

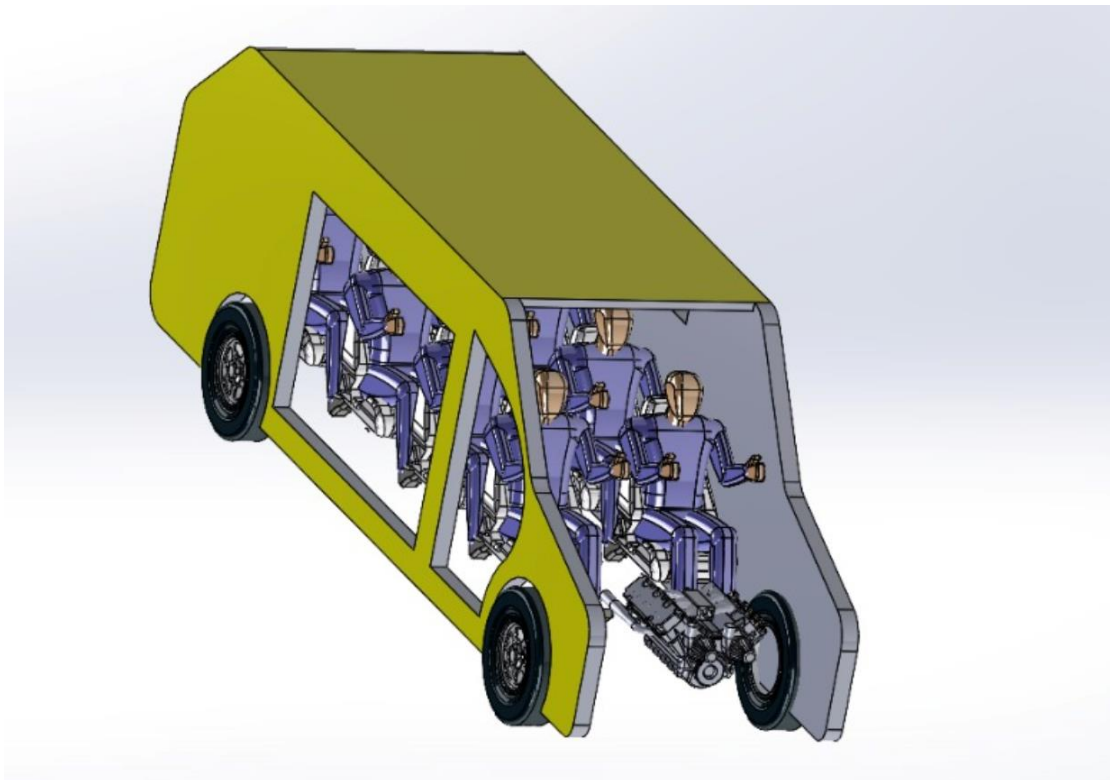
תכנון רכב עבור 8 נוסעים

שמות המגשים:

מוחמד מחמאיד

איתי שטר

שם המרצה: מר דן הרמן



1. מבוא

בפרויקט של קורס תכנון רכב מתוך התמחות רכב באפקה, התבקשנו לתכנן מכונית לשמונה נוסעים.

במדינה שלנו, עקב גידול כמות הרכבים הרבה (בשנת 2021 נוספו לכבישי ישראל כ- 405 אלף מכוניות חדשות לעומת כ- 254 אלף שנגרעו ממנו- גידול נטו של 150 אלף מכוניות (4.4%)), וגידול הנסועה של האזרחים, תוך שימוש בתשתיות שלא תואמות לגידול, נוצרו פקקי ענק שרק ילכו ויגברו עם השנים.

המדינה מנסה לעודד את האזרחים לוותר על הרכבים ע"י סלילת נתיבים שיתופיים (קארפול), סלילת נת"צ ואפילו מאיימת בגביית מס תל אביב עבור כניסה לעיר בשעות העומס. אך קיים גם פער בתחבורה הציבורית הקיימת, דבר המשליך על שימוש גובר ברכבים פרטיים ובעצם מבטל את ניסיונות המדינה לטפל בבעיה. בנוסף לכל זה לרוב ישנה גם מצוקת חנייה בהגעה ליעד הנבחר ואף מחירי דלק שרק עולים לאור המלחמה בין רוסיה לאוקראינה.

ישנם מקומות עבודה אשר מעודדים את העובדים שלהם להגיע לעבודה יחד ע"י נסיעה שיתופית ואף מתמרצת את אותם עובדים, ויש מקומות עבודה אשר מפעילים שירותי הסעות עפ"י חלוקה לערי מגורים (לדוגמה – תעשייה אווירית).

בפרויקט זה אנו מנסים לשלב בין שני הפתרונות לכדי פתרון אחד בדמות רכב הסעה זול יחסית, מרווח ונוח היכול לאסוף עובדים ולאפשר להם להגיע לעבודה ללא פקקים וגם לחסוך לחברות את עלות שכירת מערך ההיסעים ע"י החזקת צי רכבים מסוג זה.

כחלק מהפתרונות שהצגנו ניתן למנות רכב מרווח בתצורת 2+2+2+2, חסכוני, מושבים מודולארים, וזול.

לאור הרצון שלנו כמתכנני רכב מסוג זה, למדנו כיצד אנו נדרשים לשלב בתהליך התכנון חשיבה מעמיקה על כל פרמטר, חזרה אחורה במידת הצורך ואף השוואה תמידית עם המתחרים שלנו על מנת שנוכל לעמוד הן ביעדים והמדדים שהגדרנו והן באיכות הרכב שאנו רוצים לייצר.

2. הגדרת דרישות

לצוות הוגדר לתכנן רכב עבור 8 נוסעים בתצורת 1+7.

השימוש המרכזי יהיה ברכב עבור נסיעה בין עירונית, ועל כן אנו מתכננים אותו להיות חסכוני בדלק.

ברכב המתוכנן נפח תא המטען כאשר המושבים לא מקופלים הוא 250 ליטר כאשר הוא מכיל 8 נוסעים מתוך הבנה שמדובר ברכב היסעים ולכן לא נדרש מקום עודף עבור ציוד. כאשר מקפלים מושבים הנפח גדל בהתאם ומגיע במקסימום (כאשר נוסעים 2 נוסעים בלבד – 2500 ליטר).

ביצועי הרכב נמדדו ביחס למתחרות שבחרנו בקטגוריה הזו, תוך מתן דגש לחיסכון בדלק, נוחות, קומפקטיות ומחיר קניה נמוך.

יעדים ומדדים לפרויקט:

זול:

- מחיר קנייה נמוך בקטגוריה הפשוטה.
- חיסכון בדלק.
- עלויות אחזקה נמוכות.

נוחות:

- תצורת נוסעים 2+2+2+2.
- מרווח בין המושבים.
- מושבים מודולרים.

נפח:

- נפח אכסון מירבי שלא בא על חשבון נוחות הנוסעים.

בטיחות:

- בעל האביזרים החדשניים על מנת לאפשר בטיחות עבור הנוסעים.

3. סקר מצב קיים

בחרנו להציג 3 אפשרויות מסוגם שונים אך כמובן שיש עוד הרבה אפשרויות שמהוות לנו תחרות.

