

REPUBLIKA E SHQIPËRISË
UNIVERSITETI POLITEKNIK I TIRANËS
FAKULTETI I INXHINIERISË SË NDËRTIMIT
DEPARTAMENTI I KONSTRUKSIONEVE TË
NDËRTIMIT DHE INFRASTRUKTURËS SË
TRANSPORTIT

DISERTACION

Paraqitur në kërkim të gradës shkencore

DOKTOR

STUDIM MBI SJELLJEN E PILOTAVE SI STRUKTURA MBAJTËSE GJEOTEKNIKE QË PUNOJNË NË EPJE

Doktorant:

Mr.sc. Vlora Shatri

Udhëheqës shkencor:

Prof. Dr. Luljeta Bozo

Tiranë, 2022

REPUBLIKA E SHQIPËRISË
UNIVERSITETI POLITEKNIK I TIRANËS
FAKULTETI I INXHINIERISË SË NDËRTIMIT
DEPARTAMENTI IKONSTRUKSIONEVE TË
NDËRTIMIT DHE INFRASTRUKTURËS SË
TRANSPORTIT

**STUDIM MBI SJELLJEN E
PILOTAVE SI STRUKTURA
MBAJTËSE GJEOTEKNIKE QË
PUNOJNË NË EPJE**

Paraqitur në kërkim të gradës shkencore

DOKTOR

Mbrohet më date 14/07/2022, para jurisë:

1. Prof. Asoc. Elfrida SHEHU Kryetare – Oponente
2. Prof. Asoc. Igli KONDI Anëtar
3. Prof. Dr. Ylber MUCEKU Anëtar
4. Prof. Asoc. Misin MISINI Anëtar
5. Prof. Asoc. Figene AHMEDI Anëtare -Oponente

Fëmijëve të mi

.... Prindërve të mi

Mirënjohje dhe Falënderime

Përfundimi i disertacionit nuk do të ishte i mundur të finalizohet me sukses pa inkurajimin, mbështetjen dhe ndihmën e disa personave ndaj të cilëve unë dua të shpreh mirënjohjen time të thellë.

Falënderoj me mirënjohje dhe respekt të veçantë udhëheqësen e studimit tim, Prof.Dr.Luljeta Bozo, për udhëzimet, konsultat dhe mbështetjen e vazhdueshme. Është fat i madh që kam mbështetjen e një udhëheqëseje kaq të përkushtuar, nga e cila kam mësuar shumë. Është fat të përfitosh prej Saj.

Do të doja të falënderoja gjithashtu me mirënjohje dhe respekt, të gjithë kolegët dhe miqtë e mi për mendimet dhe konsultimet me ta gjatë gjithë periudhës së zhvillimit të këtij punimi.

Veçanarisht dua t'i shpreh falënderimin dhe mirënjohjen time Dr. Lavdim Kurtaj, për ndihmën e tij në realizimin e një pjese të këtij studimi.

Falënderoj me përvullje prindërit e mi dhe fëmijët e mi të mrekullueshëm për durimin, inkurajimin dhe frymëzimin e domosdoshëm gjatë gjithë periudhës së punës dhe angazhimit tim për realizimin e studimit dhe punimit të doktoraturës.

Së fundi, por jo të fundit...

Falënderoj, bashkëshortin tim, Afrim Haxhiu, për mbështetjen, dashurinë, mirëkuptimin dhe inkurajimin e vazhdueshëm për të gjetur forcën pas atyre ditëve dhe netëve të ngarkuara pune.

Ju falënderoj të gjithëve

Vlora Shatri

Deklaratë

Deklaroj se, disertacioni i paraqitur është një punë e kryer vetëm prej meje dhe për realizimin e tij kam përdorur vetëm burimet e cituara.

Vlora Shatri

Përmbajtja

Kapitulli 1

Hyrje.....	1
1.1 Përmbledhje e shkurtër dhe objektivat e studimit	1
1.2 Objektivi i studimi.....	2
1.3 Përmbajtja e Temës	3
1.4 Të përgjithshme	4
1.5 Historiku i zhvillimit të themeleve me pilota.....	6
1.6 Llogaritja e aftësisë mbajtëse kufitare të pilotës	9

Kapitulli 2

Epja e pilotave të ngulura plotësisht në tokë dhe të ngarkuara me forcë aksiale në shtypje	12
2.1 Hulumtimet e bëra në këtë fushë	12
2.2 Analiza e epjes së pilotës dhe caktimi i forcës kritike	16
2.2.1 Forca e epjes së pilotës për rastin kur moduli i reaksionit horizontal të dheut është $k=0$	18
2.2.2 Forca e epjes së pilotës për rastin kur moduli i reaksionit horizontal të dheut është $k=\text{konstant}$	21
2.2.2.1 Kriterët mbi kontrollimin e epjes së pilotave sipas Standardeve – Normave të ndryshme.....	31
2.2.3 Forca e epjes së pilotës për rastin kur $k=n_h \cdot x$ dhe $k=k_0+n_h \cdot x$ duke përdorur metodën analitike të bazuar në Metodën e Energjisë.....	38
2.2.4 Analiza e epjes së pilotave të ngulur plotësisht në tokë sipas Metodës së Elementeve të Fundëm.....	43
2.2.4.1 Formulimi i problemit të epjes së pilotave sipas Metodës së Elementeve të Fundëm.....	49
2.2.5 Metoda e Diferencave të Fundme.....	51
2.2.5.1 Caktimi i forcës së epjes së pilotës sipas Metoda e Diferencave të	

Fundme.....	51
2.2.5.2 Ndikimi i shtangësisë së tokës në forcën e epjes së pilotës sipas Metodës së Diferencave të Fundme për rastin kur pilota është e ngulur plotësisht në tokën me shtangësi e cila rritet linearisht me thellësi $k=k_0+n_h \cdot x$ për rastin kur k_0 =konst. ndërsa n_h ndryshon.....	59
2.2.5.3 Efektet e rritjes së vlerave të modulit të reaksionit të dheut, k_0 në forcën e epjes së pilotës kur konstanta e reaksionit të dheut mbahet konstant, n_h =konstant.....	63
2.2.5.4 Ndikimi i kushteve të mbërthimit të pilotës në forcën e epjes, llogaritur sipas softwarit MATLAB.....	67
2.2.5.4.1 Pilota e inkastruar në kokë dhe e inkastruar në maje, (F-F)	67
2.2.5.4.2 Pilota e lirë në kokë dhe e inkastruar në maje, (f-F).....	71
2.2.5.4.3 Pilota e lirë në kokë dhe sharnjerë në maje, (f-p).....	76
2.2.5.4.4 Pilota e lirë në kokë dhe lirë në maje, (f-f).....	80
2.2.5.4.5 Pilota në kokë e inkastruar me mundësi të zhvendosjes translatore dhe sharnjerë në maje, (ft-p).....	83
2.2.5.4.6 Pilota në kokë e inkastruar me mundësi të zhvendosjes translatore dhe e inkastruar në maje, (ft-F).....	86
2.2.6 Ndikimi i shtangësisë së pilotës në forcën e epjes së saj për rastin kur moduli i reaksionit të dheut është konstant përgjatë gjatësisë së pilotës, $k_h=k_0$ =konst. dhe kur moduli i reaksionit të dheut rritet linearisht me gjatësi të pilotës, me vlerë zero në sipërfaqe, $k=n_h \cdot x$	91
2.2.7 Ndikimi i shtangësisë së tokës në forcën e epjes së pilotës për rastin kur për pilotë përvetësohet EI =konstant dhe L =konstant.....	94
2.3 Konkluzionet.....	100

Kapitulli 3

Koeficienti i sustës "K"	102
3.1 Evoluimi i teorive për përcaktimin e koeficientit të sustës "K"	102
3.2 Metodatat e caktimit të modulit të reaksionit të tokës	103
3.3 Koeficienti i reaksionit të dheut në funksion të përqindjes së pluhurit.....	117
3.4 Korrelacioni në mes Modulit të deformimit, E dhe këndit të fërkimit të brendshëm të dheut, φ	123

Kapitulli 4

Shembulli numerik	125
4.1 Shembulli numerik i llogaritjes së forcës së epjes së pilotës të ngulur plotësisht në tokë dhe të ngarkuar vetëm me forcë aksiale në shtypje	125
4.2 Përshkrimi topografik i terrenit	125
4.3 Përshkrimi gjeologjik i terrenit nga hulumtimet gjeomekanike të bëra.....	126
4.3.1 Fotografi nga hulumtimi në terren - shpimi S7 BH 8230 1	127
4.3.2 Matjet në terren - Regjistrimet nga shpimi S7 BH - 8230 1	132
4.3.3 Matjet në laborator - shpimi S7 BH 8230 1	135
4.4 Modeli një-dimensional (1D) i pilotës betonarme të ngulur plotësisht në dhera dhe e ngarkuar me forcë aksiale në shtypje (bazuar në softwarit ABAQUS)	149
4.4.1 Karakteristikat gjeometrike të pilotës dhe vetitë elastike të materialit	149
4.4.2 Elementi	149
4.4.3 Diskretizimi i efektit të interaksionit tokë-pilotë në (1D).....	150
4.4.4 Kushtet e mbërthimit të pilotës	152
4.5 Dimensionimi i pilotës sipas EN1997-1:2004 dhe EN1992-1:2004.....	163
4.5.1 Llogaritja e aftësisë mbajtëse të pilotës sipas dheut.....	163
4.5.2 Dimensionimi i pilotës	165
4.6 Modeli dy dimensional (2D) i epjes së pilotës betonarme të ngulur plotësisht në dhera dhe të ngarkuar me forcë aksiale në shtypje sipas Metodës së Elementeve të Fundëm (bazuar në softwarin ABAQUS).....	171

Kapitulli 5

Përmbledhje, përfundime dhe rekomandime	179
Referencat	186

Shtojca A

A.1 Forma e parë modale si dhe forca e epjes së pilotës (p-p), me klasë të betonit C25/30, diametër D=30cm, gjatësi, L=5m të ngulur plotësisht në dhera me modul horizontal të reaksionit të dheut $k=1000\text{kN/m}^2$, llogaritur sipas Metodës së Elementeve të Fundëm duke u bazuar në softwarin komercial SAP 2000.....	192
--	-----

Lista e figurave

Figura 1.1 – Përdorimi i themeleve me pilota; (a) Kasollet e ndërtuara në liqene dhe kënetat rreth Alpeve, (b) Kulla e kishës së Shën Markut në Venecia (Google).....	7
Figura 1.2 – Vetitë pozitive të themeleve me pilota	8
Figura 1.3 – Dallimet e përgjithshme të sistemeve të pilotave	8
Figura 1.4 – Ndarja e pilotave.....	9
Figura 1.5 – Aftësia mbajtëse e pilotës	10
Figura 1.6 – Metodatat e llogaritjes së rezistencës në fërkim përgjatë faqeve anësore të pilotës.....	11
Figura 1.7 – Metodatat e llogaritjes së rezistencës së dheut në maje të pilotës.....	11
Figura 2.1 – Variantet e modulit të reaksionit të tokës në funksion të gjatësisë së pilotës.....	15
Figura 2.2 – Pilota vertikale e ngulur plotësisht në truall dhe e ngarkuar nga jashtë	16
Figura 2.3 – Kushtet e mbërthimit të pilotës: (a) pilota e mbërthyer në kokë me sharnjerë dhe në maje sharnjerë (p-p); (b) pilota e inkastruar në kokë dhe e inkastruar në maje (F-F); (c) pilota e lirë në kokë dhe e inkastruar në maje (f-F); (d) pilota e mbërthyer me sharnjerë në kokë – e inkastruar në maje (p-F); (e) pilota e lirë në kokë dhe e lirë në maje (f-f); (f) pilota me mundësi të zhvendosjes horizontale në kokë dhe e inkastruar në maje (f-F), (g) pilota me mundësi të zhvendosjes horizontale në kokë dhe e mbërthyer me sharnjerë në maje (f _t -p).....	18
Figura 2.4 – Gjatësitë e epjes së pilotave në varësi të kushteve të mbërthimit për rastin kur moduli i reaksionit horizontal të dheut është $k=0$	20
Figura 2.5 – Forca e epjes së pilotës (p-p) në funksion të gjatësisë së pilotës L dhe numrit "n" për rastin kur moduli i reaksionit të dheut është $k=1000 \text{ kN/m}^2$	28
Figura 2.6 – Forca e epjes së pilotës (f _t -p) me diametër, D=30cm klasë të betonit, C25/30 në funksion të gjatësisë së saj, L dhe numrit "n" për rastin kur moduli i reaksionit të dheut është $k =1000 \text{ kN/m}^2$	29
Figura 2.7 – Varshmëria në mes modulit të reaksionit të tokës dhe forcës kritike të epjes së pilotës me kushte të mbërthimit, sharnjerë në kokë dhe sharnjerë në maje, (p-p) diametër, D=30cm, gjatësi, L=15m dhe klasë të betonit, C25/30	33
Figura 2.8 – Zhvendosjet anësore të pilotës (p-p), diametër, D=0.3m gjatësi, L=15m, klasë të betonit, C25/30 të ngarkuar me forcë aksiale në shtypje, P=0,500,1000,2000 3000,4000kN për rastin kur pilota është e ngulur në tokë me modul të	

reaksionit të dheut, $k=400kN/m^2$ ($c_u=8kN/m^2$).....	35
Figura 2.9 – Zhvendosjet anësore të pilotës (p-p), të ngarkuar me forcë aksiale në shtypje, P diametër, $D=0.3m$, gjatësi, $L=15m$ dhe klasë të betonit, C25/30 për rastin kur pilota është e ngulur në tokë me modul të reaksionit të dheut, $k=600kN/m^2$ ($c_u=12kN/m^2$).....	35
Figura 2.10 – Zhvendosjet anësore të pilotës (p-p), të ngarkuar me forcë aksiale në shtypje, P diametër, $D=0.3m$, gjatësi, $L=15m$ dhe klasë të betonit, C25/30 për rastin kur pilota është e ngulur në tokë me modul të reaksionit të dheut, $k=1000kN/m^2$ ($c_u=16kN/m^2$).....	36
Figura 2.11 – Zhvendosjet anësore të pilotës (p-p), të ngarkuar me forcë aksiale, P diametër, $D=0.3m$, gjatësi, $L=15m$ klasë të betonit, C25/30 për rastin kur pilota është e ngulur në tokë me modul të reaksionit të dheut, $k_0=1000kN/m^2$ dhe konstantë të reaksionit të dheut $n_h=1000kN/m^3$	36
Figura 2.12 – Zhvendosjet anësore të pilotës (p-p), diametër, $D=0.3m$ gjatësi, $L=30m$ klasë të betonit, C25/30 të ngarkuar me forcë aksiale në shtypje, P për rastin kur pilota është e ngulur në tokë me modul të reaksionit të dheut, $k=200kN/m^2$ ($c_u=4kN/m^2$).	37
Figura 2.13 – Sustat elastike që modelojnë masivin rreth e përqark pilotës sipas Winkler-it.	39
Figura 2.14 – Varësia e forcës së epjes së pilotës me kushte të mbërthimit sharnjerë në kokë dhe sharnjerë në maje, $P_{krit(p-p)}$ dhe gjatësië së pilotës, L për rastin kur $n=1$ si dhe pilota është e ngulur plotësisht në dherat me modul horizontal të reaksionit të dheut $k_0=1000kN/m^2$ dhe $n_h=0.0kN/m^3$	42
Figura 2.15 – Diagrami "Forcë – Zhvendosje", pika kufitare: a) humbja e stabilitetit-paraqitja e kërcimit dhe b) thyerja (kolapsi).	43
Figura 2.16 – Dukuria e stabilitetit të bifurkacionit.....	44
Figura 2.17 – Komponentët e zhvendosjes së elementit tra me gjashtë shkallë lirie.....	45
Figura 2.18 – Zhvendosjet e nyjeve dhe format e funksioneve interpoluese	46
Figura 2.19 – Ndarja e pilotës në elemente të fundëm	50
Figura 2.20 – Modeli i pilotës (F-f) sipas metodës së diferencave të fundme i ndarë në pjesë me gjatësi të barabarta: a) pilota e inkastruar në maje dhe e lirë në kokë (F-f), b) ndarja e pilotës në “n-1” segmente dhe “n” nyje, c) moduli i reaksionit të tokës në funksion të gjatësisë së pilotës, $k_h=k_0+n_h$	52
Figura 2.21 – Aproximimet diferenciale	53
Figura 2.22 – Pilota e ngulur plotësisht në truall me kushte të mbërthimit e lirë në kokë dhe e	

- lirë në maje (f-f)57
- Figura 2.23 – Varësia e forcës së epjes së pilotës (p-p), diametër, $D=0.3\text{m}$ klasë të betonit, C25/30 gjatësi, $L=8\text{m}$ modul të reaksionit horizontal të dheut, $k=1000\text{kN/m}^2$ konstante të reaksionit të dheut, $n_h=1000\text{kN/m}^3$ me numër të segmenteve në të cilat pilota ndahet, "n"59
- Figura 2.24 – Varësia e forcës kritike të epjes së pilotës, $P_{\text{krit}(p-p)}$ dhe gjatësisë së pilotës, L . Pilota ka kushte të mbërthimit sharnjerë në maje – sharnjerë në kokë, diametër, $D=0.3\text{m}$ klasë të betonit, C25/30 dhe është e ngulur plotësisht në dhera me modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe konstante të reaksionit horizontal të dheut, $n_h=0.0\text{kN/m}^3$ (sipas softwarit MATLAB). 60
- Figura 2.25 – Forma themelore modale e epjes së pilotës me kushte të mbërthimit sharnjerë në kokë dhe sharnjerë në maje, (p-p) diametër, $D=0.3\text{m}$ klasë të betonit, C25/30 gjatësi, $L=25\text{m}$ dhe shtangësi të tokës $k=1000\text{kN/m}^2$ dhe $n_h=0.0\text{kN/m}^3$ (sipas softwarit MATLAB).....61
- Figura 2.26 – Varësia e forcës kritike të epjes së pilotës dhe gjatësisë së pilotës, L me kushte të mbërthimit sharnjerë në kokë –sharnjerë në maje, (p-p) diametër, $D=0.3\text{m}$ klasë të betonit, C25/30 dhe shtangësi të tokës $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe $n_h=1000\text{kN/m}^3$ e llogaritur sipas softwarit MATLAB.....62
- Figura 2.27 – Diagramet e forcave të epjes së pilotës me kushte të mbërthimit sharnjerë në kokë–sharnjerë në maje, (p-p) diametër, $D=0.3\text{m}$ klasë të betonit, C25/30 gjatësi, L shtangësi të tokës $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe $n_h=1000\text{kN/m}^3$, $n_h=2000\text{kN/m}^3$, $n_h=3000\text{kN/m}^3$, $n_h=4000\text{kN/m}^3$ dhe $n_h=5000\text{kN/m}^3$ të llogaritura sipas softwarit MATLAB.....62
- Figura 2.28 – Diagramet hapësirore të forcave të epjes së pilotës (p-p), diametër, $D=0.3\text{m}$ klasë të betonit, C25/30, gjatësi, L modul të reaksionit horizontal të dherave, $k_0=1000,2000,3000,4000,5000\text{kN/m}^2$ dhe $n_h=1000\text{kN/m}^3$ (sipas softwarit MATLAB).63
- Figura 2.29 – Diagramet e forcave të epjes së pilotës (p-p), me diametër, $D=0.3\text{m}$, klasë të betonit, C25/30 gjatësi, L modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_0=1000\text{kN/m}^2$, 2000kN/m^2 , 3000kN/m^2 , 4000kN/m^2 , 5000kN/m^2 dhe $n_h=1000\text{kN/m}^3$ (llogaritur sipas softwarit MATLAB).....64
- Figura 2.30 – Forma themelore modale e epjes së pilotës, p-p gjatësi, $L=5\text{m}$ diametër, $D=0.3\text{m}$ klasë të betonit, C25/30 e ngulur plotësisht në dhera me me modul të reaksionit të dheut, $k_0=0.0\text{kN/m}^2$ dhe konstante të reaksionit të dheut,

