνουν το ονομαστικό, τις δυναμικές καταπονήσεις, την κατανομή του φορτίου αλλά και την μορφή του οδόντα. Στις διαφορές στην προσέγγιση διακρίνουμε ότι από πλευράς DIN 3990 δεν υπάρχει πρόνοια γύρο από την διάρκεια φόρτισης, την αξιοπιστία, την θερμοκρασία αλλά και την επίδραση του μεγέθους του οδόντα στις ιδιότητες του υλικού.

## 4.1.2 Ποσοτική σύγκριση

A/A	Περιγραφή	DIN 3990	ANSI/AGMA	Ποσοστιαία διαφορά (%) $\left(\frac{DIN\ 3990-AGMA}{AGMA}\right) \cdot 100$
<b>Καταπόνηση σε θραύση</b>				
1	Περιφερειακή δύναμη (Transmitted load)	$F_t = 757,9$ [N]	$W^t = 757,9$ [N]	0
2	Συντελεστής εφαρμογής	$K_A = 1$	-	-
3	Δυναμικές καταπονήσεις που προέρχονται από ταλαντώσεις συνεργαζόμενων τροχών	Συντελεστής δυναμικών καταπονήσεων $K_v = 1,1$	Dynamic factor $K_v = 1,30$	18
4	Κατανομή φορτίου ανάμεσα στους οδόντες	Συντελεστής κατανομής φορτίου $K_{Fa} = 1,4$	Load distribution factor $K_H = 1,16$	-17
5	Επιρροή της μορφής του οδόντα στην τάση κάμψης	Συντελεστής μορφής $Y_{Fa} = 3$	Αντίστροφος του Lewis form factor $1/Y = 1/0,309$ , Geometry factor $1/Y_j = 1/0,3$	7
6	Επίδραση της καμπυλότητας του πόδα του οδόντα στην τάση	Συντελεστής διόρθωσης τάσης $Y_{Sa} = 1,57$	-	-
7	Θέση εφαρμογής της δύναμης στον οδόντα σε σχέση με την θέση εφαρμογής στην κεφαλή του οδόντα	Συντελεστής επικάλυψης $Y_E = 0,71$	-	-
8	Διάρκεια ζωής-φόρτισης	-	Stress cycle factor	-



			$Y_N = 1$	
9	Αξιοπιστία	-	Reliability factor $Y_Z = 1,5$	-
10	Επίδραση των εξωτερικών εφαρμοζόμενων φορτίων που υπερβαίνουν το ονομαστικό	-	Overload factor $K_O = 1$	-
11	Συντελεστής θερμοκρασίας	-	$Y_\Theta = 1$	-
12	Επίδραση του μεγέθους του οδόντα στις ιδιότητες του υλικού του	-	Size factor $K_S = 1,12$	-
13	Διόρθωση τάσης στην περίπτωση όπου το πάχος της στεφάνης δεν είναι αρκετό να υποστηρίξει τον οδόντα	-	Rim-thickness factor $K_B = 1$	-

**Πίνακας 4-2** Πίνακας σύγκρισης αποτελεσμάτων για καταπόνηση σε θραύση.

Στον πίνακα 4-2 βλέπουμε τις διαφορές στα αποτελέσματα των επιμέρους συντελεστών στον υπολογισμό της καταπόνησης σε θραύση. Διαπιστώνουμε λοιπόν ότι έχουμε ακριβώς ίδια τιμη όσων αφορά την περιφερειακή δύναμη και στην κατανομή του φορτίου έχουμε μια μικρή μείωση της τάξης του 17% για το AGMA. Αντίθετα, στην επιρροή της μορφής του οδόντα βλέπουμε αύξηση 7% αφού στον υπολογισμό της τάσης στην περίπτωση του AGMA χρησιμοποιούνται οι αντίστροφοι των συντελεστών  $Y$  και  $Y_J$ . Μεγαλύτερη αύξηση βλέπουμε στις δυναμικές καταπονήσεις όπου εκεί το ποσοστό είναι στο 18%.

Πρότυπο	Εξίσωση για τάση λειτουργίας	Επιτρεπόμενη τιμή
DIN 3990	$\sigma_F = \frac{Ft}{b \cdot m} \cdot K_A \cdot K_V \cdot K_{Fa} \cdot Y_{Fa} \cdot Y_{Sa} \cdot Y_\epsilon = 39 \text{ MPa}$	154 MPa
AGMA	$\sigma = W^t \cdot K_O \cdot K_U \cdot K_S \cdot \frac{1}{b \cdot m} \cdot \frac{K_H \cdot K_B}{Y_J} = 42,3 \text{ MPa}$	185 MPa

**Πίνακας 4-3** Πίνακας σύγκρισης τάσεων για καταπόνηση σε θραύση.

Στον πίνακα 4-3 διακρίνουμε τις διαφορές στις τιμές των τάσεων λειτουργίας αλλά και των μέγιστων επιτρεπόμενων τάσεων. Με σημείο αναφοράς το DIN 3990 φαίνεται να υπάρχει αύξηση της τάξης του 8% στην περίπτωση της τάσης λειτουργίας ενώ έχουμε 20,9 % αύξηση στην επιτρεπόμενη τάση. Βλέποντας αυτές τις διαφορές διαπιστώνουμε ότι η διαφορά στην προσέγγιση κυρίως γύρω από τις δυναμικές καταπονήσεις που είχαμε την μεγαλύτερη απόκλιση (18%) επιδρά σημαντικά στην τάση λειτουργίας, όπως και η αναλυτικότερη μελέτη πάνω στις δυναμικές καταπονήσεις που πραγματοποιεί το AGMA.

## 4.2 Καταπόνηση σε πίεση επιφανείας

### 4.2.1 Θεωρητική Σύγκριση συντελεστών

A/A	Καταπόνηση σε πίεση επιφανείας		
1	Περιφερειακή δύναμη (Transmitted load)	$F_t = \frac{2000 \cdot T_1}{d_1}$	$W^t = \frac{H}{V}$
2	Διάρκεια ζωής-φόρτισης	-	Stress cycle factor $Z_N$ (σχήμα 3.5)
3	Επιρροή της γεωμετρίας του οδόντα στην καταπόνηση	-	Geometry factor $Z_I$ $= \begin{cases} \frac{\cos(\varphi) \cdot \sin(\varphi)}{2 \cdot m_N} \cdot \frac{m_G}{m_G + 1} & \text{εξ/κή οδόντωση} \\ \frac{\cos(\varphi) \cdot \sin(\varphi)}{2 \cdot m_N} \cdot \frac{m_G}{m_G - 1} & \text{εσ/κή οδόντωση} \end{cases}$

4	Δυναμικές καταπονήσεις που προέρχονται από ταλαντώσεις συνεργαζόμενων τροχών	Συντελεστής δυναμικών καταπονήσεων $K_v$ (σχήμα 2.1)	Dynamic factor $K_U = \left( \frac{A + \sqrt{200 * V}}{A} \right)^B$
5	Κατανομή φορτίου ανάμεσα στους οδόντες	Συντελεστής κατανομής φορτίου $K_{Ha} = 1/Z\varepsilon^2$	Load distribution factor $K_H = 1 + C_{mc} \cdot (C_{pf} \cdot C_{pm} + C_{ma} \cdot C_e)$
6	Θέση εφαρμογής της δύναμης στον οδόντα σε σχέση με την θέση εφαρμογής στην κεφαλή του οδόντα	Συντελεστής επικάλυψης $Z_\varepsilon = \sqrt{\frac{4-\varepsilon\alpha}{3}}$	-
7	Καμπυλότητα στο σημείο κύλισης	Συντελεστής ζώνης $Z_H$ (σχήμα 2.4)	-
8	Συντελεστής θερμοκρασίας	-	$Y_\Theta$
9	Επίδραση της ελαστικότητας των υλικών των οδοντωτών τροχών	Συντελεστής υλικού $Z_M$ (Πίνακας 2.3)	Elastic Coefficient $Z_E$ (πίνακας 3.3)
10	Επίδραση των εξωτερικών εφαρμοζόμενων φορτίων που υπερβαίνουν το ονομαστικό	-	Overload factor $K_O$
11	Διόρθωση τάσης στην περίπτωση όπου το πάχος της στεφάνης δεν είναι αρκετό να υποστηρίξει τον οδόντα	-	Rim-thickness factor $K_B = \begin{cases} 1,6 \ln \frac{2,242}{m_B} & m_B < 1,2 \\ 1 & m_B > 1,2 \end{cases}$

12	Επίδραση του μεγέθους του οδόντα στις ιδιότητες του υλικού του	-	Size factor $K_S = 0,904 \cdot \left( \frac{F \cdot \sqrt{Y}}{P} \right)^{0.0535}$
----	--	---	---

**Πίνακας 4-4** Πίνακας σύγκρισης μεγεθών για καταπόνηση σε πίεση επιφανείας.

Στον πίνακα 4-4 φαίνονται οι τύποι υπολογισμού των συντελεστών και η αντιστοίχιση στα κοινά σημεία όσων αφορά την καταπόνηση σε πίεση επιφανείας. Βλέπουμε και εδώ κάποιους κοινούς συντελεστές που συναντήσαμε και στον πίνακα 4-1 στην καταπόνηση σε θραύση όπως την περιφερειακή δύναμη, την επίδραση των εξωτερικών εφαρμοζόμενων φορτίων που υπερβαίνουν το ονομαστικό, τις δυναμικές καταπονήσεις, την κατανομή του φορτίου και την μορφή του οδόντα, αλλά διαπιστώνουμε ότι κοινό σημείο αναφοράς στην καταπόνηση σε πίεση επιφανείας αποτελεί και η επίδραση της ελαστικότητας του υλικού. Αντίθετα βλέπουμε ότι το DIN 3990 δεν συμπεριλαμβάνει στους υπολογισμούς την επίδραση των εξωτερικών εφαρμοζόμενων φορτίων και το πάχος της στεφάνης και την επίδραση της γεωμετρίας του οδόντα στην καταπόνηση ενώ το AGMA δεν λαμβάνει υπόψιν του την θέση εφαρμογής της δύναμης στον οδόντα σε σχέση με την θέση εφαρμογής στην κεφαλή του οδόντα και την καμπυλότητα στο σημείο κύλισης.

#### 4.2.2 Ποσοτική σύγκριση

A/A	Καταπόνηση σε πίεση επιφανείας			
1	Περιφερειακή δύναμη (Transmitted load)	$F_t = 757,9$ [N]	$W^t = 757,9$ [N]	0
2	Διάρκεια ζωής-φόρτισης	-	Stress cycle factor $Z_N = 1$	-
3	Επιρροή της γεωμετρίας του οδόντα στην καταπόνηση	-	Geometry factor $Z_I = 0,11$	-
4	Δυναμικές καταπονήσεις που προέρχονται από ταλαντώσεις συνεργαζόμενων τροχών	Συντελεστής δυναμικών καταπονήσεων $K_v = 1,1$	Dynamic factor $K_v = 1,3$	18

5	Κατανομή φορτίου ανάμεσα στους οδόντες	Συντελεστής κατανομής φορτίου $K_{Ha} = 1,26$	Load distribution factor $K_H = 1,16$	-7.9
6	Θέση εφαρμογής της δύναμης στον οδόντα σε σχέση με την θέση εφαρμογής στην κεφαλή του οδόντα	Συντελεστής επικάλυψης $Y_E = 0,71$	-	-
7	Καμπυλότητα στο σημείο κύλισης	Συντελεστής ζώνης $Z_H = 2,5$	-	-
8	Συντελεστής θερμοκρασίας	-	$Y_\theta = 1$	-
9	Επίδραση της ελαστικότητας των υλικών των οδοντωτών τροχών	Συντελεστής υλικού $Z_M = 190$	Elastic Coefficient $Z_E = 191$	0,5
10	Επίδραση των εξωτερικών εφαρμοζόμενων φορτίων που υπερβαίνουν το ονομαστικό	-	Overload factor $K_O = 1$	-
11	Διόρθωση τάσης στην περίπτωση όπου το πάχος της στεφάνης δεν είναι αρκετό να υποστηρίξει τον οδόντα	-	Rim-thickness factor $K_B = 1$	-
12	Επίδραση του μεγέθους του οδόντα στις ιδιότητες του υλικού του	-	Size factor $K_S = 1,12$	-

**Πίνακας 4-5** Πίνακας σύγκρισης αποτελεσμάτων για καταπόνηση σε πίεση επιφανείας.

Στον πίνακα 4-5 βλέπουμε τις διαφορές στα αποτελέσματα των συντελεστών στον υπολογισμό της καταπόνησης σε πίεση επιφανείας. Εδώ, πέρα από τους συντελεστές που συναντάμε και στον υπολογισμό σε θραύση για τις διαφορές των οποίων μιλήσαμε στην ενότητα 4.1 διαπιστώνουμε ότι έχουμε σχεδόν ίδια τιμή και στην επίδραση της ελαστικότητας του υλικού των οδοντωτών τροχών αφού η διαφορά είναι στο 0,5% .

Πρότυπο	Εξίσωση για τάση λειτουργίας	Επιτρεπόμενη τιμή
DIN 3990	$\sigma_H = \sqrt{\frac{F_t}{b \cdot d_1} \cdot \frac{u+1}{u} \cdot K_A \cdot K_V \cdot K_{Ha} \cdot Z_H \cdot Z_M \cdot Z_\varepsilon} = 387 \text{ MPa}$	700 MPa
AGMA	$\sigma_C = Z_E \cdot \sqrt{W^t \cdot K_O \cdot K_U \cdot K_S \cdot \frac{K_H}{d_p \cdot f} \cdot \frac{Z_R}{Z_I}} = 483 \text{ MPa}$	605 MPa

**Πίνακας 4-6** Πίνακας σύγκρισης τάσεων.

Στον πίνακα 4-6 διακρίνουμε τις διαφορές στις τιμές των τάσεων λειτουργίας αλλά και των μέγιστων επιτρεπόμενων τάσεων στον υπολογισμό σε πίεση επιφανείας. Με σημείο αναφοράς το DIN 3990 φαίνεται να υπάρχει αύξηση της τάξης του 24.8% στην περίπτωση της τάσης λειτουργίας ενώ έχουμε 13,6 % μείωση στην επιτρεπόμενη τάση. Εδώ, οι διαφορές είναι μικρότερες, ωστόσο, βλέπουμε και πάλι ότι η κύριες αιτίες αύξησης βρίσκονται στις δυναμικές καταπονήσεις και στην κατανομή του φορτίου.

### 4.3 Συμπεράσματα.

Μετά το πέρας των υπολογισμών και για τις δύο μεθόδους διακρίνουμε ότι το DIN 3990 δεν λαμβάνει υπόψιν του την επιθυμητή διάρκεια ζωής των οδοντοτροχών και τις ατέλειες κατά την διαδικασία παραγωγής τους, αλλά δίνει έμφαση στα γεωμετρικά τους χαρακτηριστικά. Κοινά σημεία εστίασης πέρα από την γεωμετρία αποτελούν οι συνθήκες λειτουργίας όπως το περιβάλλον, η ύπαρξη κραδασμών, η κατανομή του φορτίου, αλλά όχι η θερμοκρασία την οποία συμπεριλαμβάνει στους υπολογισμούς μόνο το AGMA.