הראשונה שבחרנו להציג היא ה- Cadillac escalade המשפחתית המפוארת המסיעה 8 נפשות בתצורת 2+3+3:



המתחרה השנייה שנציג היא Land rover discovery 130 המאפשרת נסיעת שטח למשפחה בעלת 8 נפשות בתצורת 2+3+3, בעלת נפח אחסון גדול מאוד כאשר המושבים מקופלים (2516 ליטר) אך יקרה מאוד:





מתחרת שלישית שבחרנו להציג היא Maxus Mifa 9 הסינית החשמלית. תצורת הנסיעה היא: 2+2+3 כאשר יש 7 נוסעים. היא חסכונית מאוד, מפוארת ומתהדרת בנוחות והיוקרה שהיא מעניקה תוך מחיר התחלתי יחסית זול ביחס לשאר (החל מ140000 שח). נציין שלא מצאנו אפשרות ל 8 נוסעים אך לקחנו אותה כדוגמה לנוחות וליוקרה שאנו רוצים לייצר ברכב שלנו:





Vanpool	MAXUS MIFA 9	Land rover discovery 130	Cadillac escalade	מאפיינים
החל מ 150000	החל מ 140000	החל מ 800000	החל מ 250000	מחיר יעד ללקוח הסופי
1+7	1+7	1+7	1+7	מס' נוסעים
				מידות ומשקלות
3500	2310	3380	3357	משקל כולל מותר GVW
2500		2664	2429	משקל עצמי
				מטען מועיל
4	5	5	5	פתחים לנוסעים ולמטען
6050	5270	5358	5382	אורך כולל [מ"מ]
1705	2000	2008	2060	רוחב [מ"מ]
2040	1840	1970	1847	גובה [מ"מ]
4000	3200		3071	בסיס גלגלים [מ"מ]
1505		1706		מפסק גלגלים קדמי [מ"מ]
1500		1701		מפסק גלגלים אחורי [מ"מ]
170		250		מרווח גחון [מ"מ]
לא מקופל 100		2516	925	נפח תא מטען [ליטר]
80		88	109	נפח מיכל דלק
				ביצועים
13		8.9	5.9	תאוצה מ 0 ל 100 קמ"ש
165	180	188	201	מהירות מקסימלית
		9		צריכת דלק משולבת רשמית
10			11	פליטת CO2 [גר' לק"מ]
				רדיוס סיבוב מינימלי
255/55R17		255/65R19	275/50R22	צמיגים
V6 דיזל	חשמלי	דיזל 6 צילינדר טורי MHEV	V8	מנוע
250/3000	180 kW/ 245 hp	250/4000	420/5600	הספק מירבי
280 [N/m]	350 [N/m]	60/1750	460/4100	מומנט מירבי
3600		2997	6200	נפח מנוע
				יחס דחיסה
				גידוש
AWD	אחורית	4x4	אחורית	סוג הנעה
				נוחות
				בטיחות
				תקינה
	595			טווח נסיעה בעיר
	440			טווח נסיעה משולב
	11			זמן טעינה [שעה]
	90 kWh			סוללה

4. הגדרת מפרט :

הגדרת מספר הנוסעים הוגדרו על ידי הלקוח, כאשר שאר ההגדרות נובעות מתוך הסקר ההשוואתי.

היתרון היחסי הינו:

- 1- מחיר.
- 2- הפחתת הספק ומשקל.
- 3- חיסכון בדלק.
- 4- סדר מושבים 2+2+2+2 (מנוחה) במקום 2+3+3.

מידות כלליות ראשוניות שהגדרנו מתוך ביצוע הסקר ההשוואתי:

בסיס הגלגלים הוגדר להיות 4000 מ"מ מכיוון שהרכב שלנו מכיל 4 שורות

קוטר גלגל: 746 מ"מ

אורך : 6050 מ"מ.

גובה : 1802 מ"מ.

רוחב : 1700 מ"מ.

מפשק גלגלים קדמי : 1505 מ"מ עבר שינוי לפי המלצת מרצה בגלל כושר תמרון

מפשק גלגלים אחורי : 1500 מ"מ עבר שינוי לפי המלצת מרצה בגלל כושר תמרון

מרווח גחון : 170 מ"מ.

הספק : 250 כ"ס .

מומנט : 280 NM.

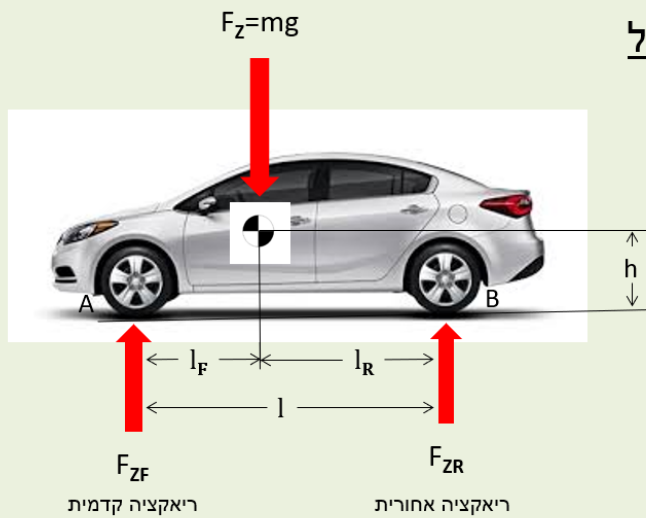
נפח מנוע : 3600 v6 .

עדכנו את מידות הבאות: אורך, גובה, רוחב, מפשק גלגלים קדמי ואחורי, בסיס גלגלים

5. בחירת צמיגים:

תחילה נבצע הנחות וחישובים על מנת לדעת את העומסים הפועלים על הסרנים:

6. הכוחות הפועלים על הרכב



הגדרת מרכז המסה: נקודה דמיונית שניתן להניח כאילו כל מסת הרכב מרוכזת בה. המשקל וכוחות האנרגיה עוברים דרכה.

א. בכיוון ציר Z – המשקל

1. חישוב הריאקציות

$$\Sigma M_B = 0$$

$$F_Z \cdot l_R - F_{ZF} \cdot l = 0$$

$$F_{ZF} = \frac{l_R}{l} F_Z \quad \text{ריאקציה קדמית}$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$F_{ZR} \cdot l - F_Z \cdot l_F = 0$$

$$F_{ZR} = \frac{l_F}{l} F_Z \quad \text{ריאקציה אחורית}$$

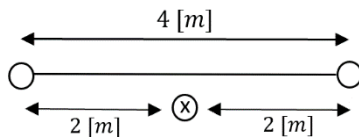
נלקח ממצגת דינמיקה של גוף קשיח של איתמר שרון

מתוך הנתונים שהגדרנו, נניח מיקום מרכז מסה:

- משקל כולל מותר הוא 3500 ק"ג .
- הגדרנו רוחק סרנים 4 מטר .
- נניח חלוקת משקל 50: 50 על הסרן הקמי והאחורי.
- אנו מניחים כי מרחק מרכז המסה מהסרן הקדמי הינו 2 מטר .
- מתקבל שמרחק מרכז המסה מהסרן האחורי הינו 2 מטר .

נמצא את הריאקציות:

$$4 \text{ [m]} \leftarrow 4000 \text{ [mm]} = \text{רוחק סרנים}$$



$$F_{Z_{front}} = \frac{2}{4} \cdot 3500 \cdot 9.81 = 18884.25 \text{ [N]} = 1750 \text{ [Kg]} \quad \text{ריאקציה קדמית:}$$

$$F_{Z_R} = \frac{2}{4} \cdot 3500 \cdot 9.81 = 18884.25 \text{ [N]} = 1750 \text{ [Kg]} \quad \text{ריאקציה אחורית:}$$

מתוך החישוב אנו מקבלים:

עומס על הסרן הקדמי: 1750 [kg]

עומס על הסרן האחורי: 1750 [kg]

מכאן שעומס על גלגל קדמי אחד הוא: 875[kg].

עומס על גלגל אחורי אחד הוא: 875 [kg].

לאחר שיש ברשותנו את נתונים האלו נוכל כעת לבחור מידת LI לצמיג:

Load Index (LI)
The Load Index is a numerical code associated with the maximum load a tyre can carry
(see also p. 102).

LI	kg	LI	kg	LI	kg	LI	kg	LI	kg
50	190	65	290	80	450	95	690	110	1060
51	195	66	300	81	462	96	710	111	1090
52	200	67	307	82	475	97	730	112	1120
53	206	68	315	83	487	98	750	113	1150
54	212	69	325	84	500	99	775	114	1180
55	218	70	335	85	515	100	800	115	1215
56	224	71	345	86	530	101	825	116	1250
57	230	72	355	87	545	102	850	117	1285
58	236	73	365	88	560	103	875	118	1320
59	243	74	375	89	580	104	900	119	1360
60	250	75	387	90	600	105	925	120	1400
61	257	76	400	91	615	106	950	121	1450
62	265	77	412	92	630	107	975	122	1500
63	272	78	425	93	650	108	1000	123	1550
64	280	79	437	94	670	109	1030	124	1600

לגלגל הקדמי בחרנו עומס זהה כמו לגלגל האחורי והוא: 875 [kg]

עבור בחירת לחץ צמיג, נחליט על מהירות הנסיעה המרבית של הרכב. אפיון המהירות תלוי ב 2 פרמטרים:

1. מהי מטרת הרכב?