$n_h=1000 \text{ kN/m}^3$	65
Figura 2.31 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (p-p), gjatësi $L=10\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me modul të reaksionit të dheut, $k_0=0.0\text{kN/m}^2$ dhe konstante e reaksionit të dheut, $n_h=1000\text{kN/m}^3$	65
Figura 2.32 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (p-p), gjatësi, $L=25\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_0=0.0\text{kN/m}^2$ dhe konstante të reaksionit të dheut, $n_h=1000\text{kN/m}^3$	66
Figura 2.33 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (p-p), gjatësi, $L=25\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me modul të reaksionit të dheut, $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe konstante të reaksionit të dheut, $n_h=25000\text{kN/m}^3$	66
Figura 2.34 – Forca e epjes së pilotës (F-F), diametër, $D=0.3\text{m}$ klasë të betonit, C25/30 dhe gjatësi, L të ngulur plotësisht në dhera me modul horizontal të reaksionit të dheut, $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe konstante të reaksionit horizontal të dheut, $n_h=0.0\text{kN/m}^3$ (llogaritur sipas softwarit MATLAB)	68
Figura 2.35 – Diagramet e forcave të epjes së pilotës (F-F), diametër, $D=0.3\text{m}$ klasë të betonit, C25/30 gjatësi, L të ngulur plotësisht në dhera me konstante të reaksionit horizontal të dheut, $n_h=(1000,2000,3000,4000,5000)\text{kN/m}^3$ dhe modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_0=1000\text{kN/m}^2$ (llogaritur sipas softwarit MATLAB)	69
Figura 2.36 – Diagramet e forcave të epjes së pilotës (F-F), diametër, $D=0.3\text{m}$ klasë të betonit, C25/30 gjatësi, L të ngulur plotësisht në dhera me $k_0=1000,2000,3000,4000, 5000\text{kN/m}^2$ dhe $n_h=1000\text{kN/m}^3$ (sipas softwarit MATLAB)	69
Figura 2.37 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (F-F), gjatësi, $L=5\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me modul horizontal të reaksionit të dheut, $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe konstante të reaksionit të dheut, $n_h=1000\text{kN/m}^3$	70
Figura 2.38 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (F-F), gjatësi, $L=10\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe konstante të reaksionit të dheut, $n_h=1000\text{kN/m}^3$	70
Figura 2.39 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (F-F), gjatësi, $L=25\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe konstante të reaksionit të dheut, $n_h=1000\text{kN/m}^3$	71
Figura 2.40 – Forca e epjes së pilotës (f-F), diametër, $D=0.3\text{m}$ klasë të betonit, C25/30 me modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_0=1000\text{kN/m}^2$ (llogaritur me softwarin	

MATLAB).....	72
Figura 2.41 – Diagramet e forcave të epjes së pilotës (f-F), diametër, $D=0.3\text{m}$ klasë të betonit, C25/30 gjatësi, L konstantë të reaksionit të dheut, $n_h=(0,1000,2000,5000,10000)\text{kN/m}^3$ dhe modul të reaksionit të dheut, $k_0=1000\text{kN/m}^2$	73
Figura 2.42 – Diagramet e forcave të epjes së pilotës (f-F), diametër, $D=0.3\text{m}$ klasë të betonit, C25/30 gjatësi, L modul të reaksionit të dheut, $k_0=(0,1000,2000,5000,10000)\text{kN/m}^2$ dhe konstantë të reaksionit të dheut, $n_h=1000\text{kN/m}^3$	73
Figura 2.43 – Forma themelore modale e epjes së pilotës, (f-F) gjatësi, $L=3\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe $n_h=1000\text{kN/m}^3$	74
Figura 2.44 – Forma themelore modale e epjes së pilotës, (f-F) gjatësi, $L=5\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe $n_h=1000\text{kN/m}^3$	74
Figura 2.45 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (f-F), gjatësi, $L=8\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe $n_h=1000\text{kN/m}^3$	75
Figura 2.46 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (f-F) gjatësi, $L=10\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe $n_h=1000\text{kN/m}^3$	75
Figura 2.47 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (f-F), gjatësi, $L=25\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe $n_h=1000\text{kN/m}^3$	76
Figura 2.48 – Diagramet e forcave të epjes së pilotës (f-p), diametër, $D=0.3\text{m}$ klasë të betonit, C25/30 gjatësi, L për modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_0=0,1000,2000,5000$ dhe 10000kN/m^2 dhe konstante të reaksionit horizontal të dheut, $n_h=1000\text{kN/m}^3$	77
Figura 2.49 – Diagramet e forcave të epjes së pilotës (f-p), diametër, $D=0.3\text{m}$ klasë të betonit, C25/30 gjatësi, L për modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe konstante të reaksionit horizontal të dheut, $n_h=0,1000,2000,5000$ dhe 10000kN/m^3	77
Figura 2.50 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (f-p), gjatësi, $L=3\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe konstante të reaksionit horizontal të dheut, $n_h=1000\text{kN/m}^3$	78
Figura 2.51 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (f-p), gjatësi, $L=5\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe konstante të reaksionit horizontal të dheut, $n_h=1000\text{kN/m}^3$	78
Figura 2.52 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (f-p), gjatësi, $L=10\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe konstante të reaksionit horizontal të dheut, $n_h=1000\text{kN/m}^3$	79

- Figura 2.53 – Forma themelore modale e epjes së pilotës, (f-p) gjatësi, $L=25\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe konstante të reaksionit horizontal të dheut, $n_h=1000\text{ kN/m}^3$ 79
- Figura 2.54 – Diagramet e forcave të epjes së pilotës (f-f), diametër, $D=0.3\text{m}$ klasë të betonit, C25/30 gjatësi, L të ngulur plotësisht në dhera me shtangësi, $k_0=1000\text{ kN/m}^2$ dhe $n_h=0,1000, 2000,5000$ dhe 10000kN/m^3 80
- Figura 2.55 – Diagramet e forcave të epjes së pilotës, (f-f) diametër, $D=0.3\text{m}$ klasë të betonit, C25/30 gjatësi, L të ngulur plotësisht në dhera me modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_0=0,1000,2000,5000,10000\text{kN/m}^2$ dhe konstante të reaksionit horizontal të dheut, $n_h=1000\text{kN/m}^3$ 81
- Figura 2.56 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (f-f), gjatësi, $L=5\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe konstante të reaksionit horizontal të dheut, $n_h=1000\text{kN/m}^3$ 81
- Figura 2.57 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (f-f), gjatësi, $L=10\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe konstante të reaksionit horizontal të dheut, $n_h=1000\text{kN/m}^3$ 82
- Figura 2.58 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (f-f), gjatësi, $L=25\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe konstante të reaksionit horizontal të dheut, $n_h=1000\text{kN/m}^3$ 82
- Figura 2.59 – Diagramet e forcave të epjes së pilotës (f_t-p), diametër, $D=0.3\text{m}$ klasë të betonit, C25/30 gjatësi, L kur $k_0=1000\text{ kN/m}^2$ dhe $n_h =0,1000, 2000,5000,10000\text{kN/m}^3$ (sipas softwarit MATLAB). 83
- Figura 2.60 – Diagramet e forcave të epjes së pilotës (f_t-p), diametër, $D=0.3\text{m}$ klasë të betonit, C25/30 gjatësi, L për $k_0=0,1000,2000,5000,10000\text{kN/m}^2$ dhe $n_h=1000\text{kN/m}^3$ (sipas softwarit MATLAB)..... 84
- Figura 2.61 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (f_t-p), gjatësi, $L=3\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe $n_h=1000\text{kN/m}^3$ 84
- Figura 2.62 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (f_t-p), gjatësi, $L=7\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe $n_h=1000\text{kN/m}^3$ 85
- Figura 2.63 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (f_t-p), gjatësi, $L=15\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe $n_h=1000\text{kN/m}^3$ 85
- Figura 2.64 – Forma themelore modale e epjes së pilotës, (f_t-p) gjatësi, $L=25\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe $n_h=1000\text{ kN/m}^3$ 86
- Figura 2.65 – Diagramet e forcave të epjes së pilotës (f_t-F), diametër, $D=0.3\text{m}$ klasë të

- betonit, C25/30 gjatësi, L për $k_0=0, 1000, 2000, 5000, 10000 \text{ kN/m}^2$ dhe $n_h=1000 \text{ kN/m}^3$ (Ilogaritur sipas softwarit MATLAB).....87
- Figura 2.66 – Diagramet e forcave të epjes së pilotës (f_t-F), diametër, $D=0.3\text{m}$ klasë të betonit, C25/30 gjatësi, L kur $k_0=1000 \text{ kN/m}^2$ dhe $n_h=0, 1000, 2000, 5000, 10000 \text{ kN/m}^3$ (Ilogaritur sipas softwarit MATLAB).87
- Figura 2.67 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (f_t-F), gjatësi, $L=3\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me $k_0=1000 \text{ kN/m}^2$ dhe $n_h=1000 \text{ kN/m}^3$88
- Figura 2.68 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (f_t-F), gjatësi, $L=7\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me $k_0=1000 \text{ kN/m}^2$ dhe $n_h=1000 \text{ kN/m}^3$88
- Figura 2.69 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (f_t-F), gjatësi, $L=15\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me $k_0=1000 \text{ kN/m}^2$ dhe $n_h=1000 \text{ kN/m}^3$89
- Figura 2.70 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (f_t-F), gjatësi, $L=25\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me $k_0=1000 \text{ kN/m}^2$ dhe $n_h=1000 \text{ kN/m}^3$89
- Figura 2.71 – Ndikimi i kushteve të mbërthimit në forcën e epjes së pilotës me diametër, $D=0.3\text{m}$ klasë të betonit, C25/30 gjatësi, L e cila është e ngulur plotësisht në tokë me modul të reaksionit të dheut, $k_0=1000 \text{ kN/m}^2$ dhe konstantë të reaksionit të dheut, $n_h=200 \text{ kN/m}^3$ (sipas softwarit MATLAB).....91
- Figura 2.72 – Varësia e forcës së epjes së pilotës me kushte të mbërthimit sharnjerë në kokë dhe sharnjerë në maje, (p-p) dhe shtangësisë së pilotës, I gjatësie, $L=10\text{m}$, dhe modul të reaksionit të dheut që rritet linearisht me gjatësi të pilotës, $k = n_h \cdot x$, me vlerë zero në sipërfaqe dhe $n_h=2000 \text{ kN/m}^3$ 92
- Figura 2.73 – Varësia e forcës së epjes dhe shtangësisë së pilotës (p-p), gjatësi, $L=10\text{m}$ dhe modul konstant të reaksionit të dheut përgjatë gjatësisë së pilotës, $k=1000 \text{ kN/m}^2$ 93
- Figura 2.74 – Varësia e forcës së epjes dhe momentit të inercionit të pilotës (p-p), gjatësi, $L=10\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me modul të reaksionit horizontal të dheut, $k=1000+2000 \cdot x$ [kN/m^2].....93
- Figura 2.75 – Forcat kritike të epjes së pilotës (p-p), gjatësie, $L=10\text{m}$ modul të reaksionit të dheut që rritet linearisht me gjatësi të pilotës, $k=k_0 + n_h x$ ($k_0=1000 \text{ kN/m}^2$ dhe $n_h=0, 1000, 2000, \dots, 20000 \text{ kN/m}^3$) si dhe moment të inercionit të pilotës $I=5\text{e}-6 \dots 0.01 \text{ m}^4$94
- Figura 2.76 – Varësia e modulit të reaksionit të dheut, k ($k=k_0$) dhe forcës së epjes së pilotës (p-p), $P_{krit(p-p)}$ me gjatësi, $L=10\text{m}$ kushte konturore, (p-p) diametër, $D=30\text{cm}$ klasë të betonit, C25/30 (Ilogaritur me softwarin MATLAB duke u bazuar në

Metodën e Diferencave të Fundme).....	96
Figura 2.77 – Varësia në mes forcës së epjes së pilotës, $P_{krit(p-p)}$ dhe raportit në mes shtangësisë së pilotës, EI dhe modulit të reaksionit horizontal të dheut, k	97
Figura 2.78 – Varësia e forcës së epjes së pilotës, $P_{krit(p-p)}$ dhe shtangësisë së pilotës, EI për gjatësi, $L=12m$ dhe modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_h=1000kN/m^2$ =konstant për $n=1,2,3$	97
Figura 2.79 – Varësia e numrit "n" dhe forcës së epjes së pilotës (p-p), $P_{krit(p-p)}$ me gjatësi, $L=12m$ shtangësi, $EI=5000kN/m^2$, $EI=20000kN/m^2$, $EI=100000kN/m^2$ dhe modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_h=1000 kN/m^2$ =konstant.....	98
Figura 2.80 – Varësia e forcës së epjes së pilotës (p-p), $P_{krit(p-p)}$ dhe numrit "n" për pilotën me gjatësi, $L=12m$ shtangësi, $EI=1000kN/m^2$ =konst. e ngulur në dhera me modul të reaksionit horizontal të dheut, $k=5000kN/m^2$ dhe $k=20000kN/m^2$	98
Figura 2.81 – Varësia e numrit "n" dhe forcës së epjes së pilotës (p-p), $P_{krit(p-p)}$ me gjatësi, $L=12m$ shtangësi, $EI=1000kN/m^2$ =konstant. dhe modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_h=0 kN/m^2$	99
Figura 2.82 – Varësia e forcës së epjes së pilotës, $P_{krit(p-p)}$ dhe numrit "n" për shtangësi të pilotës, $EI=0 kN/m^2$	99
Figura 3.1 – Grafiku $w=f(p)$	105
Figura 3.2 – Modeli i Winkler-it, (a) Mbajtësi i vërtetë, (b) Caktimi i koeficientit të Winklerit nga rezultatet e fituara nga pllaka testuese, dhe (c) Kriteri i caktimit të “K” sipas Vesic-it.....	105
Figura 3.3 – Definimi i modulit të reaksionit të dheut, k sipas normave ACI 360R	106
Figura 3.4 – Shpërndarja e shtypjes në sipërfaqe të ndryshme.....	106
Figura 3.5 – Ndryshimi i presionit për njësi të sipërfaqes dhe forcës për njësi të thellësisë me zhvendosjet e pilotës	108
Figura 3.6 – Variacionet e modulit të reaksionit të dheut në funksion të thellësisë, z . (a) Argjilë e mbikonsoliduar (OC); (b) Dhera kokërrizore, argjilë normalisht e ngarkuar; (c) Argjilë e tharë normalisht e ngarkuar; (d) Shtresat sipërfaqësore të buta (Davisson, 1963)	110
Figura 3.7 – Ndikimi i madhësisë së themelit në modulin e reaksionit të dheut	113
Figura 3.8 – Korrelacioni i koeficientit të sustës, $k[kg/cm^3]$ dhe përqindjes së pluhurit, $P[\%]$ – përafrimi i rendit të parë.	119
Figura 3.9 – Korrelacioni i koeficientit të sustës, $k[kg/cm^3]$ dhe përqindjes së pluhurit, $P[\%]$ – përafrimi i rendit të parë duke larguar pikën më të largët.....	119

Figura 3.10 – Korrelacioni i koeficientit të sustës, $k[\text{kg}/\text{cm}^3]$ dhe përqindjes së pluhurit, $P[\%]$ përmes përafrimit eksponencial duke marrë për bazë të gjitha pikat.....	120
Figura 3.11 – Korrelacioni i koeficientit të sustës, $k[\text{kg}/\text{cm}^3]$ dhe përqindjes së pluhurit, $P[\%]$ përmes përafrimit eksponencial duke larguar pikën më të largët... ..	120
Figura 3.12 – Korrelacioni i koeficientit të sustës, $k[\text{kg}/\text{cm}^3]$ dhe përqindjes së pluhurit, $P[\%]$ përmes përafrimit të rendit të dytë duke marrë për bazë të gjitha pikat.. ..	121
Figura 3.13 – Korrelacioni i koeficientit të sustës, $k[\text{kg}/\text{cm}^3]$ dhe përqindjes së pluhurit, $P[\%]$ përmes përafrimit të rendit të dytë duke larguar pikën më të largët.	121
Figura 3.14 – Korrelacioni i koeficientit të sustës, $k[\text{kg}/\text{cm}^3]$ dhe përqindjes së pluhurit, $P[\%]$ përmes përafrimit logaritmik duke marrë për bazë të gjitha pikat.....	122
Figura 3.15 – Korrelacioni i koeficientit të sustës, $k[\text{kg}/\text{cm}^3]$ dhe përqindjes së pluhurit, $P[\%]$ përmes përafrimit logaritmik duke larguar pikën më të largët.	122
Figura 3.16 – Varësia në mes Modulit të deformimit, E dhe këndit të fërkimit të brendshëm, φ i shprehur përmes polinomit të rendit të parë, duke marrë parasysh të gjitha matjet dhe duke neglizhuar disa prej tyre.	123
Figura 4.1 – Autostrada Merdarë –Morinë	126
Figura 4.2 – Harta gjeologjike e Kosovës.....	127
Figura 4.3 – Vendi i shpimit Ph.1 S7 BH 8230 1 para se të fillohet me shpim.....	127
Figura 4.4 – Vendi i shpimit Ph.1 S7 BH 8230 1 gjatë procesit të shpimit.	128
Figura 4.5 – Kampionet e dherave nga shpimi Ph.1 S7 BH 8230 1 në thellësi: 0.00-5.00 m	128
Figura 4.6 – Kampionet e dherave nga shpimi Ph.1 S7 BH 8230 1 në thellësi: 5.00-10.00 m	128
Figura 4.7 – Kampionet e dherave nga shpimi Ph.1 S7 BH 8230 1 në thellësi: 10.00-15.00 m	129
Figura 4.8 – Kampionet e dherave nga shpimi Ph.1 S7 BH 8230 1 në thellësi: 15.00-20.00 m	129
Figura 4.9 – Kampionet e dherave nga shpimi Ph.1 S7 BH 8230 1 në thellësi: 20.00-25.00 m	129
Figura 4.10 – Vendi i shpimit Ph.1 S7 BH 8230 1 gjatë procesit të shpimit.....	130
Figura 4.11 – Testimi i funksionimit të tubave vertikalë piezometrikë në shpimin Ph.1 S7 BH 8230 1	130
Figura 4.12 – Tubat vertikalë në shpimin Ph.1 S7 BH 8230 1 pasi që ka përfunduar shpimi.....	130

