**הכנה למבחן בהנדסת בניין**

**שנה ב' סמסטר א'**

**העקרונות:**

* הבנת סוגי השאלות ואיך פותרים אותם
* הבנת ההיגיון מאחורי הבעיות החישוביות
* השלכת ההגיון לעבודה הטכנית בבניית מבנה

חישוב זרימת עומסים

מתקרה לקורה

מקורה לעמוד

תמיד אשאל את עצמי: כמה משקל מגיע לכל מטר בקורה? (מהתקרה) או כמה משקל מגיע לכל עמוד? (מהקורה)

בחישובים- מאמצע סמך לאמצע סמך- לא לשכוח!

שטח- ק"ג למ"ר

קו- ק"ג למטר

נקודה- ק"ג

עומס אופייני= עומס נייד/שימושי + עומד קבוע

עומס קבוע= משקל עצמי + קבוע נוסף

עומס תכן= מקדמים מוכפלים במקדמי ביטחון. עומד נייד 1.6X + עומד קבוע1.4X

מומנט ושיווי משקל

כדי שהמערכת לא תזוז- כל הכוחות צריכים להיות בשיווי משקל! סך הכל הכוחות בציר הX, Y והמומנט צריכים להיות שווים לאפס. בדרך כלל ציר הX לא רלוונטי (רק בחלק מהמקרים של ריתום), אחר כך ציר הY והM.

מומנט= כח X זרוע (מרחק). מראה את נטיית הכח לסובב את הגוף סביב נקודת הייחוס ('הבורג').

ריאקציות

ככל שהמשקל/ העומס יותר קרוב לסמך, הריאקציה יותר גדולה.

חישוב ריאקציות עם עומס נקודתי

החישוב תמיד יהיה ביחס למשהו. ביחד לאחד הסמכים.

בחישוב עומס מפורס- חץ אמצע והגודל של כל הכח (בהכפלה של המרחק). מדמיינים עומס ממוקד.

בחישוב עומס מפורס- המרחק מאמצע הכח כפול כל המרחק כפול הכח

צמד כוחות

צמד כחות יכול להיות בכל אחד מהצירים.

בכדי לייצר ריתום צריך גובה/ מרחק. 2 כחות זהים בגודל ומנוגדים בכיוון.

לעשות את התרגיל עם העפרון כדי להבין שיש 2 כוחות מנוגדים בכיוון.

מהלכי גזירה וכפיפה

בעצם מדובר בכשלים האפשריים במערכת. מהלך נותן את גובה המאמץ של מבנה. מהלך- תרשים שמראה בצורה גרפית את צורות ההשתנות של הגזירה או הכפיפה במערכת.

**גזירה-** כתוצאה מכוחות שמגיעים בכיוונים מנוגדים. המהלך שלו תמיד מתחיל משמאל. לעמוד בצד שמאל ו'ללכת' אחורה. מערכת בגזירה חייבת להתאפס.

לסמן את המעבר מחיובי לשלילי או הפוך. הגזירה הבעייתית- בנקודות הקיצון של המערכת (לא משנה אם מתחת או מעל ציר הY).

עומס נקודתי- המהלך ייראה:



עומס מפורס המהלך ייראה:



**כפיפה-** כמה האלמנט מתאמץ. הכפיפה נוצרת כתוצאה ממומנט.

יש סיב ניטרלי (הציר של מרכז הכובד)

מהלך הכפיפה יהיה תמיד על החלק המתוח של האלמנט

שטח הגזירה= גודל המומנט.

כשהמערכת במהלך גזירה עוברת מחיובי לשלילי אז זו נקודת הקיצון של מהלך הכפיפה.

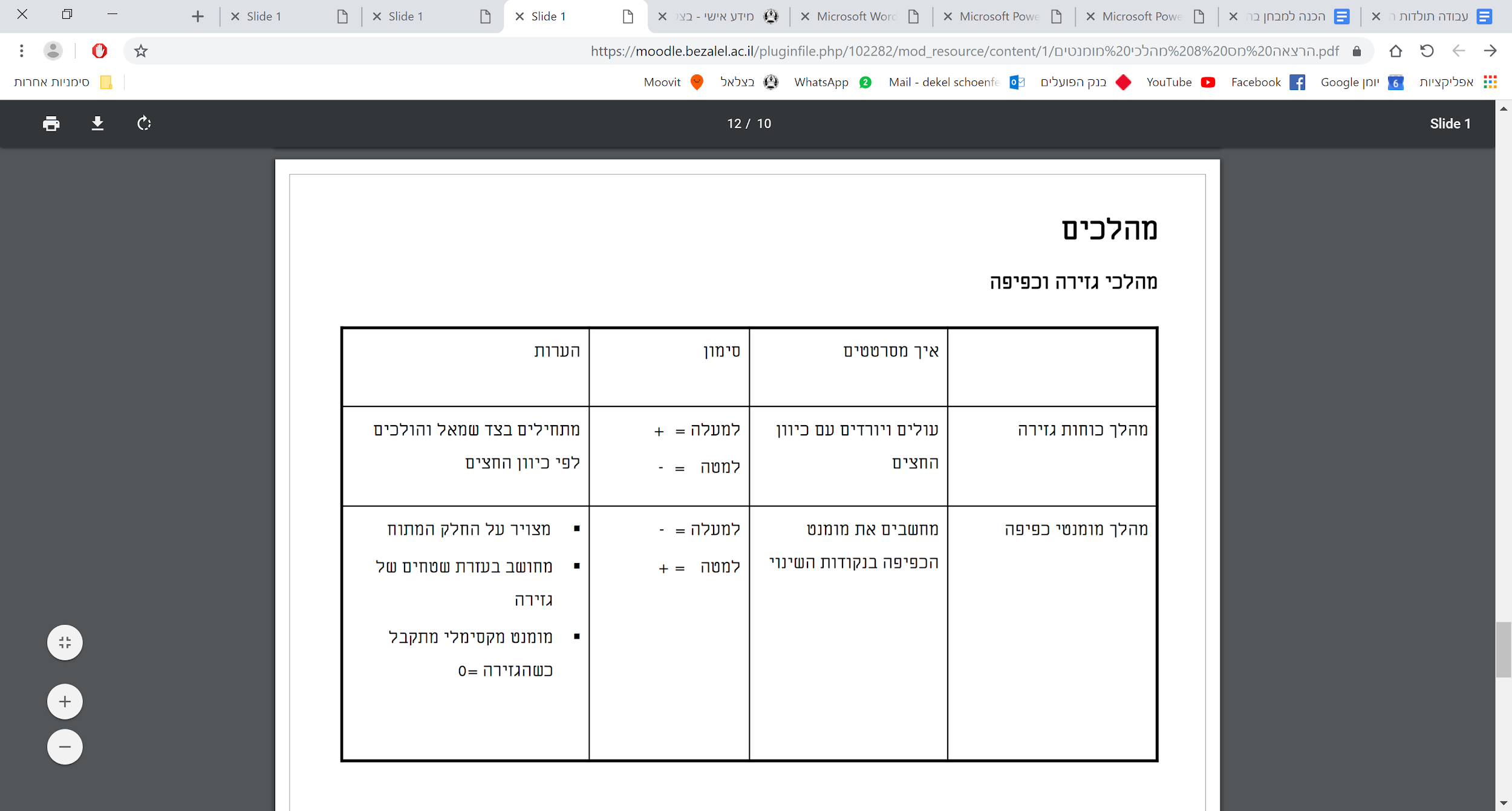
עומס נקודתי- המהלך ייראה:



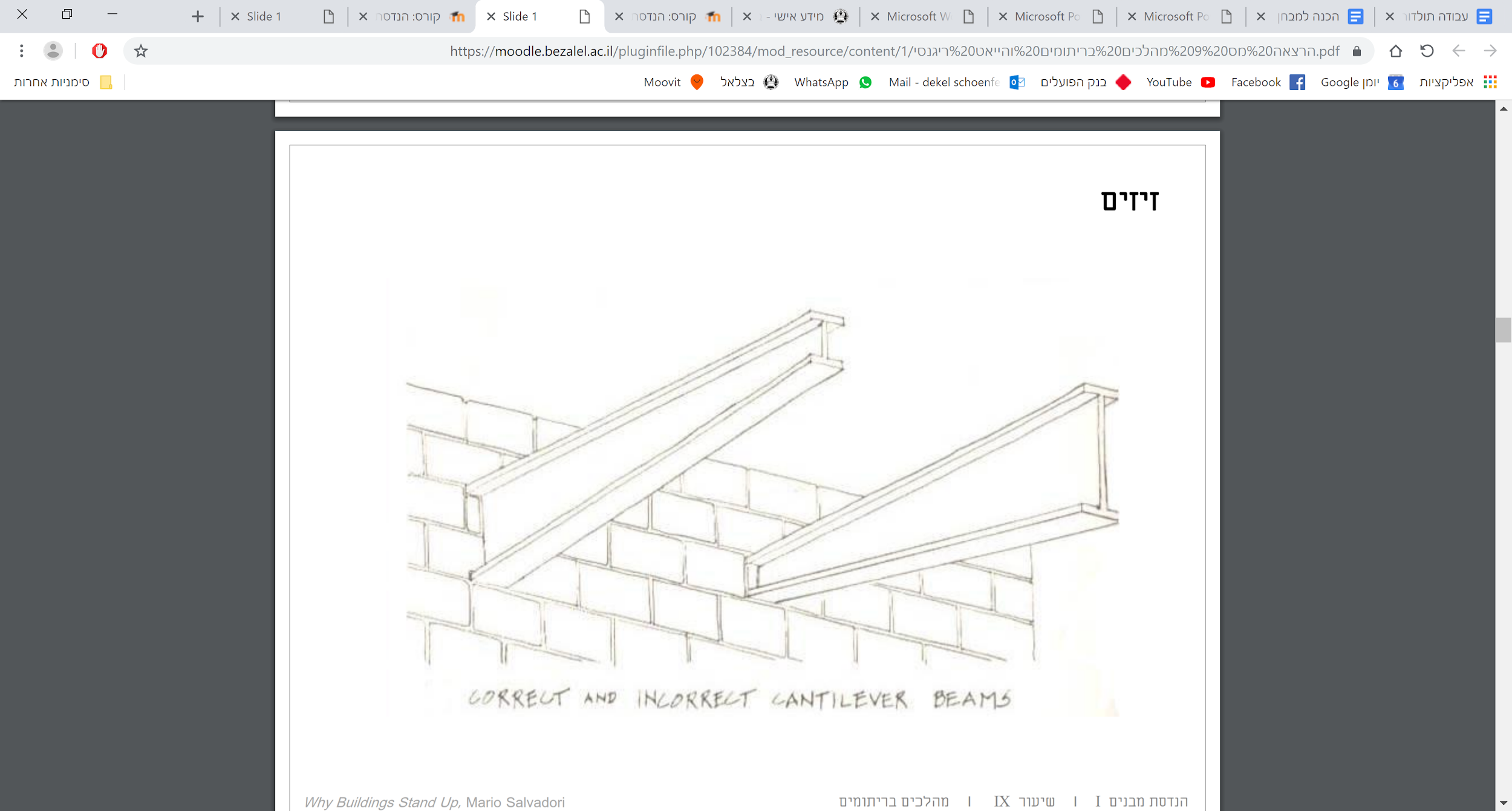
עומס מפורס המהלך ייראה:

(תמיד קעור, יכול להיות גם מעל ציר הX)

וזה יכול להיות שילוב של הכל!



**ריתום:**



בריתום- בגזירה- על נקודת הריתום יש גם כוח בציר הY. בגזירה- בנקודה של הריתום יש מומנט.

הצורה האפקטיבית של זיז- מה שבצד שמאל. הדרך להתמודד עם הגזירה- להוסיף עובי. הגדלה באיזור הריתום והקטנה בשאר האיזורים. יתרונות: חסכון בחומר, הורדה במשקל והעיצוב.

מרכז כובד:

מרכז כובד- נקודה דמיונית שמהווה את נקודת שיווי המשקל של הגוף. מרכז גיאומטרי. נקודת הכובד יכולה להיות מחוץ לצורה עצמה.

איך מחשבים:

* קביעת ראשית צירים (להשתדל מצד שמאל למטה)
* כלל הסימטריה
* חלוקה לגופים פשוטים
* שטחים שליליים (גריעה)
* סימון הנקודה אחרי החישוב

סה"כ (השטחים X מרחקים של כל אחד מהחלקים מהציר) לחלק לסה"כ השטח הכולל של הצורה

טבלה:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| שטח כפול מרחק מהציר | Ex מרחק הציר | שטח החלק A | חלק |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  | סה"כ |

הטבלה לכל אחד מהצירים.

מרחק מהציר- לזכור שזה אמצע הצורה ועוד כל שאר המרחק!

לעבוד מסודר, גם בשרטוט וגם בטבלה ובחישובים.