Εν κατακλείδι βλέπουμε ότι έχουμε να κάνουμε με δύο εξίσου αξιόπιστες μεθόδους υπολογισμού που ωστόσο έχουν αρκετές διαφορές στην προσέγγιση αλλά και στα τελικά αποτελέσματα.

## **5 Διαδικτυακή εφαρμογή υπολογισμού σύμφωνα με την μέθοδο ANSI/AGMA.**

---

### **5.1 Εισαγωγή.**

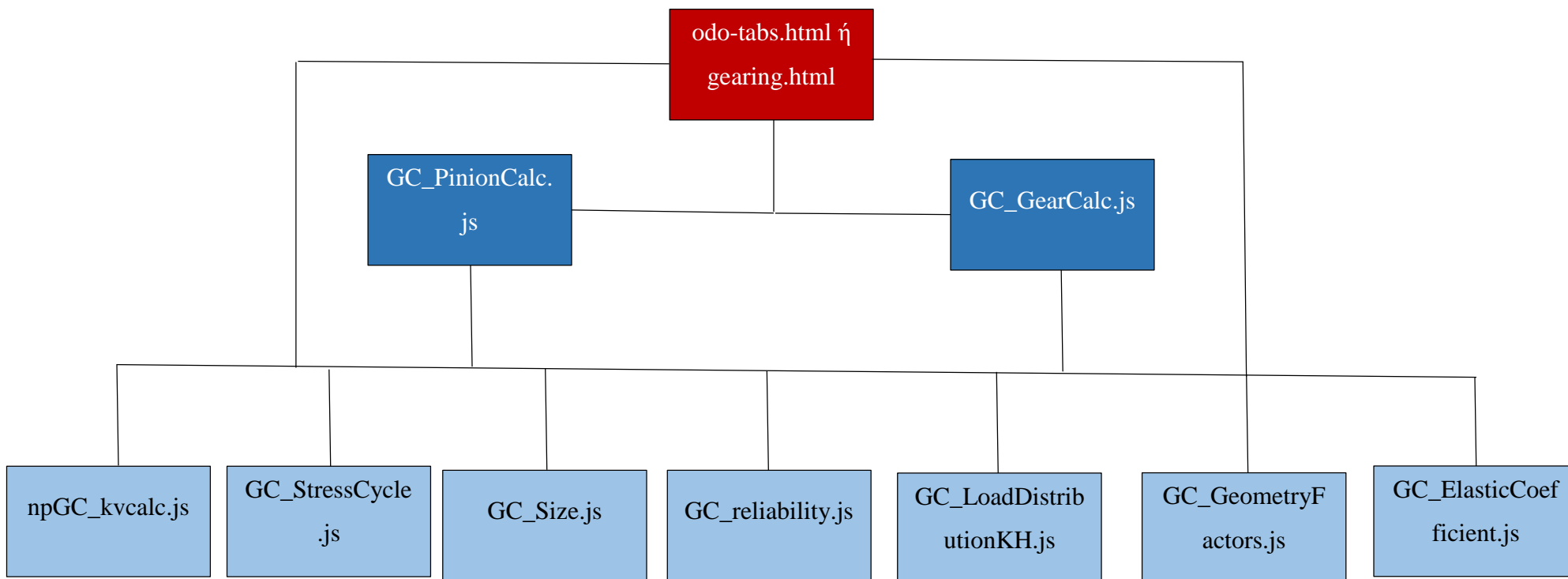
Σκοπός της εφαρμογής αυτής είναι η σημαντική εξοικονόμηση χρόνου για τον κατασκευαστή, καθώς η σχεδίαση μιας μετάδοσης της κίνησης μέσω οδοντωτών τροχών απαιτεί πολλούς υπολογισμούς και έρευνα, για την επιλογή διάφορων συντελεστών που είναι αναγκαίοι για την υλοποίηση της.

Η γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιήθηκε ήταν η Javascript. Η επιλογή της Javascript έγινε γιατί είναι ίσως η δημοφιλέστερη γλώσσα προγραμματισμού για διαδικτυακές εφαρμογές, είναι εύχρηστη και υπάρχει πολύ υλικό στο διαδίκτυο για να μάθει κανείς να την χειρίζεται.

Η εφαρμογή δεν θα μπορούσε να υλοποιηθεί χωρίς την χρήση ενός προγράμματος γραφής κώδικα. Για τον σκοπό αυτό επιλέχθηκε το Visual Studio Code, ένα πρόγραμμα με πολλές δυνατότητες και εύκολο στην χρήση.

## 5.2 Υλοποίηση εφαρμογής.

### 5.2.1 Διάγραμμα ιεραρχίας.





### 5.3 Εγχειρίδιο χρήσης εφαρμογής.

Η χρήση της εφαρμογής είναι εξαιρετικά απλή και δεν απαιτεί ιδιαίτερες γνώσεις στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Το μόνο που έχει να κάνει ο χρήστης είναι να συμπληρώσει τα πεδία της στήλης “Value” με τα κατάλληλα δεδομένα.

	Value	Units
I	5000	[W]
n	5	[mm]

Εικόνα 5-1

Σημαντικό είναι ότι παρέχεται στον χρήστη η δυνατότητα υπολογισμού είτε μόνο του πινιόν είτε μόνο του τροχού είτε και των δύο με την χρήση του κατάλληλου κουμπιού (εικόνα 5-2)

Υπολογισμός πινιόν. — Pinion — Υπολογισμός και των δύο. — Gear — Υπολογισμός τροχού. — Both

Pinion		
stress (Mpa)	Contact stress (Mpa)	Bendin
or bending stress Sf	Safety factor for Contact stress SH	Safety factor

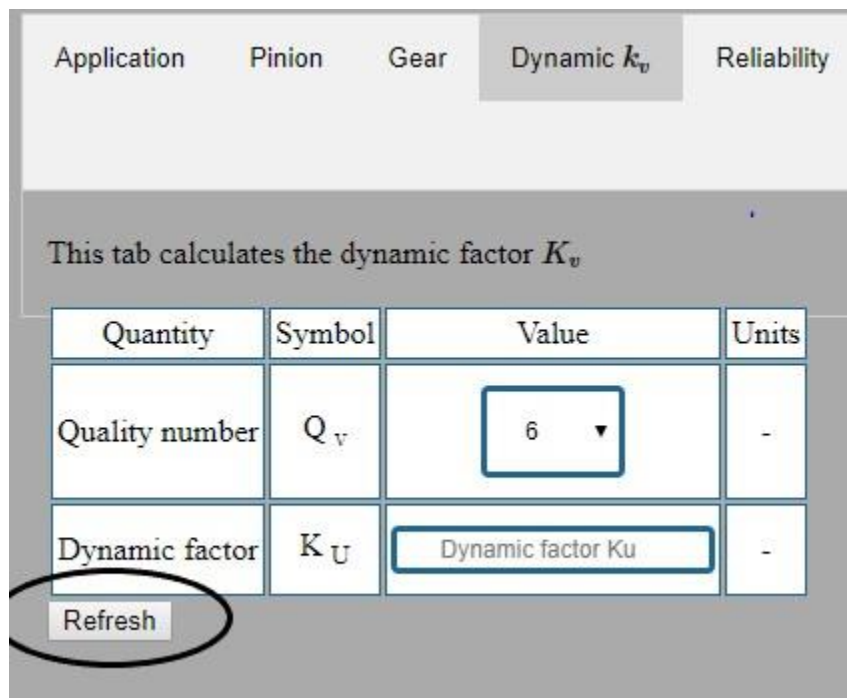
Εικόνα 5-2

Ενώ τα συνολικά αποτελέσματα εμφανίζονται στον πίνακα της εικόνας 5-3.

Pinion		Gear	
Bending stress (Mpa)	Contact stress (Mpa)	Bending stress (Mpa)	Contact stress (Mpa)
Safety factor for bending stress Sf	Safety factor for Contact stress SH	Safety factor for bending stress Sf	Safety factor for Contact stress SH

Εικόνα 5-3

Επίσης δίδεται η δυνατότητα ξεχωριστού υπολογισμού ή διόρθωσης για κάθε συντελεστή πατώντας το κουμπί “Refresh” στην αντίστοιχη καρτέλα.



Εικόνα 5-4

## 6 Συμπεράσματα.

---

Συνοψίζοντας, στα θετικά αυτής της εργασίας είναι η γνώση που έλαβα γύρω από την γλώσσα προγραμματισμού JavaScript, αλλά και τον σχεδιασμό μεταδόσεων κίνησης μέσω οδοντωτών τροχών.

Η σύγκριση των δύο μεθόδων υπολογισμού αλλά και η υλοποίηση της εφαρμογής ήταν πέρα ως πέρα επιτυχής, ωστόσο όπως κάθε άλλη εφαρμογή έχει πάντα περιθώρια βελτίωσης που γίνονται αντιληπτά μέσα από την καθημερινή χρήση. Τομείς που θα μπορούσε η εφαρμογή μας να βελτιωθεί είναι το πλήθος των διαθέσιμων υλικών, η εισαγωγή και άλλων τύπων οδοντωτών τροχών όπως ελικοειδών κ.α.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α - Αρχεία HTML

---

### 1. Odo-tabs.html

```

<!DOCTYPE html>
<html>

<head>
  <script
src='https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/mathjax/2.7.4/MathJax.js?config=TeX-MML-
AM_CHTML' async></script>
  <script src="odoscript.js"></script>
  <script src="js\GC_ElasticCoefficient.js"></script>
  <script src="js/GC_Size.js"></script>
  <script src="js/GC_PinionCalc.js"></script>
  <script src="js/GC_GearCalc.js"></script>
  <script src="js/npGC_kvcalc.js"></script>
  <script src="js/GC_reliability.js"></script>
  <script src="js/GC_LoadDistributionKH.js"></script>
  <script src="js/GC_StressCycle.js"></script>
  <script src="js/GC_GeometryFactors.js"></script>
  <link rel="stylesheet" type="text/css" href="stylesheet.css" />
  <title>Design of a gear mesh</title>
</head>

<body>
  <h1>-Design of a gear mesh</h1>
  <div id="mainResults">
    <button type="button" id=calc_button onclick="calc()">Calculate</button>
    <button type="button" id=PinionCalcButton
onclick="PinionBendingCalc(),PinionContactCalc()">Pinion</button>
    <button type="button" id=GearCalcButton
onclick="GearBendingCalc(),GearContactCalc()">Gear</button>
    <button type="button" id=BothCalcButton
onclick="PinionBendingCalc(),PinionContactCalc(),GearBendingCalc(),GearContactCalc()">
Both</button>
    <br>

```

```

<h3>Results</h3>
<table id="results">
  <tr>
    <th colspan="2">Pinion</th>
    <th colspan="2">Gear</th>
  </tr>
  <tr>
    <td>Bending stress (Mpa)</td>
    <td>Contact stress (Mpa)</td>
    <td>Bending stress (Mpa)</td>
    <td>Contact stress (Mpa)</td>
  </tr>
  <tr>
    <td id=pinion_bending></td>
    <td id=pinion_contact></td>
    <td id=gear_bending></td>
    <td id=gear_contact></td>
  </tr>
  <tr>
    <td>Safety factor for bending stress Sf</td>
    <td>Safety factor for Contact stress SH</td>
    <td>Safety factor for bending stress Sf</td>
    <td>Safety factor for Contact stress SH</td>
  </tr>

  <tr>
    <td id=Sf_pinion_bending></td>
    <td id=SH_pinion_contact></td>
    <td id=Sf_gear_bending></td>
    <td id=SH_gear_contact></td>
  </tr>

</table>

</div>

<div class="tab">
  <button class="tablinks" onclick="openTab(event, 'tabApplication')"
id="defaultOpenTab">Application</button>
  <button class="tablinks" onclick="openTab(event, 'Pinion')">Pinion</button>

```

```

    <button class="tablinks" onclick="openTab(event, 'Gear')">Gear</button>
    <button class="tablinks" onclick="openTab(event, 'tabDynamicKv')">Dynamic
\ (k_v\)</button>
    <button class="tablinks" onclick="openTab(event,
'Reliability')">Reliability</button>
    <button class="tablinks" onclick="openTab(event, 'tabSizeKs')">Size factor
\ (K_s\)</button>
    <button class="tablinks" onclick="openTab(event, 'tabLoadDistributionKH')">Load
distribution factor \ (K_H\)</button>
    <button class="tablinks" onclick="openTab(event, 'tabGeometryFactors')">Geometry
factors \ (Z_i\), \ (Y_J\)</button>
    <button class="tablinks" onclick="openTab(event, 'tabStressCycle')">Stress cycle
factors \ (Y_n\), \ (Z_n\)</button>
    <button class="tablinks" onclick="openTab(event, 'ElasticCoefficientZE')">Elastic
Coefficient \ (Z_E\)</button>
    <button class="tablinks" onclick="openTab(event, 'tabFactors')">Other
Factors</button>
</div>

<!-- Tab content -->
<div id="tabApplication" class="tabcontent">
    <p>This tab contains application data</p>

    <table>
        <tr>
            <td> Quantity </td>
            <td> Symbol </td>
            <td> Value </td>
            <td>Units</td>
        </tr>

        <tr>
            <td> Power </td>
            <td> H </td>
            <td>
                <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="power" placeholder="power in
Watt" value="5000"> </td>
            <td>[W]</td>
        </tr>

        <tr>
            <td> Module </td>

```

```

        <td> m </td>
        <td>
            <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="modul" placeholder="modul in
mm" value="5"> </td>
        <td>[mm]</td>
    </tr>

    <tr>
        <td> Pinion speed </td>
        <td> n
            <sub>p</sub>
        </td>
        <td>
            <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="np" placeholder="Pinion
speed in rpm" value="1400">
        </td>
        <td>[rpm]</td>
        <td> Gear speed </td>
        <td> n
            <sub>g</sub>
        </td>
        <td>
            <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="ng" placeholder="Gear speed
in rpm">
        </td>
        <td>[rpm]</td>
    </tr>

    <tr>
        <td> Face width </td>
        <td> F
        </td>
        <td>
            <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="f" placeholder="Face width
in mm" value="20">
        </td>
        <td>[mm]</td>
    </tr>
    <tr>
        <td> Transverse Pressure angle </td>
        <td>  $\Phi$ 
            <sub>t</sub>
    </td>

```

```

        </td>
        <td>
            <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="fi" placeholder="Transverse
Pressure angle  $\Phi_t$ " value=20>
        </td>
        <td>[deg]</td>
    </tr>
    <tr>
        <td> Transmitted load </td>
        <td> W
            <sub>t</sub>
        </td>
        <td>
            <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="wt" placeholder="Trans/ed
load in N"> </td>
        <td>[N]</td>
    </tr>

    <tr>
        <td> Pitch line velocity </td>
        <td> v
        </td>
        <td>
            <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="v" placeholder="Pitch line
velocity m/sec">
        <td>[m/sec]</td>
    </tr>

    <tr>
        <td> Gear ratio </td>
        <td> m
            <sub>G</sub>
        </td>
        <td>
            <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="mG" placeholder="Gear
ratio">
        <td>-</td>
    </tr>

</table>