Figura 4.13 – Plani gjeologjik i Autostradës Morinë – Merdarë, Seksioni 7.	131
Figura 4.14 – Elementi tra sipas Metodës së Elementeve të Fundëm	149
Figura 4.15 – Elementi Tra (B32) dhe elementi i sustës	149
Figura 4.16 – Rrjetëzimi i pilotës (p-p) në gjithsej 25 Elemente tra (B32)	150
Figura 4.17 – Karakteristikat gjeomekanike të shtresave të tokës, moduli i reaksionit horizontal të dheut.....	151
Figura 4.18 – Vlera vetjake e forcës së epjes së pilotës (p-p), duke mos marrë parasysh rezistencën e dheut për formën e parë modale të epjes (MEF- ABAQUS)....	152
Figura 4.19 – Vlera vetjake e forcës së epjes së pilotës (p-p), duke mos marrë parasysh rezistencën e dheut për formën e dytë modale të epjes (MEF- ABAQUS)....	153
Figura 4.20 – Vlera vetjake e forcës së epjes së pilotës (p-p), duke mos marrë parasysh rezistencën e dheut për formën e tretë modale të epjes (MEF- ABAQUS)....	153
Figura 4.21 – Vlera vetjake e forcës së epjes së pilotës (p-p), duke marrë parasysh rezistencën e dheut për formën e parë modale të epjes (MEF- ABAQUS).....	154
Figura 4.22 – Vlera vetjake e forcës së epjes së pilotës (p-p), duke marrë parasysh rezistencën e dheut për formën e dytë modale të epjes (MEF- ABAQUS).....	154
Figura 4.23 – Vlera vetjake e forcës së epjes së pilotës (p-p), duke marrë parasysh rezistencën e dheut për formën e tretë modale të epjes (MEF- ABAQUS).....	155
Figura 4.24 – Vlera vetjake e forcës së epjes së pilotës (p-p), duke marrë parasysh rezistencën e dheut për formën e katërt modale të epjes (MEF- ABAQUS)	155
Figura 4.25 – Vlera vetjake e forcës së epjes së pilotës (p-p), duke marrë parasysh rezistencën e dheut për formën e pastë modale të epjes (MEF-ABAQUS)...	156
Figura 4.26 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (p-p), të ngulur plotësisht në tokë me shtangësi (Tab. 4.1) e llogaritur sipas Metodës së Diferencave të Fundme (bazuar në softwarin MATLAB).	158
Figura 4.27 – Vlerat vetjake të forcës së epjes së pilotës me kushte të mbërthimit e inkastruar në kokë dhe e inkastruar në maje,(F-F) (MEF- ABAQUS).....	159
Figura 4.28 – Vlerat vetjake të forcës së epjes së pilotës me kushte të mbërthimit e inkastruar me mundësi të zhvendosjes horizontale në kokë dhe e inkastruar në maje, (ft-F).....	160
Figura 4.29 – Vlerat vetjake të forcës së epjes së pilotës me kushte të mbërthimit e lirë në kokë dhe e inkastruar në maje, (f-F) (MEF- ABAQUS)	160
Figura 4.30 – Vlera vetjake e forcës së epjes së pilotës, (p-f) të ngulur plotësisht në dhera	

	(Tab.4.1) për formë të parë modale (MEF- ABAQUS).....	161
Figura 4.31	– Vlera vetjake e forcës së epjes së pilotës (f-f), të ngulur plotësisht në dhera (Tab.4.1) për formë të parë modale (MEF- ABAQUS).....	161
Figura 4.32	– Vlera vetjake e forcës së epjes së pilotës (F-f), të ngulur plotësisht në dhera (Tab.4.1) për formë të parë modale (MEF- ABAQUS).....	163
Figura 4.33	– Diagrami i zhvendosjes horizontale të pilotës (p-p), diametër, D=30cm gjatësi, L=25m klasë të betonit, C25/30 nën veprimin e forcës aksiale në shtypje $N_{Ed}=607,5\text{kN}$ duke marrë parasysh efektin e imperfeksionit (llogaritur sipas softwarit MATLAB).....	166
Figura 4.34	– Diagrami i momenteve përkulëse të pilotës (p-p), diametër, D=30cm gjatësi, L=25m klasë të betonit, C25/30 nën veprimin e forcës aksiale, $N_{Ed}=607,5\text{kN}$ duke marrë parasysh efektin e imperfeksionit (llogaritur sipas softwarit MATLAB)	167
Figura 4.35	– Diagrami i forcave transversale të pilotës (p-p), diametër, D=30cm gjatësi, L=25m klasë të betonit, C25/30 nën veprimin e forcës aksiale, $N_{Ed}=607,5\text{kN}$ duke marrë parasysh efektin e imperfeksionit (llogaritur sipas softwarit MATLAB)	167
Figura 4.36	– Elementet e sustës në lartësi me shtangësie $K_i=K/4$	172
Figura 4.37	– Modeli dy-dimensional (2D) i epjes së pilotës sipas ABAQUS - diskretizimi i interaksionit pilotë-tokë (pamja anësore).....	172
Figura 4.38	– Modeli ABAQUS (2D) - (pamja nga lartë).....	173
Figura 4.39	– Rrjetëzimi i pilotës me Elemente tra të tipit linear hexahedral C3D8R	173
Figura 4.40	– Rrjetëzimi i pilotës në Elemente tra – gjithsej 3000 element linear hexahedral të llojit C3D8R.....	174
Figura 4.41	– Forma e parë modale e epjes së pilotës-shtyllë me kushte të mbërthimit a) sharnjerë në kokë dhe sharnjerë në maje, (p-p) – MEF(1D); b) sharnjerë në kokë dhe sharnjerë në maje, (p-p) – MEF(2D); c) sharnjerë në kokë dhe inkastrim në maje, (p-F) – MEF(1D); d) sharnjerë në kokë dhe inkastrim në maje, (p-F) – MEF(2D); (ABAQUS).....	175
Figura 4.42	– Modeli ABAQUS i pilotës (p-F), në (2D) (pamja anësore).....	176
Figura 4.43	– Forma e parë themelore modale e epjes së pilotës (p-F), sipas MEF (ABAQUS)	177
Figura 4.44	– Forma e dytë themelore modale e epjes së pilotës (p-F), sipas MEF (ABAQUS).....	177

Figura 4.45 – Forma e tretë themelore modale e epjes së pilotës (p-F), sipas MEF (ABAQUS).....	178
---	-----

Lista e tabelave

Tabela 1.1 – Përdorimi i themeleve me pilota në territorin e Kosovës	5
Tabela 2.1 – Forcat kritike të epjes së pilotës	21
Tabela 2.2 – Gjatësia efektive dhe jashtëqendërsia nga imperfeksioni i pilotës (p – p)	34
Tabela 3.1 – Analiza kualitative e parametrave rezultues	107
Tabela 3.2 – Vlerat e koeficientit të reaksionit të dheut për argjilë.....	109
Tabela 3.3 – Vlerat e normës së rritjes së koeficientit të reaksionit të dheut me thellësi për rërën (Terzaghi)	110
Tabela 3.4 – Koeficienti njësi i reaksionit horizontal të dheut, K_{h0} , Terzaghi (1955).....	111
Tabela 3.5 – Parametrat gjeoteknik	118
Tabela 3.6 – Parametrat gjeoteknik	118
Tabela 4.1 – Vlerat e shtangësive të sustave veç e veç	150
Tabela 4.2 – Forcat e epjes së pilotës-shtyllë sipas Metodës analitike-teorike	161
Tabela 4.3 – Shtangësitë e sustave elastike	171
Tabela 4.4 – Vlerat vetjake të formave themelore modale të epjes së pilotës (p-F) (MEF- ABAQUS).....	176

Simbolet dhe shënimet

D	– Diametri i pilotës
c_u	– Kohezioni pa drenim
L	–Gjatësia e pilotës
Q_{up}	–Aftësia mbajtëse kufitare e pilotës
Q_{ub}	–Aftësia mbajtëse e majës së pilotës
Q_{us}	–Rezistenca në fërkim përgjatë faqeve anësore të pilotës
v_{ub}	–Ngarkesa specifike kufitare e majës së pilotës
A_b	–Sipërfaqja e seksionit të majës së pilotës
$q_{s,i}$	–Rezistenca specifike e fërkimit në shtresën i
$A_{s,i}$	–Sipërfaqja e mbështjellësit të pilotës në shtresën i
EI	–Shtangësia në përkulje e pilotës
K	–Koeficienti i reaksionit të tokës
K_h	–Koeficienti horizontal i reaksionit të tokës
K	–Moduli i reaksionit të dheut
Y	–Zhvendosja e pilotës
P	–Reaksioni i tokës për njësi të gjatësisë së pilotës
n_h	–Konstante e reaksionit të tokës
P	–Forca aksiale në pilotë
P_E	–Forca e Eulerit
P_{krit}	–Forca kritike e epjes së pilotës
M	–Momenti përkulës i pilotës
L_0	–Gjatësia e epjes së pilotës
B	–Faktor i gjatësisë së epjes
e_i	–Jashtëqendërsinë nga imperfeksioni
α_h	–Faktor reduktues i gjatësisë
M	–Numri i elementeve
H	–Gjatësia e segmetit
C	–Klasa e betonit
U	–Energjia kinetike nga përkulja e pilotës
V	–Energjia potenciale e pilotës

$N_a\{u\}, N_b\{v\}$	–Funksione interpoluese të formës së polinomeve të Hermit-es
$[K_E]$	–Matrica e shtangësisë
$[K_G]$	–Matrica gjeometrike e shtangësisë,
$[K_s]$	–Matrica e shtangësisë së tokës
U_{krit}	–Koeficient i forcës
λ	–Llastria
N	–Numri i nyjeve
$K_{0.3}$	–Koeficienti njësi i reaksionit vertikal të dheut
K_v	–Koeficienti i reaksionit vertikal të dheut
B	–Gjerësia e themelit në [m]
e_2	–Jashtëqëndërsia sipas Teorisë së rendit të dytë
A_s	–Sipërfaqja e armaturës
N_{Ed}	–Forca llogaritëse në shtypje
ω	–Koeficienti mekanik i armimit
f_{yd}	–Rezistenca llogaritëse në rrjedhje e çelikut
f_{cd}	–Rezistenca llogaritëse në shtypje e betonit
φ_{ef}	–Koeficienti efektiv i rrjedhjes
$1/r$	–Rrezja e kurbaturës
$1/r_0$	–Rrezja fillestare e kurbaturës
K_φ	–Efekti i rrjedhjes
K_r	–Efekti i forcës normale
d_1	–Qendra e rëndesës së armaturës
d	–Lartësia statike e prerjes tërthore
R_H	–Lagështia relative e ambientit
φ_{RH}	–Koeficient që merrë parasyshë ndikimin e lagështisë së ambientit në koeficientin e rrjedhjes
h_0	–Rrezja e mesme e prerjes tërthore
ε_{yd}	–Deformimet llogaritëse të armaturës
ν_{Ed}	–Forca aksiale relativ pa dimension
μ_{Ed}	–Momenti përkulës relativ pa dimension
A_s	–Sipërfaqja e armaturës

Kapitulli 1

Hyrje

1.1 Përmbledhje e shkurtër dhe objektivat e studimit

Rezultatet e fituara nga studimet e bëra nga autorë të ndryshëm (sidomos Granholm, 1929), në përgjithësi mbështesin konkluzionin se epja e pilotave me dimensione normale të ngulura në tokë me aftësi mbajtëse të mirë nuk pritet të ndodhë përveç se kur ato janë të ngulura në tokë tepër të buta si për shembull lym, argjilë e butë dhe rërë shumë e shkrifur ndërsa në toka të shtangëta, epja e pilotave do të ndodhë vetëm në rast se reaksioni i tokës bëhet plotësisht plastik (arrihet gjendja e plasticitetit).

Në mënyrë matematikore dhe eksperimentale është vërtetuar se epja e pilotave pengohet nga efekti mbështetës i tokës përgjatë sipërfaqes së tij prandaj në tokë me fortësi dhe shtangësi të mjaftueshme nuk paraqitet rreziku i epjes së pilotave.

Problemin e epjes së pilotave dhe mikropilotave e kanë adresuar edhe më vonë shumë studiues të tjerë si Bjerrum 1957, Davisson 1963, Mascardi 1970, Gouvenot 1975 etj. Rezultatet e tyre në përgjithësi përputhen me konkluzionin e Granholm-it.

Sot, epja e pilotave është një dukuri që ndodhë më shpesh, për shkak se në objektet e ndryshme arkitektonike e veçanërisht në strukturat e ndërtuara në det të hapur janë duke u përdorur pilota shumë të gjata e me prerje tërthore shumë të vogël.

Sipas normave DIN 1054 dhe EC 7 kriteret për shqyrtimin e epjes së pilotave janë:

për EA-Pilotat kërkohet të shqyrtohet epja nëse:

- $D < 0,30 \text{ m}; c_u \leq 15 \text{ kN/m}^2$

Për pilotat e veçuar - epja duhet të shqyrtohet nëse:

- $c_u \leq 15 \text{ kN/m}^2$ sipas DIN 1054 (2005)

dhe sipas EC 7 (2005) epja e pilotave nuk duhet të shqyrtohet nëse

- $c_u > 10 \text{ kN/m}^2$

ku është:

c_u –kohezioni pa drenim.

Këto kërkesa në praktikë në të shumtën e rasteve interpretohen kështu, epja e pilotave nuk vije në shprehje në mesin me rezistencë në prerje pa drenim, c_u të madhe, megjithatë tashmë është treguar se ky supozim është i gabuar për pilotat me diametër të vogël të ngulura në toka shumë të buta kohezive.

1.2 Objektivi i studimi

Objektivi i tezës është arritja e rezultateve origjinale të rëndësishme në formë teorike dhe në formë të grafeve, veçanërisht, lidhur me faktorët që ndikojnë në forcën e epjes së pilotës të ngulur plotësisht në tokë dhe të ngarkuar vetëm me forcë aksiale në shtypje.

Ky studim ka për qëllim që:

- Të vlerësojë zhvendosjet anësore të pilotës përgjatë gjatësisë së saj duke marrë rastin e pilotës të ngarkuar vetëm me forcë në shtypje dhe e cila është e ngulur plotësisht në tokë të llojeve të ndryshme (dhera kohezive dhe dhera jokohezive).
- Pilota e ngarkuar në shtypje do të modelohet si tra në bazament elastik, pra bazamenti elastik në të cilin mbështetet pilota në gjatësinë e saj do të modelohet si sustë. Përmes këtij modeli do të analizohet epja e pilotave.
- Përmes softwareve SAP 2000, MATLAB dhe ABAQUS do të llogariten përmes metodave të ndryshme forcat kritike të epjes së pilotave. Do të shqyrtohet ndikimi i

mjedisit, shtangësisë së pilotës, kushteve të mbërthimit si dhe gjatësisë së pilotës në forcën e epjes së saj me qëllim që të caktohet se cili nga këta faktorë është mbizotërues.

- Identifikimi i metodave më të përshtatshme për tu aplikuar në llogaritjen e forcës kritike të epjes së pilotës.
- Përmes disa shembujve numerik do të bëhet dimensionimi i pilotave nga betoni i armuar që punojnë në epje sipas eurokodeve përkatëse me qëllim të krahasimit të rezultateve të fituara nga shembujt numerik me ato të fituara nga autorë të ndryshëm.
- Për raste konkrete do të llogaritet moduli i reaksionit të tokës.

Përfundimisht, arsyeshmëria e studimeve të këtij lloji është evidente kur merret parasysh hapësira e gjerë e studimit të epjes si fenomen, të cilit, kohëve të fundit i janë qasur shumë studiues botëror e sidomos tani kur përpjekje të mëdha po bëhen në të gjitha vendet e Evropës për aprovimin e rregulloreve dhe kodeve nacionale në fushën e ndërtimit.

Qëllimet dhe detyrat e këtij studimi në masë të madhe kanë përcaktuar metodat hulumtuese të cilat do të përdoren në studimin e sjelljes së pilotave si struktura mbajtëse gjeoteknike që punojnë në epje nën veprimin e forcës në shtypje. Sipas qëllimit dhe detyrës, metoda e studimit është:

- Metoda analitike – me të cilën do të bëhet zbrërthimi i problemit të epjes së pilotave që punojnë në shtypje.

1.3 Përmbajtja e Temës

Punimi i temës është menduar i ndarë në pesë kapituj kryesorë.

- Kapitulli i parë: Njohuri të përgjithshme. Historiku i zhvillimit të themeleve me pilota.
- Kapitulli i dytë: Epja e pilotave të ngulura plotësisht në tokë dhe të ngarkuara me forcë aksiale në shtypje. Forca e epjes së pilotës për rastet kur moduli i reaksionit horizontal të dheut është $k=0$; $k=\text{konstant}$; $k=n_h \cdot x$ dhe $k=k_0+n_h \cdot x$. Llogaritja e forcës së epjes sipas Metodave analitike, Metodës së Energjisë, Metodës së Elementeve të Fundëm dhe Metodës së Diferencave të fundme. Ndikimi i shtangësisë së tokës në

forcën e epjes së pilotës. Ndikimi i kushteve të mbërthimit të pilotës në forcën e epjes.