הרכב הוא רכב היסעים שיתופי (carpool) מפואר המאפשר למקומות תעסוקה לעודד את העובדים להגיע יחד ובכך לנצל את הנתיבים השיתופיים ההולכים וגדלים בארץ, ולהפחית עומס ופקקים.

2. היכן הרכב מיועד לנסוע?

הרכב מיועד לנסיעה בין עירונית ממקום המגורים למקום העבודה. נסיעה זו מאופיינת בכבישים מהירים על כביש סלול ולכן להתאמת הצמיג יש השפעה גדולה הן על חיסכון בדלק והן על איכות הנסיעה עבור הנוסעים.

לכן נבחר שהרכב שלנו יהיה מאופיין במהירות מקסימלית:

R	106 mph	170 km/h
---	---------	----------

כעת נבחר לחץ אוויר בצמיג הקדמי והאחורי:

Load Index	Load capacity (kg) at tyre pressure (bar)					
	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
90	500	520	540	560	580	600
91	515	535	555	575	595	615
92	525	550	570	590	610	630
93	545	565	585	610	630	650
94	560	585	605	625	650	670
95	575	600	625	645	670	690
96	595	620	640	665	685	710
97	610	635	660	685	705	730
98	625	650	675	700	725	750
99	650	675	700	725	750	775
100	670	695	720	750	775	800
101	690	720	745	770	800	825
102	710	740	765	795	825	850
103	730	760	790	820	845	875
104	755	785	815	840	870	900
105	775	805	835	865	895	925
106	795	825	860	890	920	950
107	815	850	880	910	945	975
108	835	870	905	935	970	1000
109	860	895	930	965	995	1030

ע"פ חלוקת המשקלים והעומסים, ניתן לראות שלחץ הצמיג נבחר להיות: 2.5 Bar בגלגלים הקדמיים במצב לא מועמס ובגלגלים האחוריים 2.6 Bar.

Speed capacity of the vehicle (incl. tolerance, about 9 km/h, 6 mph) (km)	Speed Symbols								
	Q	R	S	T	U	H	V	W	Y
	Tyre pressure ¹⁾ (bar)								
≤160	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
170		2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.5	2.5
180			2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.5	2.5
190				2.7	2.7	2.7	2.7	2.5	2.5
200					2.7	2.7	2.7	2.6	2.5
210						2.8	2.8	2.7	2.5
220							2.8	2.8	2.5
230							2.8	2.9	2.6
240							2.8	3.0	2.7
250								3.0	2.8
260								3.0	2.9
270								3.0	3.0
280									3.0
290									3.0
300									3.0

ברכב שלנו אין נסיעה במצב עמוס ונסיעה במצב לא עמוס מכיוון שהרכב הוא רכב הסעות שיתופי ורוב נסיעותיו מתבצעות כשהוא מלא ב- 8 נוסעים.

כעת נבחר צמיג מתוך קטלוג של חברת continental:

Size	Tyre		Permitted rims ¹	Tyre dimensions Max. standard value in operation ²		Radius stat. + / - 2 % (mm)	Rolling circumference ³ + 1.5 % - 2.5 % (mm)
	Load index	Load capacity		Width (mm)	Outer-Ø (mm)		
	LI	kg	(measuring rim bold)				
65 series							
235/65 R 16	103	875	6 ½ J	245			
			7 J	250	724	322	2172
			7 ½ J	255			
			8 J	260			
			8 ½ J	265			
255/65 R 16	109	1030	7 J	265			
			7 ½ J	270	752	332	2251
			8 J	275			
			8 ½ J	280			
			9 J	285			
215/65 R 17	98	750	6 J	225			
	99	775	6 ½ J	230	724	325	2172
			7 J	235			
			7 ½ J	240			
225/65 R 17	102	850	6 J	232			
225/65 R 17 XL	106	950	6 ½ J	237	736	330	2208
			7 J	242			
			7 ½ J	247			
			8 J	252			
235/65 R 17	103	875	6 ½ J	245			
	104	900	7 J	250	750	335	2251
235/65 R 17 XL	108	1000	7 ½ J	255			
			8 J	260			
			8 ½ J	265			
245/65 R 17	107	975	7 J	258	762	340	2288
245/65 R 17 XL	111	1090	7 ½ J	263			
			8 J	268			
			8 ½ J	273			
255/65 R 17	110	1060	7 J	265			
255/65 R 17 XL	114	1180	7 ½ J	270	778	345	2330
			8 J	275			
			8 ½ J	280			
			9 J	285			
265/65 R 17	112	1120	7 ½ J	278			
265/65 R 17 XL	116	1250	8 J	283	790	350	2367
			8 ½ J	288			
			9 J	293			
			9 ½ J	298			

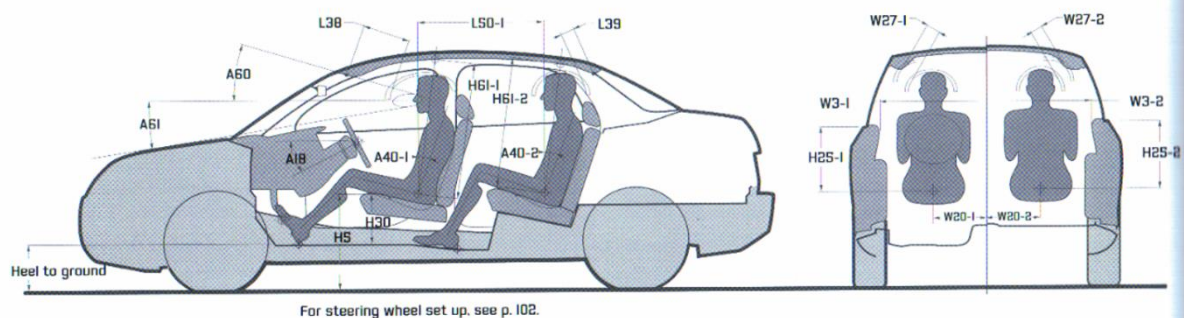
הצמיג הנבחר הוא: Continental 235/65 R16

6.1. מיקום נהג ונוסע

נקודת ה- H היא נקודה המייצגת את גובה המושב מהקרקע (גובה המושב מרצפת הרכב + מרווח הגחון) והיא מכתיבה את תנוחת הישיבה, זווית הראיה ומיקום הנהג, באופן כללי, ביחס לשאר הרכב.

נקודה זו מחלקת (על פי נתונים סטטיסטיים) את הגובה האופטימאלי לפי סוג הרכב המתוכנן.

האחוזון ה- 95 מתייחס למרבית האוכלוסייה, ולכן ניתן לסטות במעט מהמידות הנתונות ואין הכרח למידה מדויקת ספציפית. קיים טווח מידות קטן.



For steering wheel set up, see p. 102.

		DRIVER & FRONT PASSENGER									REAR OCCUPANTS							
		Heel to Ground	Chair Height	H point to ground	Back Angle	Effective Head Room H61	Upward Vision Angle A60	Downward Vision Angle A61	Shoulder Room	Hip Room	Lateral Location	Couple	Chair Height	Back Angle	Effective Head Room H61-2	Shoulder Room	Hip Room	Lateral Location
		(Ref)	H30	H5	A40	H61	A60	A61	W3	W5	W20	L50	H30-2	A40-2	H61-2	W3-2	W5-2	W20-2
CARS	NEV	325	400	725	15.0	1075	11.0	10.0	-	-	275	-	-	-	-	-	-	-
	SPORTS CAR	175	150	325	28.0	950	8.0	5.0	1350	1275	325/400	-	-	-	-	-	-	-
	MICRO CAR	350	275	625	21.0	1000	14.0	11.0	1200	1150	300	-	-	-	-	-	-	-
	SMALL ELECTRIC CAR	450	250	700	24.0	975	15.0	9.0	1325	1325	350	750	275	26.0	950	1325	1325	325
	SMALL CAR	225	250	475	24.0	975	15.0	7.0	1350	1325	350	750	275	27.0	950	1350	1325	325
	MEDIUM CAR	250	250	500	24.0	975	14.0	7.0	1475	1400	350	850	275	27.0	950	1475	1400	325
	MEDIUM COUPE	250	175	425	24.0	950	13.0	5.0	1375	1325	350	750	200	27.0	875	1375	1325	325
	LARGE CAR	275	250	525	24.0	975	14.0	6.0	1500	1450	375	900	275	27.0	975	1500	1450	400
	LARGE LUXURY CAR	275	275	550	22.0	975	15.0	7.0	1550	1500	400	975	300	28.0	975	1550	1450	375
TRUCKS	MINIVAN	425	350	775	20.0	1010	19.0	11.0	1575	1525	425	850	375	22.0	1000	1575	1525	400
	SMALL SUV	400	350	750	22.0	1010	15.0	9.0	1425	1400	400	800	375	24.0	1000	1425	1375	375
	MEDIUM SUV	450	300	750	22.0	1010	14.0	6.0	1500	1450	400	825	325	24.0	1000	1500	1450	425
	LARGE SUV	450	325	775	22.0	1025	14.0	7.0	1650	1600	375	875	350	24.0	1025	1650	1600	375
	SMALL TRUCK	400	300	700	22.0	1010	14.0	7.0	1475	1450	375	625	325	18.0	950	1475	1425	400
	LARGE 4x4 TRUCK	600	350	950	22.0	1025	15.0	8.0	1700	1650	475	950	375	18.0	1025	1700	1650	475
	COMMERCIAL VAN	725	350	1075	22.0	1010	10.0	10.0	1675	1625	525	900	425	19.0	1000	1675	1625	500