```



```

</div>

<div id="Pinion" class="tabcontent">
  <table>
    <tr>
      <td> Quantity </td>
      <td> Symbol </td>
      <td> Value </td>
      <td>Units</td>
    </tr>

    <tr>
      <td>Pinion teeth</td>
      <td>\(N_p\)</td>
      <td>
        <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="Np" placeholder="Number of
Pinion teeth" value="18">
      </td>
      <td>-</td>
    </tr>

    <tr>
      <td>Pitch diameter of pinion</td>
      <td>\(d_p\)</td>
      <td>
        <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="dp" placeholder="Pitch
diameter of pinion dp in mm">
      </td>
      <td>mm</td>
    </tr>

    <tr>
      <td> Pinion material</td>
      <td>-</td>
      <td><select id="pm">
<option value="1">Steel</option>
<option value="2">Malleable iron</option>
<option value="3">Nodular iron</option>
<option value="4">Cast iron</option>
<option value="5">Aluminum bronze</option>
<option value="6">Tin bronze</option>
</select>

```

```

        </td>
        <td>-</td>
    </tr>

    <tr id="p_materialQuality">
        <td>Pinion material quality</td>
        <td>-</td>
        <td>
            <select id="mqp">
                <option value="1">Through hardened Steel grade 1</option>
                <option value="2">Through hardened Steel grade 2</option>
                <option value="3">Nitrited through hardened Steel grade 1</option>
                <option value="4">Nitrited through hardened Steel grade 2</option>
                <option value="5">Nitralloy grade 1</option>
                <option value="6">Nitralloy grade 2</option>
            </select>
        </td>
        <td>-</td>
    </tr>

    <tr>
        <td>Pinion hardness</td>
        <td>HBP</td>
        <td>
            <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="HBP" placeholder="Brinell
hardness" value=320>
        </td>
        <td>-</td>
    </tr>
</table>
</div>

<div id="Gear" class="tabcontent">
    <table>
        <tr>
            <td> Quantity </td>
            <td> Symbol </td>
            <td> Value </td>
            <td>Units</td>
        </tr>
        <tr>
            <td>Gear teeth</td>

```

```

        <td>\(N_g\)</td>
        <td>
            <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="Ng" placeholder="Number of
gear teeth" value="41">
        </td>
        <td>--</td>
    </tr>

    <tr>
        <td>Pitch diameter of gear</td>
        <td>\(d_g\)</td>
        <td>
            <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="dg" placeholder="Pitch
diameter of gear dg in mm">
        </td>
        <td>mm</td>
    </tr>

    <tr>
        <td>Gear material</td>
        <td>--</td>
        <td>
            <select id="gm">
                <option value="1">Steel</option>
                <option value="2">Malleable iron</option>
                <option value="3">Nodular iron</option>
                <option value="4">Cast iron</option>
                <option value="5">Aluminum bronze</option>
                <option value="6">Tin bronze</option>
            </select>
        </td>
        <td>--</td>
    </tr>

    <tr>
        <td>Gear material quality</td>
        <td>--</td>
        <td>
            <select id="mqg">
                <option value="1">Through hardened Steel grade 1</option>
                <option value="2">Through hardened Steel grade 2</option>
                <option value="3">Nitrited through hardened Steel grade 1</option>

```

```

        <option value="4">Nitrited through hardened Steel grade 2</option>
        <option value="5">Nitralloy grade 1</option>
        <option value="6">Nitralloy grade 2</option>
    </select>
    </td>
    <td>-</td>
</tr>

<tr>
    <td>Gear hardness</td>
    <td>HBG</td>
    <td>
        <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="HBG" placeholder="Brinell
hardness" value=320> ,
    </td>
    <td>-</td>
</tr>
</table>
</div>

```

```
<div id="tabDynamicKv" class="tabcontent">
```

```
<p>This tab calculates the dynamic factor  $\backslash(K_v\backslash)$  </p>
```

```
<div style="float:left;">
```

```

<table>
  <tr>
    <td> Quantity </td>
    <td> Symbol </td>
    <td> Value </td>
    <td>Units</td>
  </tr>

  <tr>
    <td>Quality number</td>
    <td>Q
      <sub>v</sub>
    </td>
    <td>
      <select id="QualityNumber">
        <option value="6">6</option>
        <option value="7">7</option>
      </select>
    </td>
  </tr>

```

```

        <option value="8">8</option>
        <option value="9">9</option>
        <option value="10">10</option>
        <option value="11">11</option>
        <option value="12">12</option>
    </select>
</td>
<td>-</td>
</tr>

<tr>
    <td>Dynamic factor</td>
    <td>K
        <sub>U</sub>
    </td>
    <td>
        <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="Ku" placeholder="Dynamic
factor Ku">
    </td>
    <td>-</td>
</tr>

</table>
<button onclick="calcDynamicKu()">Refresh</button>
</div>

<div style="float:right;">
    <p>this tab contains the calculations regarding  $(K_v)$  </p>
    <p> $B = \frac{1}{4} (12 - Q_v)^{\frac{2}{3}}$  </p>
    <p> $A = 50 + 56 \cdot (1 - B)$  </p>
    <p>The dynamic factor  $(K_v)$  is calculated:  $K_v = \left( \frac{A + \sqrt{200 \cdot V}}{A} \right)^B$  </p>
</div>

</div>

<div id="tabSizeKs" class="tabcontent">
    <table>
        <tr>
            <td>Quantity </td>
            <td>Symbol </td>
        </tr>
    </table>

```

```

        <td> Value </td>
        <td>Units</td>
    </tr>

    <tr>
        <td>Lewis form factor pinion</td>
        <td>\(Y_p\)</td>
        <td>
            <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="Yp" placeholder="lewis form
factor Y">
        </td>
        <td>--</td>
        <td>Lewis form factor gear</td>
        <td>Y</td>
        <td>
            <sub>g</sub>
        </td>
        <td>
            <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="Yg" placeholder="lewis form
factor Y">
        </td>
        <td>--</td>
    </tr>

    <tr>
        <td>Size factor pinion</td>
        <td>\(K_{Sp}\)</td>
        <td>
            <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="Ksp" placeholder="Size
factor Ksp">
        </td>
        <td>--</td>
        <td>Size factor gear</td>
        <td>K</td>
        <td>
            <sub>Sg</sub>
        </td>
        <td>
            <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="Ksg" placeholder="Size
factor Ksg">
        </td>
        <td>--</td>

```

```

    </tr>

</table>

<button onclick="calcSizeKs(),calcSizeKsg()">Refresh</button>

</div>

<div id="tabGeometryFactors" class="tabcontent">
  <table>
    <tr>
      <td> Quantity </td>
      <td> Symbol </td>
      <td> Value </td>
      <td>Units</td>
    </tr>

    <tr>
      <td>Load sharing ratio</td>
      <td>m
        <sub>n</sub>
      <td>
        <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="mn" placeholder="Load
sharing ratio" value=1>
      </td>
      <td>-</td>
    </tr>

    <tr>
      <td>Gearing position</td>
      <td>-</td>
      <td>
        <select id="gp">
          <option value="1">External gears</option>
          <option value="2">Internal gears</option>
        </select>
      </td>
      <td>-</td>
    </tr>

    <tr>

```

```

    <td>Geometry factor of pitting resistance</td>
    <td>Z
      <sub>I</sub>
    </td>
    <td>
      <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="Zi" placeholder="Zi">
    </td>
    <td>-</td>
  </tr>

  <tr>
    <td>Geometry factor for bending strength</td>
    <td>Y
      <sub>J</sub>
    <td>
      <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="Yj" placeholder="Yj">
    </td>
    <td>-</td>
  </tr>

</table>

<button onclick="calcGeometryFactors()">Refresh</button>

</div>

<div id="tabLoadDistributionKH" class="tabcontent">
  <table>
    <tr>
      <td> Quantity </td>
      <td> Symbol </td>
      <td> Value </td>
      <td>Units</td>
    </tr>

    <tr>
      <td>Load distribution factor</td>
      <td>K
        <sub>H</sub>
      </td>
      <td>
      </td>
    </tr>
  </table>

```



```

        <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="KH" placeholder="Load
distribution factor KH">
    </td>
    <td>--</td>
</tr>

<tr>
    <td>Load correction factor</td>
    <td>C
        <sub>mc</sub>
    </td>
    <td>
        <select id="Cmc">
            <option value="1">For uncrowned teeth(1)</option>
            <option value="0.8">For crowned teeth(0.8)</option>
        </select>
    </td>
    <td>--</td>
</tr>

<tr>
    <td>Condition</td>
    <td>C
        <sub>ma</sub>
    </td>
    <td>
        <select id="con_cma">
            <option value="1">open gearing</option>
            <option value="2">comercial,enclosed units</option>
            <option value="3">precision,enclosed units</option>
            <option value="4">extra presicion,enclosed units</option>
        </select>
    </td>
    <td>--</td>
</tr>

<tr>
    <td>Mesh alignment factor</td>
    <td>C
        <sub>ma</sub>
    </td>

```

```

        <td>
            <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="Cma" placeholder="Mesh
alignment factor Cma"/>,
        </td>
    </td>-</td>
</tr>

<tr>
    <td>Mesh alignment correction factor</td>
    <td>C
        <sub>e</sub>
    </td>
    <td>
        <select id="Ce">
            <option value="1">all conditions (1)</option>
            <option value="0.8">improved compatibility (0.8)</option>
        </select>
    </td>
    <td>-</td>
</tr>

<tr>
    <td>Pinion proportion factor</td>
    <td>C
        <sub>pf</sub>
    </td>
    <td>
        <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="Cpf" placeholder="Pinion
proportion factor Cpf"/>
    </td>
    <td>-</td>
</tr>

<tr>
    <td>Pinion proportion modifier</td>
    <td>C
        <sub>pm</sub>
    </td>
    <td>
        <select id="Cpm">
            <option value="1">S1/S <math>\leq 0.175</math></option>
            <option value="1.1">S1/S  $\geq 0.175</math></option>
        </select>
    </td>
    <td>-</td>
</tr>$ 
```

```

        </select>
    </td>
    <td>-</td>
</tr>

</table>
<button onclick="calcLoadKH()">Refresh</button>

</div>

<div id="tabStressCycle" class="tabcontent">
    <table>
        <tr>
            <td> Quantity </td>
            <td> Symbol </td>
            <td> Value </td>
            <td>Units</td>
        </tr>

        <tr>
            <td>Stress cycle factor for bending strength (Pinion)</td>
            <td>Y
                <sub>np</sub>
            </td>
            <td>
                <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="Ynp" placeholder="Yn
pinion">
            </td>
            <td>-</td>
            <td>Stress cycle factor for bending strength (Gear)</td>
            <td>Y
                <sub>ng</sub>
            </td>
            <td>
                <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="Yng" placeholder="Yn gear">
            </td>
            <td>-</td>
        </tr>

        <tr>
            <td>Stress cycle factor for pitting resistance (Pinion)</td>
            <td>Z

```

```

        <sub>np</sub>
    </td>
    <td>
        <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="Znp" placeholder="Zn
pinion">
    </td>
    <td>-</td>
    <td>Stress cycle factor for pitting resistance (Gear)</td>
    <td>Z
        <sub>ng</sub>
    </td>
    <td>
        <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="Zng" placeholder="Zn gear">
    </td>
    <td>-</td>
</tr>

<tr>
    <td>Yn line pinion</td>
    <td>-</td>
    <td>
        <select id="Yn_line_p">
            <option value="1">160 HB</option>
            <option value="2">Nitrited</option>
            <option value="3">250 HB</option>
            <option value="4">Case carb.</option>
            <option value="5">400 HB</option>
        </select>
    </td>
    <td>-</td>
    <td>Yn line gear</td>
    <td>-</td>
    <td>
        <select id="Yn_line_g">
            <option value="1">160 HB</option>
            <option value="2">Nitrited</option>
            <option value="3">250 HB</option>
            <option value="4">Case carb.</option>
            <option value="5">400 HB</option>
        </select>
    </td>
    <td>-</td>

```

```
</tr>

<tr>
  <td>Zn line pinion</td>
  <td>-</td>
  <td>
    <select id="Zn_line_p">
      <option value="1">Nitrited</option>
      <option value="2">Else</option>
    </select>
  </td>
  <td>-</td>
  <td>Zn line gear</td>
  <td>-</td>
  <td>
    <select id="Zn_line_g">
      <option value="1">Nitrited</option>
      <option value="2">Else</option>
    </select>
  </td>
  <td>-</td>
</tr>

<tr>
  <td>Number of pinion load cycles</td>
  <td>N</td>
  <td>
    <select id="LoadCycles_p">
      <option value="100">10^2</option>
      <option value="1000">10^3</option>
      <option value="10000">10^4</option>
      <option value="100000">10^5</option>
      <option value="1000000">10^6</option>
      <option value="10000000">10^7</option>
      <option value="100000000">10^8</option>
      <option value="1000000000">10^9</option>
      <option value="10000000000">10^10</option>
    </select>
  </td>
  <td>-</td>
</tr>
```

```

</table>

<button onclick="calcStressCycle()">Refresh</button>

</div>

<div id="tabFactors" class="tabcontent">
  <table>
    <tr>
      <td> Quantity </td>
      <td> Symbol </td>
      <td> Value </td>
      <td>Units</td>
    </tr>
    <tr>
      <td>Overload factor</td>
      <td>\(K_o\)</td>
      <td>
        <input type="number" step="0.0001" id="Ko" placeholder="Overload factor Ko"
value="1">
      </td>
      <td>-</td>
    </tr>

    <tr>
      <td>Temperature factor</td>
      <td>\(Y_\theta\)</td>
      <td>
        <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="Yth" placeholder="Yθ (Up to
120 Celsius=1)" value=1>
      </td>
      <td>-</td>
    </tr>

    <tr>
      <td>Rim thickness factor</td>
      <td>\(K_B\)</td>
      <td>
        <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="KB" placeholder="KB"
value=1>
      </td>
    </tr>
  </table>

```

```

        <td>--</td>
    </tr>

    <tr>
        <td>Surface condition factor</td>
        <td>\(Z_R\)</td>
        <td>
            <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="ZR" placeholder="ZR"
value=1>
        </td>
        <td>--</td>
    </tr>
</table>
</div>

<div id="Reliability" class="tabcontent">
    <table>
        <tr>
            <td> Quantity </td>
            <td> Symbol </td>
            <td> Value </td>
            <td>Units</td>
        </tr>

        <tr>
            <td>Reliability</td>
            <td>R</td>
            <td>
                <input type="number" min="0.5" max="0.9999" step="0.0001" id="r"
placeholder="values from 0.5 to 0.9999" value="0.9999">
            </td>
            <td>--</td>
        </tr>

        <tr>
            <td>Reliability factor</td>
            <td>Y
                <sub>z</sub>
            </td>
            <td>
                <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="Yz" placeholder="Reliability
factor Yz">
            </td>
            <td>--</td>
        </tr>
    </table>
</div>