- **Kapitulli i tretë:** Evoluimi i teorive për përcaktimin e koeficientit të sustës “K”. Koeficienti i reaksionit të dheut në funksion të përqindjes së pluhurit.
- **Kapitulli i katërt:** Ilustrim i epjes së pilotës të ngarkuar vetëm me forcë aksiale në shtypje përmes ndërtimit të modelit në (1D) dhe (2D) sipas softwarit ABAQUS duke u bazuar në Metodën e Elementeve të Fundëm.
- **Kapitulli i pestë:** Përmbledhje, përfundime dhe rekomandime

1.4 Të përgjithshme

Sot themelet me pilota kanë një zbatim të madh në ndërtimin e urave, të porteve si dhe në objektet industriale e shoqërore. Në Kosovë, kohëve të fundit kanë filluar të përdoren me të madhe themelet me pilota. Në vijim do të japim një historik të shkurtër të përdorimit të themeleve me pilota në Kosovë:

- Ura e ndërtuar në vitin 1962 mbi lumin Erenik, në km.165+453 në rrugën Pejë-Gjakovë-Prizren, e cila ka një gjatësi të tërësishme prej $L=186.8\text{m}$. Në këtë urë janë përdorur pilotat e tipit "Franki" me gjatësi prej 12m, diametër $\Phi 406\text{mm}$ dhe të punuara nga betonarmeja C25/30. Numri i tërësishëm i këtyre pilotave të përdorur në këtë urë është 110 copë.
- Në vitin 1983 është bërë sanimi i urës së ndërtuar mbi lumin Lepenc (në vitin 1964) në km. 95+317.37 në magjistralen e Adriatikut, rruga Kaçanik-Jankoviq. Sanimi i themeleve ekzistuese është bërë duke i përforcuar ato me një konstruksion special të ashtuquajtur "fundim i thellë" me pilota shpues HW. Këtu janë paraparë pilota shpues HW të pjerrët me $\Phi 120\text{cm}$ të cilat janë lidhur me tabanin e themelit ekzistues përmes ankerëve të posaçëm.
- Po ashtu pilotat janë përdorur edhe në sanimin e rrëshqitjes në rrugën magjistrale Ribariq-Mitrovicë pranë lumit Banja në vitin 1989. Sanimi i kësaj rrëshqitje është bërë me një perde pilotash shpues, gjithsejtë 26 copë me diametër $\Phi 120\text{cm}$, C25/30 dhe të armuara me armaturë gjatësore $\Phi 32\text{mm}$, $\Phi 25\text{mm}$ ose $\Phi 20\text{mm}$ dhe për armaturë spirale

është marrë $\Phi 12\text{mm}/200\text{mm}$. Për shkaqe ekonomike, distanca në mes pilotave është përvetësuar e ndryshueshme duke filluar nga 3.0, 3.75 dhe 4.0m. Gjatësia e pilotave sillet prej 4m deri 14m.

- Në vitin 2008, në zgjerimin e rrugës magjistrale M9, segmenti: udhëkryqi Fushë Kosovë-Sllatinë e madhe në urën mbi lumin Sitnica me gjithsejtë 7 hapësira me nga 25m janë realizuar themelet me pilota, ku secili themel ka nga 6 pilota shpues me diametër $\Phi 120\text{cm}$ dhe gjatësi efektive prej 11m. Distanca aksiale e pilotave është 3-3.6m. Pilotat lidhen me një jastëk lartësie 1.5m.
- Themelet e hallës sportive të ndërtuar në Istog janë përforcuar me pilota të pjerrëta për shkak se objekti është ndërtuar në një teren me mbushje.
- Në Prishtinë në lagjen e Dragodanit ku toka është shumë e dobët, themelet e shumë godinave të banimit sot realizohen me pilota.
- Në Rezervuarin WCO1 në Badovc (2013), po ashtu kemi përdorimin e themelit me pilota. Ky lloj i themelit është paraparë për shkak se objekti do të ndërtohej në një teren me mbushje e cila arrin një trashësi deri në 5m. Gjithsejtë janë përdorur 66 pilota me diametër $\Phi 70\text{mm}$ dhe gjatësi të ndryshme, me qëllim të inkastrimit të tyre në shtresën shkëmbore.
- Një përdorim të gjerë të themeleve me pilota e kemi edhe në urat përgjatë Autostradës Morinë –Merdare (2013) dhe atë në këto seksione (Tabela.1.1):

Tabela 1.1 Përdorimi i themeleve me pilota në territorin e Kosovës

Seksioni	Vendi	Diametri	Gjatësia
Seksioni 1-2	a) Ura - B010 (Vermicë) - B014 (Vermicë)	$\Phi 90\text{mm} \div \Phi 120\text{mm}$	10m \div 24m
	- B048 (vetëm njëra shtyllë ka pilota) (Shkoza) - B103 (Jeshkova) - B169 (Rruga e Dushanovës) b) Mbikalimi - O066 (Shkoza) - O0185 (Rruga tranzite në Prizeren)		
Seksioni 3	a) Ura	$\Phi 90\text{mm} \div \Phi 120\text{mm}$	10m \div 24m

	<ul style="list-style-type: none"> - B000 (Rruga tranzite Prizeren) - B028 - B061 - B097 (Fshati Leshan) - B135 (Rruga Suharekë-Rahovec) <p>b) Mbikalimi</p> <ul style="list-style-type: none"> - O300 (Shpinadi) - O303 (Shpinadi) - O311 (Zona Industriale Suharekë) 		
Seksioni 4	<p>a) Viadukti</p> <ul style="list-style-type: none"> - V049 (Vetëm dy shtylla kanë pilota) 	Φ90mm÷ Φ120mm	10m÷ 24m
Seksioni 5	<p>a) Viadukti</p> <ul style="list-style-type: none"> - V118 -V133 (Lladrovc) - V164 	Φ90mm÷ Φ120mm	10m÷ 24m
Seksioni 8	<p>a) Viadukti Fushëkosovë</p>	Φ90mm÷ Φ120mm	10m÷ 24m
Seksioni 9	<p>a) Mbikalimi nga Millosheva deri në Trude</p> <ul style="list-style-type: none"> - O013 - O069 - O901 - O903 - O904 - O905 	Φ90mm÷ Φ120mm	10m÷ 24m

1.5 Historiku i zhvillimit të themeleve me pilota

Themelet me pilota janë një nga shembujt më të hershëm të artit dhe shkencës së inxhinierisë së ndërtimit. Në ditët e para të qytetërimit fshatrat dhe qytetet ishin vendosur pranë lumenjve dhe liqeneve prandaj ishte e rëndësishme përforcimi i terrenit duke përdorur pilota. Aplikimi i pilotave nga druri është i njohur qysh nga kohërat e lashta në të gjitha civilizimet, të cilat

përdoren edhe sot e tutje, pavarësisht nga zhvillimi i teknologjive të reja të prodhimit si dhe llojeve të ndryshme të pilotave. Që nga viti 3000 para lindjes së Krishtit (Georg M., Petra M., Wolfgang O., Rainer V., 2009), në të gjitha shtëpitë e ndërtuara në liqene dhe kënetë rreth Alpeve u përdorën themelet me pilota (Fig.1.1a). Në kohën e romakëve në Britani të madhe kemi raste të shumta të përdorimit të pilotave nga druri, si për shembull urat e ndërtuara kryesisht në vendbanimet afër lumenjve. Ekzistojnë shembuj të shumtë të ndërtimit të ashtuquajturave kasolle mbi hunjë të cilat janë funduar mbi pilota prej druri të ngulura në tokë të lagur. Në themelet e manastireve të mëdha të ndërtuara në shtete të ndryshme të botës (psh. në Anglinë lindore) janë përdorur pilota nga bungu dhe verri në kohën e mesjetës. Në Kinë, pilotat nga lëndë drurore janë përdorur nga ndërtuesit e urës së Dinastisë Han (200 vjet para lindjes së Krishtit deri në 200 vjet pas lindjes së Krishtit).

Si shembull mjaft i njohur i përdorimit të themeleve me pilota është edhe ndërtimi i qytetit të Venecias që kryesisht është bërë mbi pilota nga druri, disa nga ndërtesat janë të vjetra edhe mbi mijëra vjet. Kulla e Kishës së Shën Markut është ndërtuar në vitin 900 në Venecia duke ngjeshur kënetën e detit deri në depozitim të rërës dhe argjilës. Kulla ishte 100m e lartë por kishte një shmangje nga aksi vërtikal prej 80cm. Për shkak të rekonstruktimit të dobët, struktura ishte dobësuar aq shumë sa që në vitin 1902 vije deri te shembja e papritur e saj. Është rindërtuar e njëjta kullë, me të njëjtën formë mbi pilotat e vjetër e cila edhe sot e tutje ekziston (Fig.1.1b). Deri kohëve të fundit druri ka qenë i vetmi material që është përdorur për punimin e pilotave për shkak të fortësisë së tij të kombinuar me butësi, qëndrueshmëri dhe lehtësi të prerjes dhe trajtimit. Edhe pse i rezistonin çdo mjedisi agresiv, pilotat nga druri u zëvendësua nga betoni dhe çeliku vetëm sepse nga këto materiale më të reja mund të prodhoheshin pilota me dimensione të njëjta me ato nga druri por me aftësi mbajtëse shumë më të madhe në shtypje, përkulje dhe tërheqje në krahasim me ato nga druri.



a)



b)

Figura 1.1 – Përdorimi i themeleve me pilota; (a) Kasollet ne liqene dhe kënetë rreth Alpeve, (b) Kulla e kishës së Shën Markut në Venecia (Google)

Betoni i armuar si material ndërtimor filloi të përdoret për punimin e themeleve me pilota kah fundi i shekullit nëntëmbëdhjetë dhe fillimi i shekullit njëzet.

Vetitë pozitive të themeleve me pilota janë dhënë në (Fig.1.2):

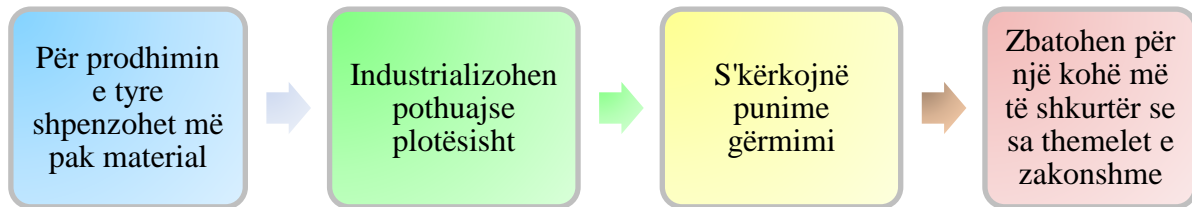


Figura 1.2 – Vetitë pozitive të themeleve me pilota

Dallimet e përgjithshme të sistemeve të pilotave bëhen në bazë të materialit nga i cili ndërtohen, llojit të ngarkimit, gjendja e aftësisë mbajtëse të shtresave, mënyra e transmetimit të ngarkesës, mënyra e sjelljes së tyre dhe mënyra e përgatitjes së tyre (Fig.1.3).

Ndarja e pilotave bëhet në bazë të materialit, mënyrës së transmetimit të ngarkesës së jashtme në bazament, mënyrës se si punojnë në tokë, mënyrës së përgatitjes dhe tipit të jastëkut (Fig.1.4).



Figura 1.3 – Dallimet e përgjithshme të sistemeve të pilotave

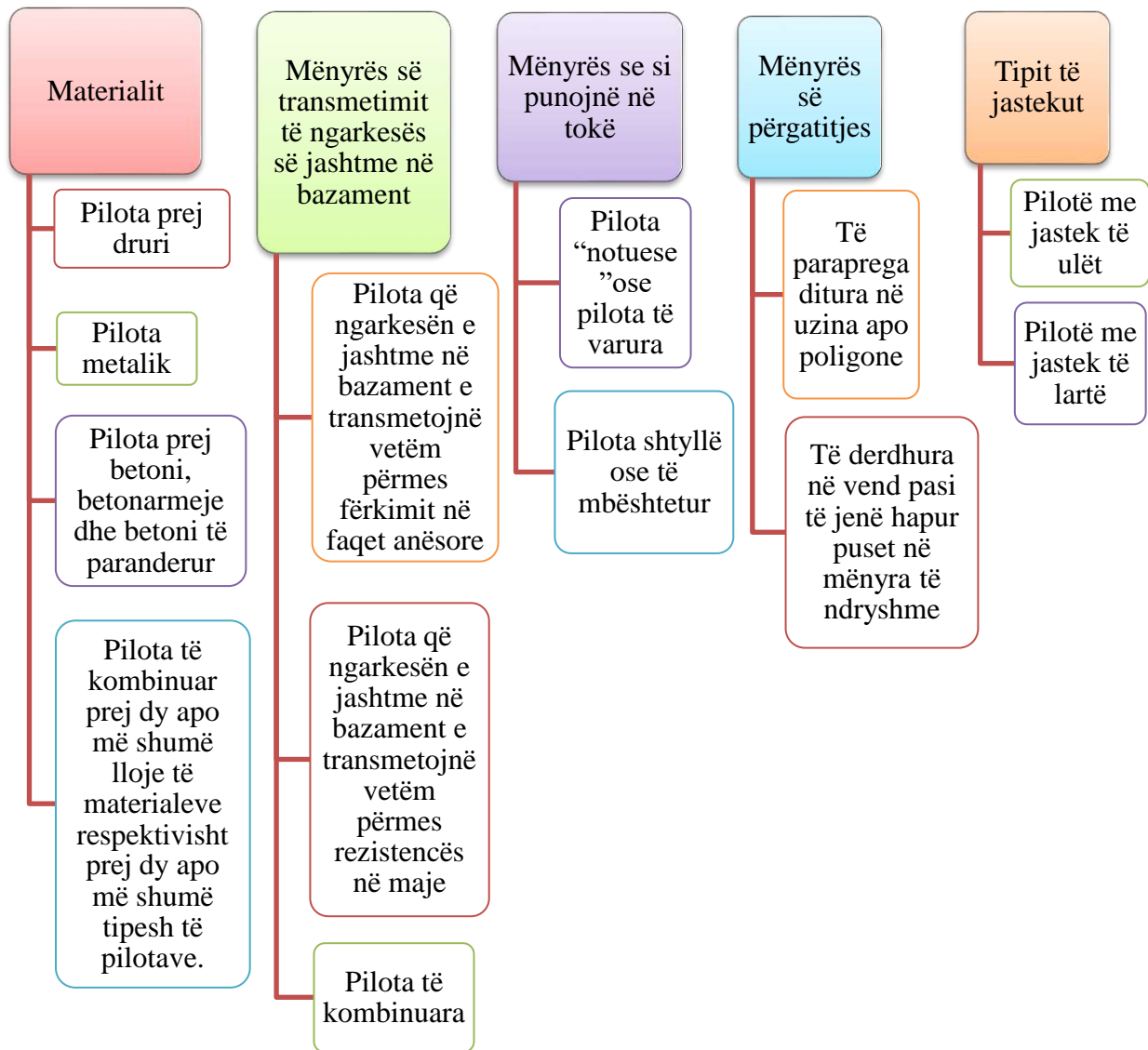


Figura 1.4 – Ndarja e pilotave

1.6 Llogaritja e aftësisë mbajtëse kufitare të pilotës

Zakonisht aftësia mbajtëse kufitare e pilotës llogaritet si shumë e rezistencës së dheut në maje të pilotës dhe rezistencës së dheut në fërkim në faqet anësore të saj (Fig.1.5)

$$Q_{up} = Q_{ub} + Q_{us} \quad (1.1)$$

Rezistenca e dheut në maje të pilotës llogaritet me anë të shprehjes:

$$Q_{ub} = q_b \cdot A_b \quad (1.2)$$

ku është:

q_b - ngarkesa specifike e majës së pilotës

A_b - sipërfaqja e seksionit të majës së pilotës

Rezistenca e dheut në fërkim në faqet anësore të pilotës llogaritet:

$$Q_{us} = \sum_{x=0}^L A_{s,i} \cdot q_{s,i} \quad (1.3)$$

ku është:

$q_{s,i}$ - rezistenca specifike e fërkimit në shtresën i

$A_{s,i}$ - sipërfaqja e mbështjellësit të pilotës në shtresën i

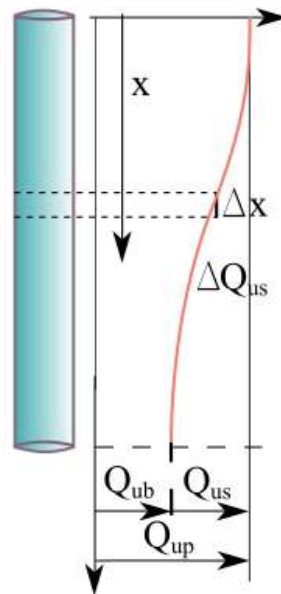


Figura 1.5 – Aftësia mbajtëse e pilotës

Ekzistojnë metoda të shumta për llogaritjen e aftësisë mbajtëse të majës së pilotës dhe aftësisë mbajtëse në fërkim përgjatë faqeve anësore të pilotës. Llogaritja e aftësisë mbajtëse të majës së pilotës bëhet sipas Metodës së Meyerhof-it, Vesić-it (1997), Janbu-as (1976), Coyle'a dhe Costello's (1981), Metoda e Godmanit (1980) për pilotën e mbështetur në shkëmb (Fig.1.7) ndërsa aftësia mbajtëse në fërkim përgjatë faqeve anësore të pilotës llogaritet sipas Metodës α , Metodës λ , Metodës β , Metodës së Meyerhof-it dhe Metodës së Brajan-it për pilotën e ngulur në dhera (Fig.1.6).