**פרופיל I:**

ey= b/2 , ex= h/2

**פרופיל U:**

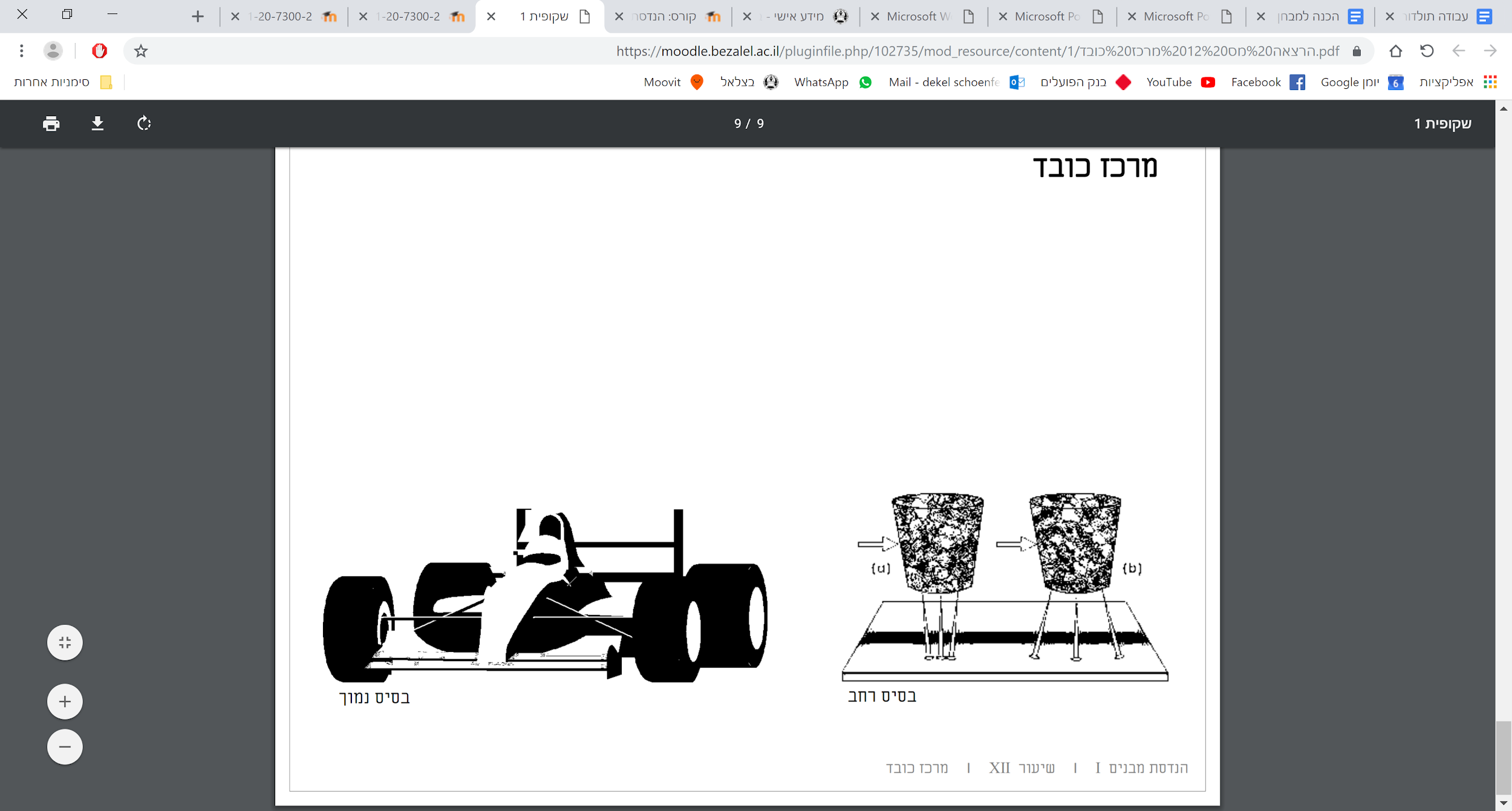
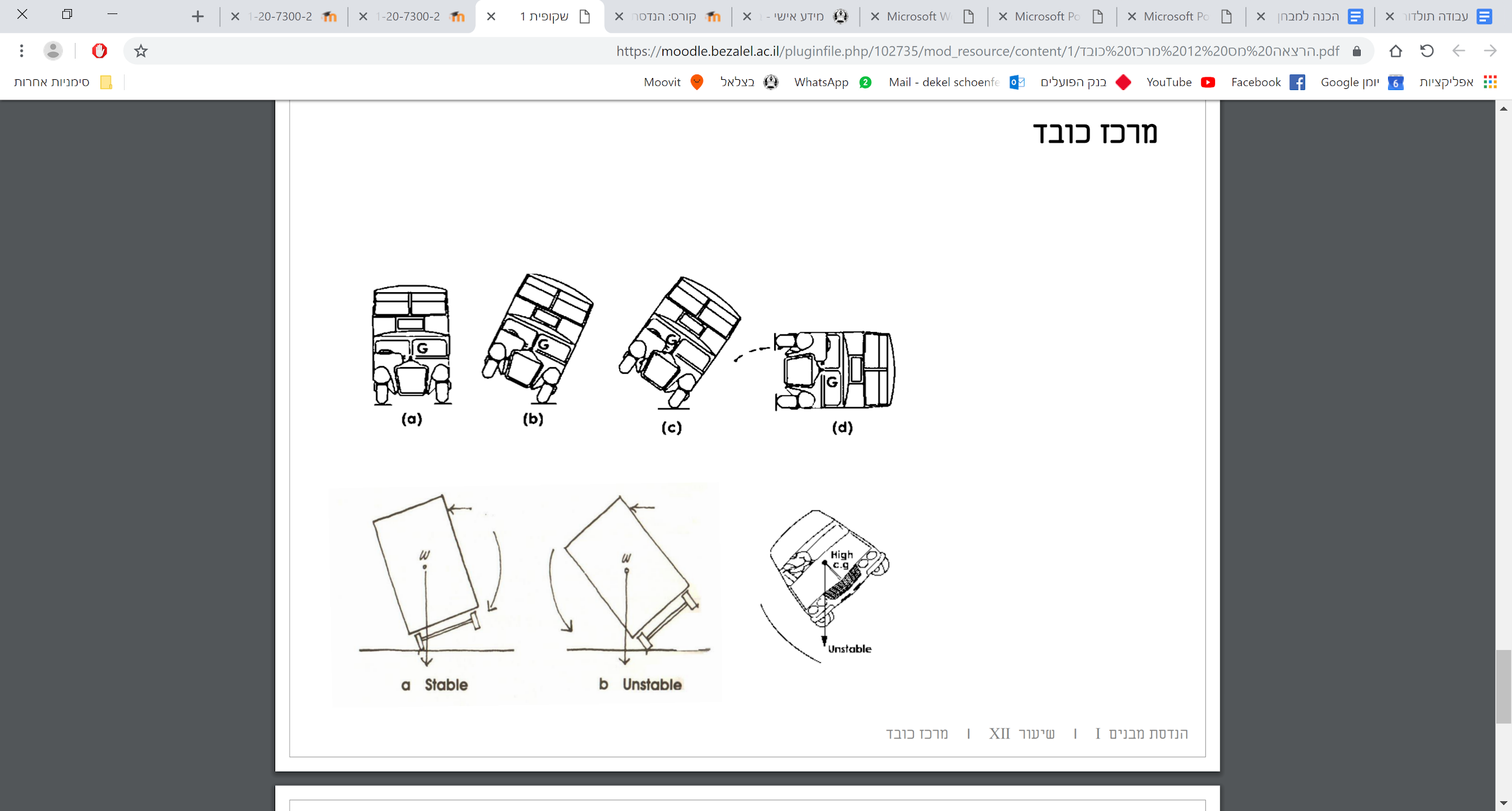
פה כן יש עמודה של מרכז הכובד בציר ה-y. לשים לב איך משרטטים את הפרופיל שאנחנו צריכים למצוא את מרכז הכובד שלו. הey יכול להפוך להיות ex.

לשים לב:

* לכל תשובה- כיוון, מידה ומספר
* מה ביקשו בשאלה? מה נתון בשאלה?
* משקל בטון- 2,400 ק"ג למטר בשלישית
* בטבלאות- לשים לב איזה באיזה יחידות היא עובדת

ענייני הבנה:

* כשל במבנה- העומסים לא עובדים כמו שהתכוונו
* סמכים, קורות/ עמודים שליו נתמך/ נסמך האלמנט המדובר. הסמך מייצר ריאקציה כנגד העומסים וזה מה שגורם למערכת להיות בשיווי משקל.
* בטון- טוב בלחיצה גרוע במתיחה. לכל שמים את הברזלים במקום בו יש סכנת מתיחה/ כפיפה הכי גבוהה כדי לחזק את הבטון.
* פלדה טובה גם במתיחה וגם בלחיצה
* מרכז כובד. כל עוד הציר של מרכז הכובד עדיין בתוך הצורה, הרכב לא מתהפך, ברגע שמחוץ לצורה, מתהפך. כלל שמרכז הכובד נמצא יותר נמוך או הבסיס שלו יותר רחב= יותר יציבות.