נבחר ברכב LARGE SUV ולכן המידות הינן:

גובה עקב לקרקע: 450 מ"מ

גובה המושב: 325 מ"מ

גובה בסיס לנקודת 775H: מ"מ

מרווח ראש אפקטיבי: 1025 מ"מ

סך כל הגובה מהבסיס לקצה הראש: 1800 מ"מ

גובה הרכב שהוגדר: 1900 מ"מ

LARGE MAN
99 PERCENTILE US POP.
STATURE 75.6 IN - 1920 mm
WEIGHT 244.6 LB - 111.2 KG
SLUMP 1 IN - 25 mm
ABDOMEN 13.7 IN - 349 mm

SMALL WOMAN
1 PERCENTILE US POP.
STATURE 58.1 IN - 1476 mm
WEIGHT 67.1 LB - 30.5 KG
SLUMP 0

COMFORT ANGLES:

SEAT ANGLES...95°-100° FOR ALERT
KNEE ANGLE...110°-120° FOR STRENGTH
ANKLE ANGLE...80°-100° FOR COMFORT
ELBOW ANGLE...80°-100° FOR COMFORT
UPPER ARM ANGLE.....0°- 35° FOR COMFORT

NOTE:
SHANK AND THIG KINKS ARE FORESHORTENED FOR 15° LEG SPREAD IN PLAN

NOTE:
SEAT REFERENCE PLANE ANGLES Q OR Q ARE EQUAL TO CATEGORY ANGLES COMPARTMENTS CHANGE

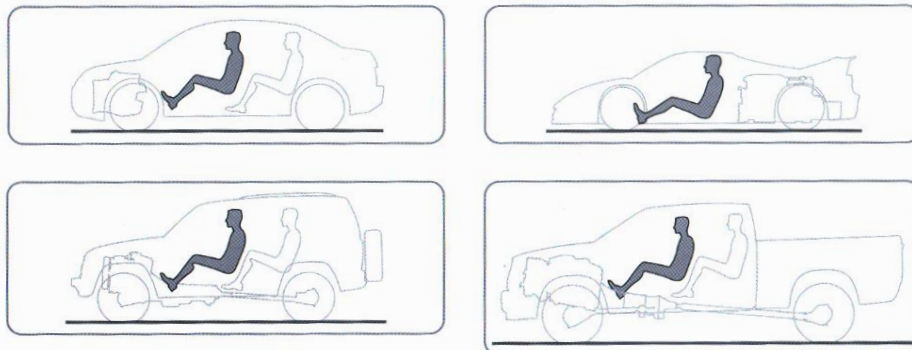
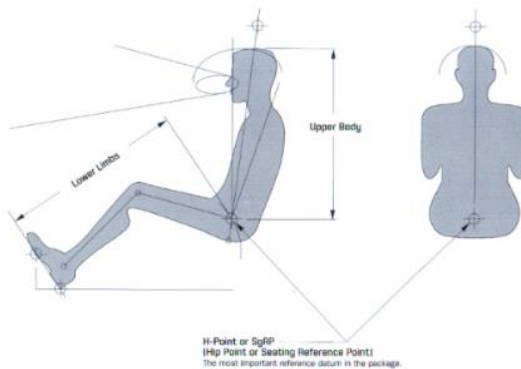
WHEEL DIAMETERS

CATEGORY	RANGE	DIMENSIONS
RACE CAR	10-12"	(254-305)
SPORT CAR	12-13"	(305-356)
AUTO	12-14"	(305-356)
TRUCKS	12-16"	(305-406)
INDUST.	13-18"	(330-457)

CATEGORY ANGLES

CATEGORY	ANGLE RANGE
RACE CARS	30°
SPORT CARS	25°
AUTOMOBILES	20°
TRUCKS, VANS, BUSES	15°
AGRICULTURAL & INDUSTRIAL EQUIPMENT	10°
STATIONARY OR LATERAL TRAVEL	5°

NOMINAL RANGES OF VEHICULAR FLOOR PLANES ROTATE FLOORS TO ANY DEGREE, EG. ROTATE THE 20° FLOOR SHOWN TO 17.5° TO GET 15° DOWN VISION FOR THE SMALL WOMAN.



6.2. מיקום הנוסעים בספסל האחורי

ספסל הנוסעים האחורי תוכנן בצורה המאפשרת לתת מענה לפתרון שתי בעיות:

1. כתוצאה מהגדרת תצורת הרכב למבנה $8=2+2+2+2$, יש לאפשר אכלוס 8 נוסעים מבוגרים.
2. אזור תא המטען של הרכב.

לצורך פתרון שתי הבעיות השתמשנו במספר דרכים 'יצירתיות המייצרות יתרונות וחסרונות לכל מצב.

ראשית, נתייחס לאכלוס המושבים האחוריים על ידי שמונה מבוגרים.

לצורך נוחות הגישה, החלטנו שתהיה דלת אחת (חשמלי צד) ומדרגה חשמלית על מנת לאפשר גישה נוחה לספסל האחורי.

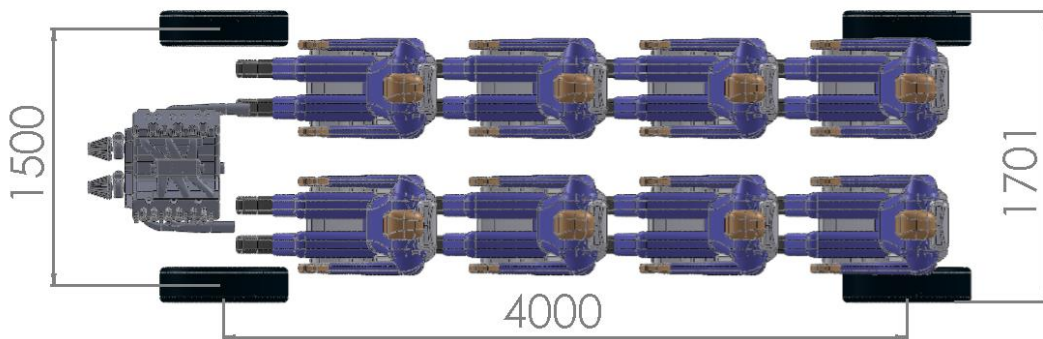
החיסרון הוא בדלת צד בעלת ממדים גדולים יחסית.

בנוסף לתא מטען אנו נאפשר קיפול מושבים לקבלת יותר נפח מטען.