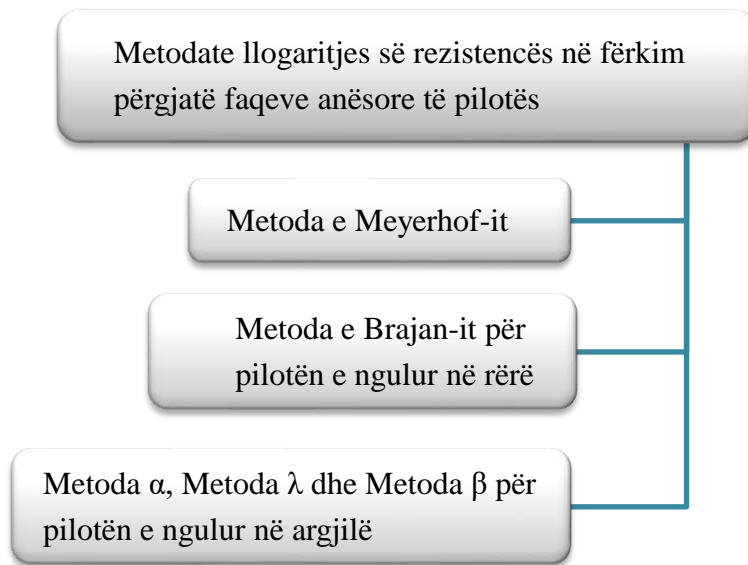


Figura 1.6 – Metodatat e llogaritjes së rezistencës në fërkim përgjatë faqeve anësore të pilotës

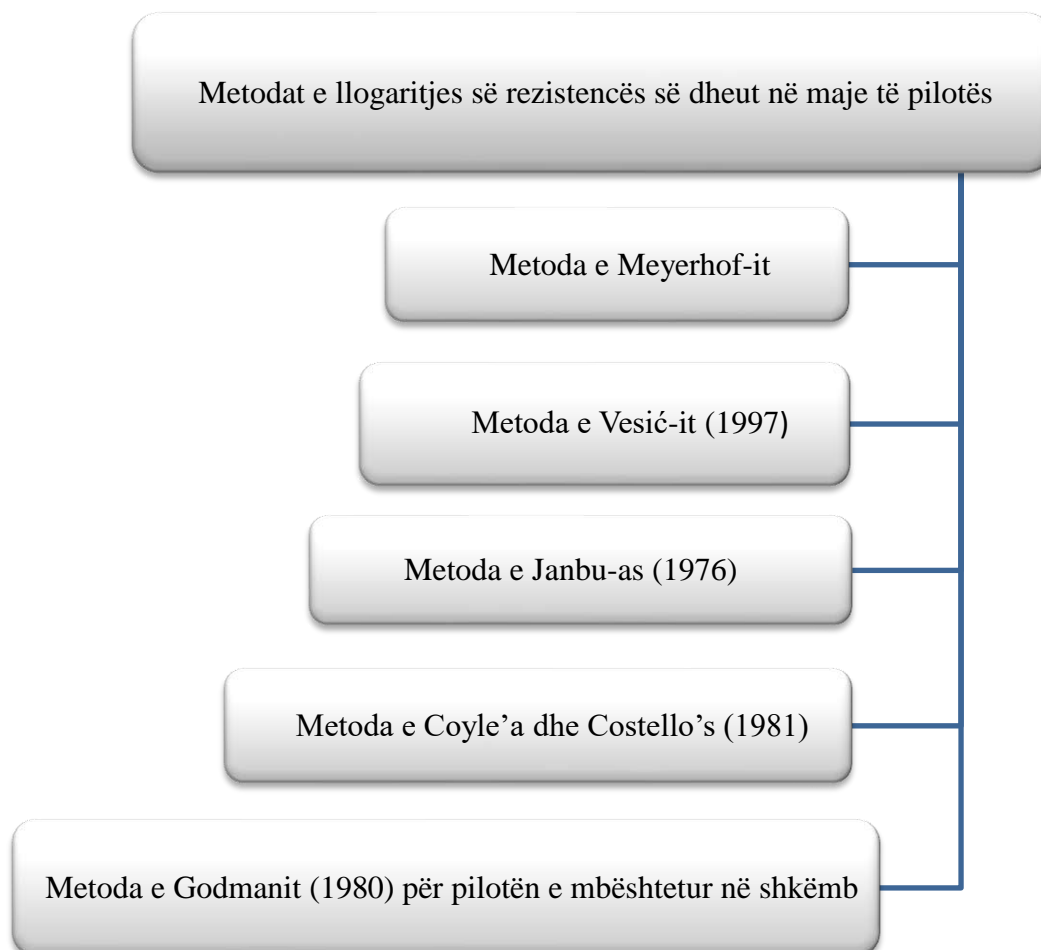


Figura 1.7 – Metodatat e llogaritjes së rezistencës së dheut në maje të pilotës

Kapitulli 2

Epja e pilotave të ngulura plotësisht në tokë dhe të ngarkuara me forcë aksiale në shtypje

2.1 Hulumtimet e bëra në këtë fushë

Në shumë tekste fenomeni i "epjes" është përshkruar si paqëndrueshmëri e një shtylle krejtësisht të drejtë nga ngarkesa aksiale që e tejkalon një madhësi të caktuar. Në fillim çështja e epjes është kufizuar në caktimin e "forcës së epjes" e që është vlera e pragut mbi të cilin shtylla apo traversa bëhet e paqëndrueshme. Këtë çështje e ka zgjidhur matematicienti i njohur Leonhard Euler në shekullin e XVIII duke dhënë ekuacionin diferencial bazë të rendit të katërt.

Bjerrum (1957) i referohet rrezikut të epjes së pilotave në toka argjilore të buta si një "fantazmë që herë pas herë paraqitet në diskutimet teknike". Në mënyrë matematikore dhe eksperimentale është vërtetuar se rreziku nga epja zvogëlohet mjaftë shumë nga kufizimet anësore të shkaktuara nga toka përreth pilotës dhe mu për këtë kjo dukuri mund të neglizhohet për shumë lloje të tokave por nëse pilota ngulet në toka shumë të buta atëherë patjetër duhet të shqyrtohet mundësia e paraqitjes së epjes. Bjerrum ka deklaruar po ashtu se problemi i epjes "nuk është edhe aq thjesht të hiqet nga të përmendurit".

Përmbledhje e përgjithshme e problemit të epjes së pilotës është bërë nga autorët si Bjerrum L. (1957), Cadden A. and Gómez J. (2002), Shields D. R. (2007) deri sa futja e metodave analitike të reja për llogaritjen e forcës së epjes së pilotës ose modifikimi i atyre të vjetra është bërë nga Walter H. (1951), Davisson M. T (1963), Davisson M. T. and Robinson K. E. (1965), Hoadley P. J. et. al. (1966), Bourdon C. (1969), Smith I. M (1979), Prakash S. (1987), Wennerstrand J. and Fredriksson A. (1988), Meek J. W. (1996), Meek J. W. (1999), Heelis M. E *et al.* (2004), Meier T. and Cudmani R. O. (2006), Ofner R. and Wimmer H. (2007).

Kur përdoren metodat analitike për caktimin e forcës së epjes së pilotës të ngarkuar me forcë aksiale në shtypje, zakonisht autorët marrin si model analog trarin e fundimeve elastike të dhënë nga Winkleri. Pjesa më e madhe e studiuesve të epjes së pilotës, në rastet e analizuara kanë përvetësuar reaksionin horizontal të dheut linear ose konstant me thellësi. Davisson M. T. dhe Robinson K. E. (1965) kanë përdorur ekuacionin diferencial mbi përkulshmërinë e pilotës për të llogaritur forcën e epjes së pilotës për të dy rastet e lartpërmendura të modulit të reaksionit horizontal të dheut. Po ashtu edhe Fleming *et al.* (1992) përdori metodën e Davisson M. T. dhe Robinson K. E. (1965) për llogaritjen e forcës së epjes së pilotës pjesërisht të ngulur në tokë me modul konstant të reaksionit horizontal të dheut. Heelis M. E et. al. (2004) gjatë llogaritjes së forcës së epjes së pilotës ka marrë parasysh fërkimin përgjatë mbështjellësit të pilotës. Timoshenko dhe Gere (1961) kanë dhënë në formë të mbyllur zgjidhjen për forcën e epjes së pilotës të ngulur plotësisht në truall me kushte të ndryshme të mbërthimit (Davisson, M. T. (1963), Davisson, M. T. and H.L.Gill, (1963), Davisson, M. T. and K. E. Robinson, (1965)) për rastin kur moduli i reaksionit horizontal të dheut përgjatë gjatësisë së pilotës është $k_0=k_L=konstant$ dhe $k=n_h \cdot x$. Gabr & Wang (1994) kanë përdorur Metodën e Energjisë për të zhvilluar modelin e llogaritjes së forcës së epjes të pilotës për rastin kur moduli i reaksionit horizontal të dheut është përvetësuar konstant si dhe është marrë parasysh edhe forca e fërkimit në mbështjellësin e pilotës. Po ashtu Metoda e Energjisë është përdorur edhe nga Yang and Song (2000), Zhu (2004), Zhao (1990), Gabr *et al.* (1997). Lin, S.S., Chang, W.K. (2010),

Yong-hui Chen, Long Chen, Kai Xu, Lin Liu., Charles W.W. (2013). Reese *et al.* (1997) ka përshkruar mënyrën e zgjidhjes së ekuacionit diferencial mbi përkulshmërinë e pilotës duke përdorur Metodën e Diferencave të Fundme. Aplikimi i Metodës së Diferencave të Fundme në zgjidhjen e problemit të epjes së pilotës është diskutuar edhe nga Poulos (1969), Poulos & Davis (1980) dhe Law Chi Wai (2013). Metoda e Rayleigh-Ritz për llogaritje të forcës së epjes së pilotës është përdorur nga Reddy and Valsangkar (1970) ndërsa Metoda e Elementeve të Fundme është përdorur nga Kalaga, S. (2001).

Studimi i epjes së pilotave përmes testeve të ndryshme si: Modeli i testit të shkallëzuar (Model scaled tests), Testi i ngarkimit In-situ (In-situ loading tests) dhe Rastet e studimit të dëmtimeve (Case studies of damave) është bërë nga Bergfelt A. (1957), Brandtzaeg A. and Harboe E. (1957), Mascardi C. (1968), Mascardi C (1970), Gouvenot D (1975), Plankl A. (2007), Pandrea P. and Thurner R. (2007) ndërsa krahasimi i modeleve analitike me raste të studiuara që kanë të bëjnë me problemin e epjes së pilotave është bërë nga Vik B. (1962), De Marco G. (1969), Wenz K. P. (1972), Ramsamooj D. V. (1975), Vogt N. *et al.* (2005), Ofner R. and Wimmer H. (2007), Vogt N. *et al.* (2009).

Forca kritike e epjes së një pilote në një mjedis që ofron rezistencë në zhvendosje anësore varet nga:

- Gjatësia e pilotës, L .
- Shtangësia në përkulje e pilotës, EI .
- Shtangësia e tokës, K dhe E_S dhe
- Kushtet e mbërthimit të pilotës, me jastekun (në kokën e pilotës) dhe tokën (në maje të pilotës)

Deri më sot janë bërë hulumtime të shumta më qëllim të llogaritjes sa më të saktë të forcës së epjes në pilotë. Shumica e metodave analitike të propozuara kanë përdorur teorinë e modulit të reaksionit të dheut-ndikimi i presionit anësor të dheut. Termi "moduli i reaksionit të dheut" paraqet presionin, P , për sipërfaqe njësi të kontaktit në mes të traut të ngarkuar apo pllakës, dhe tokës në të cilën mbështetet si dhe në të cilën transmetohet ngarkesa. Koeficienti i reaksionit të tokës, K , është raporti në mes presionit të tokës, P në çdo pikë të caktuar të sipërfaqes së kontaktit dhe zhvendosjes, y të shkaktuar nga aplikimi i forcës në atë pikë:

$$K = \frac{P}{y} \quad (2.1)$$

Njësia e koeficientit të reaksionit të tokës është $[kN/m^3]$, vlera e këtij koeficienti varet nga vetitë elastike të tokës si dhe dimensionet e sipërfaqes vepruese të reaksionit të tokës.

Për të zbatuar këtë koncept për pilotën e ngarkuar me forcë horizontale, ekuacioni (2.1) shpesh është modifikuar (p.sh. Reese dhe Matlock, 1956; dhe Davisson dhe Gill, 1963) si

$$k = \frac{P}{y} \quad (2.2)$$

ku është:

k - moduli i reaksionit të tokës $[kN/m^2]$ dhe

p - reaksioni i tokës për njësi të gjatësisë së pilotës $[kN/m]$.

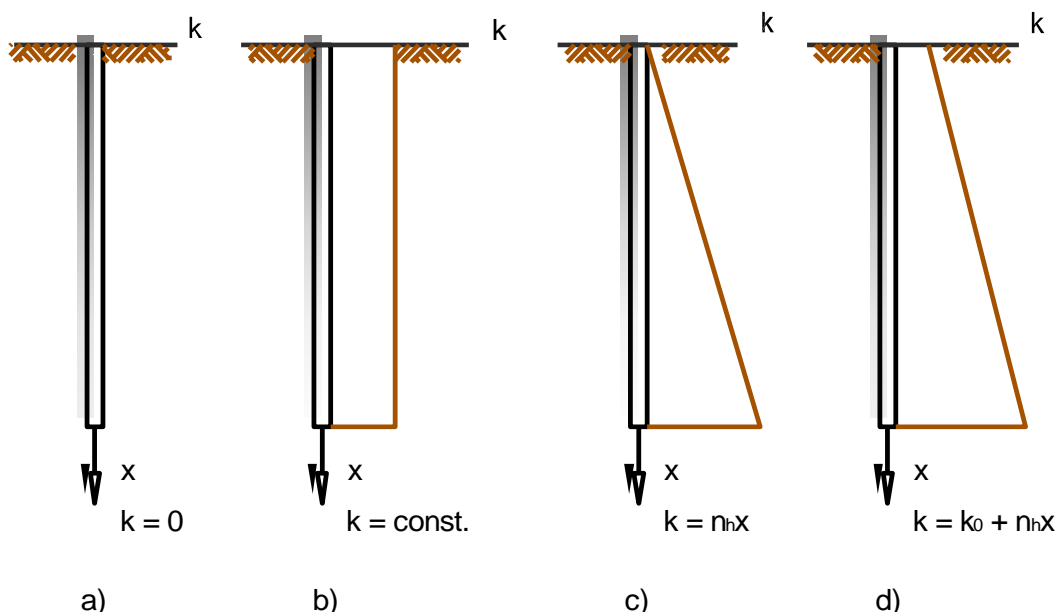


Figura 2.1 – Variantet e moduli të reaksionit të tokës në funksion të gjatësisë së pilotës

Variantet aktuale të moduli të reaksionit të tokës në varësi të thellësisë së pilotës janë treguar në Fig.2.1 ku janë dhënë këto raste:

1. Moduli i reaksionit të tokës është zero përgjatë gjatësisë së pilotës $k_0=k=0$ për rastin e pilotës të ngulur në dhera lymore ose në ujë (Fig. 2.1a).
2. Moduli i reaksionit të tokës është konstant përgjatë gjatësisë së pilotës $k_0=k_L=konstant$ për rastin e pilotës të ngulur në dhera me kohezion- argjila të buta (Fig. 2.1b).
3. Moduli i reaksionit të tokës rritet linearisht me gjatësi të pilotës, me vlerë zero në sipërfaqe, $k=n_h \cdot x$ për rastin e pilotës të ngulur në dhera pa-kohezion (rëra) dhe për argjila normalisht të konsoliduara (Fig. 2.1c) dhe

4. Moduli i reaksionit të tokës rritet linearisht me gjatësi të pilotës, me vlerë të ndryshme nga zero në sipërfaqe, $k=k_0 + n_h \cdot x$ në të cilën $k_0 \neq 0$ për rastin e pilotës të ngulur në dhera argjilore të thata normalisht të ngarkuara (Fig. 2.1d)

Nga Fig. 2.1d rrjedh se n_h është konstante e reaksionit të tokës (kN/m^3) dhe është e barabartë me $n_h=(k_L-k_0)/L$ për piloten e ngulur plotësisht në tokë, për të cilën në kokën e saj shtangësia e tokës është $k=k_0$ dhe në maje të tij $k=k_L$.

2.2 Analiza e epjes së pilotës dhe caktimi i forcës kritike

Problemi i epjes së pilotës është i lidhur ngushtë me problemin e traut në bazament elastik (Hetenyi, 1960). Nëse në trarin e përkulshëm elastik vepron edhe forca aksiale atëherë deformimi i traut do të ndikohet edhe nga kjo forcë. Prandaj me qëllim të llogaritjes së përgjigjes së një pilote vertikale të ngulur plotësisht në truall dhe të ngarkuar nga jashtë, pilota do të trajtohet si një tra i një themeli elastik (Fig. 2.2) (Matlock, H. dhe L. C. Reese, 1956). Për shkak të veprimit të forcës vertikale, përkulshmëria e shtyllës-tra është e lidhur ngushtë me forcën e epjes së pilotës (Timoshenko, S. P. dhe J. M. Gere, 1961).

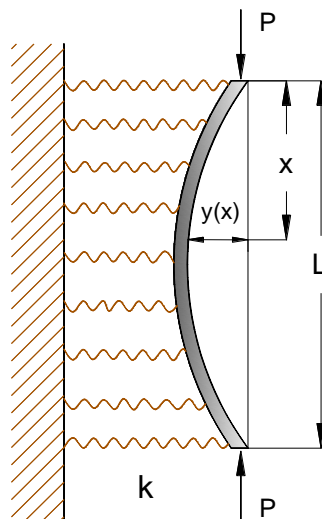


Figura 2.2 – Pilota vertikale e ngulur plotësisht në truall dhe e ngarkuar nga jashtë

Ekuacioni diferencial i epjes së traut është:

$$E \cdot I \cdot \frac{d^2 y}{dx^2} = M \quad (2.3)$$

Sipas statikës, momenti përkulës në prerjen x të pilotës mund të shkruhet në këtë formë:

$$M(x) = P \cdot y + \int_0^x \int_0^{x'} \cdot p(x') dx' dx'' + M(0) - Q(0) \cdot x - P \cdot y(0) \quad (2.4)$$

ku është:

$$p(x) = k \cdot y(x) \quad \text{- presioni i dheut}$$

Nëse ekuacionin e mësipërm e derivojmë dy herë sipas x do të fitohet:

$$\frac{d^2 M}{dx^2} = P \frac{d^2 y}{dx^2} + k \cdot y \quad (2.5)$$

Duke zëvendësuar ekuacionin (2.3) në ekuacionin (2.5) do të rrjedhë ekuacioni i përkulshmërisë së pilotës të ngarkuar vetëm me forcë aksiale në shtypje:

$$E \cdot I \frac{d^4 y}{dx^4} + P \frac{d^2 y}{dx^2} + k \cdot y = 0 \quad (2.6)$$

ku është:

EI -shtangësia e pilotës

P -forca aksiale në pilotë dhe

k -moduli horizontal i reaksionit të dheut

Kushtet e mbërthimit të pilotës për të cilat do të shqyrtohet në vazhdim dukuria e epjes janë:

- pilota e mbërthyer në kokë me sharnjerë dhe në maje sharnjerë, (p-p) (Fig. 2.3a),
- pilota e inkastruar në kokë dhe e inkastruar në maje, (F-F) (Fig. 2.3b),
- pilota e lirë në kokë dhe e inkastruar në maje, (f-F) (Fig. 2.3c),
- pilota e mbërthyer me sharnjerë në kokë dhe inkastruar në maje, (p-F) (Fig. 2.3d),
- pilota e lirë në kokë dhe e lirë në maje, (f-f) (Fig. 2.3e),
- pilota me mundësi të zhvendosjes horizontale në kokë dhe e inkastruar në maje, (f_r-F) (Fig. 2.3f) dhe
- pilota me mundësi të zhvendosjes horizontale në kokë dhe e mbërthyer në maje me sharnjerë, (f_r-p) (Fig. 2.3.g).