**הכנה למבחן בהנדסת בניין**

**שנה ב' סמסטר ב'**

מרכז כובד:

נקודת שיווי משקל של הגוף, בכל הצירים השונים (X,Y)

אם יש כח על הגוף, אז בקו הניטרלי יש גם מתיחה וגם לחיצה

מומנט אינרציה:

מושג מופשט המבטא את מידת ההתנגדות של האלמנט לכפיפה וקריסה.

מה שמבדיל בין 2 הסכמות- הגיאומטריה של החתך

ככל שממונט האינרציה גדול יותר, כך הכפיפה קטנה יותר

I= B\*/ 12

B- Base

H-Hight

ניתן להשוות בין מומנטי האינרציה בין הצורות השונות כל עוד שאר המשתנים זהים: חומר, מפתח, הכח המופעל.

תוספת שטיינר:

A\*

A- שטח

r- המרחק בין ציר מרכז הכובד של החלק לציר מרכזת הכובד של כל הצורה

זו תוספת שנובעת מהעובדה שמומנטי האינרציה של הצורות השונות עובדות ביחד.

2 אלמנטים שמשפיעים: גובה וכמה המסה / החומר רחוק מציר מרכז הכובד. ככל שיש יותר ס"מ שיכולים להתנגד, האלמנט חזק יותר.

אם אין אפשרות להגדיל את הגובה אז אולי להרחיק את המסה מציר מרכז הכובד ואז מומנט האינרציה יגדל.

בין פרופיל I למלבן, המסה נשארה אותה המסה אך הרחקנו יותר חומר מציר מרכז הכובד ולכן מומנט האינרציה גדל.

הוספת פלטה לפרופיל ה-I, מחזק את הפרופיל כי הוספנו מסה שהיא רחוקה ממרכז הכובד.

בקורה- מומנט אינרציה אחד גדול ואחד קטן

בעמוד- בדרך כלל מומנט אינרציה זהים. 'החלש' יותר ייקבע אם העמוד חזק או לא.

עומס, חומר ומפתח- הקריטריונים השונים. בהינתן הפרמטרים האלה קבועים אז מומנט האינרציה יחליט מה יותר חזק.

מפתח- מפתח יותר גדול- כפיפה יותר גדולה

עומס- עומס יותר גדול- כפיפה יותר גדולה

חומר- גומי לעומת פלדה כל אחד יתכופף אחרת.

מומנט אינרציה- צורה גיאומטרית של החתך.

פתרון תרגילים:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| A\* |  | A | מומנט אינרציה | חלק |
|  |  |  |  | 1 |
|  |  |  |  | 2 |
|  |  |  |  | סך הכל |

חיבור כל ה- I וחיבור כל ה- A\* שווה למומנט אינרציה של כל הצורה.

שקיעות:

שקיעה- כמות הס"מ שהאלמנט ירד כתוצאה מהעומס המופעל עליו. כמה האלמנט זז?

מה משפיע על גודל השקיעה?

עומס- גודל, סוג, חומר, מפתח ומומנט אינרציה

ככל שהמפתח גדול יותר- השקיעה גדלה

ככל שמומנט האינרציה גדול יותר- השקיעה קטנה (כי האלמנט 'יחזק' יותר)

ככל שגודל העומס גדול יותר- השקיעה גדלה

ככל שלחומר יש מודל אלסטי גדול יותר- השקיעה קטנה

בבניין המטרה תמיד להיות באלסטיות.

מודל אלסטי- ההתנגדות של החומר לשינוי בצורתו באמצעות הכח המופעל עליו, בתחום האלסטי.

המודל אלסטיות יהיה נתון בשאלה, בהתאם לחומר.

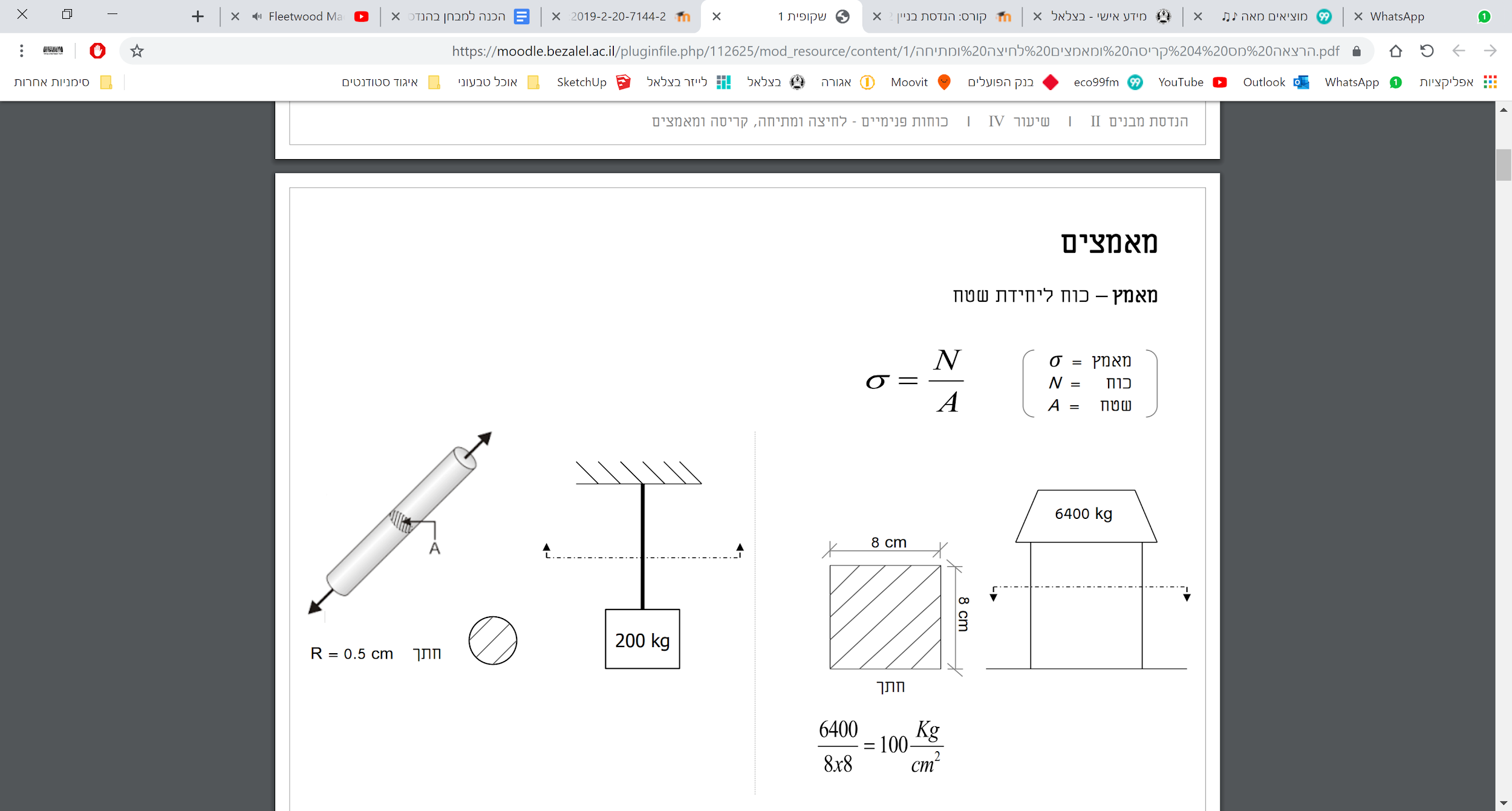
יש נוסחאות שונות של שקיעה בהתאם למקרה. עומס נקודתי, עומס מפורס, ריתום- עומס נקודתי, ריתום- עומס מפורס.