```

```

        </td>
        <td>-</td>
    </tr>
</table>

<button onclick="performReliabilityCalculation()">Refresh</button>

</div>

<div id="ElasticCoefficientZE" class="tabcontent">
    <table>
        <tr>
            <td> Quantity </td>
            <td> Symbol </td>
            <td> Value </td>
            <td>Units</td>
        </tr>

        <tr>
            <td>Elastic Coefficient</td>
            <td>Z
                <sub>E</sub>
            </td>
            <td>
                <input type="number" step="0.0001" id="ZE" placeholder="Elastic
Coefficient">
            </td>
            <td>-</td>
        </tr>
    </table>

    <button onclick="ElasticCoeCalc()">Refresh</button>

</div>

</body>
<script>
    // Get the element with id="defaultOpen" and click on it
    document.getElementById("defaultOpenTab").click();
    document.getElementById("np").addEventListener("blur", () => {
        calcVelocity_mps();
    });
</script>

```



```
document.getElementById("v").addEventListener("blur", () => {
    calcVelocity_mps();
});
document.getElementById("dp").addEventListener("blur", () => {
    calcVelocity_mps();
});
document.getElementById("modul").addEventListener("blur", () => {
    calcVelocity_mps();
});
</script>

</html>
```

## 2. [gearing.html](#)

```

<!DOCTYPE html>
<html>

<head>
  <script
src='https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/mathjax/2.7.4/MathJax.js?config=TeX-MML-
AM_CHTML' async></script>
  <script src="odoscript.js"></script>
  <script src="js\GC_ElasticCoefficient.js"></script>
  <script src="js/GC_Size.js"></script>
  <script src="js/GC_PinionCalc.js"></script>
  <script src="js/GC_GearCalc.js"></script>
  <script src="js/npGC_kvcalc.js"></script>
  <script src="js/GC_reliability.js"></script>
  <script src="js/GC_LoadDistributionKH.js"></script>
  <script src="js/GC_StressCycle.js"></script>
  <script src="js/GC_GeometryFactors.js"></script>
  <link rel="stylesheet" type="text/css" href="stylesheet.css">
  <title>Design of a gear mesh</title>
  <h1>-Design of a gear mesh-</h1>
</head>

<body>
  <div id="mainResults">
    <button type="button" id=calc_button onclick="calc()">Calculate</button>
    <button type="button" id=PinionCalcButton
onclick="PinionBendingCalc(),PinionContactCalc()">Pinion</button>
    <button type="button" id=GearCalcButton
onclick="GearBendingCalc(),GearContactCalc()">Gear</button>
    <button type="button" id=BothCalcButton
onclick="PinionBendingCalc(),PinionContactCalc(),GearBendingCalc(),GearContactCalc()">
Both</button>
    <br>

    <h3>Results</h3>
    <table id="results">
      <tr>
        <th colspan="2">Pinion</th>

```

```

        <th colspan="2">Gear</th>
    </tr>
    <tr>
        <td>Bending stress (Mpa)</td>
        <td>Contact stress (Mpa)</td>
        <td>Bending stress (Mpa)</td>
        <td>Contact stress (Mpa)</td>
    </tr>
    <tr>
        <td id=pinion_bending></td>
        <td id=pinion_contact></td>
        <td id=gear_bending></td>
        <td id=gear_contact></td>
    </tr>
    <tr>
        <td>Safety factor for bending stress Sf</td>
        <td>Safety factor for Contact stress SH</td>
        <td>Safety factor for bending stress Sf</td>
        <td>Safety factor for Contact stress SH</td>
    </tr>

    <tr>
        <td id=Sf_pinion_bending></td>
        <td id=SH_pinion_contact></td>
        <td id=Sf_gear_bending></td>
        <td id=SH_gear_contact></td>
    </tr>

</table>

</div>

<div class="tab">
    <button class="tablinks" onclick="openTab(event, 'tabApplication')"
id="defaultOpenTab">Application</button>
    <button class="tablinks" onclick="openTab(event, 'Allowable
stress')">Allowable stress</button>
    <button class="tablinks" onclick="openTab(event, 'Operational
stress')">Operational stress</button>
</div>

<div id="tabApplication" class="tabcontent">

```

```

<p>This tab contains application data</p>

<table>
  <tr>
    <td> Quantity </td>
    <td> Symbol </td>
    <td> Value </td>
    <td>Units</td>
  </tr>

  <tr>
    <td> Power </td>
    <td> H </td>
    <td>
      <input type="number" min="0.01" step="0.01" name="power"
id="power" placeholder="power in Watt" value="5000">
    </td>
    <td>[W]</td>
  </tr>

  <tr>
    <td> Pinion speed </td>
    <td> n
      <sub>p</sub>
    </td>
    <td>
      <input type="number" min="0.01" step="0.01" name="np" id="np"
placeholder="Pinion speed in rpm" value="1400">
    </td>
    <td>[rpm]</td>
    <td> Gear speed </td>
    <td> n
      <sub>g</sub>
    </td>
    <td>
      <input type="number" min="0.01" step="0.01" name="ng" id="ng"
placeholder="Gear speed in rpm">
    </td>
    <td>[rpm]</td>
  </tr>

  <tr>
    <td>Pinion teeth</td>
    <td>\(N_p\)</td>

```

```

        <td>
            <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="Np"
placeholder="Number of Pinion teeth" value="18">
        </td>
    </td>-</td>
    <td>Gear teeth</td>
    <td>\(N_g\)</td>
    <td>
        <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="Ng"
placeholder="Number of gear teeth" value="41">
    </td>
</td>-</td>
<tr>
    <tr>
        <td> Transverse Pressure angle </td>
        <td>  $\Phi$ 
            <sub>t</sub>
        </td>
        <td>
            <input type="number" min="0.01" step="0.01" name="fi"
id="fi" placeholder="Transverse Pressure angle  $\Phi_t$ " value=20>
        </td>
        <td>[deg]</td>
    </tr>
    <tr>
        <td> Transmitted load </td>
        <td> W
            <sub>t</sub>
        </td>
        <td>
            <input type="number" min="0.01" step="0.01" name="wt"
id="wt" placeholder="Trans/ed load in N">
        </td>
        <td>[N]</td>
    </tr>
    <tr>
        <td> Pitch line velocity </td>
        <td> v
        </td>
        <td>
            <input type="number" min="0.01" step="0.01" name="v"
id="v" placeholder="Pitch line velocity m/sec">

```

```

        <td>[m/sec]</td>
    </tr>

    <tr>
        <td> Module </td>
        <td> m </td>
        <td>
            <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="modul"
placeholder="modul in mm" value="5"> </td>
        <td>[mm]</td>
    </tr>
    <tr>
        <td> Face width </td>
        <td> F
        </td>
        <td>
            <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="f"
placeholder="Face width in mm" value="20">
        </td>
        <td>[mm]</td>
    </tr>
    <tr>
        <tr>
            <td> Gear ratio </td>
            <td> m
                <sub>G</sub>
            </td>
            <td>
                <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="mG"
placeholder="Gear ratio">
            <td>-</td>
        </tr>
    </tr>

</table>

</div>

<div id="Operational stress" class="tabcontent">
    <p>This tab contains operational stress data</p>

```

```

<div id=KuFactor>
  <table>
    <tr>
      <th colspan="4">Dynamic factor \ (K_U\) </th>
    </tr>
    <tr>
      <td> Quantity </td>
      <td> Symbol </td>
      <td> Value </td>
      <td>Units</td>
    </tr>

    <tr>
      <td>Quality number</td>
      <td>\ (Q_v\) </td>
      <td>
        <select id="QualityNumber">
          <option value="6">6</option>
          <option value="7">7</option>
          <option value="8">8</option>
          <option value="9">9</option>
          <option value="10">10</option>
          <option value="11">11</option>
          <option value="12">12</option>
        </select>
      </td>
      <td>-</td>
    </tr>

    <tr>
      <td>Dynamic factor</td>
      <td>\ (K_U\) </td>
      <td>
        <input type="number" min="0.01" step="0.01" name="Ku" id="Ku"
placeholder="Dynamic factor Ku">
      </td>
      <td>-</td>
    </tr>

  </table>
  <button onclick="calcDynamicKu()">Dynamic factor \ (K_U\) Refresh</button>
</div>

```

```

<div id="ElasticCoefficientZE">
  <table>
    <tr>
      <th colspan="4">Elastic Coefficient \ (Z_E\)</th>
    </tr>
    <tr>
      <td> Quantity </td>
      <td> Symbol </td>
      <td> Value </td>
      <td>Units</td>
    </tr>

    <tr>
      <td>Elastic Coefficient</td>
      <td>\ (Z_E\)</td>
      <td>
        <input type="number" step="0.0001" name="ZE" id="ZE"
placeholder="Elastic Coefficient">
      </td>
      <td>-</td>
    </tr>
  </table>

  <button onclick="ElasticCoeCalc()">Elastic Coefficient \ (Z_E\)<br>
Refresh</button>

</div>

```

```

<div id="tabSizeKs">
  <table>
    <tr>
      <th colspan="8">Size factor \ (K_S\)</th>
    </tr>
    <tr>
      <td> Quantity </td>
      <td> Symbol </td>
      <td> Value </td>
      <td>Units</td>
      <td> Quantity </td>
      <td> Symbol </td>
      <td> Value </td>

```



```

        <td>Units</td>
    </tr>

    <tr>
        <td>Lewis form factor pinion</td>
        <td>\(Y_p\)</td>
        <td>
            <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="Yp"
placeholder="lewis form factor Y">
        </td>
        <td>-</td>
        <td>Lewis form factor gear</td>
        <td>Y
            <sub>g</sub>
        </td>
        <td>
            <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="Yg"
placeholder="lewis form factor Y">
        </td>
        <td>-</td>
    </tr>

    <tr>
        <td>Size factor pinion</td>
        <td>\(K_{Sp}\)</td>
        <td>
            <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="Ksp"
placeholder="Size factor Ksp">
        </td>
        <td>-</td>

        <td>Size factor gear</td>
        <td>K
            <sub>Sg</sub>
        </td>
        <td>
            <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="Ksg"
placeholder="Size factor Ksg">
        </td>
        <td>-</td>
    </tr>

```

```

        </tr>

    </table>

    <button onclick="calcSizeKs(),calcSizeKsg()">Size factor \ (K_S\
Refresh</button>

</div>

<div id="tabLoadDistributionKH">
    <table>
        <tr>
            <th colspan="4">Load distribution factor \ (K_H\)</th>
        </tr>
        <tr>
            <td> Quantity </td>
            <td> Symbol </td>
            <td> Value </td>
            <td>Units</td>
        </tr>

        <tr>
            <td>Load distribution factor</td>
            <td>K
                <sub>H</sub>
            </td>
            <td>
                <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="KH"
placeholder="Load distribution factor KH">
            </td>
            <td>-</td>
        </tr>

        <tr>
            <td>Load correction factor</td>
            <td>C
                <sub>mc</sub>
            </td>
            <td>
                <select id="Cmc">
                <option value="1">For uncrowned teeth(1)</option>
                <option value="0.8">For crowned teeth(0.8)</option>
            </td>
        </tr>
    </table>

```

```

        </select>
    </td>
    <td>-</td>
</tr>

<tr>
    <td>Condition</td>
    <td>C
        <sub>ma</sub>
    </td>
    <td>
        <select id="con_cma">
            <option value="1">open gearing</option>
            <option value="2">comercial,enclosed units</option>
            <option value="3">precision,enclosed units</option>
            <option value="4">extra presicion,enclosed units</option>
        </select>
    </td>
    <td>-</td>
</tr>

<tr>
    <td>Mesh alignment factor</td>
    <td>C
        <sub>ma</sub>
    </td>
    <td>
        <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="Cma"
placeholder="Mesh alignment factor Cma">,
    </td>
    <td>-</td>
</tr>

<tr>
    <td>Mesh alignment correction factor</td>
    <td>C
        <sub>e</sub>
    </td>
    <td>
        <select id="Ce">
            <option value="1">all conditions (1)</option>

```

```

        <option value="0.8">improved compatibility (0.8)</option>
    </select>
</td>
<td>-</td>
</tr>

<tr>
    <td>Pinion proportion factor</td>
    <td>C
        <sub>pf</sub>
    </td>
    <td>
        <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="Cpf"
placeholder="Pinion proportion factor Cpf">
    </td>
    <td>-</td>
</tr>

<tr>
    <td>Pinion proportion modifier</td>
    <td>C
        <sub>pm</sub>
    </td>
    <td>
        <select id="Cpm">
            <option value="1">S1/S <math>\leq 0.175</math></option>
            <option value="1.1">S1/S>=0.175</option>
        </select>
    </td>
    <td>-</td>
</tr>

</table>
<button onclick="calcLoadKH()">Load distribution factor \ (K_H\ )
Refresh</button>

</div>

<div id="tabGeometryFactors">
    <table>
        <tr>
            <th colspan="4">Geometry Factors \ (Y_J\ ) , \ (Z_I\ )</th>

```

```

</tr>
<tr>
  <td> Quantity </td>
  <td> Symbol </td>
  <td> Value </td>
  <td>Units</td>
</tr>

<tr>
  <td>Load sharing ratio</td>
  <td>m
    <sub>n</sub>
  <td>
    <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="mn"
placeholder="Load sharing ratio" value=1>
  </td>
  <td>-</td>
</tr>

<tr>
  <td>Gearing position</td>
  <td>-</td>
  <td>
    <select id="gp">
      <option value="1">External gears</option>
      <option value="2">Internal gears</option>
    </select>
  </td>
  <td>-</td>
</tr>

<tr>
  <td>Geometry factor of pitting resistance</td>
  <td>Z
    <sub>I</sub>
  </td>
  <td>
    <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="Zi"
placeholder="Zi">
  </td>
  <td>-</td>

```

```

    </tr>

    <tr>
        <td>Geometry factor for bending strength</td>
        <td>Y
            <sub>J</sub>
            <td>
                <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="Yj"
placeholder="Yj">
            </td>
        <td>-</td>
    </tr>

</table>

<button onclick="calcGeometryFactors()">Geometry Factors \ (Y_J) , \ (Z_I)
Refresh</button>

</div>

<div id="OtherOperationalstressData">
    <table>
        <tr>
            <th colspan="8">Other operational stress data</th>
        </tr>
        <tr>
            <td> Quantity </td>
            <td> Symbol </td>
            <td> Value </td>
            <td>Units</td>
            <td> Quantity </td>
            <td> Symbol </td>
            <td> Value </td>
            <td>Units</td>
        </tr>
        <tr>

            <td>Pitch diameter of pinion</td>
            <td>\ (d_p)\</td>
            <td>
                <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="dp"
placeholder="Pitch diameter of pinion dp in mm">