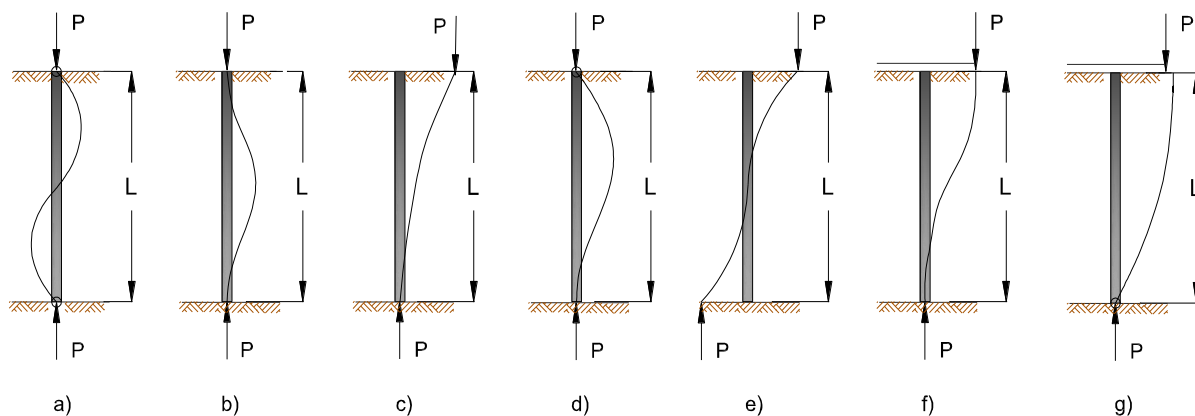


Figura 2.3 – Kushtet e mbërthimit të pilotës: (a) pilota e mbërthyer në kokë me sharnjerë – dhe në maje sharnjerë (p-p); (b) pilota e inkastruar në kokë dhe e inkastruar në maje (F-F); (c) pilota e lirë në kokë dhe e inkastruar në maje (f-F); (d) pilota e mbërthyer me sharnjerë në kokë – e inkastruar në maje (p-F); (e) pilota e lirë në kokë dhe e lirë në maje (f-f); (f) pilota me mundësi të zhvendosjes horizontale në kokë dhe e inkastruar në maje (f_t-F), g) pilota me mundësi të zhvendosjes horizontale në kokë dhe e mbërthyer me sharnjerë në maje (f_t-p).

2.2.1 Forca e epjes së pilotës për rastin kur moduli i reaksionit horizontal të dheut është $k=0$

Është trajtuar pilota me këto kushte të mbërthimit: në kokë inkastrim me mundësi të zhvendosjes horizontale dhe në maje sharnjerë (f_t-p) (Fig. 2.3g). Nëse në ekuacionin (2.6) zëvendësojmë $k=0$ do të fitohet:

$$EI \frac{d^4 y}{dx^4} + P \frac{d^2 y}{dx^2} = 0 \quad (2.7)$$

Zëvendësojmë me:

$$\alpha^2 = \frac{P}{EI} \quad (2.8)$$

Ekuacioni diferencial merr formën:

$$\frac{d^4 y}{dx^4} + \alpha^2 \frac{d^2 y}{dx^2} = 0 \quad (2.9)$$

Pas integrit të ekuacionit (2.9), do të fitojmë zgjidhjen e ekuacionit diferencial të formës:

$$y(x) = C_1 \sin(\alpha x) + C_2 \cos(\alpha x) \quad (2.10)$$

Konstantet e integritit caktohen nga kushtet e mbërthimit të pilotës të dhëna përmes ekuacioneve (2.11) dhe (2.12):

$$y'(x=0) = 0; \quad y'''(x=0) + \frac{P}{EI} y'(x=0) = 0 \quad (2.11)$$

$$y(x=L) = 0; \quad y''(x=L) = 0 \quad (2.12)$$

nga rrjedhë:

$$C_2 \cdot \cos \alpha L = 0 \quad (2.13)$$

Ekuacioni 2.13 do të plotësohet nëse konstanta e integritit C_2 është baraz me zero ($C_2=0$), e që paraqet zgjidhje triviale. Pra nuk ka bifurkacion të mundshëm të pozitës ekuilibruese të pilotës, çka do të thotë se për të gjitha vlerat e x vlen $y(x)=0$. Kjo paraqet pozitën e pilotës para epjes. Ekuacioni (2.13) do të plotësohet nëse:

$$\cos \alpha L = 0 \Rightarrow \alpha = \frac{(2n-1)\pi}{2L} = 0 \quad \text{për } n=1,2,3,\dots \quad (2.14)$$

Nëse në ekuacionin (2.14) zëvendësojmë ekuacionin (2.8), do të :

$$\frac{P}{E \cdot I} = \alpha^2 = (2n-1)^2 \cdot \frac{\pi^2}{(2 \cdot L)^2} \quad (2.15)$$

$$P = (2n-1)^2 \cdot \frac{\pi^2}{(2 \cdot L)^2} \cdot E \cdot I \quad (2.16)$$

Vlera më e vogël e forcës, P për $n=1$ paraqet forcën kritike të epjes së pilotës, P_{krit} që njihet edhe si forcë e Eulerit dhe është:

$$P_{krit} = \frac{\pi^2}{(2 \cdot L)^2} \cdot E \cdot I = P_E \quad (2.17)$$

Në Fig. 2.4 janë dhënë gjatësitë e epjes së pilotës-shtyllë me kushte të mbërthimit e lirë në kokë dhe e inkastruar në maje, (f-F), sharnjerë në kokë dhe sharnjerë në maje, (p-p), sharnjerë në kokë dhe në maje e inkastruar, (p-F), e inkastruar në kokë dhe e inkastruar në maje, (F-F), e inkastruar në kokë me mundësi të zhvendosjes horizontale dhe e inkastruar në maje, (f_t-F) dhe e inkastruar në kokë me mundësi të zhvendosjes horizontale dhe sharnjerë në maje, (f_i-p) për

rastin kur moduli i reaksionit horizontal të dheut, k është zero ($k=0$), ndërsa shprehjet për llogaritjen e forcave përkatëse të epjes janë përmbledhë në Tab. 2.1.

Gjatësia e epjes së pilotës definohet si distanca në mes pikave të njëpasnjëshme të infleksionit ose zeropikave të momenteve dhe llogaritet si në vijim:

$$L_0 = \beta \cdot L \quad (2.18)$$

ku β është faktor i gjatësisë së epjes (Figura 2.4)

Forcën e epjes së pilotës mund ta llogarisim në varësi të gjatësisë së epjes së pilotës

$$P_{krit} = \frac{\pi^2}{L_0^2} \cdot E \cdot I \quad (2.19)$$

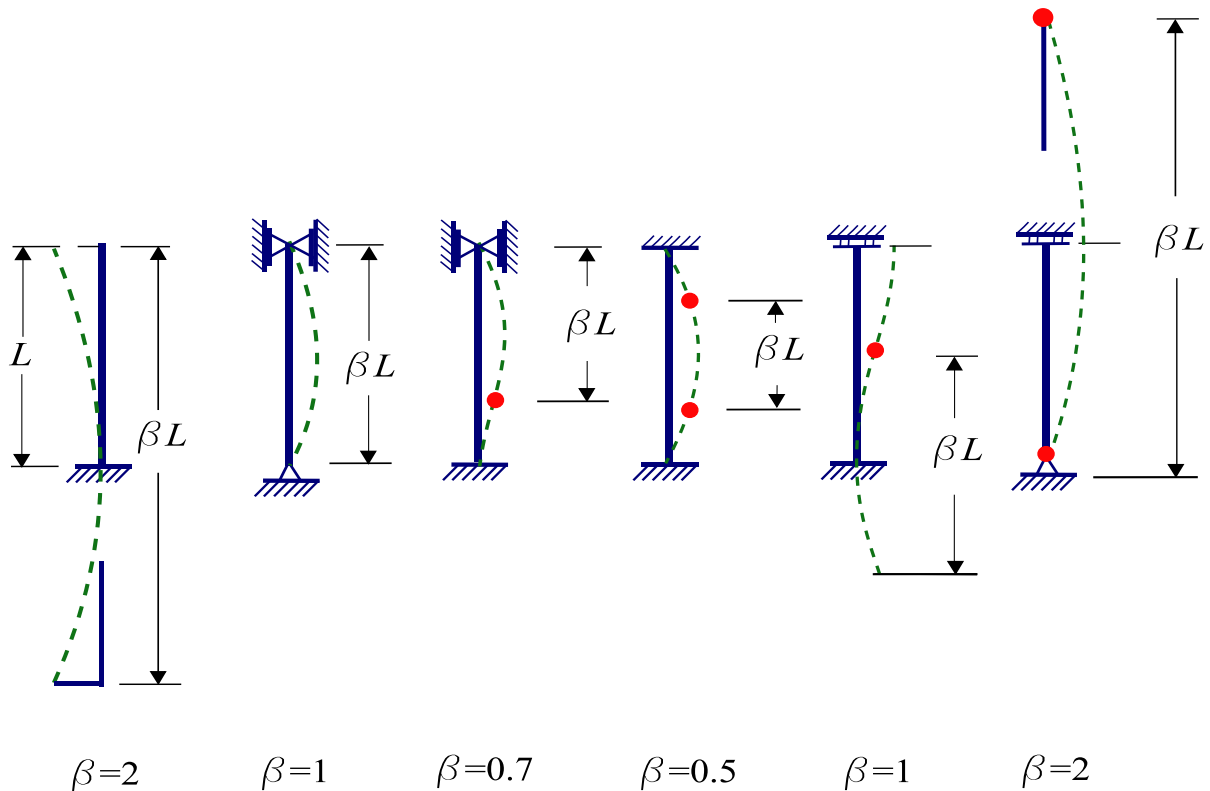


Figura 2.4 – Gjatësitë e epjes së pilotave në varësi të kushteve të mbërthimit për rastin kur moduli i reaksionit horizontal të dheut është $k=0$

Tabela 2.1 – Forcat kritike të epjes së pilotës

$P_{krit} = \frac{\pi^2}{L^2} \cdot E \cdot I$	Pilota me sharnjerë në kokë dhe sharnjerë në maje
$P_{krit} = \frac{\pi^2}{(0.7 \cdot L)^2} \cdot E \cdot I$	Pilota me sharnjerë në kokë dhe në maje e inkastruar
$P_{krit} = \frac{\pi^2}{(1.0 \cdot L)^2} \cdot E \cdot I$	Pilota e inkastruar në kokë me mundësi të zhvendosjes horizontale dhe e inkastruar në maje
$P_{krit} = \frac{\pi^2}{(2.0 \cdot L)^2} \cdot E \cdot I$	Pilota e lirë në kokë dhe e inkastruar në maje
$P_{krit} = \frac{\pi^2}{(0.5 \cdot L)^2} \cdot E \cdot I$	Pilota e inkastruar në kokë dhe e inkastruar në maje
$P_{krit} = \frac{\pi^2}{(2.0 \cdot L)^2} \cdot E \cdot I$	Pilota e inkastruar në kokë me mundësi të zhvendosjes horizontale dhe sharnjerë në maje

2.2.2 Forca e epjes së pilotës për rastin kur moduli i reaksionit të dheut është $k = \text{konstant}$

Do të shkruajmë përsëri ekuacionin diferencial të përkulshmërisë së pilotës të ngarkuar vetëm me forcë aksiale në shtypje (2.6) në këtë formë:

$$\frac{d^4 y}{dx^4} + \frac{P}{EI} \frac{d^2 y}{dx^2} + \frac{k}{EI} \cdot y = 0 \quad (2.20)$$

Zëvendësojmë me:

$$\alpha = \sqrt{\frac{P}{E \cdot I}} \quad \text{dhe} \quad r = \sqrt[4]{\frac{4k}{E \cdot I}} \quad (2.21)$$

Atëherë ekuacioni (2.20) merr këtë formë:

$$\frac{d^4 y}{dx^4} + \alpha^2 \frac{d^2 y}{dx^2} + \frac{r^4}{4} y = 0 \quad (2.22)$$

Shkruajmë ekuacionin karakteristik të ekuacionit diferencial (2.22):

$$k^4 + \alpha^2 k^2 + \frac{r^4}{4} = 0$$

Rrënjët e ekuacionit karakteristik për rastin $\alpha > r$ janë komplekse dhe janë:

$$k_{1/2} = \pm i \sqrt{\frac{\alpha^2 + \sqrt{\alpha^4 - r^4}}{2}} \quad \text{dhe} \quad k_{3/4} = \pm i \sqrt{\frac{\alpha^2 - \sqrt{\alpha^4 - r^4}}{2}}$$

Rrënjët e ekuacionit karakteristik mund të shkruhen edhe në këtë formë:

$$k_{1/2} = \pm i \frac{\sqrt{\alpha^2 + r^2} + \sqrt{\alpha^2 - r^2}}{2} \quad k_{3/4} = \pm i \frac{\sqrt{\alpha^2 + r^2} - \sqrt{\alpha^2 - r^2}}{2}$$

Zgjidhja e përgjithshme e ekuacionit diferencial (2.22) do të jetë:

Për $\alpha > r$ dhe $\beta = \frac{\sqrt{\alpha^2 + r^2} + \sqrt{\alpha^2 - r^2}}{2}$ dhe $\gamma = \frac{\sqrt{\alpha^2 + r^2} - \sqrt{\alpha^2 - r^2}}{2}$:

$$y(x) = C_1 \cos \beta x + C_2 \sin \beta x + C_3 \cos \gamma x + C_4 \sin \gamma x \quad (2.23)$$

Për $\alpha < r$

$$y(x) = C_1 \cosh \beta x + C_2 \sinh \beta x + C_3 \cosh \gamma x + C_4 \sinh \gamma x \quad (2.24)$$

Për $\alpha = r$

$$y(x) = (C_1 + C_2 x) \cos \frac{\alpha}{\sqrt{2}} x + (C_3 + C_4 x) \sin \frac{\alpha}{\sqrt{2}} x \quad (2.25)$$

Përvetësojmë pilotën e cila është e inkastruar me mundësi të zhvendosjes horizontale në kokë dhe sharnjerë në maje, (ft-p) (Fig.2.3g). Shkruajmë kushtet konturore për pilotën (ft-p):

$$\left. \begin{aligned} y'(x=0) &= 0; & y'''(x=0) + \frac{P}{EI} \cdot y'(x=0) &= 0 \\ y(x=L) &= 0; & y''(x=L) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2.26)$$

Për rastin $\alpha > r$, duke përdorur ekuacionin (2.23) si dhe kushtet konturore do të marrim:

$$C_2 = C_4 = 0$$

$$\left. \begin{aligned} C_1 \cos \frac{\sqrt{\alpha^2 + r^2} + \sqrt{\alpha^2 - r^2}}{2} L + C_3 \cos \frac{\sqrt{\alpha^2 + r^2} - \sqrt{\alpha^2 - r^2}}{2} L &= 0 \\ -C_1(\alpha^2 + \sqrt{\alpha^4 - r^4}) \cos \frac{\sqrt{\alpha^2 + r^2} + \sqrt{\alpha^2 - r^2}}{2} L + & \\ +C_3(\alpha^2 - \sqrt{\alpha^4 - r^4}) \cos \frac{\sqrt{\alpha^2 + r^2} - \sqrt{\alpha^2 - r^2}}{2} L &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2.27)$$

Që rasti i tillë të ketë zgjidhje jotriviale është e nevojshme që determinanta e koeficienteve të dy ekuacioneve të fundit (2.27) duhet të barazohet me zero:

$$\begin{vmatrix} \cos \frac{\sqrt{\alpha^2 + r^2} + \sqrt{\alpha^2 - r^2}}{2} L & \cos \frac{\sqrt{\alpha^2 + r^2} - \sqrt{\alpha^2 - r^2}}{2} L \\ (\alpha^2 + \sqrt{\alpha^4 - r^4}) \cos \frac{\sqrt{\alpha^2 + r^2} + \sqrt{\alpha^2 - r^2}}{2} L & (\alpha^2 - \sqrt{\alpha^4 - r^4}) \cos \frac{\sqrt{\alpha^2 + r^2} - \sqrt{\alpha^2 - r^2}}{2} L \end{vmatrix} = 0 \quad \Rightarrow$$

$$2\sqrt{\alpha^4 - r^4} \left[\cos \frac{\sqrt{\alpha^2 + r^2} + \sqrt{\alpha^2 - r^2}}{2} L \right] \cdot \left[\cos \frac{\sqrt{\alpha^2 + r^2} - \sqrt{\alpha^2 - r^2}}{2} L \right] = 0 \quad (2.28)$$

pasi që $\alpha \neq r$ rrjedhë:

$$\left[\cos \frac{\sqrt{\alpha^2 + r^2} + \sqrt{\alpha^2 - r^2}}{2} L \right] \cdot \left[\cos \frac{\sqrt{\alpha^2 + r^2} - \sqrt{\alpha^2 - r^2}}{2} L \right] =$$

$$\cos \left(\frac{2n-1}{2} \right) \pi \cdot \cos \left(\frac{2n-1}{2} \right) \pi \quad (2.29)$$

$$\frac{\sqrt{\alpha^2 + r^2} \pm \sqrt{\alpha^2 - r^2}}{2} L = \left(\frac{2n-1}{2} \right) \pi \quad (2.30)$$

ku "n" është numri i gjysmëvalëve të kosinusoidës. Nga ekuacioni (2.30) nxjerrim:

$$\alpha^2 = \left(\frac{2n-1}{2L} \right)^2 \pi^2 + \frac{r^4}{4\pi^2} \left(\frac{2L}{2n-1} \right)^2 \quad n=1,2,3... \quad (2.31)$$