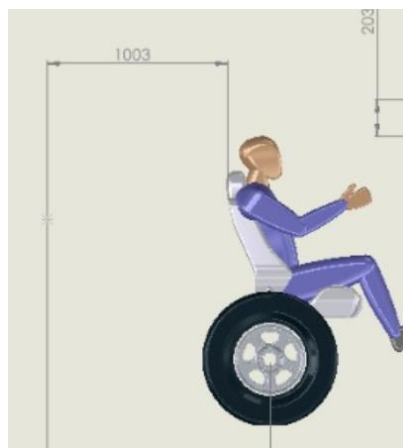
6.3. מיקום מטען

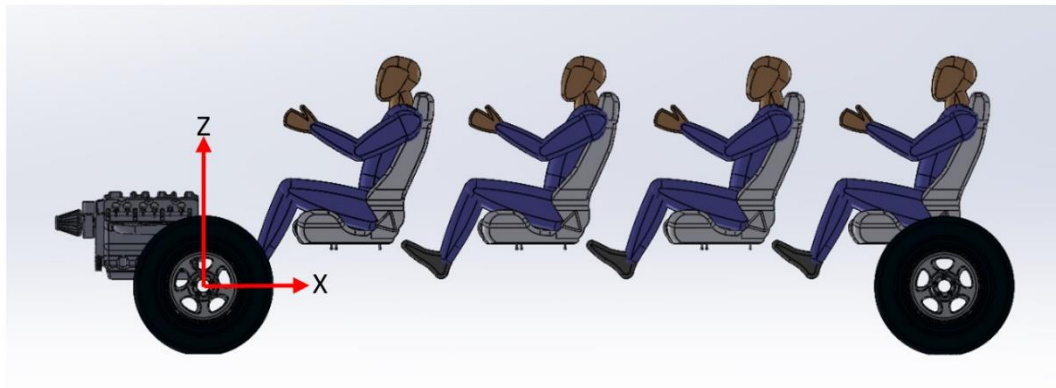
מיקום המטען נקבע להיות בחלקו האחורי של הרכב ממספר סיבות כגון השארת מקום לכלל מערכת ההיגוי ומרחב תמרון לגלגלים הקדמיים (זווית היגוי), מקום לתושבות הבולמים ומקום לאמצעים הבטיחותיים להגנה מפני תאונות חזית.

מצב זה לא מאפשר אחסנת מטען מקדימה ולכן הוחלט שתא המטען יהיה מאחור.



מרחק עבור המטען:





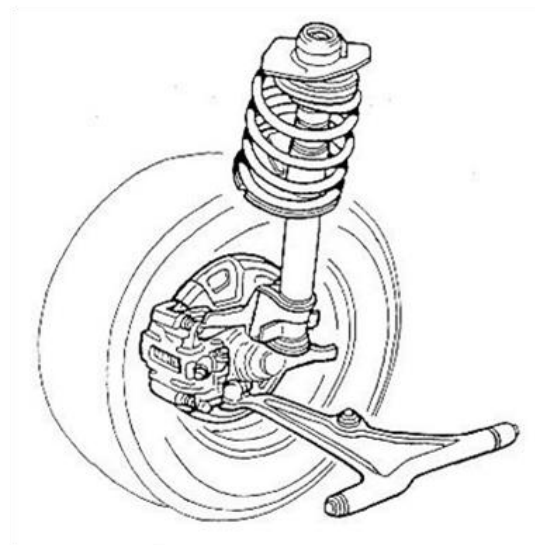
6.4. מיקום וסידור חטיבת הינע

מיקום חטיבת ההינע נקבע להיות בחזית הרכב.

דרישות למתלים: מתלה קל, בעל יכולת תמרון גבוהה, ריכוך מהמורות ודינאמי, מחיר זול.

המתלה נפוץ ביותר כיום ברכבים משפחתיים ומסוג זה הוא מתלה מסוג מק'פירסון.

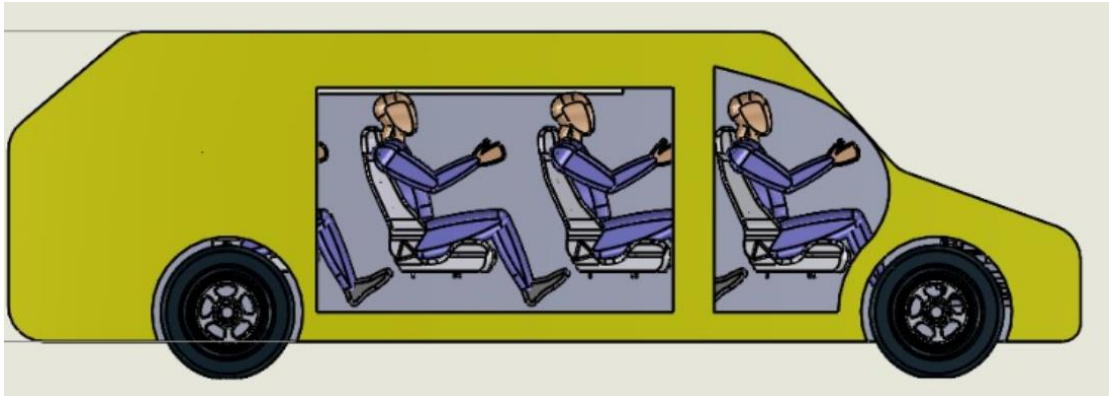
מאפשר לנו מערכת עצמאית לכל גלגל, מבחינת אריזתיות בעל נפח מינימלי, קל משקל, מאפשר יכולות תמרון מעולות, נפוץ מאוד ולכן עלויות יחסית זולות.



6.5. מיקום פתחים

- השלדה הנבחרת לבניית רכב זה הינה שלדה אינטגרלית אחודה מכמה סיבות:
1. שלדה זו נפוצה מאוד ברכבים מודרניים בשל חוזקה הרב לעומת משקלה הקל יחסית לשלדת סולם.
 2. שלדה זו מספקת הגנה לנוסעי הרכב, בידוד מהסביבה ותנאי האקלים.
 3. שלדה זו יכולה לשאת את העומסים המתוכננים לכלי הרכב ללא צורך בחלקים נוספים כגון מרכב וכו'.

סה"כ מתוכננים 6 פתחים מרכזיים בשלדה: 3 פתחי דלתות נוסעים המיועדים לכניסה ויציאת הנוסעים מהרכב, פתח אחד עבור תא מטען המיועד לטעינה ופריקת ציוד ופתח אחד עבור חטיבת הינע המיועד לטיפולים שוטפים במנוע ובשאר הרכיבים הנדרשים לכך. פתח אחרון הוא חלון ארוך כמו אוטובוס.



7. חטיבת הינע + חיזוי ביצועים

חטיבת ההינע של הרכב נדרשת לענות על כלל ההתנגדויות במהלך הנסיעה - כוח האצה, התמודדות עם שיפוע כביש, התנגדות צמיגים לגלגול והתנגדות האוויר.

נחשב את הכוחות וההספק הנדרש בכמה מצבים - כושר מעלה מקסימלי, מהירות שיט, מהירות מקסימלית, כושר מעלה מקסימלי בכביש מהיר, תאוצה מקסימלית בין מהירויות.

חישוב ההספק, מומנט וסל"ד מצב מתמיד של מישור:

$$F_T = F_{rr} + F_{air}$$






נגדיר נתונים:

שטח פנים הרכב המתוכנן כ- 3 מ"ר.

מקדם הגרר המוערך הוא כ- 0.34 עפ"י טבלת מקדמי גרר אופייניים.



Drag coefficient and associated power requirements for various body configurations

	Drag coefficient speeds ¹⁾ C_d	Aerodynamic drag in kW, average values for $A = 2 \text{ m}^2$ at various			
		40 km/h	80 km/h	120 km/h	160 km/h
 Open convertible	0.33...0.50	0.70	5.3	18	42
 Offroad vehicle	0.35...0.50	0.71	5.5	19	44
 Notchback sedan (conventional form)	0.26...0.35	0.50	3.8	13	31
 Station wagon	0.30...0.34	0.52	4.1	14	33
 Wedge shape, headlamps and fenders integrated in body, wheels covered, underbody paneling, optimized flow of cooling air	0.3...0.4	0.58	4.6	16	37

מהירות שיוט נדרשת 120 קמ"ש.