```

```

        </td>
        <td>mm</td>

        <td>Pitch diameter of gear</td>
        <td>\(d_g)\</td>
        <td>
            <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="dg"
placeholder="Pitch diameter of gear dg in mm">
        </td>
        <td>mm</td>

    </tr>
    <tr>
        <td>Overload factor</td>
        <td>\(K_o)\</td>
        <td>
            <input type="number" step="0.0001" id="Ko"
placeholder="Overload factor Ko" value="1">
        </td>
        <td>-</td>

        <td>Temperature factor</td>
        <td>\(Y_θ)\</td>
        <td>
            <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="Yth"
placeholder="Yθ (Up to 120 Celsius=1)" value=1>
        </td>
        <td>-</td>

    </tr>
    <tr>
        <td>Surface condition factor</td>
        <td>\(Z_R)\</td>
        <td>
            <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="ZR"
placeholder="ZR" value=1>
        </td>
        <td>-</td>
        <td>Rim thickness factor</td>
        <td>\(K_B)\</td>
        <td>

```

```

        <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="KB"
placeholder="KB" value=1>
        </td>
        <td>-</td>

</tr>

<tr>
    <td>Pinion material</td>
    <td>-</td>
    <td>
        <select id="pm">
            <option value="1">Steel</option>
            <option value="2">Malleable iron</option>
            <option value="3">Nodular iron</option>
            <option value="4">Cast iron</option>
            <option value="5">Aluminum bronze</option>
            <option value="6">Tin bronze</option>
        </select>
    </td>
    <td>-</td>
    <td>Gear material</td>
    <td>-</td>
    <td>
        <select id="gm">
            <option value="1">Steel</option>
            <option value="2">Malleable iron</option>
            <option value="3">Nodular iron</option>
            <option value="4">Cast iron</option>
            <option value="5">Aluminum bronze</option>
            <option value="6">Tin bronze</option>
        </select>
    </td>
    <td>-</td>
</tr>
<tr>
    <td>Pinion material quality</td>
    <td>-</td>
    <td>
        <select id="mqp">
            <option value="1">Through hardened Steel grade
1</option>

```



```

                <option value="2">Through hardened Steel grade
2</option>
                <option value="3">Nitrited through hardened
Steel grade 1</option>
                <option value="4">Nitrited through hardened
Steel grade 2</option>
                <option value="5">Nitralloy grade 1</option>
                <option value="6">Nitralloy grade 2</option>
            </select>
        </td>
        <td>-</td>
        <td>Gear material quality</td>
        <td>-</td>
        <td>
            <select id="mqg">
                <option value="1">Through hardened Steel grade
1</option>
                <option value="2">Through hardened Steel grade
2</option>
                <option value="3">Nitrited through hardened
Steel grade 1</option>
                <option value="4">Nitrited through hardened
Steel grade 2</option>
                <option value="5">Nitralloy grade 1</option>
                <option value="6">Nitralloy grade 2</option>
            </select>
        </td>
        <td>-</td>
    </tr>
    <tr>
        <td>Pinion hardness</td>
        <td>HBP</td>
        <td>
            <input type="number" min="0.01" step="0.01" name="HBP"
id="HBP" placeholder="Brinell hardness" value=320>
        </td>
        <td>-</td>
        <td>Gear hardness</td>
        <td>HBG</td>
        <td>
            <input type="number" min="0.01" step="0.01" name="HBG"
id="HBG" placeholder="Brinell hardness" value=320>

```

```

        </td>
        <td>-</td>
    </tr>

</table>

</div>

</div>

<div id="Allowable stress" class="tabcontent">
    <p>This tab contains allowable stress data</p>
    <div id="tabStressCycle">
        <table>
            <tr>
                <th colspan="8">Stress cycle \ (Z_N\), \ (Y_N\)</th>
            </tr>
            <tr>
                <td> Quantity </td>
                <td> Symbol </td>
                <td> Value </td>
                <td>Units</td>
                <td> Quantity </td>
                <td> Symbol </td>
                <td> Value </td>
                <td>Units</td>
            </tr>

            <tr>
                <td>Stress cycle factor for bending strength (Pinion)</td>
                <td>Y
                    <sub>np</sub>
                </td>
                <td>
                    <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="Ynp"
placeholder="Yn pinion">
                </td>
            <td>-</td>
            <td>Stress cycle factor for bending strength (Gear)</td>
            <td>Y
                <sub>ng</sub>
            </td>

```

```

        <td>
            <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="Yng"
placeholder="Yn gear">
        </td>
    <td>-</td>
</tr>

<tr>
    <td>Stress cycle factor for pitting resistance (Pinion)</td>
    <td>Z
        <sub>np</sub>
    </td>
    <td>
        <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="Znp"
placeholder="Zn pinion">
    </td>
    <td>-</td>
    <td>Stress cycle factor for pitting resistance (Gear)</td>
    <td>Z
        <sub>ng</sub>
    </td>
    <td>
        <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="Zng"
placeholder="Zn gear">
    </td>
    <td>-</td>
</tr>

<tr>
    <td>Yn line pinion</td>
    <td>-</td>
    <td>
        <select id="Yn_line_p">
            <option value="1">160 HB</option>
            <option value="2">Nitrited</option>
            <option value="3">250 HB</option>
            <option value="4">Case carb.</option>
            <option value="5">400 HB</option>
        </select>
    </td>
    <td>-</td>
    <td>Yn line gear</td>

```

```

<td>-</td>
<td>
  <select id="Yn_line_g">
    <option value="1">160 HB</option>
    <option value="2">Nitrited</option>
    <option value="3">250 HB</option>
    <option value="4">Case carb.</option>
    <option value="5">400 HB</option>
  </select>
</td>
<td>-</td>
</tr>

<tr>
  <td>Zn line pinion</td>
  <td>-</td>
  <td>
    <select id="Zn_line_p">
      <option value="1">Nitrited</option>
      <option value="2">Else</option>
    </select>
  </td>
  <td>-</td>
  <td>Zn line gear</td>
  <td>-</td>
  <td>
    <select id="Zn_line_g">
      <option value="1">Nitrited</option>
      <option value="2">Else</option>
    </select>
  </td>
  <td>-</td>
</tr>

<tr>
  <td>Number of pinion load cycles</td>
  <td>N</td>
  <td>
    <select id="LoadCycles_p">
      <option value="100">10^2</option>
      <option value="1000">10^3</option>
      <option value="10000">10^4</option>
    </select>
  </td>

```

```

        <option value="100000">10^5</option>
        <option value="1000000">10^6</option>
        <option value="10000000">10^7</option>
        <option value="100000000">10^8</option>
        <option value="1000000000">10^9</option>
        <option value="10000000000">10^10</option>
    </select>
</td>
<td>-</td>
</tr>

</table>

<button onclick="calcStressCycle()">Stress Cycle Refresh</button>

</div>

<div id="Reliability">
    <table>
    <tr>
        <th colspan="4">Reliability factor \ (Y_Z\ ) Refresh</th>
    </tr>
    <tr>
        <td> Quantity </td>
        <td> Symbol </td>
        <td> Value </td>
        <td>Units</td>
    </tr>

    <tr>
        <td>Reliability</td>
        <td>R</td>
        <td>
            <input type="number" min="0.5" max="0.9999" step="0.0001" id="r"
placeholder="values from 0.5 to 0.9999" value="0.9999">
        </td>
        <td>-</td>
    </tr>

    <tr>
        <td>Reliability factor</td>

```

```

        <td>Y
            <sub>z</sub>
        </td>
        <td>
            <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="Yz"
placeholder="Reliability factor Yz">
        </td>
        <td>-</td>
    </tr>
</table>

    <button onclick="performReliabilityCalculation()">Reliability factor
\ (Y_Z\ ) Refresh</button>

</div>

<div id="OtherAllowablestressData">
    <table>
        <tr>
            <th colspan="8">Other operational stress data</th>
        </tr>
        <tr>
            <td> Quantity </td>
            <td> Symbol </td>
            <td> Value </td>
            <td>Units</td>
        </tr>
        <tr>
            <td>Temperature factor</td>
            <td>\ (Y_θ\ )</td>
            <td>
                <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="Yth"
placeholder="Yθ (Up to 120 Celsius=1)" value=1>
            </td>
            <td>-</td>
        </tr>
        <tr>
            <td>Load sharing ratio</td>
            <td>m
                <sub>n</sub>
            <td>

```

```

                <input type="number" min="0.01" step="0.01" id="mn"
placeholder="Load sharing ratio" value=1>
            </td>
            <td>-</td>
        </tr>
        <tr>
            <td>Gearing position</td>
            <td>-</td>
            <td>
                <select id="gp">
                    <option value="1">External gears</option>
                    <option value="2">Internal gears</option>
                </select>
            </td>
            <td>-</td>
        </tr>
    </table>
</div>
</div>

</body>

<script>
    // Get the element with id="defaultOpen" and click on it
    document.getElementById("defaultOpenTab").click();
    document.getElementById("np").addEventListener("blur", () => {
        calcVelocity_mps();
    });
    document.getElementById("v").addEventListener("blur", () => {
        calcVelocity_mps();
    });
    document.getElementById("dp").addEventListener("blur", () => {
        calcVelocity_mps();
    });
    document.getElementById("modul").addEventListener("blur", () => {
        calcVelocity_mps();
    });
</script>

</html>

```

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β – Αρχεία JavaScript

---

### 1. GC PinionCalc.js

```
function PinionBendingCalc() {

    calcGeometryFactors();
    calcLoadKH();
    performReliabilityCalculation();
    calcSizeKs();
    calcStressCycle();
    calcDynamicKu();

    /**bending stress */
    const H = Number(document.getElementById("power").value);
    const v = Number(document.getElementById("v").value);
    const wt = H / v;
    document.getElementById("wt").value = wt.toFixed(2);
    const Ko = Number(document.getElementById("Ko").value);
    const Ku = Number(document.getElementById("Ku").value);
    const Ksp = Number(document.getElementById("Ksp").value);
    const f = Number(document.getElementById("f").value);
    const modul = Number(document.getElementById("modul").value);
    const KH = Number(document.getElementById("KH").value);
    const KB = Number(document.getElementById("KB").value);
    const Yj = Number(document.getElementById("Yj").value);

    bsp = wt * Ko * Ku * Ksp * (1 / (f * modul)) * ((KH * KB) / Yj);

    //Sf
    const Stp = calcStp();
    const Yn_p = Number(document.getElementById("Ynp").value);
    const Yz = Number(document.getElementById("Yz").value);
    const Yth = Number(document.getElementById("Yth").value);
    const Sfp = ((Stp * Yn_p) / (Yth * Yz)) / bsp;
    document.getElementById("Sf_pinion_bending").value = Sfp.toFixed(2);
    //SH
    const csp = PinionContactCalc();
    const Zn_p = Number(document.getElementById("Znp").value);
    const HBP = Number(document.getElementById("HBP").value);
    const Scp = 2.22 * HBP + 200;
    const SHP = ((Scp * Zn_p) / (Yth * Yz)) / csp;
    document.getElementById("SH_pinion_contact").value = SHP.toFixed(2);
}
```



```

    document.getElementById("pinion_bending").innerHTML = bsp.toFixed(2);
    document.getElementById("pinion_contact").innerHTML = csp.toFixed(2);
    document.getElementById("Sf_pinion_bending").innerHTML = Sfp.toFixed(2);
    document.getElementById("SH_pinion_contact").innerHTML = SHP.toFixed(2);
}
/**
 * Calculation of Stp
 *
 * @param {*} HBP Hardness value    HBP = Number(document.getElementById("HBP").value);
 * @returns Stp: Tensile strength of material
 */
function calcStp() {
    const mqp = Number(document.getElementById("mqp").value);
    const HBP = Number(document.getElementById("HBP").value);
    let Stp = null;
    if (mqp == 1) {
        Stp = 0.533 * HBP + 88.3;
    }
    if (mqp == 2) {
        Stp = 0.703 * HBP + 113;
    }
    if (mqp == 3) {
        Stp = 0.568 * HBP + 83.8;
    }
    if (mqp == 4) {
        Stp = 0.749 * HBP + 110;
    }
    if (mqp == 5) {
        Stp = 0.594 * HBP + 87.76;
    }
    if (mqp == 6) {
        Stp = 0.784 * HBP + 114.81;
    }
    return Stp;
}
function PinionContactCalc() {

    calcGeometryFactors();
    calcLoadKH();
    performReliabilityCalculation();
    calcSizeKs();
    calcStressCycle();
}

```

```
calcDynamicKu();
ElasticCoeCalc();

const H = Number(document.getElementById("power").value);
const v = Number(document.getElementById("v").value);
const wt = H / v;
const Ko = Number(document.getElementById("Ko").value);
const Ku = Number(document.getElementById("Ku").value);
const Ksp = Number(document.getElementById("Ksp").value);
const f = Number(document.getElementById("f").value);
const KH = Number(document.getElementById("KH").value);
const ZE = Number(document.getElementById("ZE").value);
const ZR = Number(document.getElementById("ZR").value);
const Zi = Number(document.getElementById("Zi").value);
const dp = Number(document.getElementById("dp").value);

csp = ZE * Math.sqrt(wt * Ko * Ku * Ksp * (KH / (dp * f) * (ZR / Zi)));
return csp;
}
```

## 2. GC\_GearCalc.js

```
//=====Bending stress calculations=====
function GearBendingCalc() {

    calcGeometryFactors();
    calcLoadKH();
    performReliabilityCalculation();
    calcSizeKsg();
    calcStressCycle();
    calcDynamicKu();

    /**bending stress */
    const H = Number(document.getElementById("power").value);
    const v = Number(document.getElementById("v").value);
    const wt = H / v;
    document.getElementById("wt").value = wt.toFixed(2);
    const Ko = Number(document.getElementById("Ko").value);
    const Ku = Number(document.getElementById("Ku").value);
    const Ksg = Number(document.getElementById("Ksg").value);
    const f = Number(document.getElementById("f").value);
    const modul = Number(document.getElementById("modul").value);
    const KH = Number(document.getElementById("KH").value);
    const KB = Number(document.getElementById("KB").value);
    const Yj = Number(document.getElementById("Yj").value);

    let bsg = wt * Ko * Ku * Ksg * (1 / (f * modul)) * ((KH * KB) / Yj);

    //Sf gear (safety factor for bending stress)
    const Stg = calcStg();
    const Yn_g = Number(document.getElementById("Yng").value);
    const Yz = Number(document.getElementById("Yz").value);
    const Yth = Number(document.getElementById("Yth").value);
    const Sfg = ((Stg * Yn_g) / (Yth * Yz)) / bsg;

    /**
     * Calculation of Stp
     *
     * @param {*} HBG Hardness value    HBG =
    Number(document.getElementById("HBG").value);
     * @returns Stg: Tensile strength of material
    */
}
```

```

*/
function calcStg() {
    const mqg = Number(document.getElementById("mqg").value);
    const HBG = Number(document.getElementById("HBG").value);
    let Stg = null;

    if (mqg == 1) {
        Stg = 0.533 * HBG + 88.3;
    }
    if (mqg == 2) {
        Stg = 0.703 * HBG + 113;
    }
    if (mqg == 3) {
        Stg = 0.568 * HBG + 83.8;
    }
    if (mqg == 4) {
        Stg = 0.749 * HBG + 110;
    }
    if (mqg == 5) {
        Stg = 0.594 * HBG + 87.76;
    }
    if (mqg == 6) {
        Stg = 0.784 * HBG + 114.81;
    }
    return Stg;
}

document.getElementById("gear_bending").innerHTML = bsg.toFixed(2);
document.getElementById("Sf_gear_bending").innerHTML = Sfg.toFixed(2);
}
//=====Contact stress calculations=====
function GearContactCalc() {

    calcGeometryFactors();
    calcLoadKH();
    performReliabilityCalculation();
    calcSizeKsg();
    calcStressCycle();
    calcDynamicKu();
    ElasticCoeCalc();
}