Duke zëvendësuar ekuacionin (2.21) në ekuacionin (2.31) nxjerrim:

$$\frac{P_{krit}}{EI} = \left(\frac{2n-1}{2L} \right)^2 \pi^2 + \frac{k}{EI \cdot \pi^2} \left(\frac{2L}{2n-1} \right) \quad (2.32)$$

Zëvendësojmë ekuacionin (2.17) në ekuacionin (2.32) dhe marrim:

$$\frac{P}{P_E} = (2n-1)^2 + \frac{1}{P_E} \cdot \frac{k}{\pi^2} \cdot \frac{(2L)^2}{(2n-1)^2} \quad (2.33)$$

Për rastin $\alpha < r$ si dhe duke përdorur ekuacionet (2.24) dhe (2.26) kemi:

$$C_2 = C_4 = 0$$

$$\left. \begin{aligned} C_1 \cosh \frac{\sqrt{\alpha^2 + r^2} + \sqrt{\alpha^2 - r^2}}{2} L + C_3 \cosh \frac{\sqrt{\alpha^2 + r^2} - \sqrt{\alpha^2 - r^2}}{2} L &= 0 \\ C_1(\alpha^2 + \sqrt{\alpha^4 - r^4}) \sin \frac{\sqrt{\alpha^2 + r^2} + \sqrt{\alpha^2 - r^2}}{2} L + \\ + C_3(\alpha^2 - \sqrt{\alpha^4 - r^4}) \sin \frac{\sqrt{\alpha^2 + r^2} - \sqrt{\alpha^2 - r^2}}{2} L &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2.34)$$

Kushti për zgjidhje jotriviale të ekuacionit (2.34) është:

$$\begin{vmatrix} \cosh \frac{\sqrt{\alpha^2 + r^2} + \sqrt{\alpha^2 - r^2}}{2} L & \cosh \frac{\sqrt{\alpha^2 + r^2} - \sqrt{\alpha^2 - r^2}}{2} L \\ (\alpha^2 + \sqrt{\alpha^4 - r^4}) \cosh \frac{\sqrt{\alpha^2 + r^2} + \sqrt{\alpha^2 - r^2}}{2} L & (\alpha^2 - \sqrt{\alpha^4 - r^4}) \cosh \frac{\sqrt{\alpha^2 + r^2} - \sqrt{\alpha^2 - r^2}}{2} L \end{vmatrix} = 0 \Rightarrow$$

$$2\sqrt{\alpha^4 - r^4} \left[\cosh \frac{\sqrt{\alpha^2 + r^2} + \sqrt{\alpha^2 - r^2}}{2} L \right] \cdot \left[\cosh \frac{\sqrt{\alpha^2 + r^2} - \sqrt{\alpha^2 - r^2}}{2} L \right] = 0 \quad (2.35)$$

Nga mund të llogarisim vlerën e α :

$$\alpha^2 = 0 \quad (2.36)$$

Kjo është përsëri një zgjidhje triviale. Kështu mund të konkludohet se për këtë rast ($\alpha < r$) nuk ka bifurkacion të mundshëm të pozitës ekuilibruese të pilotës.

Për rastin $\alpha = r$, nëse shfrytëzojmë ekuacionet (2.25) dhe (2.26) ne marrim:

$$C_2 = C_3 = 0$$

$$\left. \begin{aligned} C_1 \cdot \cos \frac{\alpha \cdot L}{\sqrt{2}} + C_4 \cdot L \cdot \sin \frac{\alpha \cdot L}{\sqrt{2}} &= 0 \\ -C_1 \cdot \left(\frac{\alpha}{\sqrt{2}} \right)^2 \cos \frac{\alpha \cdot L}{\sqrt{2}} + 2 \cdot C_4 \cdot \frac{\alpha}{\sqrt{2}} \cos \frac{\alpha \cdot L}{\sqrt{2}} - C_4 \cdot L \cdot \left(\frac{\alpha}{\sqrt{2}} \right)^2 \sin \frac{\alpha \cdot L}{\sqrt{2}} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2.37)$$

Në mënyrë që të fitohet zgjidhje jotriviale për këtë rast, barazojmë determinanten e koeficienteve të dy ekuacioneve të fundit me zero dhe rrjedhë:

$$\begin{vmatrix} \cos \frac{\alpha \cdot L}{\sqrt{2}} & L \cdot \sin \frac{\alpha \cdot L}{\sqrt{2}} \\ -\left(\frac{\alpha}{\sqrt{2}}\right)^2 \cos \frac{\alpha \cdot L}{\sqrt{2}} & 2 \frac{\alpha}{\sqrt{2}} \cos \frac{\alpha \cdot L}{\sqrt{2}} - \left(\frac{\alpha}{\sqrt{2}}\right)^2 \sin \frac{\alpha \cdot L}{\sqrt{2}} \end{vmatrix} = 0 \quad (2.38)$$

$$\frac{2\alpha}{\sqrt{2}} \cos^2 \frac{\alpha L}{\sqrt{2}} = 0 \quad (2.39)$$

Nga zgjidhja e ekuacionit (2.39) marrim:

$$\left(\frac{\alpha \cdot L}{\sqrt{2}}\right)^2 = \left(\frac{2n-1}{2}\right)^2 \pi^2 \quad (2.40)$$

$$\alpha^2 = 2 \left(\frac{2n-1}{2L}\right)^2 \pi^2 \quad (2.41)$$

nga i cili ekuacion rrjedhë:

$$\frac{P}{P_E} = 2(2n-1)^2 \quad (2.42)$$

Tani rezultatet e fituara mund të përmbliohen duke shfrytëzuar edhe ekuacionin (2.21). Nga ekuacionet (2.31), (2.36) dhe (2.41) moduli i reaksionit të tokës fitohet:

$$2 \left(\frac{2n-1}{2L}\right)^2 \pi^2 = \left(\frac{2n-1}{2L}\right)^2 \pi^2 + \frac{r^4}{4\pi^2} \left(\frac{2L}{2n-1}\right)^2$$

duke zëvendësuar $r^4 = \frac{4k}{E \cdot I}$ do të fitohet:

$$\begin{aligned} \left(\frac{2n-1}{2L}\right)^2 \pi^2 &= \frac{4k}{4\pi^2 EI} \left(\frac{2L}{2n-1}\right)^2 \\ k &= \left(\frac{2n-1}{2L}\right)^2 \left(\frac{2n-1}{2L}\right)^2 \frac{\pi^4 EI}{L^4} \end{aligned} \quad (2.43)$$

Nga ekuacioni (2.43), jostabiliteti i pilotës do të vije atëherë dhe vetëm atëherë kur:

$$\left(\frac{2n-2}{2L}\right)^2 \left(\frac{2n-1}{2L}\right)^2 \frac{\pi^4 EI}{L^4} \leq k = \left(\frac{2n-1}{2L}\right)^2 \left(\frac{2n-1}{2L}\right)^2 \frac{\pi^4 EI}{L^4} \leq \left(\frac{2n-1}{2L}\right)^2 \left(\frac{2n}{2L}\right)^2 \frac{\pi^4 EI}{L^4}$$

(n=1,2,..) (2.44)

Ndërsa forca kritike e epjes së pilotës (f_t-p) është:

$$P_{krit} = \left(\frac{2n-1}{2L}\right)^2 \pi^2 \cdot E \cdot I + \frac{1}{(2n-1)^2} \cdot \frac{k \cdot (2L)^2}{\pi^2} \quad (\text{për } n=1,2,3,\dots). \quad (2.45)$$

Nga ekuacioni (2.45) vërejmë se forca kritike e epjes së pilotës është në funksion të numrit n , karakteristikave të pilotës dhe tokës. Pjesa e parë e ekuacionit (2.45) i korrespondon ekuacionit të Eulerit për epjen e shtyllës nga materiali elastik ndërsa pjesa e dytë reflekton kontributin e kufizimit anësor të shkaktuar nga toka.

Për pilotën e ngulur në një mjedis elastik, shprehja e përgjithshme për forcë kritike të epjes (2.45) duke përdorur forcën e Eulerit për shtyllën nga materiali elastik, P_E mund të shkruhet edhe në këtë formë:

$$P_{krit} = P_E \left((2n-1)^2 + \frac{A}{(2n-1)^2} \right) \quad (2.46)$$

ku është:

$$A = \frac{k \cdot (2L)^4}{\pi^4 \cdot EI} \quad (2.47)$$

Shumë lehtë mund të tregohet që vlera minimale e P_{krit} i përgjigjet vlerës:

$$\frac{\partial P}{\partial (n)} = 0$$

$$n = \frac{1}{2} \left(A^{1/4} + 1 \right) \quad (2.48)$$

Nëse ekuacionin (2.48) e zëvendësojmë në ekuacionin (2.46) fitohet:

$$P_{krit} = P_E \left(\sqrt{A} + \frac{A}{\sqrt{A}} \right) = 2 \cdot P_E \cdot \sqrt{A} = 2 \sqrt{k \cdot EI} \quad (2.49)$$

Për pilotën me kushte konturore e lirë në kokë – e inkastruar në maje, forca e Eulerit është:

$$P_E = \frac{\pi^2}{(2 \cdot L)^2} \cdot E \cdot I \quad (2.50)$$

ndërsa forca kritike e epjes së pilotës ($f-F$) do të fitohet:

$$P_{krit} = \frac{1}{2} \sqrt{k \cdot EI} \quad (2.51)$$

Gjatësia e epjes së pilotës caktohet nga kushti:

$$\frac{\partial P}{\partial \left(\frac{L}{n}\right)} = 0 \quad (2.52)$$

dhe për rastin e pilotës (f_{t-p}) gjatësia e epjes do të jetë:

$$\frac{\partial \left(\left(\frac{2n-1}{2L} \right)^2 \pi^2 \cdot EI + \frac{k}{\pi^2} \left(\frac{2L}{2n-1} \right)^2 \right)}{\partial \left(\frac{L}{n} \right)} = 0 \Rightarrow$$

$$L_0 = \frac{\pi}{2} \cdot \sqrt[4]{\frac{EI}{2 \cdot k}} [m] \quad (2.53-a)$$

derisa për pilotën me kushte të mbërthimit sharnjerë në kokë dhe sharnjerë në maje, gjatësia e epjes së pilotës do të jetë:

$$\frac{\partial \left(\left(\frac{n}{L} \right)^2 \pi^2 \cdot EI + \frac{k}{\pi^2} \left(\frac{L}{n} \right)^2 \right)}{\partial \left(\frac{L}{n} \right)} = 0 \Rightarrow$$

$$L_0 = \pi \cdot \sqrt[4]{\frac{EI}{k}} [m] \quad (2.53-b)$$

Nga ku shihet se gjatësia e epjes apo ndryshe si quhet edhe gjatësia kritike përmban të dy elementet që janë: elementi pilotë i shprehur përmes shtangësisë së pilotës EI dhe elementi tokë i shprehur përmes modulit llogaritës të reaktionit të tokës k . Nëse pilota është shumë e shtangët në krahasim me tokën, atëherë gjatësia e epjes merr vlerë relativisht të madhe, çka do të thotë se ngarkesa e pilotës do të shkaktojë zhvendosje të konsiderueshme. Në të kundërtën nëse toka është shumë e ngurtë në krahasim me pilotën, atëherë gjatësia e epjes së pilotës do të jetë relativisht shumë e vogël. Kështu do të kemi mundësi që për sistemin pilotë - tokë të caktohet gjatësia e epjes dhe nga zgjidhja e problemit të dhënë të caktohet pika në të cilën zhvendosja e pilotës do të jetë e barabartë me zero dhe më poshtë kësaj pike vlera e kësaj zhvendosje është aq e vogël sa që mund të mospërfillet. Nëse pilota është më e shkurtër se gjatësia e epjes do ta quajmë pilotë e ngurtë, derisa pilota me gjatësi më të madhe se gjatësia e epjes quhet pilotë e përkulshme. Me fjalë të tjera, sa më i madh që është raporti në mes shtangësisë së pilotës dhe

tokës, është e nevojshme gjatësi më e madhe e pilotës, që të mund të konsiderohet pilota fleksibile.

Që të caktohet vlera minimale e P_{krit} , është e nevojshme që për çdo vlerë të gjatësisë së pilotës, L të hulumtohen të gjitha vlerat e numrit "n" (Fig. 2.5 rasti i pilotës (p-p) dhe Fig. 2.6 rasti i pilotës (f_t-p)).

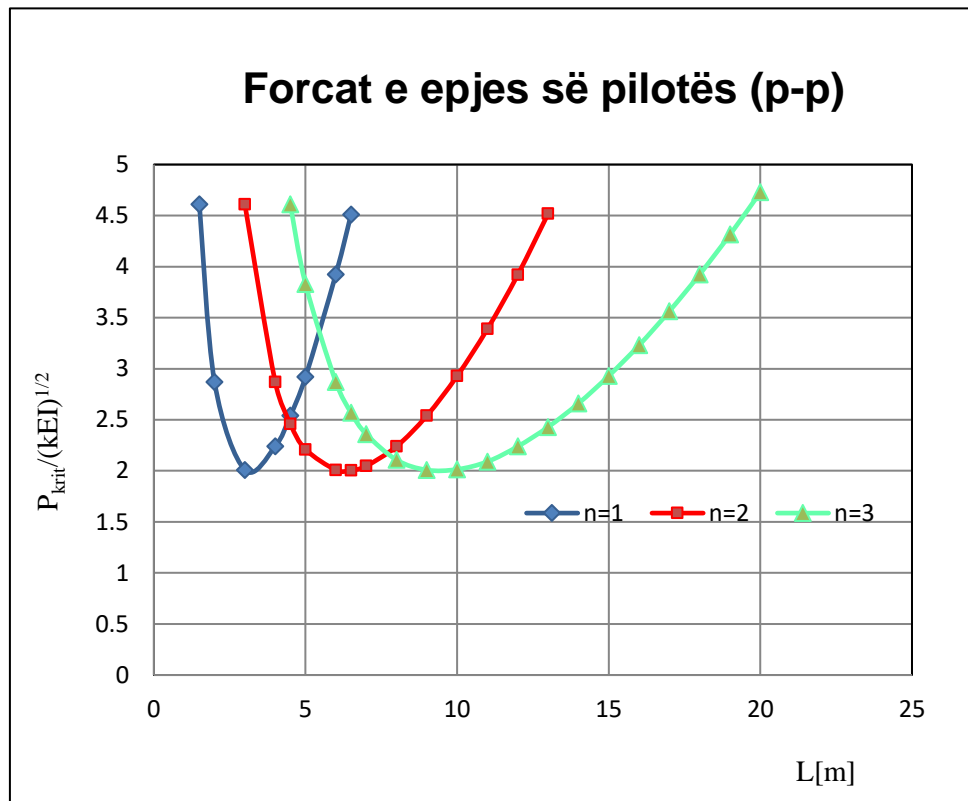


Figura 2.5 – Forca e epjes së pilotës (p-p), në funksion të gjatësisë së pilotës, L dhe numrit "n" për rastin kur moduli i reaksionit të dheut është $k=1000 \text{ kN/m}^2$

Për llogaritje të forcës kritike të epjes së pilotës e cila në të dy skajet ka mbështetje sharnjerë, (p-p) si dhe për rastin e pilotës e cila në kokë është e inkastruar me mundësi të zhvendosjes horizontale dhe në maje ka sharnjerë, (f_t-p), e ngulur në dhera me modul reaksionit të dheut k =konstant, kemi mundësi që në disa raste të shfrytëzojmë edhe inekuacionin (Davisson, 1963):

$$P_{krit} \geq 2 \cdot \sqrt{k \cdot EI} \quad (2.54)$$

Veçanërisht për vlera të mëdha të L , forca kritike e epjes së pilotës (p-p) dhe (f_t-p) llogaritet me një saktësi mjaft të madhe sipas shprehjes së mëposhtme (Shnell, W., Czerwenka, G.1970):

$$P_{krit} \approx 2 \cdot \sqrt{k \cdot EI} \quad (2.55)$$

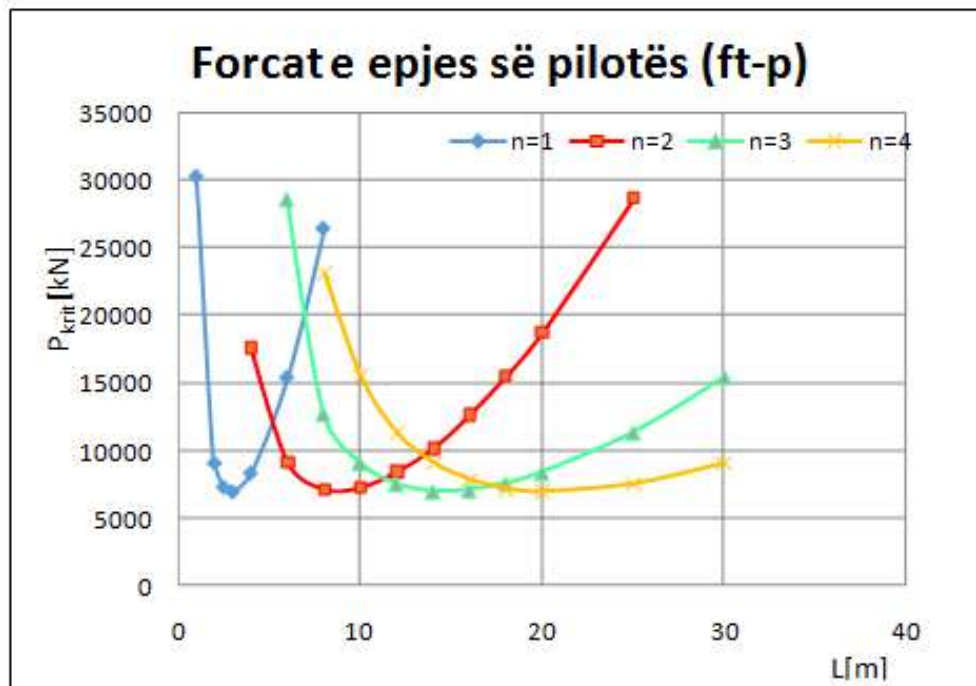


Figura 2.6 – Forca e epjes së pilotës (f_{t-p}) me diametër, $D=30cm$ klasë të betonit, $C25/30$ në funksion të gjatësisë së saj, L dhe numrit "n" për rastin kur moduli i reaksionit të dheut është $k=1000kN/m^2$.