מהירות טיפוס במעלה 10%

מידות הצמיג – 275/55/R17

התנגדות צמיג לגלגול – בחרנו מתוך מפרט את האפשרות הקרובה יותר והיא:

Tire-road characteristics

Tire type

truck

☒ Dry asphalt/concrete
 ☐ Wet asphalt

☐ Dry earth road
 ☐ Wet earth road

☐ Gravel
 ☐ Sand

☐ Hard-packed snow
 ☐ Ice

Friction Coefficient: **0.80**
 Rolling Resistance Coefficient: **0.008**

לכן מקדם התנגדות לגלגול: $R_r = 0.008$

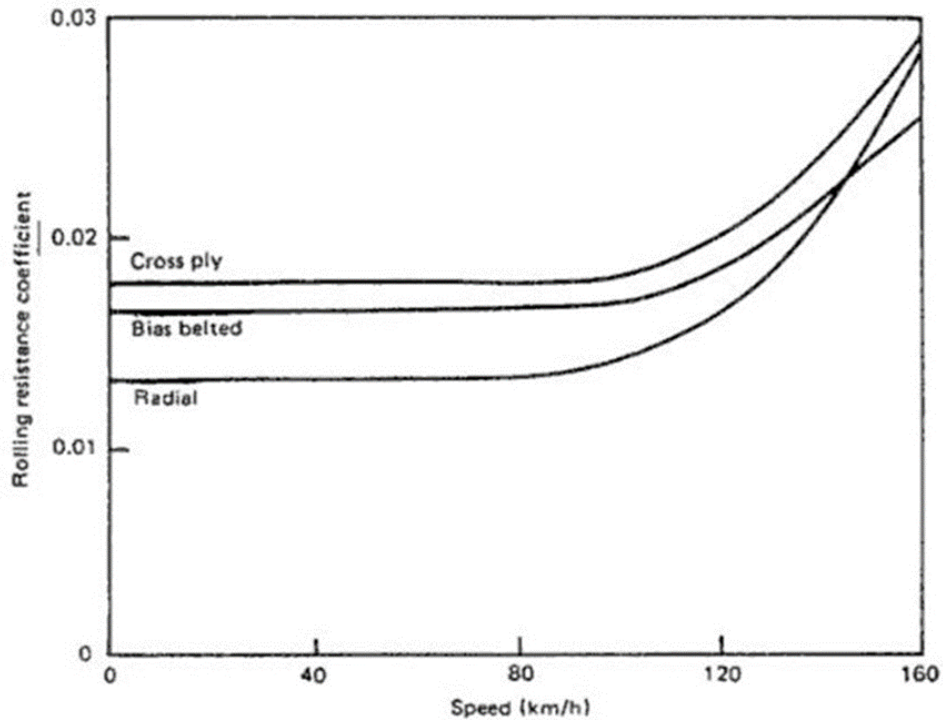


FIG. 2—Effect of tire construction on rolling resistance coefficient (car tires) [7].

הספק מירבי עבור מהירות מקסימלית:

כוח התנגדות לגלגול:

$$F_{rr} = mg \cdot R_r = 3500 \cdot 9.81 \cdot 0.008 = 0.275 [kN]$$

התנגדות אווירודינאמית:

$$F_{Air} = 0.5 \cdot \rho \cdot A \cdot CD \cdot V^2 = 0.5 \cdot 1.226 \cdot 3 \cdot 0.34 \cdot \left(\frac{170}{3.6}\right)^2 = 1.394 [kN]$$

חישוב הספק נדרש למצב מתמיד במישור עבור מהירות מקסימלית:

$$P = F_t \cdot v = (0.275 + 1.394) \cdot \frac{170}{3.6} = 78.81 [kw] = 107.1 [hp]$$

מומנט נדרש בגלגל:

$$M_T = F \cdot r = 1669 \cdot 0.330 = 550.77 [N \cdot m]$$

סל"ד גלגל:

$$n = \frac{60 \cdot v}{2\pi \cdot r} = \frac{60 \cdot 47.22}{2\pi \cdot 0.330} = 1366 [RPM]$$

כעת נחשב עבור מצב מתמיד במישור עם מהירות שיוט – 120 קמ"ש:

כוח התנגדות לגלגול:

$$F_{rr} = mg \cdot R_r = 3500 \cdot 9.81 \cdot 0.008 = 0.275 [kN]$$

התנגדות אווירודינאמית:

$$F_{Air} = 0.5 \cdot \rho \cdot A \cdot CD \cdot V^2 = 0.5 \cdot 1.226 \cdot 3 \cdot 0.34 \cdot \left(\frac{120}{3.6}\right)^2 = 0.695 [kN]$$

חישוב הספק נדרש למצב מתמיד במישור:

$$P = \left(0.97 \cdot \frac{120}{3.6}\right) = 32.33 [kW] = 44 [hp]$$

רדיוס הגלגל: $r = 0.330 [m]$

מומנט בגלגל:

$$M_T = F \cdot R = 970 \cdot 0.330 = 320.1 [N \cdot m]$$

סל"ד גלגל:

$$n = \frac{60 \cdot v}{2\pi \cdot R} = \frac{60 \cdot 33.33}{2\pi \cdot 0.330} = 964.5 [RPM]$$

כוח נדרש לשיפוע 30%:

$$F_{Hill} = mg \cdot \sin\alpha = 3500 \cdot 9.81 \cdot 0.287 = 9.85 [kN]$$

כוח התנגדות לגלגול:

$$F_{rr} = mg \cdot R_r \cdot \sin\alpha = 3500 \cdot 9.81 \cdot 0.008 \cdot 0.287 = 0.079 [kN]$$

התנגדות אווירודינאמית:

$$F_{Air} = 0.5 \cdot \rho \cdot A \cdot CD \cdot V^2 = 0.5 \cdot 1.226 \cdot 3 \cdot 0.34 \cdot \left(\frac{100}{3.6}\right)^2 = 0.482 [kN]$$

הספק:

$$P = F \cdot v = 9.929 \cdot 27.78 = 275.83 [kW] = 375 [hp]$$

מומנט בגלגל:

$$M_T = F \cdot R = 9929 \cdot 0.330 = 3276.6 [N \cdot m]$$

סל"ד גלגל:

$$n = \frac{60 \cdot v}{2\pi \cdot R} = \frac{60 \cdot 27.78}{2\pi \cdot 0.330} = 804 [RPM]$$

כוח נדרש לעקיפה בשיפוע 6% (עליות לירושלים):

$$F_{Hill} = mg \cdot \sin\alpha = 3500 \cdot 9.81 \cdot 0.06 = 2.06 [kN]$$

כוח התנגדות לגלגול:

$$F_{rr} = mg \cdot R_r \cdot \sin\alpha = 3500 \cdot 9.81 \cdot 0.008 \cdot 0.06 = 0.0165 [kN]$$

התנגדות אווירודינאמית:

$$F_{Air} = 0.5 \cdot \rho \cdot A \cdot CD \cdot V^2 = 0.5 \cdot 1.226 \cdot 3 \cdot 0.34 \cdot \left(\frac{120}{3.6}\right)^2 = 0.695 [kN]$$

כוח תאוצה בין 100-120 קמ"ש:

$$F = ma \rightarrow a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{5.56}{5} = 1.11 \left[\frac{m}{s^2}\right] \rightarrow 3500 \cdot 1.11 = 3.885 [kN]$$

הספק:

$$P = F \cdot v = 6.6565 \cdot 33.33 = 222 [kW] = 301 [hp]$$

מומנט בגלגל:

$$M_T = F \cdot R = 6656 \cdot 0.330 = 2196.5 [N \cdot m]$$

סל"ד גלגל:

$$n = \frac{60 \cdot v}{2\pi \cdot R} = \frac{60 \cdot 33.33}{2\pi \cdot 0.330} = 964.5 [RPM]$$

כוח האצה 0-100

$$a = \frac{P}{1.04 \cdot m \cdot v} = \frac{4 \cdot 60000}{1.04 \cdot 3500 \cdot \frac{100}{3.6}} = 2.37 \left[\frac{m}{s^2}\right]$$

$$F_a = m \cdot a = 3500 \cdot 2.37 = 8.31 [kN]$$


כוח התנגדות לגלגול:

$$F_{rr} = mg \cdot R_r = 3500 \cdot 9.81 \cdot 0.008 = 0.275 [kN]$$

זמן האצה ממהירות 0 למהירות 100 קמ"ש:

$$t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{\frac{100}{3.6}}{2.37} = 11.72 [sec]$$