```

```

/**contact stress */
let csg;
const H = Number(document.getElementById("power").value);
const v = Number(document.getElementById("v").value);
const wt = H / v;
const Ko = Number(document.getElementById("Ko").value);
const Ku = Number(document.getElementById("Ku").value);
const Ksg = Number(document.getElementById("Ksg").value);
const f = Number(document.getElementById("f").value);
const KH = Number(document.getElementById("KH").value);
const ZE = Number(document.getElementById("ZE").value);
const ZR = Number(document.getElementById("ZR").value);
const Zi = Number(document.getElementById("Zi").value);
const Yz = Number(document.getElementById("Yz").value);
const Yth = Number(document.getElementById("Yth").value);
const Ng = Number(document.getElementById("Ng").value);
const modul = Number(document.getElementById("modul").value);
let dg = Ng*modul;
document.getElementById("dg").value = dg.toFixed(2);
csg = ZE * Math.sqrt(wt * Ko * Ku * Ksg * (KH / (dg * f) * (ZR / Zi)));

//SH gear (safety factror for contact stress)
const Zn_g = Number(document.getElementById("Zng").value);
const HBG = Number(document.getElementById("HBG").value);
const Scg = 2.22 * HBG + 200;
const SHG = ((Scg * Zn_g) / (Yth * Yz)) / csg;

document.getElementById("gear_contact").innerHTML = csg.toFixed(2);
document.getElementById("SH_gear_contact").innerHTML = SHG.toFixed(2);

//===== ng (gear speed [rpm]) =====
let ng = 0;
let dp = Number(document.getElementById("dp").value);
let np = Number(document.getElementById("np").value);
ng = (np*dp)/dg;
document.getElementById("ng").value = ng.toFixed(2);
}

```

### 3. GC\_ElasticCoefficient.js

```
const epm = {
  "Steel": 1,
  "Malleable iron": 2,
  "Nodular iron": 3,
  "Cast iron": 4,
  "Aluminum bronze": 5,
  "Tin bronze": 6
}
Object.freeze(epm);
const egm = {
  "Steel": 1,
  "Malleable iron": 2,
  "Nodular iron": 3,
  "Cast iron": 4,
  "Aluminum bronze": 5,
  "Tin bronze": 6
}
Object.freeze(egm);
/**
 * Performs the Elastic Coefficient Calculation as described in Shigley.
 *
 * @class ElasticCoefficientZE
 */
class ElasticCoefficientZE {
  /**
   * @param {*} pm: pinion material
   * @param {*} gm: gear material
   * @memberof ElasticCoefficientZE
   */
  constructor(pm, gm) {
    this.pm = pm;
    this.gm = gm;
  }
  /**
   * calculations for Elastic coefficient ZE
   */
  calcZE() {
    let ZE = null;
    const gm_x = [1, 2, 3, 4, 5, 6];
```

```
const pm_s = [191, 181, 179, 174, 162, 158];
const pm_m = [181, 174, 172, 168, 158, 154];
const pm_n = [179, 172, 170, 166, 156, 152];
const pm_c = [174, 168, 166, 163, 154, 149];
const pm_a = [162, 158, 156, 154, 145, 141];
const pm_t = [158, 154, 152, 149, 141, 137];

switch (this.pm) {
  case epm["Steel"]:
    for (var i = 0; i <= 5; i++) {
      if (this.gm == gm_x[i]) {
        ZE = pm_s[i];
        break;
      }
    }
    break;

  case epm["Malleable iron"]:
    for (var i = 0; i <= 5; i++) {
      if (this.gm == gm_x[i]) {
        ZE = pm_m[i];
        break;
      }
    }
    break;

  case epm["Nodular iron"]:
    for (var i = 0; i <= 5; i++) {
      if (this.gm == gm_x[i]) {
        ZE = pm_n[i];
        break;
      }
    }
    break;

  case epm["Cast iron"]:
    for (var i = 0; i <= 5; i++) {
      if (this.gm == gm_x[i]) {
        ZE = pm_c[i];
        break;
      }
    }
    break;

  case epm["Aluminum bronze"]:
```

```
        for (var i = 0; i <= 5; i++) {
            if (this.gm == gm_x[i]) {
                ZE = pm_a[i];
                break;
            }
        }
        break;
    case epm["Tin bronze"]:
        for (var i = 0; i <= 5; i++) {
            if (this.gm == gm_x[i]) {
                ZE = pm_t[i];
                break;
            }
        }
        break;
    }
    return ZE;
}
}
/**
 * Auxilliary function for ZE calculation.
 *
 */
function ElasticCoeCalc() {
    const pm = Number(document.getElementById("pm").value);//pinion material
    const gm = Number(document.getElementById("gm").value);//Gear material
    const ECcalc = new ElasticCoefficientZE(pm, gm);
    document.getElementById("ZE").value = ECcalc.calcZE();
}
```



#### 4. GC\_GeometryFactors.js

```

const egp = {
  "External gears": 1,
  "Internal gears": 2
}
Object.freeze(egp);
/**
 *Performs the Geometry Factors Calculation as described in Shigley.
 *
 * @class GeometryFactors
 */
class GeometryFactors {
  /**
   *Creates an instance of GeometryFactors.
   * @param {*} Np: number of teeth for pinion
   * @param {*} Ng: number of teeth for gear
   * @param {*} mn: normal module
   * @param {*} fi: transverse pressure angle in degrees (usually this is 20)
   * @param {*} gp: 1:external gear 2: internal gear
   * @memberof GeometryFactors
   */
  constructor(Np, Ng, mn, fi, gp) {
    this.Np = Np;
    this.Ng = Ng;
    this.mn = mn;
    this.fi = fi;
    this.gp = gp;
    this.mG = this.calcmG();
  }
  calcmG() {
    let mG = this.Ng / this.Np;
    this.mG = mG;
    return this.mG;
  }
}
/**
 * Calculates the Geometry Factor Zi
 *
 * @returns Zi
 * @memberof GeometryFactors
 */

```

```

calcZi() {
  this.calcMg();
  let Zi = null;
  switch (this.gp) {
    case egp["External gears"]:
      Zi = ((Math.cos(this.fi * (Math.PI / 180)) * Math.sin(this.fi *
(Math.PI / 180))) / 2 * (this.mn)) * (this.mG / (this.mG + 1));
      break;
    case egp["Internal gears"]:
      Zi = ((Math.cos(this.fi * (Math.PI / 180)) * Math.sin(this.fi *
(Math.PI / 180))) / 2 * (this.mn)) * (this.mG / (this.mG - 1));
      break;
  }
  return Zi;
}
calcYj() {
  let NpYj = [12, 15, 17, 20, 24, 30, 50, 80, 125, 275];
  let NgYj = [17, 25, 35, 50, 85, 170, 1000];
  let Yj = [
    [0.21, 0.21, 0.21, 0.21, 0.21, 0.21, 0.21],
    [0.25, 0.25, 0.25, 0.25, 0.25, 0.25, 0.25],
    [0.29, 0.29, 0.29, 0.29, 0.29, 0.29, 0.29],
    [0.31, 0.32, 0.325, 0.33, 0.34, 0.34, 0.345],
    [0.335, 0.34, 0.35, 0.355, 0.36, 0.368, 0.392],
    [0.358, 0.365, 0.375, 0.38, 0.39, 0.398, 0.405],
    [0.395, 0.405, 0.415, 0.425, 0.437, 0.449, 0.468],
    [0.418, 0.43, 0.44, 0.455, 0.465, 0.48, 0.49],
    [0.43, 0.445, 0.457, 0.471, 0.482, 0.50, 0.51],
    [0.445, 0.46, 0.472, 0.49, 0.50, 0.518, 0.53]
  ];
  let calcYj;
  let flag = 0;
  let posNp = null;
  let posNg = null;
  let Yj1 = null;
  let Yj2 = null;

  for (var i = 0; i < NpYj.length; i++) {
    if (NpYj[i] == this.Np) {
      flag = 1;
      posNp = i;
      break;
    }
  }

```

```

    }
}
for (var i = 0; i < NgYj.length; i++) {
    if (flag == 0 && NgYj[i] == this.Ng) {
        flag = 2;
        posNg = i;
        break;
    } else if (flag == 1 && NgYj[i] == this.Ng) {
        flag = 3;
        posNg = i;
        break;
    }
}
switch (flag) {
    case 0:
        for (var i = 0; i < NpYj.length; i++) {
            if (this.Np < NpYj[i]) {
                posNp = i;
                break;
            }
        }
        for (var i = 0; i < NgYj.length; i++) {
            if (this.Ng < NgYj[i]) {
                posNg = i;
                break;
            }
        }
        Yj1 = (((Yj[posNp][posNg - 1]) - (Yj[posNp - 1][posNg - 1])) *
(this.Np - NpYj[posNp - 1])) / (NpYj[posNp] - NpYj[posNp - 1])) + (Yj[posNp - 1][posNg
- 1]);
        Yj2 = (((Yj[posNp][posNg]) - (Yj[posNp - 1][posNg])) * (this.Np -
NpYj[posNp - 1])) / (NpYj[posNp] - NpYj[posNp - 1])) + (Yj[posNp - 1][posNg]);
        calcYj = (((Yj2 - Yj1) * (this.Ng - NgYj[posNg - 1])) / (NgYj[posNg] -
NgYj[posNg - 1])) + Yj1;
        break;
    case 1:
        for (var i = 0; i < NgYj.length; i++) {
            if (this.Ng < NgYj[i]) {
                posNg = i;
                break;
            }
        }
}
}

```

```

        calcYj = (((Yj[posNp][posNg]) - (Yj[posNp][posNg - 1])) * (this.Ng -
NgYj[posNg - 1])) / (NgYj[posNg] - NgYj[posNg - 1])) + (Yj[posNp][posNg - 1]);
        break;
    case 2:
        for (var i = 0; i < NpYj.length; i++) {
            if (this.Np < NpYj[i]) {
                posNp = i;
                break;
            }
        }
        calcYj = (((Yj[posNp][posNg]) - (Yj[posNp - 1][posNg])) * (this.Np -
NpYj[posNp - 1])) / (NpYj[posNp] - NpYj[posNp - 1])) + (Yj[posNp - 1][posNg]);
        break;
    case 3:
        calcYj = Yj[posNp][posNg];
        break;
    }
    return calcYj;
}
}
/** The following is to export the class and other function for testing purposes.
 * This code is not necessary for production
 */
try {
    // this is only for testing purposes.
    module.exports.GeometryFactors = GeometryFactors;
} catch (err) {
}
function calcGeometryFactors() {
    const Np = Number(document.getElementById("Np").value);
    const Ng = Number(document.getElementById("Ng").value);
    const mn = Number(document.getElementById("mn").value);
    const fi = Number(document.getElementById("fi").value);
    const gp = Number(document.getElementById("gp").value);
    const GFcalc = new GeometryFactors(Np, Ng, mn, fi, gp);

    document.getElementById("Zi").value = GFcalc.calcZi().toFixed(3);
    document.getElementById("mG").value = GFcalc.calcmG().toFixed(2);
    document.getElementById("Yj").value = GFcalc.calcYj().toFixed(4);
}

```

## 5. GC\_LoadDistributionKH.js

```

const eCmaCondition = {
  "open gearing": 1,
  "commercial,enclosed units": 2,
  "precision,enclosed units": 3,
  "extra presicion,enclosed units": 4
}
Object.freeze(eCmaCondition);
/**
 * Performs the Load Distribution Factor Calculation as described in Shigley.
 *
 * @class LoadDistributionKH
 */
class LoadDistributionKH {
  /**
   *Creates an instance of LoadDistributionKH.
   * @param {*} Ce
   * @param {*} Cpm
   * @param {*} Cmc
   * @param {*} f : face width [mm]
   * @param {*} d : gear pitch diameter [mm]
   * @param {*} CmaCondition : gear condition (enum)
   * @memberof LoadDistributionKH
   */
  constructor(Ce = 1, Cpm = 1, Cmc = 1, f=0, d=0, CmaCondition = 1) {
    this.Ce = Ce;
    this.Cpm = Cpm;
    this.Cmc = Cmc;
    this.con = CmaCondition;
    this.f = f;
    this.d = d;
  }
  /**
   * Calculates CPf from Shigley p. 760
   *
   * Requires:
   * - this.f:
   * - this.d:
   * face width is converted from mm to in for the calculation
   * @returns Cpf: number

```

```

    * @memberof LoadDistributionKH
    */
    calcCpf() {
        let Cpf = null;
        let E = ((this.f / 25.4) / (10 * (this.d / 25.4)));

        if (E < 0.05) {
            E = 0.05;
        }
        if (this.f <= 25.4) {
            Cpf = E - 0.025;
        } else if (this.f <= (17 * 25.4)) {
            Cpf = E - 0.0375 + (0.0125 * this.f / 25.4);
        } else if (this.f <= (40 * 25.4)) {
            Cpf = E - 0.1109 + (0.0207 * this.f / 25.4) - (0.000228 * Math.pow(this.f
/ 25.4, 2));
        }
        this.Cpf = Cpf;
        return this.Cpf;
    }
    /**
    * Calculates Cma
    * Requires:
    * - this.f: Face width [mm] (will be converted to [in] for the calculation)
    * - this.con:
    * @returns Cma: nuber
    * @memberof LoadDistributionKH
    */
    calcCma() {
        switch (this.con) {
            case eCmaCondition["open gearing"]:
                this._A = 0.247;
                this._B = 0.0167;
                this._C = -0.765e-4;
                break;
            case eCmaCondition["commercial,enclosed units"]:
                this._A = 0.127;
                this._B = 0.0158;
                this._C = -0.930e-4;
                break;
            case eCmaCondition["precision,enclosed units"]:
                this._A = 0.0675;