∆= 𝑙 200 או ∆= 𝑙 350 -- הגבלת השקיעה המותרת

קריסה ומאמצים, לחיצה ומתיחה:

עומס ניצב לאלמנט- גזירה או כפיפה

כוח צירי- לחיצה או מתיחה- קריסה תופעת ההמשך של לחיצה. קריסה זה סוג של כפיפה אבל לא מכח שניצב אלא מכוח צירי.



מאמצים בבטון:

בטון- טוב רק בלחיצה, חלש במתיחה. פלדה טובה בשניהם.

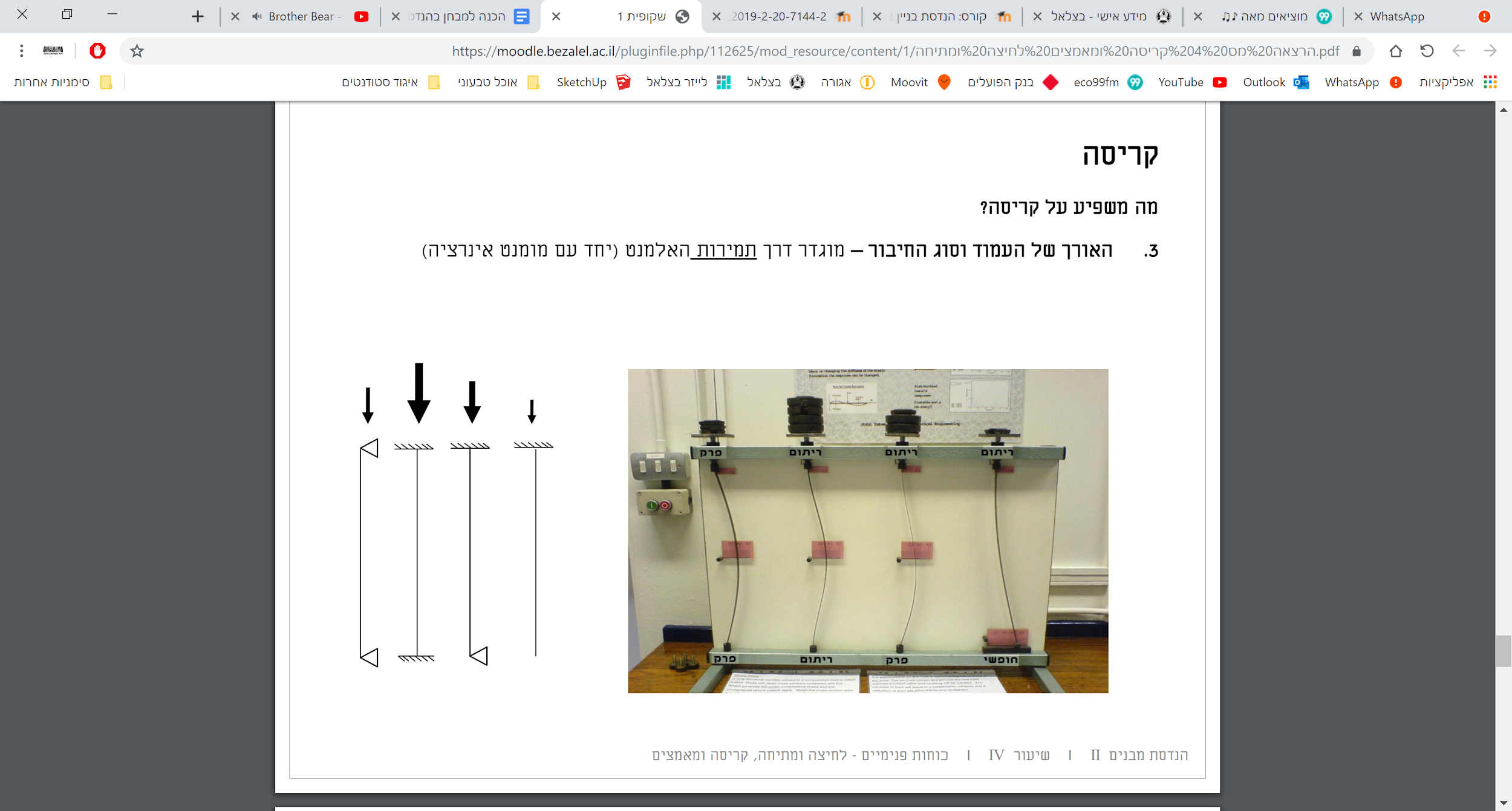
קריסה- אובדן יציבות של אלמנט מסוים במצב של לחיצה.

מה משפיע על הקריסה? סוג החתך (מומנט אינרציה)- הקריסה תתרחש תמיד בכיוון שניצב למומנט האינרציה הקטן ביותר.

סוג החומר

אורך של עמוד וסוג חיבור- מוגדר דרך תמירות האלמנט

עמוס



מסבכים:

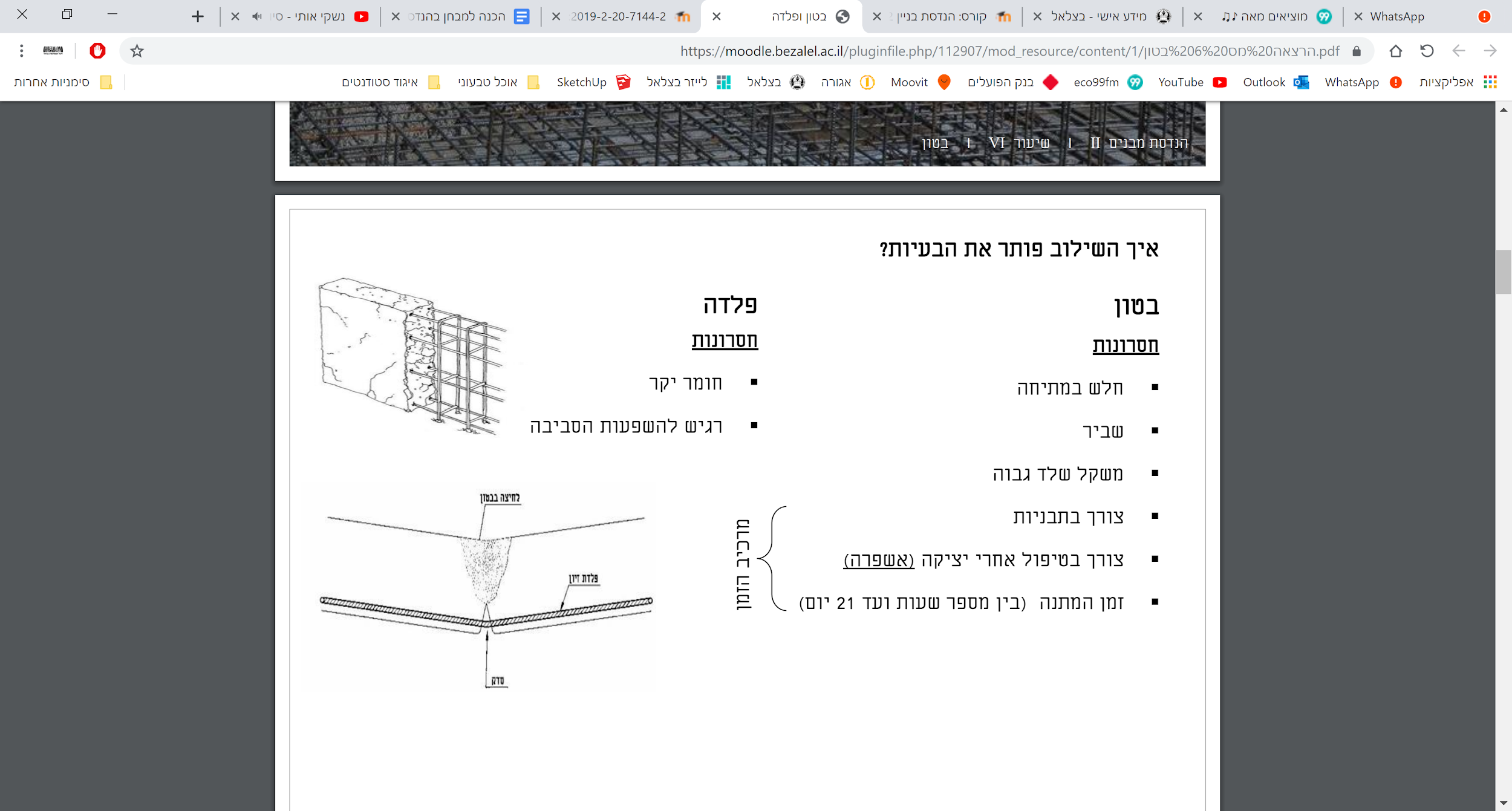
הוצאת החלקים הלא פעימים. משאירים את המקומות שעובדים בלחיצה או במתיחה והחיבורים ביניהם.