לאחר ביצוע חישובים אלו נעזרנו בטבלת חיזוי ביצועים כדי לראות האם החישובים שביצענו נכונים והאם ניתן להסתמך עליהם. נציג את הטבלה כעת:

vehicle tested load	3500 kg	<div> <div>המכללה האקדמית להנדסה בתל-אביב הנדסה גבוהה</div> <div>  הרמן הנדסה רכב </div> </div>			
Cd	0.34				
frontal area	2.7825 sq m				
tire - ground interface					
effective rolling radius	0.330 meter				
rev's per km	482 revolutions				
coef. Of rolling resistance	0.008				
יש להכניס ערכים בתאים בלבן					
תאים בצהוב מכילים תוצאות ביניים					
תאים בירוק מכילים תוצאות ביצועים					
performance	שיוט במישור	עליה מתמשכת	מהירות מקסימלית	שיפוע מקסימלי	ביצועים מבוקשים
speed [kph]	120	80	170	15	
slope [deg]	0	3.43	0	16.7	
acceleration [m/sec ²]	0.5	0	0	0	
rolling resistance [N]	274.7	274.2	274.7	263.1	
climb resistance [N]	0.0	2054.2	0.0	9866.5	
acceleration load [m/sec ²]	1750.0	0.0	0.0	0.0	
aerodynamic resistance [N]	630.7	280.3	1265.8	9.9	
F [N] Total resistance to motion	2655.4	2608.7	1540.5	10139.5	
torque [Nm]	876.275	860.881	508.352	3346.026	נתונים
power required [KW]	88.513	57.972	72.744	42.248	דרושים
rev's [rpm]	965	643	1366	121	בגלגל
overall transmission efficiency	0.9	0.9	0.9	0.9	נצילות מכנית של מערכת העברה הכוח
final drive ratio	2	2	2	2	יחס העברה סופי (בדרך כלל בצמוד לדיפרנציאל)
gear ratio	0.75	1.5	0.75	5	יחס העברה של ההילוך בו הרכב נמצא בתנאי הנסיעה שהוגדרו
number of motors	1	1	1	1	מספר המנועים שמניעים את הרכב
total motor torque [Nm]	649.093	318.845	376.557	371.781	נתוני
total motor output [KW]	98.347	64.413	80.827	46.942	דרושים
motor speed [rpm]	1447	1929	2050	1206	במנוע

החלטנו להתבסס על ערכי הטבלה שקיבלנו ולכן בחרנו מנוע FTP – 137 [kw] נציג את נתוניו כעת:





ON ROAD APPLICATIONS

NEF SERIES

N45 ENT VI

137 kW (186 HP) @ 2500 rpm - 750 Nm @ 1400 rpm

EURO VI

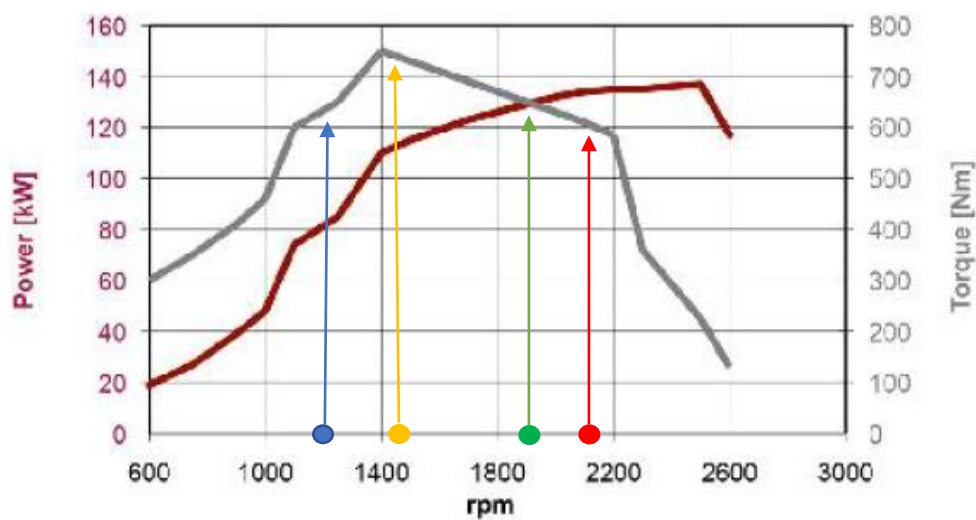
Specifications

Thermodynamic cycle		Diesel 4 stroke
Air handling		TAA
Arrangement		4L
Bore x Stroke	mm	104 x 132
Total displacement	l	4,5
Valves per cylinder	n°	4
Cooling		liquid
Direction of rotation (viewed facing flywheel)		CCW
Compression ratio		17 : 1
Injection system		Electronic Common Rail

Performance

Peak power [°]	kW(HP)	137 (186)	
At speed	rpm	2500	
Peak torque	Nm(kgm)	750 (76)	
At speed	rpm	1400	
Maximum no load governed speed at max rating	rpm	2800	
Minimum idling speed	rpm	750 ± 50	
Minimum starting temperature without auxiliaries	°C	-15	
Oil and oil filter maintenance interval for replacement [°°]			
	Urban mission	km	40000
	Interurban mission	km	60000
	On highway mission	km	80000
Dry weight (standard configuration without: oil, cooling, clutch, A/C Compressor)	kg	400	

N45 ENT VI - HEAVY DUTY ON ROAD APPLICATIONS - BUS



ניתן לראות שכל החיצים מגיעים לערכי מומנט גבוהים יותר ממה שנדרש עבור אותו סל"ד מתוך הטבלה ולכן אנו מבינים שהמנוע שלנו מתאים לביצועי הרכב החזויים.

8. טבלה משקלית ומפרט טכני:

8.1. מפרט טכני:

מאפיינים	Vanpool
מחיר יעד ללקוח הסופי	החל מ 150000
מס' נוסעים	1+7
מידות ומשקלות	
משקל כולל מותר GVW	3500
משקל עצמי	2500
פתחים לנוסעים ולמטען	4
אורך כולל [מ"מ]	6050
רוחב [מ"מ]	1700
גובה [מ"מ]	1802
בסיס גלגלים [מ"מ]	4000
מפסק גלגלים קדמי [מ"מ]	1505
מפסק גלגלים אחורי [מ"מ]	1500
מרווח גחון [מ"מ]	170
נפח תא מטען [ליטר]	לא מקופל 100
נפח מיכל דלק	80
ביצועים	
תאוצה מ 0 ל 100 קמ"ש	11.72
מהירות מקסימלית	170
רדיוס סיבוב מינימלי	5.35
צמיגים	235/65R16
מנוע	דזל V6
הספק מירבי	134 kw / 2500 [rpm]
מומנט מירבי	750 [N/m]