```

```

        this._B = 0.0128;
        this._C = -0.926e-4;
        break;

        case eCmaCondition["extra presicion,enclosed units"]:
            this._A = 0.0360; // this is an error
            this._B = 0.0102;
            this._C = -0.822e-4;
            break;
    }
    this.Cma = this._A + this._B * (this.f / 25.4) + this._C * Math.pow((this.f /
25.4), 2);
    return this.Cma;
}
/**
 * Calculates the KH
 *
 * @returns KH
 * @memberof LoadDistributionKH
 */
calcKH() {
    this.calcCma();
    this.calcCpf();
    this.KH = 1 + this.Cmc * (this.Cpf * this.Cpm + this.Cma * this.Ce);
    return this.KH;
}
}
/** The following is to export the class and other function for testing purposes.
 * This code is not necessary for production
 */
try {
    // this is only for testing purposes.
    module.exports.LoadDistributionKH = LoadDistributionKH;
} catch (err) {
}
function dpcalc() {
    const m = document.getElementById("modul").value;
    const Np = document.getElementById("Np").value;
    let d = Np * m;
    document.getElementById("dp").value = d;
    return d;
}
/**

```

```
* function that connects LoadCalculation class with the html page.
*
*/
function calcLoadKH() {
    const Ce = Number(document.getElementById("Ce").value);
    const Cpm = Number(document.getElementById("Cpm").value);
    const Cmc = Number(document.getElementById("Cmc").value);
    const f = Number(document.getElementById("f").value);
    let d=dpcalc();
    const con_Cma = Number(document.getElementById("con_cma").value);
    const KHcalc = new LoadDistributionKH(Ce, Cpm, Cmc, f, d, CmaCondition=con_Cma);
    KHcalc.calcKH();
    document.getElementById("Cma").value = KHcalc.Cma.toFixed(3);
    document.getElementById("Cpf").value = KHcalc.Cpf.toFixed(3);
    document.getElementById("KH").value = KHcalc.KH.toFixed(2);
}
```



## 6. GC\_reliability.js

```
/"use strict";
/**
 * This class calculates Reliability according to AGMA approach.
 * see Shigley chapter 14.
 * @class GCReliabilityCalculator
 */
class GCReliabilityCalculator {
  constructor(Reliability) {
    this.Reliability = Reliability;
  }
  /**
   * Calculates the Reliability
   *
   * @returns R
   * @memberof GCReliabilityCalculator
   */
  evaluate() {
    let Yz;
    if (this.Reliability < 0.5) {
      Yz = 0.658 - 0.0759 * (Math.log(0.5));
    } else if (this.Reliability < 0.99) {
      Yz = 0.658 - 0.0759 * (Math.log(1 - this.Reliability));
    } else if (this.Reliability <= 0.9999) {
      Yz = 0.5 - 0.109 * (Math.log(1 - this.Reliability));
    } else {
      Yz = NaN;
    }
    return Yz;
  }
}
/** The following is to export the class and other function for testing purposes.
 * This code is not necessary for production
 */
try {
  // this is only for testing purposes.
  module.exports.GCReliabilityCalculator = GCReliabilityCalculator;
} catch (err) {
}
function performReliabilityCalculation() {
```

```
let R = Number(document.getElementById("r").value);  
let Robj = new GCReliabilityCalculator(R);  
document.getElementById("Yz").value = Robj.evaluate().toFixed(2);  
}
```

## 7. GC Size.js

```

/**
 * Performs the Size Factor Calculation as described in Shigley.
 *
 * @class SizeFactorCalculator
 */
class SizeFactorCalculator {
  /**
   *Creates an instance of SizeFactorCalculator.
   * @param {*} f Face width [mm]
   * @param {*} m Module [mm]
   * @param {*} N teeth no []
   * @param {*} Y Lewis factor []
   * @memberof SizeFactorCalculator
   */
  constructor(f, m, N) {
    this.f = f;
    this.m = m;
    this.Np = N;
    this.Y = -1;
  }
  /**
   * method that performs the calculation for Ks
   *
   * @returns Ks factor
   * @memberof SizeFactorCalculator
   */
  calcKs() {
    this.calcY();
    this.Ks = 0.904 * (Math.pow(((this.f * Math.sqrt(this.Y))*this.m), 0.0535));
    return this.Ks;
  }
  /**
   * This function calculates the Lewis factor.
   *
   * @returns Value of Y
   * @memberof SizeFactorCalculator
   */
  calcY() {
    let Ytemp = null;

```

```

    let x = [12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 26, 28, 30, 34, 38, 43,
50, 60, 75, 100, 150, 300, 400];
    let y = [0.245, 0.261, 0.277, 0.290, 0.296, 0.303, 0.309, 0.314, 0.322, 0.328,
0.331, 0.337, 0.346, 0.353, 0.359, 0.371, 0.384, 0.397, 0.409, 0.422, 0.435, 0.447,
0.460, 0.472, 0.480];
    //TODO: this function can do with a lot of refactoring to simplify this
    for (var i = 0; i <= 24; i++) {
        if (this.Np == x[i]) {
            Ytemp = y[i];
        }
    }
    if (Ytemp == null) {
        for (var i = 0; i <= 24; i++) {
            if (this.Np < x[i])
                break;
        }
        Ytemp = (y[i - 1] * (x[i] - this.Np) + y[i] * (this.Np - x[i - 1])) / (x[i] -
x[i - 1]);
    }
    this.Y = Ytemp;
    return this.Y;
}
}
/** The following is to export the class and other function for testing purposes.
 * This code is not necessary for production
 */
try {
    // this is only for testing purposes.
    module.exports.SizeFactorCalculator = SizeFactorCalculator;
} catch (err) {
}
/**
 * Auxilliary function that is responsible for communicating with the html and the js
calculation.
 *
 */
function calcSizeKs() {
    const f = (document.getElementById("f").value);
    const Np = Number(document.getElementById("Np").value);
    const m = Number(document.getElementById("modul").value);
    const KsP = new SizeFactorCalculator(f, m, Np);

```

```
document.getElementById("Ksp").value = KsP.calcKs().toFixed(3);
document.getElementById("Yp").value = KsP.Y.toFixed(3);
}
/**
 * Auxilliary function for Gear's Ks factor.
 *
 */
function calcSizeKsg() {
  const f = (document.getElementById("f").value);
  const Ng = Number(document.getElementById("Ng").value);
  const m = Number(document.getElementById("modul").value);
  const Ksg = new SizeFactorCalculator(f, m, Ng);
  document.getElementById("Ksg").value = Ksg.calcKs().toFixed(3); //apla to
prospernaei
  document.getElementById("Yg").value = Ksg.Y.toFixed(3);
}
```

## 8. GC\_StressCycle.js

```
//TODO: requires a Zn_line_p parameter.
//TODO: put this for each calculation
//TODO: consider switch and enum
const eYn_line = {
  "160 HB": 1,
  "Nitrided": 2,
  "250 HB": 3,
  "Case carb.": 4,
  "400 HB": 5
}
Object.freeze(eYn_line);
const eZn_line = {
  "Nitrided": 1,
  "Else": 2,
}
Object.freeze(eZn_line);
/**
 * Performs the Stress Cycle Factor Calculation as described in Shigley 9th Edition,
 chap 14-13 pp 762-763
 *
 * @class StressCycleFactors
 */
class StressCycleFactors {
  /**
   *Creates an instance of StressCycleFactors.
   * @param {Number} StressCycleN: Number of Stress cycles.
   * @param {Number} Yn_line: Load cycle factor YN (and ZN) is to modify the gear
 strength for lives other than 107 cycles.
   * @param {*} Zn_line
   * @memberof StressCycleFactors
   */
  constructor(StressCycleN, Yn_line, Zn_line) {
    this.StressCycleN = StressCycleN;
    this.Yn_line = Yn_line;
    this.Zn_line = Zn_line;
  }
  /**
   * Calculates the Stress Cycle Factor Yn (repeatedly applied bending strength)
   * according to Shigley 9th Edition, chap 14-13 pp 762-763

```

```

*
* The purpose of the Yn is to modify the gear strength for lives other than
10^7 cycles.
* @returns Yn
* @memberof StressCycleFactors
*/
calcYn() {
  let Yn= null;

  switch (this.Yn_line) {
    case eYn_line["160 HB"]:
      if (this.StressCycleN >= 100 && this.StressCycleN <= 1000000) {
        Yn = 2.3194 * Math.pow(this.StressCycleN, -0.0538);
      } else {
        Yn = 1.6831 * Math.pow(this.StressCycleN, -0.0323);
      }
      break;
    case eYn_line["Nitrided"]:
      if (this.StressCycleN >= 100 && this.StressCycleN <= 1000000) {
        Yn = 3.517 * Math.pow(this.StressCycleN, -0.0817);
      } else {
        Yn = 1.6831 * Math.pow(this.StressCycleN, -0.0323);
      }
      break;
    case eYn_line["250 HB"]:
      if (this.StressCycleN >= 100 && this.StressCycleN <= 1000000) {
        Yn = 4.9404 * Math.pow(this.StressCycleN, -0.1045);
      } else {
        Yn = 1.6831 * Math.pow(this.StressCycleN, -0.0323);
      }
      break;
    case eYn_line["Case carb."]:
      if (this.StressCycleN >= 100 && this.StressCycleN <= 1000000) {
        Yn = 6.1514 * Math.pow(this.StressCycleN, -0.1192);
      } else {
        Yn = 1.3558 * Math.pow(this.StressCycleN, -0.0178);
      }
      break;
    case eYn_line["400 HB"]:
      if (this.StressCycleN >= 100 && this.StressCycleN <= 1000000) {
        Yn = 9.4518 * Math.pow(this.StressCycleN, -0.148);
      } else {

```

```

        Yn = 1.3558 * Math.pow(this.StressCycleN, -0.0178);
    }
    break;
}
return Yn;
}
/**
 * Pitting resistance stress cycle factor Zn Calculation
 * according to Shigley 9th Edition, chap 14-13 pp 762-763
 *
 * The purpose of the Zn is to modify the gear strength for lives other than
10^7 cycles.
 *
 * @returns
 * @memberof StressCycleFactors
 */
calcZn() {
    let Zn=null;
    switch (this.Zn_line) {
        case eZn_line["Nitrided"]:
            if (this.StressCycleN >= 100 && this.StressCycleN <= 10000000) {
                Zn = 1.249 * Math.pow(this.StressCycleN, -0.0138);
            } else {
                Zn = 1.4488 * Math.pow(this.StressCycleN, -0.023);
            }
            break;
        case eZn_line["Else"]:
            if (this.StressCycleN >= 100 && this.StressCycleN <= 10000000) {
                Zn = 2.466 * Math.pow(this.StressCycleN, -0.056);
            } else {
                Zn = 2.466 * Math.pow(this.StressCycleN, -0.056);
            }
            break;
    }
    return Zn;
}
}
try {
    // this is only for testing purposes.
    module.exports.StressCycleFactors = StressCycleFactors;
} catch (err) {}
function calcStressCycle() {

```



```
const StressCycleN = Number(document.getElementById("LoadCycles_p").value);
const Np = Number(document.getElementById("Np").value);
const Ng = Number(document.getElementById("Ng").value);
let mG = Ng/Np;
const StressCycleNGear = StressCycleN/mG;
const Yn_line_p = Number(document.getElementById("Yn_line_p").value);
const Zn_line_p = Number(document.getElementById("Zn_line_p").value);
const Yn_line_g = Number(document.getElementById("Yn_line_g").value);
const Zn_line_g = Number(document.getElementById("Zn_line_g").value);
const SCcalc = new StressCycleFactors(StressCycleN, Yn_line_p, Zn_line_p);
const SCGcalc = new StressCycleFactors(StressCycleNGear, Yn_line_g, Zn_line_g);

document.getElementById("Ynp").value = SCcalc.calcYn().toFixed(3);
document.getElementById("Znp").value = SCcalc.calcZn().toFixed(3);
document.getElementById("Yng").value = SCGcalc.calcYn().toFixed(3);
document.getElementById("Zng").value = SCGcalc.calcZn().toFixed(3);
}
```

## 9. npGC\_kvcalc.js

```

/"use strict";
/**
 * This class calculates Dynamic Factor
 *
 * @class DynamicFactorCalculator
 */
class DynamicFactorCalculator {
  constructor(GearQuality, Velocity_mps) {
    this.GearQuality = GearQuality;
    this.Velocity_mps = Velocity_mps;
  }
  /**
   * Calculates the Ku factor
   *
   * @returns Ku
   * @memberof DynamicFactorCalculator
   */
  calcKv() {
    let B = 0.25 * Math.pow((12 - this.GearQuality), 2.0 / 3);
    let A = 50 + 56 * (1 - B);
    return Math.pow((A + Math.sqrt(200 * this.Velocity_mps)) / A, B);
  }
}
/** The following is to export the class and other function for testing purposes.
 * This code is not necessary for production
 */
try {
  module.exports.KvTest = function () {
    let Kvcalc = new DynamicFactorCalculator(6, 6.60);
    return Kvcalc.calcKv();
  };
  // this is only for testing purposes.
  module.exports.DynamicFactorCalculator = DynamicFactorCalculator;
} catch (err) {
}
// auxilliary support functions
function calcDynamicKu() {
  const Qv = (document.getElementById("QualityNumber").value);
  const Kvcalc = new DynamicFactorCalculator(Qv, calcVelocity_mps());
}

```

```
document.getElementById("Ku").value = Kvcalc.calcKv().toFixed(2);
document.getElementById("v").value = calcVelocity_mps().toFixed(2);
}
function calcVelocity_mps() {
  let m, Np, dp, dg;
  m = Number(document.getElementById("modul").value);
  Np = Number(document.getElementById("Np").value);
  dp = Np * m; // diameter
  //function velocity()
  let v, np;
  np = Number(document.getElementById("np").value);
  v = (Math.PI * dp * np) / (1000 * 60);
  document.getElementById("v").value=v.toFixed(3);
  return v;
}
```

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ – Tests

---

### 1. GC\_GeometryTest.js

```

const assert = require('chai').assert;
const expect = require('chai').expect;
const GeometryFactors = require('.././js/GC_GeometryFactors.js').GeometryFactors;
describe('GeometryFactors Class' , function(){
  it('Np = 18, Ng=41 should be zi = 0.11, Yj =0.30' , function(){
    let stubObj = new GeometryFactors(Np=18, Ng=41, mn=1, fi=20, gp=1);
    let result= stubObj.calcZi();
    assert.equal(result.toFixed(2) , "0.11");
  });
  it('Np = 30, Ng=50 should be zi = 0.10, Yj =0.38' , function(){
    let stubObj = new GeometryFactors(Np=30, Ng=50, mn=1, fi=20, gp=1);
    let result= stubObj.calcZi();
    assert.equal(result.toFixed(2) , "0.10");
  });
});
describe('GeometryFactors Class - Yj' , function(){
  it('Np = 20, Ng=41 should be Yj =[0.32, 0.33]', function () {
    let stubObj = new GeometryFactors(Np=20, Ng=41, mn=1, fi=20, gp=1);
    expect(stubObj.calcYj()).to.be.within(0.320, 0.330);
  });
  it('Np = 30, Ng=50 should be Yj =0.38' , function(){
    let stubObj = new GeometryFactors(Np=30, Ng=50, mn=1, fi=20, gp=1);
    expect(stubObj.calcYj()).to.be.within(0.379, 0.381);
  });
  it('Np = 20, Ng=150 should be Yj =[0.34, 0.345]', function () {
    let stubObj = new GeometryFactors(Np=20, Ng=150, mn=1, fi=20, gp=1);
    expect(stubObj.calcYj()).to.be.within(0.34, 0.345);
  });
  it('Np = 20, Ng=900 should be Yj =[0.34, 0.35]', function () {
    let stubObj = new GeometryFactors(Np=20, Ng=999, mn=1, fi=20, gp=1);
    expect(stubObj.calcYj()).to.be.within(0.34, 0.35);
  });
  it('Np = 20, Ng=1000 should be Yj =[0.34, 0.35]', function () {
    let stubObj = new GeometryFactors(Np=20, Ng=1000, mn=1, fi=20, gp=1);
    expect(stubObj.calcYj()).to.be.within(0.34, 0.35);
  });
});