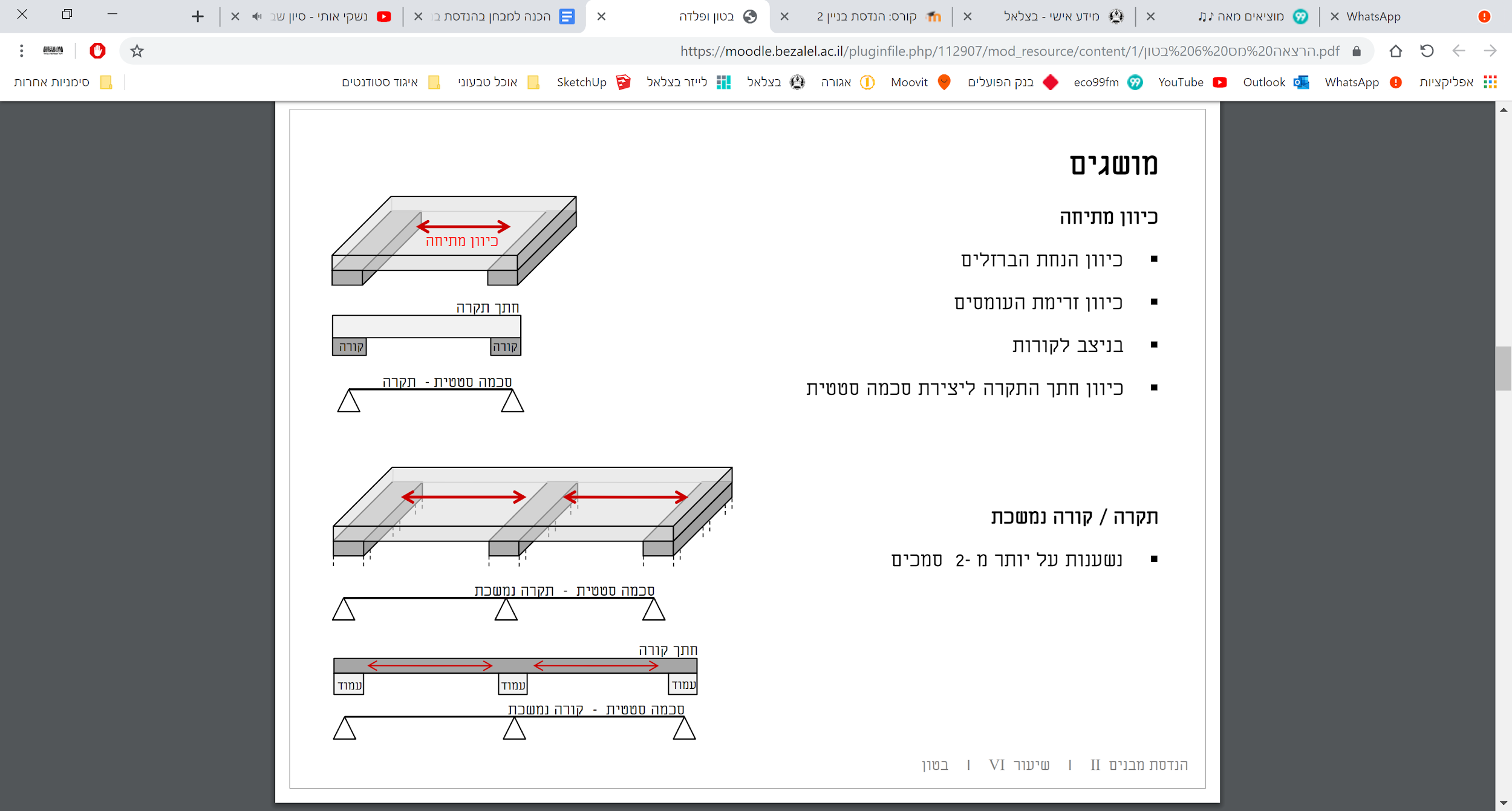
החיבור באלכסונים

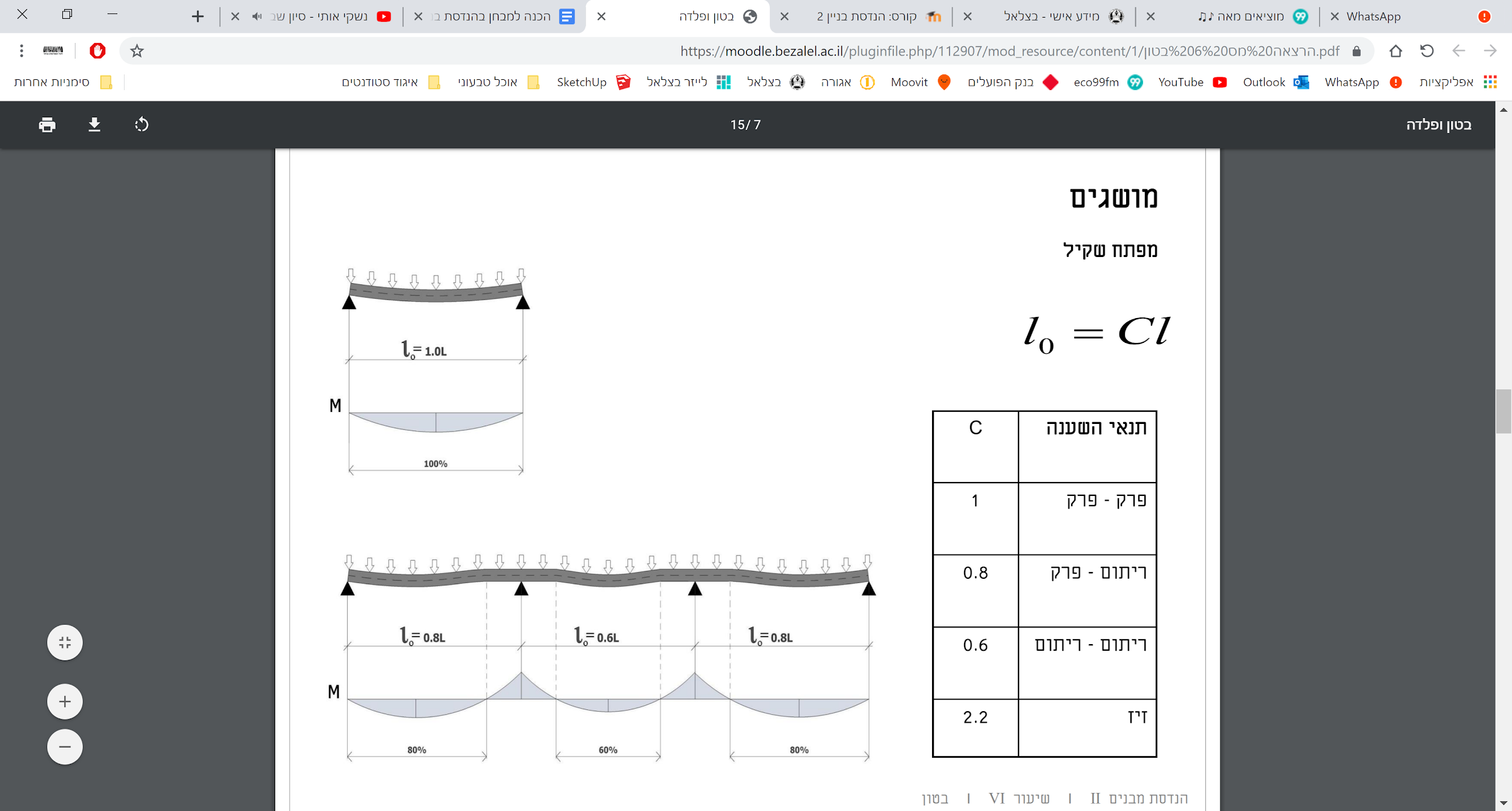
חיבורים פרקיים או משולשים. חזקים לעומת מלבן.

תמיד נמתך בחלק התחתון

בטון מזוין:

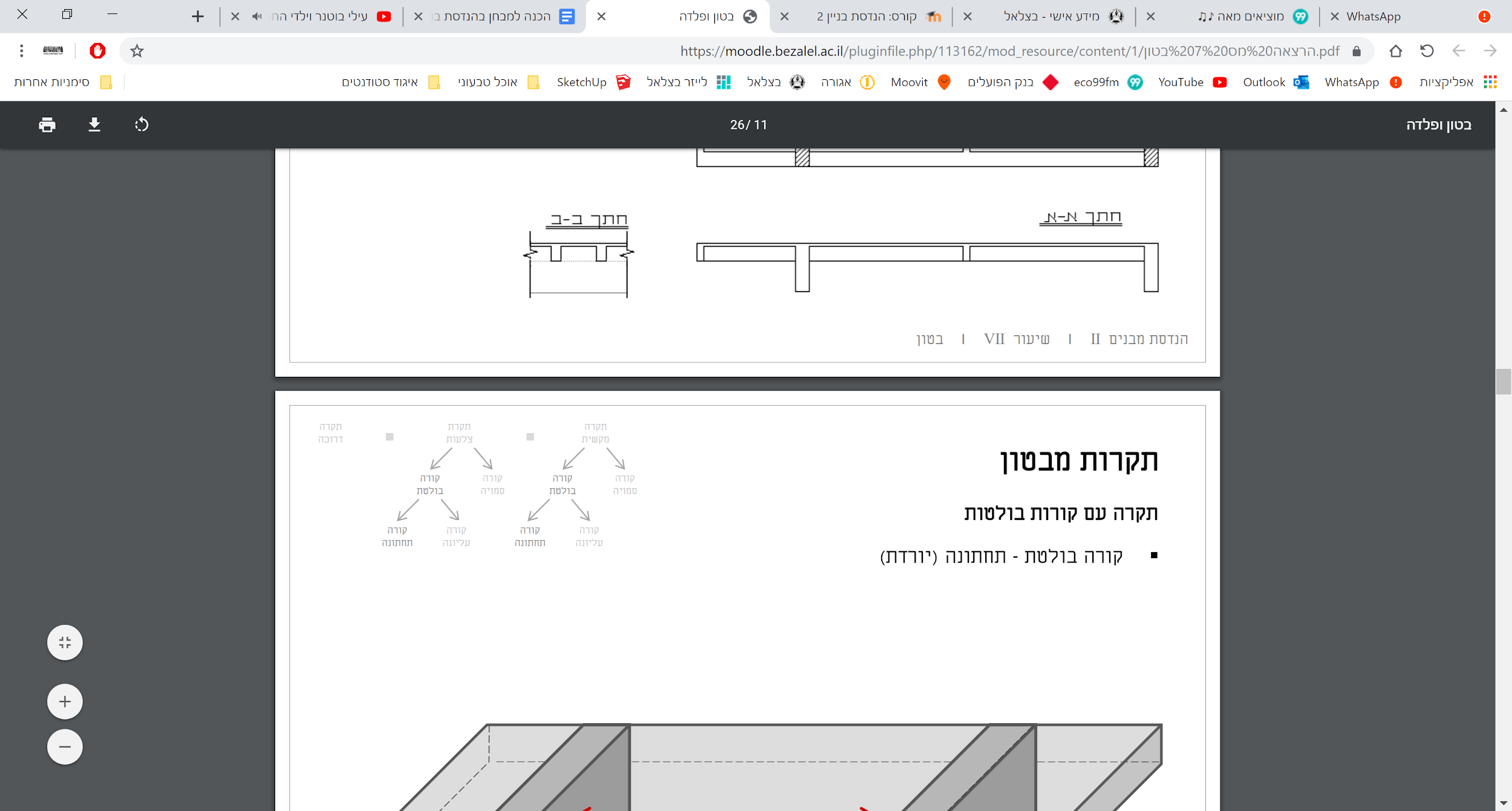






**מפתח שקיל**- מפתח- המרחק בין סמך לסמך. שקיל- שוקלים אותו, השוואה למשהו אחר. החלק של האלמנט שמשתתף בכפיפה.

**תקרות בטון**- יש ערך מאוד גדול להמשכיות של תקרה- הקטנת המפתח השקיל.



סוגי תקרות:

1. מקשית חד או דו כיוונית- מקשה אחת של בטון. חד כיוונית- 2 קורות בכל צד. דו כיוונית- 4 קורות, אחת בכל צד.