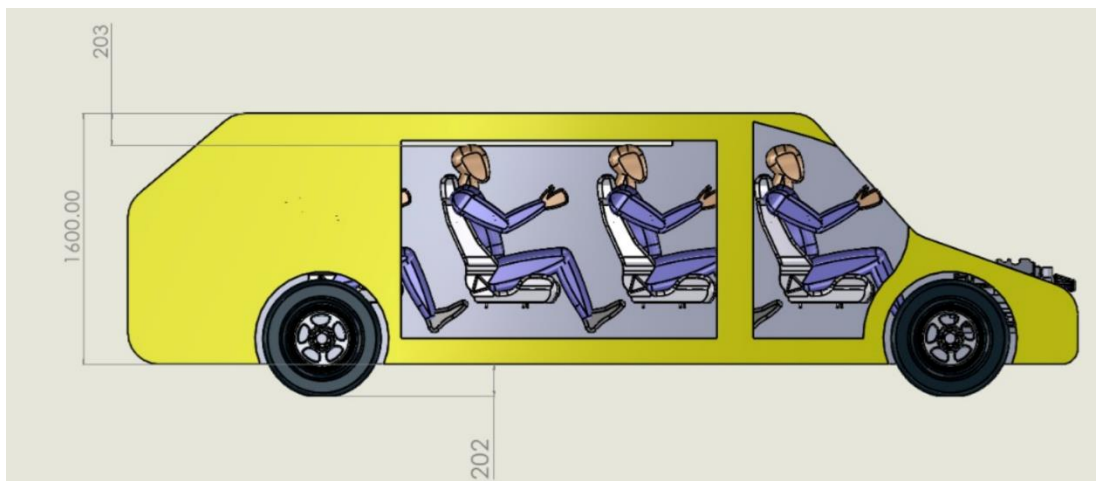
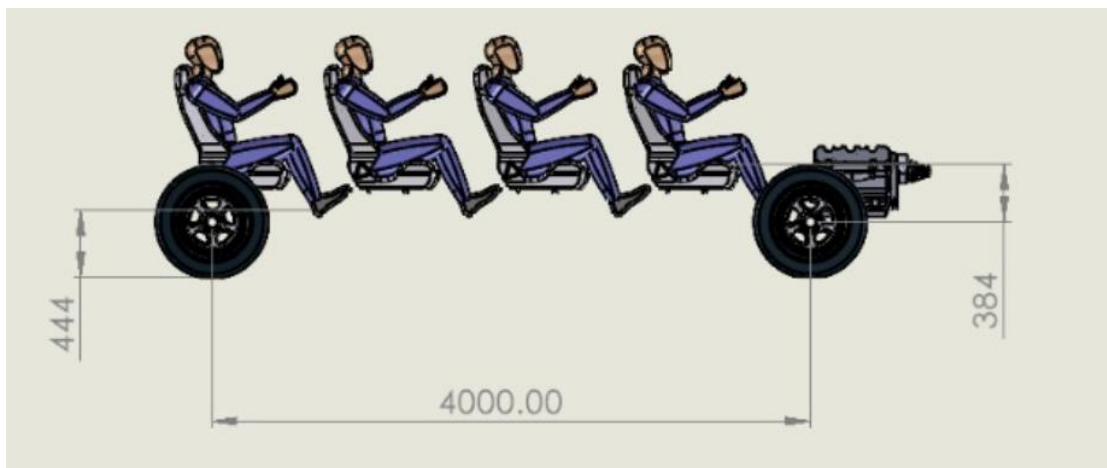
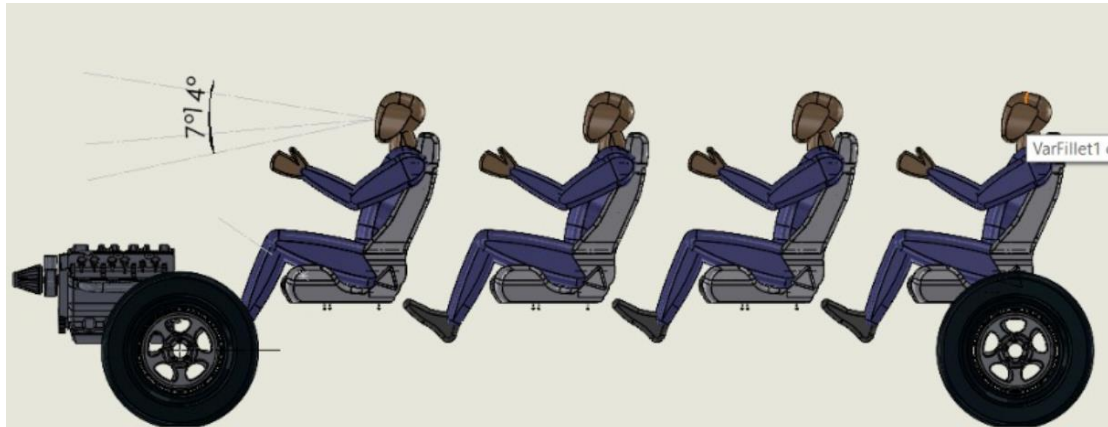
8.2. טבלה משקלית:

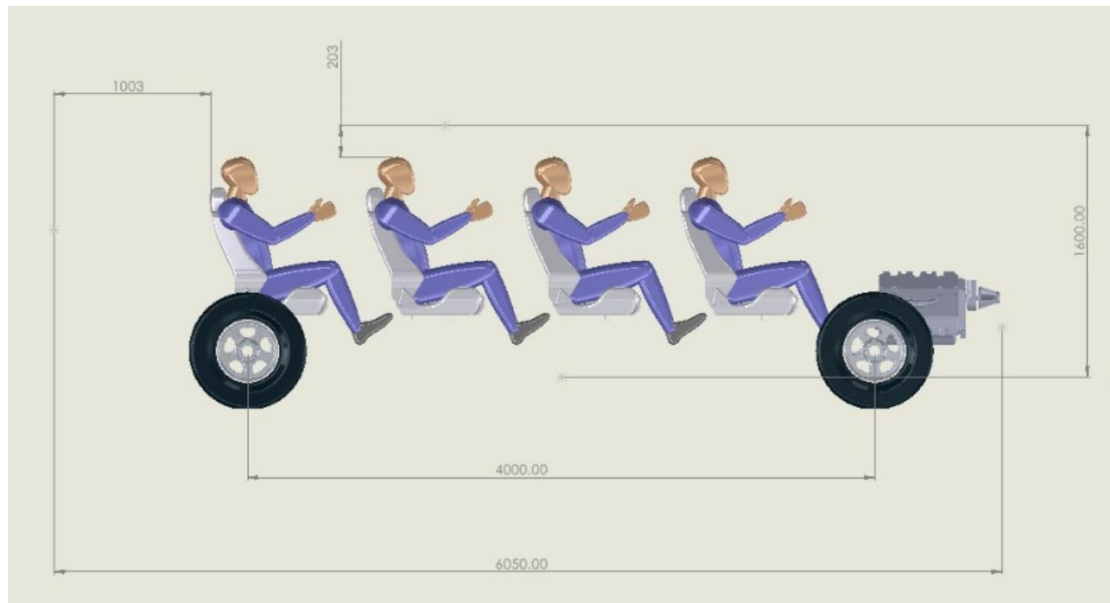
[illegible]

נשים לב שהורדנו את משקל הרכב ל- 2985 [kg] במקום 3500 [kg] שחזינו בתחילה.



8.3. מידות כלליות של הרכב





9. סיכום ומסקנות

- בפרויקט זה נתבקשנו לתכנן רכב ל-8 נוסעים. בחרנו לתכנן רכב היסעים קארפול שיעזור לפתור את בעיית הפקקים בארץ ע"י שימוש בנתיבי נת"צ המתפתחים בארץ.
 - פרויקט זה המחיש לנו את הקושי בתכנון רכב, את הצורך לקבלת החלטות בהתחלה תוך ידיעה שעם הקדמות הפרויקט הדברים ישתנו ועל התלות של כל תחום בשני.
 - ניתן לומר שהחשיבה המעמיקה עבור כל מכלול והדילמות שנציבו בפנינו גרמו לנו להתנסות במערכת קבלת ההחלטות והשיקולים של המתכננים, עבור כל מכלול או מערכת ברכב היו מספר חלופות אפשריות והבחירה של החלופה הטובה ביותר עבור היישום הנדרש באחריות המתכנן בלבד!
 - בפרויקט זה הבנו שקיימת חשיבות רבה למיקום כל מערכת ברכב וההשפעה שלה על התנהגות הרכב. השתמשנו רבות בידע שרכשנו בקורס מערכות רכב ודינמיקה של כלי רכב על מנת להגיע לנוחות מקסימלית לנוסעים.
 - אנו בחרנו בפלטפורמה של רכב היסעים מפואר, זול וחסכוני. בהיבט המפואר אנו מבינים שהחלטה זו גרמה לרכב שלנו להיות ארוך יותר מה שמשפיע על המשקל, רדיוס פניות. הושבת הנוסעים בתצורת 2+2+2+2 לא הכי אידיאלית עבור יצרני רכב, אך בחירה זו לימדה אותנו המון בקורס זה.
 - עבור היבט החסכוני, בהסתכלות אחורה היינו צריכים לעשות את הרכב חשמלי. אנו מעודדים בפרויקט זה נסיעה שיתופית ולכן אם הרכב היה חשמלי זה היה אידיאלי. השילוב של תחבורה שיתופית ותחבורה ירוקה לא מזהמת יכולה לגרום לחברות לרצות רכב כזה שיחליף את מאגר הרכבים הקיימים. היה מאתגר מבחינתנו לבחור דווקא מנוע דיזל על פני מנוע חשמלי ולכן אנו שמחים שלבסוף נשארו עם ההחלטה הראשונית להשתמש במנוע בעירה.
 - יכולנו לבחור מהירות מקסימלית גבוהה יותר מתוך נתוני המנוע הנבחר והטבלה לחיזוי ביצועים – מה ששיפיע על בחירת צמיגים אחרים, אך לאור אפיון הרכב בתחילה כרכב היסעים שיתופי בחרנו להישאר עם אפיון המהירות המקסימלי שהגדרנו בתחילה.
- לסיכום – הרחבנו את אופקינו מקורס זה בצורה שלא חשבנו שנוכל. הטבילה במים העמוקים של תכנון רכב והתמודדות עם כל הבעיות והדרישות הקיימות בעולם הרכב הכינו אותנו לעבודתנו בעתיד בתחום זה.