```

```

it('Np = 20, Ng=50 should be Yj =[0.32, 0.325]', function () {
  let stubObj = new GeometryFactors(Np=20, Ng=50, mn=1, fi=20, gp=1);
  expect(stubObj.calcYj()).to.be.within(0.325, 0.335);
});

it('Np = 30, Ng=50 should be Yj =[0.38, 0.385]', function () {
  let stubObj = new GeometryFactors(Np=30, Ng=50, mn=1, fi=20, gp=1);
  expect(stubObj.calcYj()).to.be.within(0.38, 0.385);
});

it('Np = 50, Ng=50 should be Yj =[0.42, 0.43]', function () {
  let stubObj = new GeometryFactors(Np=50, Ng=50, mn=1, fi=20, gp=1);
  expect(stubObj.calcYj()).to.be.within(0.42, 0.43);
});

it('Np = 80, Ng=50 should be Yj =[0.45, 0.46]', function () {
  let stubObj = new GeometryFactors(Np=80, Ng=50, mn=1, fi=20, gp=1);
  expect(stubObj.calcYj()).to.be.within(0.45, 0.460);
});

it('Np = 125, Ng=50 should be Yj =[0.463, 0.470]', function () {
  let stubObj = new GeometryFactors(Np=120, Ng=50, mn=1, fi=20, gp=1);
  expect(stubObj.calcYj()).to.be.within(0.463, 0.470);
});
});

```

## 2. GC LoadDistributionKHTest.js

```

const assert = require('chai').assert; // just as it is
const LoadDistributionKH =
require('.././js/GC_LoadDistributionKH').LoadDistributionKH;
describe('Load Distribution (K_H) Class: Cma' , function(){
  it('Ce=1,Cpm=1,Cmc=1, f=20, d=90, cmaCond=1 prepei na dwsei cma= 0.260, cpf=0.025
' , function(){
    let stubObj = new LoadDistributionKH(Ce=1,Cpm=1,Cmc=1, f=20, d=90,
CmaCondition=1);
    let result= stubObj.calcCma();
    assert.equal(result.toFixed(3) , "0.260");
    assert.equal(stubObj.calcCpf().toFixed(3) , "0.025");
  });
  it('Ce=1,Cpm=1,Cmc=1, f=20, d=90, cmaCond=2 prepei na dwsei cma= 0.139, cpf=0.025
' , function(){
    let stubObj = new LoadDistributionKH(Ce=1,Cpm=1,Cmc=1, f=20, d=90,
CmaCondition=2);

```

```

    let result= stubObj.calcCma();
    assert.equal(result.toFixed(3) , "0.139");
    assert.equal(stubObj.calcCpf().toFixed(3) , "0.025");
  });
  it('Ce=1,Cpm=1,Cmc=1, f=20, d=90, cmaCond=3  prepei na dwsei cma= 0.078, cpf=0.025
' , function(){
    let stubObj = new LoadDistributionKH(Ce=1,Cpm=1,Cmc=1, f=20, d=90,
CmaCondition=3);
    let result= stubObj.calcCma();
    assert.equal(result.toFixed(3) , "0.078");
    assert.equal(stubObj.calcCpf().toFixed(3) , "0.025");
  });
  it('Ce=1,Cpm=1,Cmc=1, f=20, d=90, cmaCond=4  prepei na dwsei cma= 0.044, cpf=0.025
' , function(){
    let stubObj = new LoadDistributionKH(Ce=1,Cpm=1,Cmc=1, f=20, d=90,
CmaCondition=4);
    assert.equal(stubObj.calcCma().toFixed(3) , "0.044");
    assert.equal(stubObj.calcCpf().toFixed(3) , "0.025");
  });
});
describe('Load Distribution (K_H) Class: Cpf' , function(){
  it('f=20, d=90, Ce=1,Cpm=1,Cmc=1, cmaCond=1  prepei na dwsei  cpf=0.025 ' ,
function(){
    let stubObj = new LoadDistributionKH(Ce=1,Cpm=1,Cmc=1, f=20, d=90,
CmaCondition=1);
    assert.equal( "0.025",stubObj.calcCpf().toFixed(3));
  });
  it('f=200, d=90, Ce=1,Cpm=1,Cmc=1, cmaCond=1  prepei na dwsei  cpf=0.283 ' ,
function(){
    let stubObj = new LoadDistributionKH(Ce=1,Cpm=1,Cmc=1, f=200, d=90,
CmaCondition=1);
    assert.equal("0.283", stubObj.calcCpf().toFixed(3));
  });
  it('f=1000, d=90, Ce=1,Cpm=1,Cmc=1, cmaCond=1  prepei na dwsei  cpf=1.462 ' ,
function(){
    let stubObj = new LoadDistributionKH(Ce=1,Cpm=1,Cmc=1, f=1000, d=90,
CmaCondition=1);
    assert.equal("1.462", stubObj.calcCpf().toFixed(3));
  });
  it('f=2000, d=90, Ce=1,Cpm=1,Cmc=1, cmaCond=1  prepei na dwsei  cpf=0.null ' ,
function(){

```

```

    let stubObj = new LoadDistributionKH(Ce=1,Cpm=1,Cmc=1, f=2000, d=90,
CmaCondition=1);
    assert.equal(null, stubObj.calcCpf());
  });
});
describe('Load Distrbution (K_H) Class: KH' , function(){
  it('f=20, d=90, Ce=1,Cpm=1,Cmc=1, cmaCond=1 prepei na dwsei K_H=1.285 ' ,
function(){
    let stubObj = new LoadDistributionKH(Ce=1,Cpm=1,Cmc=1, f=20, d=90,
CmaCondition=1);
    assert.equal( "1.285",stubObj.calcKH().toFixed(3));
  });
  it('Ce=1,Cpm=1,Cmc=1, cmaCond=2, f=20, d=90, prepei na dwsei K_H=1.164 ' ,
function(){
    let stubObj = new LoadDistributionKH(Ce=1,Cpm=1,Cmc=1,
      f=20, d=90, CmaCondition=2);
    stubObj.calcKH();
    assert.equal( stubObj.Cma.toFixed(3),"0.139");
    assert.equal( stubObj.Cpf.toFixed(3),"0.025");
    assert.equal(stubObj.calcKH().toFixed(3), "1.164");
  });
  it('Ce=0.8, Cpm=1,Cmc=0.8, cmaCond=2, f=20, d=90, prepei na dwsei K_H=1.137 ' ,
function(){
    let stubObj = new LoadDistributionKH(Ce=0.8,Cpm=1,Cmc=1,
      f=20, d=90, CmaCondition=2);
    stubObj.calcKH();
    assert.equal( stubObj.Cma.toFixed(3),"0.139");
    assert.equal( stubObj.Cpf.toFixed(3),"0.025");
    assert.equal(stubObj.calcKH().toFixed(3), "1.137");
  });
  it('Ce=1,Cpm=1.1,Cmc=1, cmaCond=2, f=20, d=90, prepei na dwsei K_H=1.167 ' ,
function(){
    let stubObj = new LoadDistributionKH(Ce=1,Cpm=1.1,Cmc=1,
      f=20, d=90, CmaCondition=2);
    stubObj.calcKH();
    assert.equal( stubObj.Cma.toFixed(3),"0.139");
    assert.equal( stubObj.Cpf.toFixed(3),"0.025");
    assert.equal(stubObj.calcKH().toFixed(3), "1.167");
  });
  it('Ce=1,Cpm=1,Cmc=0.8, cmaCond=2, f=20, d=90, prepei na dwsei K_H=1.132 ' ,
function(){
    let stubObj = new LoadDistributionKH(Ce=1,Cpm=1,Cmc=0.8,

```

```

        f=20, d=90, CmaCondition=2);
    stubObj.calcKH();
    assert.equal( stubObj.Cma.toFixed(3), "0.139");
    assert.equal( stubObj.Cpf.toFixed(3), "0.025");
    assert.equal(stubObj.calcKH().toFixed(3), "1.132");
    });
});
describe( "Manos Test", function(){
    it('Ce=1,Cpm=1,Cmc=1,f=20,con_Cma=2 tote Cma=0.139, Cpf=0.025, KH = 1.16 ' ,
function(){
        let stubObj = new LoadDistributionKH(Ce=1, Cpm=1, Cmc=1, f=20, dp=90,
con_Cma=2);
        let result= stubObj.calcKH();
        assert.equal(result.toFixed(2) , "1.16");
        assert.equal(stubObj.Cma.toFixed(3) , "0.139");
        assert.equal(stubObj.Cpf.toFixed(3) , "0.025");
    });
    it('Ce=1,Cpm=1,Cmc=1,f=20,con_Cma=1 tote Cma=0.260, Cpf=0.025, KH = 1.29 ' ,
function(){
        let stubObj = new LoadDistributionKH(Ce=1, Cpm=1, Cmc=1, f=20, dp=90,
con_Cma=1);
        let result= stubObj.calcKH();
        assert.equal(result.toFixed(2) , "1.29");
        assert.equal(stubObj.Cma.toFixed(3) , "0.260");
        assert.equal(stubObj.Cpf.toFixed(3) , "0.025");
    });
});
});

```

### 3. GC\_reliabilityTest.js

```

const assert = require('chai').assert;
const GCReliabilityCalculator =
require('.././js/GC_reliability').GCReliabilityCalculator;
describe('Reliability (K_R) Class' , function(){
    it('R=0.1 prepei na dwsei 0.7106 ' , function(){
        let stubObj = new GCReliabilityCalculator(0.1);
        let result= stubObj.evaluate();
        assert.equal(result.toFixed(2) , "0.71");
    });
    it('R=0.1 tote objR=0.1 ' , function(){
        let stubObj = new GCReliabilityCalculator(0.1);
        assert.equal(stubObj.Reliability.toFixed(2) , "0.10");
    });

```



```
});  
it('R=0.6 prepei na dwsei 0.7106 ' , function(){  
    let stubObj = new GCReliabilityCalculator(0.6);  
    let result= stubObj.evaluate();  
    assert.equal(result.toFixed(2) , (0.7275).toFixed(2));  
});  
it('R=0.99 prepei na dwsei 1.0075 ' , function(){  
    let stubObj = new GCReliabilityCalculator(0.99);  
    let result= stubObj.evaluate();  
    assert.equal(result.toFixed(2) , (1.002).toFixed(2));  
});  
});
```

#### 4. GC\_sizeTest.js

```

const assert = require('chai').assert;
const SizeFactorCalculator = require('../..//js/GC_Size').SizeFactorCalculator;
describe('SizeFactorCalculator(K_s) Class' , function(){
  it('z = 40, F=20 should be Y = 0.389, Ks =1.128' , function(){
    let stubObj = new SizeFactorCalculator(f=20, m = 5, Np=19);
    let result= stubObj.calcKs();
    assert.equal(result.toFixed(2) , "1.12");
    assert.equal(stubObj.Y.toFixed(3) , "0.314");
  });
  it('z = 19, F=20 should be Y = 0.314, Ks =1.12' , function(){
    let stubObj = new SizeFactorCalculator(f=20, m = 5, Np=19);
    let result= stubObj.calcKs();
    assert.equal(result.toFixed(3) , "1.121");
    assert.equal(stubObj.Y.toFixed(3) , "0.314");
  });
  it('z = 40, F=200 should be Y = 0.389, Ks =1.176' , function(){
    let stubObj = new SizeFactorCalculator(f=20, m = 5, Np=19);
    let result= stubObj.calcKs();
    assert.equal(result.toFixed(3) , "1.121");
    assert.equal(stubObj.Y.toFixed(3) , "0.314");
  });
});

```

#### 5. GC\_StressCycleTest.js

```

const assert = require('chai').assert;
const expect = require('chai').expect;
const StressCycleFactors = require('../..//js/GC_StressCycle.js').StressCycleFactors;
describe('StressCycleFactors Class N =1e7, Yn=2, Zn=1', function () {
  const stubObj = new StressCycleFactors(StressCycleN = 10000000, Yn_line = 2,
  Zn_line= 1);
  it('StressCycleN=10000000, Yn_line=2 tote Yn=1', function () {
    let result = stubObj.calcYn();
    assert.equal(result.toFixed(2), "1.00");
  });
  it('StressCycleN=10000000, Yn_line=2 tote Zn=1', function () {
    let result = stubObj.calcZn();
    assert.equal(result.toFixed(2), "1.00");
  });
  it('StressCycleN=1000, Yn_line=2 tote Yn=2', function () {
    stubObj.StressCycleN = 1000;

```

```
    stubObj.Yn_line_p = 2;
    let result = stubObj.calcYn();
    assert.equal(result.toFixed(2), "2.00");
  });
  it('StressCycleN=1e5, Yn_line=1 tote Yn=1.2485', function () {
    stubObj.StressCycleN = 100000;
    stubObj.Yn_line= 1;
    expect(stubObj.calcYn()).to.be.within(1.248, 1.249);
  });
  it('StressCycleN=1e6, Yn_line=1 tote Yn=1.103', function () {
    stubObj.StressCycleN = 1000000;
    stubObj.Yn_line= 1;
    expect(stubObj.calcYn()).to.be.within(1.1, 1.104);
  });
});
```

## 6. npGC\_kvcalcTest.js

```
const assert = require('chai').assert;
const KvTest = require('../..js/npGC_kvcalc').KvTest;
const DynamicFactorCalculator =
require('../..js/npGC_kvcalc').DynamicFactorCalculator;
describe('Dynamic Factor (K_v) Class' , function(){
  it('Kv test for Q6 and V_6.6 ' , function(){
    assert.equal(KvTest().toFixed(2) , "1.48");
  });
  it('Kv testexport as a class ' , function(){
    let stub = new DynamicFactorCalculator(6, 6.60);
    let result= stub.calcKv();
    assert.equal(result.toFixed(2) , "1.48");
  });
});
```

## Βιβλιογραφία

---

[1] Ιωάννης Κ. Στεργίου, Κωνσταντίνος Ι. Στεργίου, « Στοιχεία Μηχανών 2» 2002.

[2] Richard G. Budynas και Keith Nisbett, «Shigley's Mechanical Engineering Design 9th Edition» 2011.