H= / 26- כלל אצבע

נעדיף תמיד תקרה מקשית מתוחה בכיון הקצר. התקרה- האלמנט הכי כבד בבניין.

כיוון המתיחה מאונך לקורות!

מחשבים את המפתח השקיל ואז את הגובה של התקרה לפי כלל האצבע.

תקרה מקשית דו כיוונית- תקרה מקשית מצולבת.

תקרה מקשית- מפתח שקיל של עד 4.5 מטר.

1. צלעות / ערוגות.

הרעיון: להוציא את הבטון המתוח שלא תורם לחוזק וע"י כך להוריד את המשקל העצמי של התקרה. ▪ שימוש: למפתחים שקילים בין 8 – 4.5 מטר.

H= / 20- כלל אצבע

הערך- פחות משקל, פחות בטון, מומנט אינרציה גדול. מאפשר לעבוד במפתחים גדולים.

תקרת צלעות- מפתח שקיל של 4.5-8 מטר.

צלע מחלקת- פיזור העומסים בין הצלעות.

קביעת גובה של קורה בולטת- H= / 10

תכנון תקרה עם קורות בולטות או סמוית:

▪ כיוון הקורות וכיוון מתיחת התקרה

▪ תקרה מקשית או תקרת צלעות

▪ חישוב ממדי תקרה וקורה

קורה סמויה: נמצאות בתוך גובה התקרה

*חסרונות:* ▪ יקר ▪ מומנט אינרציה קטן

*יתרונות:* ▪ חופש תכנון אדריכלי ▪ חופש שינוי של המחיצות אחרי הבנייה ▪ תבנית יותר פשוטה

1. לוחות דרוכים

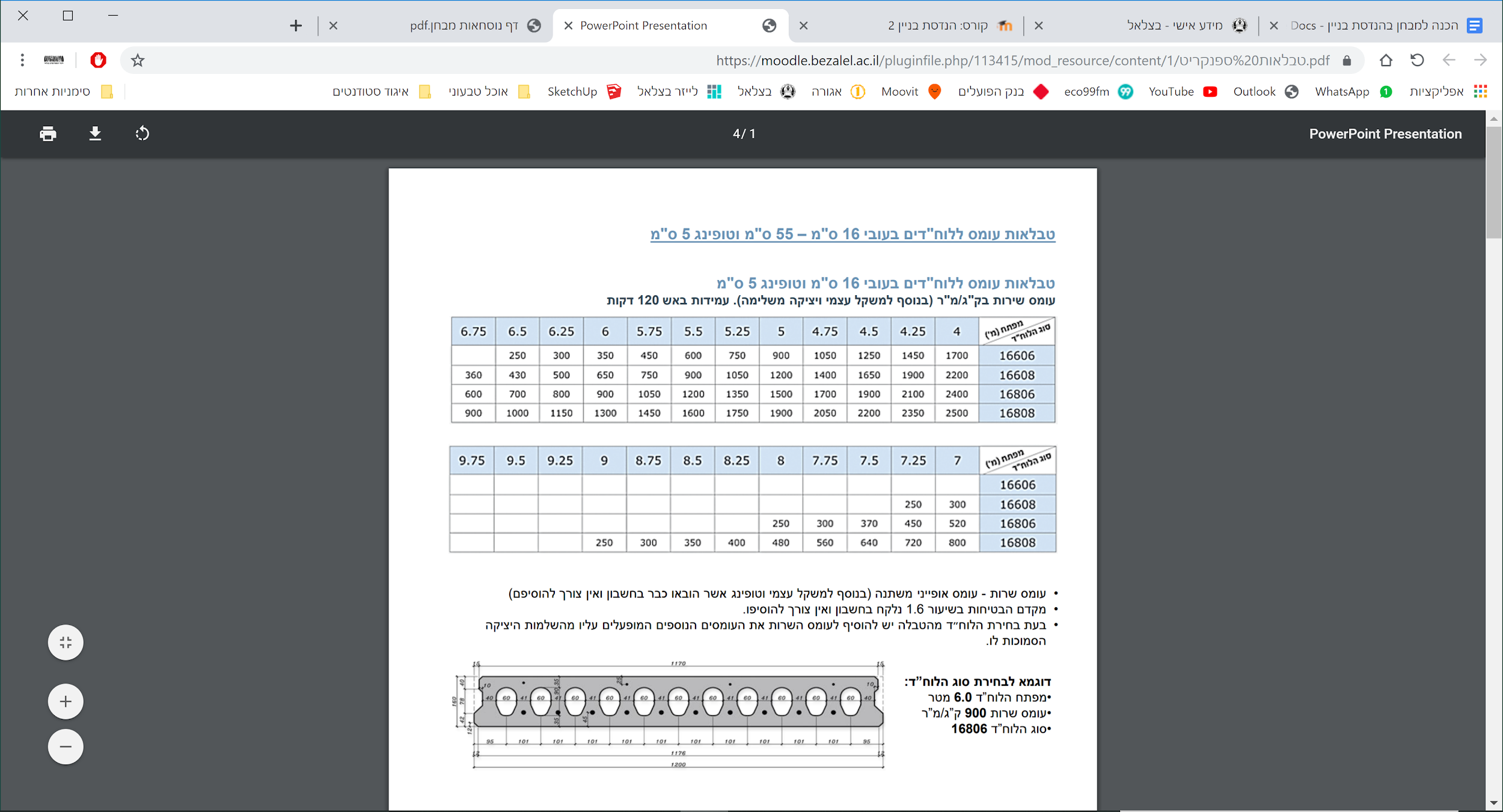
קורה דרוכה- במקום שיש את המתיחה, לוחצים אותו. אני דואג שהחלק שאמור להיות מתוח יהיה לחוץ וכך הקורה תהיה חזקה יותר. בתקרה דרוכה המפתחים או העומסים גדולים באופן יחסי ואז אפשר להקטין בצורה משמעותית את עובי התקרה.

יש דריכה מוקדמת או מאוחרת. דריכה מוקדמת- דורכים את הבטון לפני. דריכה מאוחרת- דורכים את הבטון בשטח. גם לגבי תקרה וגם לגבי קורה.

החסרון הכי גדול- כסף!

הלוחות הדרוכים הם בדרך כלל אלמנטים טרומיים. יש את הלוח עצמו ועוד טופנינג של 5 ס"מ כדי שהכל יעבוד כמקשה אחת.

טבלאות עומס ללוחד"ים: יש עשרות טבלאות. למעלה יש את המפתח, סוג הלוח"ד- 2 הספרות הראשונות העובי של הלוח"ד ואז הסוג שלו. באמצע- העומס שהלוח"ד עומד בו.



לשים לב:

מתי הסימטריה מבטלת את ה-r וכתוצאה מכך גם את ה- A\*.

לשים לב- היחידות של מומנט אינרציה יהיו תמיד ברביעית!

בזרימת העומסים- שטח- ק"ג למ"ר, קו- ק"ג למטר, נקודה- ק"ג.

כשיש ממ"ד- אז יש עוד חתך תקרה! לשים לב