Po ashtu forca kritike e epjes së pilotës (f_{t-p}), mund të caktohet edhe duke supozuar zgjidhjen e ekuacionit diferencial (2.21) të kësaj forme:

$$y(x) = C \cdot \cos \frac{2n-1}{2L} \pi \cdot x \quad (2.56)$$

Atëherë caktojmë derivatet e zgjidhjes së ekuacionit diferencial:

$$y'(x) = -C \cdot \frac{2n-1}{2L} \pi \cdot \sin \frac{2n-1}{2L} \pi \cdot x \quad (2.57)$$

$$y''(x) = -C \cdot \left(\frac{2n-1}{2L} \pi \right)^2 \cos \frac{2n-1}{2L} \pi \cdot x \quad (2.58)$$

$$y'''(x) = C \cdot \left(\frac{2n-1}{2L} \pi \right)^3 \sin \frac{2n-1}{2L} \pi \cdot x \quad (2.59)$$

$$y^{IV}(x) = C \cdot \left(\frac{2n-1}{2L} \pi \right)^4 \cos \frac{2n-1}{2L} \pi \cdot x \quad (2.60)$$

Pastaj derivatet e mësipërme i zëvendësojmë në ekuacionin (2.21) nga gjejmë zgjidhjen e ekuacionit diferencial sipas forcës (P):

$$EI \cdot C \cdot \left(\frac{2n-1}{2L} \pi \right)^4 \cos \frac{2n-1}{2L} \pi \cdot x - P \cdot C \cdot \left(\frac{2n-1}{2L} \pi \right)^2 \cos \frac{2n-1}{2L} \pi \cdot x +$$

$$+ k \cdot C \cdot \cos \frac{2n-1}{2L} \pi \cdot x = 0 \quad (2.61)$$

$$P_{krit} = \left(\frac{2n-1}{2L} \pi \right)^2 \cdot EI + \frac{k}{\left(\frac{2n-1}{2L} \pi \right)^2} \quad (2.62)$$

$$P_{krit} = (2n-1)^2 \frac{\pi^2}{(2L)^2} \cdot EI + \frac{1}{(2n-1)^2} \cdot \frac{k \cdot (2L)^2}{\pi^2} \quad (2.63)$$

$P_E = \pi^2 \cdot EI / (2L)^2$ - është forca e Eulerit për shtyllën nga materiali elastik me kushte konturore inkastrim në kokë me mundësi të zhvendosjes translatore dhe në maje mbështetje sharnjerë, (ft-p).

Davissoni, zgjidhjen e ekuacionit diferencial (2.21) e ka dhënë në formë jodimensionale si diagrame të U_{krit} në varësi të Z_{max} për pilota me kushte të ndryshme të mbërthimit (Shamshar Prakash dhe Hari D.Sharma, 1990). Në vlerat e koeficientit të forcës U_{krit} ndikojnë kushtet e mbërthimit të pilotës. Që të sqarohet mënyra e caktimit të forcës kritike të epjes së pilotës sipas diagrameve të dhëna nga Davissoni, do të marrim si rast të shqyrtimit një pilotë, e cila në maje është e inkastrur me mundësi të zhvendosjes translatore dhe në kokë ka mbështetje sharnjerë, (ft-p). Vlerat e U_{krit} janë dhënë për $n=1, n=2, n=3 \dots$ (Davisson, 1963). Vlerat e U_{krit} janë mbi 2, përveç për vlera të caktuara të Z_{max} për të cilat vlenë $U_{krit}=2$. Nga të gjitha vlerat e fituara të U_{krit} më të rëndësishmet janë vlerat më të vogla që fitohen për çfarëdo gjatësie Z_{max} . Pikërisht për këtë në praktikë, U_{krit} merret e barabartë me 2 për rastin e pilotës (ft-p), (Davisson, 1963), pra:

$$U_{krit} = \frac{P_{krit} \cdot R^2}{EI} = 2 \quad (2.64)$$

$$P_{krit} = \frac{2 \cdot EI}{R^2} = \frac{2 \cdot EI}{\left(\sqrt[4]{\frac{EI}{k}}\right)^2} = 2 \cdot \sqrt{EI \cdot k} \quad (2.65)$$

2.2.2.1 Kriterët mbi kontrollimin e epjes së pilotave sipas Standardeve - Normave të ndryshme

Nga standardet evropiane EN 1997-1 dhe normat gjermane DIN 4128, DIN 1045, DIN 18800 janë dhënë kritere të ndryshme në funksion të kohezionit pa drenim, c_u , mbi kontrollimin e epjes së pilotave. Zakonisht pilotat me diametër të madh edhe nëse janë të ngulura në dhera shumë të buta me kohezion pa drenim, c_u shumë të ulët, nuk janë të prirura për epje. Sipas normave EN 1997-1 (Kapitulli 7.8 – pika (5)) nuk është e domosdoshme të bëhet shqyrtimi i epjes së pilotave të cilat janë të ngulura në dhera me kohezion pa drenim $c_u > 10 \text{ kN/m}^2$. Në këtë pikë të EN 1997-1, ndryshe nga ajo që është e cituar në pjesën tjetër të saj, pilotat e lartpërmendur nuk konsiderohen si pilota të hollë.

Po ky standard EN 1997-1 (Kapitulli 7.8 - paragrafi (4)) megjithatë pretendon që epja duhet të kontrollohet në pilota të holla, të cilat janë të zhytura pjesërisht në ujë ose në sedimente shumë të buta me trashësi të konsiderueshme. Sipas normave gjermane DIN 1045 (Kapitulli 8.5.1-2) shqyrtimi i epjes duhet të bëhet në pilota të cilat janë të ngulura në dhera me kohezion pa drenim $c_u < 15 \text{ kN/m}^2$. Për pilotat me diametër më të vogël se 30cm është vënë kufiri për kohezionin pa drenim prej $c_u = 10 \text{ kN/m}^2$ nga normat gjermane DIN 4128 (Kapitulli 9.8) ndërsa sipas DIN 18800, Pjesa 2, nën këtë vlerë kërkohet të bëhet kontrolli kundra epjes. Kufijtë e lartpërmendur janë vënë në pyetje në shumë publikime dhe analiza krahasuese të autorëve të ndryshëm. Një pjesë e madhe e këtyre publikimeve kanë të bëjnë me raste të studiuara me teste ngarkesash dhe raste të dëmtimeve të modeleve llogaritëse, me të cilat dëshmohet se sjellja e pilotave të mbështetura në dhera të buta sipas aftësisë mbajtëse nuk është e studiuar në mënyrë të duhur, mu për këtë kod më i mirë i aprovuar gjerë më tani që ka të bëjë me epjen e pilotave bazohet në hulumtime shkencore të cilat nuk janë mjaft të detajuara.

Kufijtë e lartpërmendur nga standardet e ndryshme mbi epjen e pilotës, nga autorja janë shqyrtuar si në vijim:

Llogaritja e modulit të reaksionit horizontal të dherave argjilore është bërë sipas shprehjes empirike të sugjeruar nga **Widjaja**, 2008:

$$k = (40 \div 50) c_u \quad (2.66)$$

atëherë për vlerat e kohezionit pa drenim, $c_u=4kN/m^2$, $c_u=8kN/m^2$, $c_u=12kN/m^2$ do të kemi:

$$k = 50 \cdot c_u = 50 \cdot 4 = 200 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$k = 50 \cdot c_u = 50 \cdot 8 = 400 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$k = 50 \cdot c_u = 50 \cdot 12 = 600 \text{ kN} / \text{m}^2$$

Për këto module të reaksionit horizontal të dheut, ($k=200, 400, 600, 800$ dhe $1000kN/m^2$), duke shfrytëzuar softwarin MATLAB si dhe Metodën e Diferencave të Fundme janë llogaritur forcat kritike të epjes së pilotës me kushte të mbërthimit sharnjerë në kokë dhe sharnjerë në maje, (p-p) të ngulur plotësisht në tokë argjilore të butë, gjatësi të pilotës, $L=15m$ diametër, $D=0.3m$ klasë të betonit, C25/30 dhe rezultatet e fituara janë dhënë në Fig. 2.7.

Zhvendosjet anësore të pilotës me karakteristika gjeometrike të mësipërme janë caktuar sipas Metodës së Diferencave të Fundme përmes softwarit MATLAB, duke përdorur format themelore modale të epjes së pilotës dhe jashtëqëndërsitë nga imperfeksioni.

Jashtëqëndërsia nga imperfeksioni në strukturat betonarme, sipas normave EN 1992-1-1:2004 llogaritet sipas shprehjes:

$$e_i = \theta_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m \cdot \frac{L_0}{2} \quad (2.67)$$

ku është:

$\theta_0=1/200$	-vlera themelore
$\alpha_h=2/(L)^{1/2}; 2/3 \leq \alpha_h \leq 1$	-faktor redukues për gjatësi
$\alpha_m = [(1+1/m)/2]^{1/2}$	-faktor reduktues i numrit të elementeve
L	-gjatësia e pilotës [m]
M	-numri i elementeve
L_0	-gjatësia efektive (e epjes) së pilotës

Ndërsa sipas normave BS8110:1997 jashtëqëndërsia nga imperfeksioni në strukturat betonarme llogaritet sipas shprehjes:

$$e_a = \frac{h}{1750} \left[\frac{L_0}{h} \right]^2 \left[1 - 0.0035 \frac{L_0}{h} \right] \quad (2.68)$$

ku h është dimensionimi i prerjes tërthore (diametri)

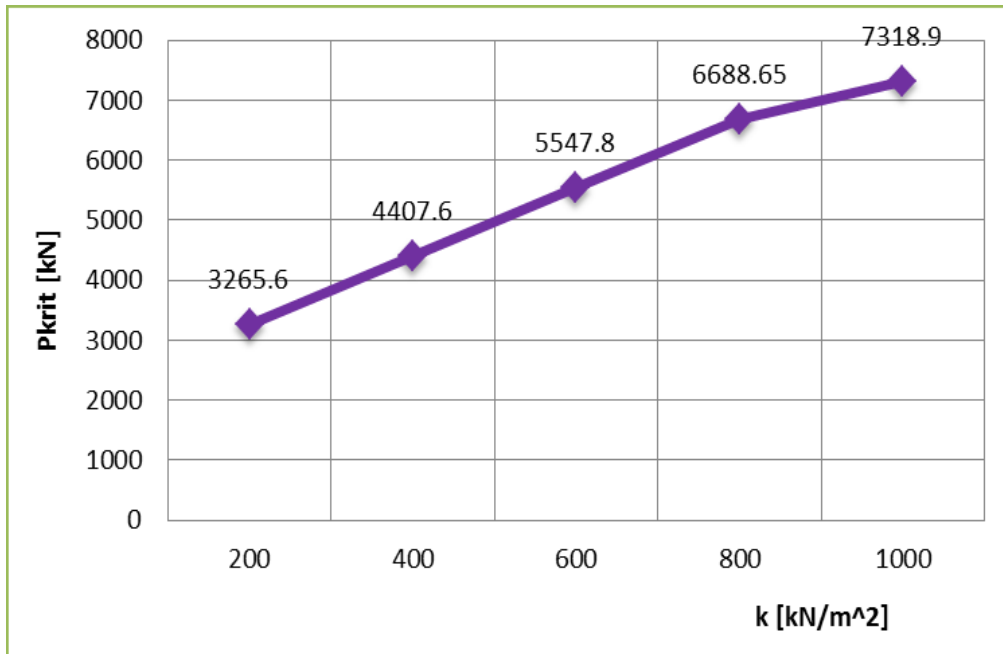


Figura 2.7 – Varshmëria në mes modulit të reaksionit të tokës dhe forcës kritike të epjes së pilotës me kushte të mbërthimit, sharnjerë në kokë dhe sharnjerë në maje, (p-p) diametër, $D=30\text{cm}$, gjatësi, $L=15\text{m}$ dhe klasë të betonit, C25/30

Gjatësia e epjes së pilotës, L_0 llogaritet duke barazuar forcën e Eulerit, P_E për rastin përkatës, me forcën kritike të epjes së pilotës, P_{krit} , nga do të kemi:

$$L_0 = \beta \cdot L = \pi \sqrt{EI/P_{krit}} \quad (2.69)$$

Në Tab. 2.2 janë dhënë gjatësitë e epjes dhe jashtëqëndërsitë nga imperfeksioni të pilotës me kushte të mbërthimit sharnjerë në maje dhe sharnjerë në kokë, (p-p) e cila është marrë për shqyrtim. Jashtëqëndërsitë nga imperfeksioni fitohen si vlera më të madha sipas normave BS8110:1 1997 krahasuar me vlerat që fitohen sipas normave EN 1992-1-1:2004. Për llogaritje të mëtutjeshme të zhvendosjeve anësore të pilotës (p-p) nga autorja janë marrë jashtëqëndërsitë nga imperfeksioni të llogaritura sipas normave EN 1992-1-1:2004.

Tabela 2.2 – Gjatësia efektive dhe jashtëqendërsia nga imperfeksioni i pilotës (p-p)

Moduli i reaksionit të truallit "k" dhe forca e epjes së pilotës "P _{krit} "	Gjatësia efektive e pilotës L ₀ [m]	Jashtëqendërsia nga imperfeksioni e _a [m] (BS8110:1 1997)	Jashtëqendërsia nga imperfeksioni e _i [m] (EN 1992-1-1:2004)
k=400kN/m ² dhe P _{krit} =4407.6kN	5.207	0.049	0.013
k=600kN/m ² dhe P _{krit} = 5547.8 kN	4.64	0.04	0.0116
k=1000kN/m ² dhe P _{krit} = 7318.9 kN	4.04	0.029	0.01

Nëse pilota (p-p), ngulet plotësisht në dhëra argjilore të buta normalisht të konsoliduar me modul horizontal të reaksionit të dheut, $k=400kN/m^2$ (Fig. 2.8 rasti kur kohezioni pa drenim për këto dhëra është $c_u=8kN/m^2$) dhe ngarkohet me forcë aksiale në shtypje $P=4000kN$ atëherë zhvendosja anësore e pilotës (p-p), me gjatësi, $L=15m$ është $\delta=0.126m=12.6cm$ deri sa me zvogëlimin e forcës aksiale prej 50% ($P=4000kN$ në $P=2000kN$) kemi një zvogëlim të zhvendosjes anësore të pilotës (p-p), prej më se 90% ($\delta=0.0126m=1.26cm$).

Për rastin kur moduli i reaksionit horizontal të dheut rritet në $k=600kN/m^2$ (rasti kur kohezioni pa drenim është $c_u=12kN/m^2$), zhvendosja anësore e pilotës (p-p) me $L=15m$, nga veprimi i po të njëjtës forcë si në rastin e mësipërm, ($P=4000kN$) është $\delta=0.031m=3.1cm$ (Fig. 2.9) që do të thotë se zhvendosja e kësaj pilote është për 95mm më e vogël se zhvendosja anësore e pilotës nga rasti i mësipërm i analizuar. Pra me rritjen e shtangësisë së tokës prej 50% (nga $k=400kN/m^2$ në $k=600kN/m^2$) kemi një zvogëlim të zhvendosjes anësore të pilotës (p-p) prej 75.4% për rastin kur forca aksiale me të cilën ngarkohet pilota mbetet e pandryshuar ($P=4000kN$).

Për modul të reaksionit të dheut, $k=1000kN/m^2$ (Fig. 2.10) pilota (p-p) nga veprimi i forcës aksiale në shtypje, $P=4000kN$ zhvendoset horizontalisht për $\delta=1.2cm$ ndërsa për modul të reaksionit të dheut $k_0=1000kN/m^2$ dhe konstantë të reaksionit të dheut $n_h= 1000kN/m^3$ (dhëra argjilore të thata – Fig. 2.11), zhvendosja anësore e pilotës (p-p) nën veprimin e forcës aksiale, $P= 4000kN$ është shumë e vogël dhe është $\delta=3,1mm$.

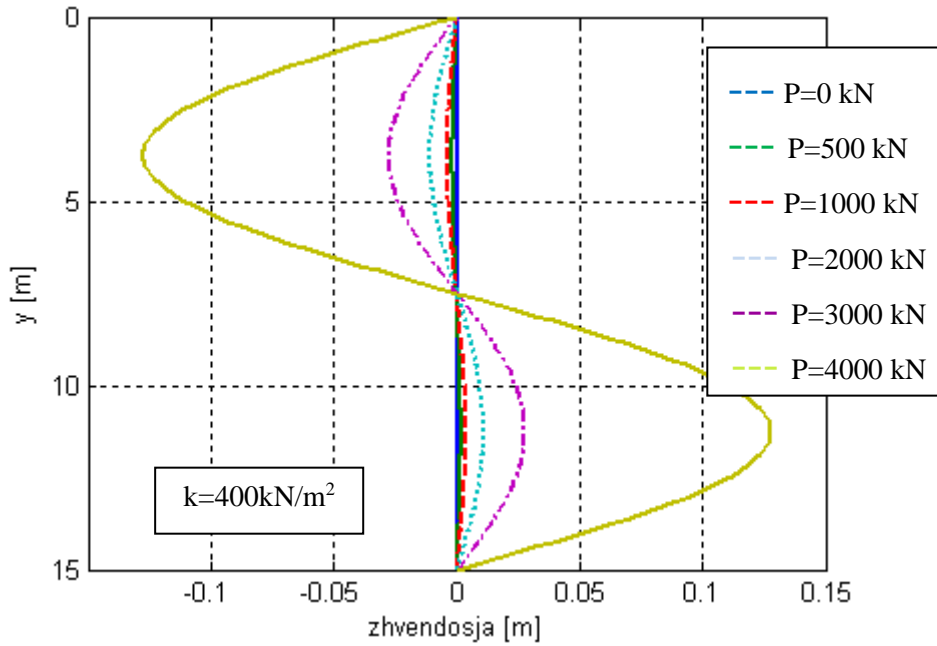


Figura 2.8 – Zhvendosjet anësore të pilotës (p-p), diametër, $D=0.3m$ gjatësi, $L=15m$, klasë të betonit, $C25/30$ të ngarkuar me forcë aksiale në shtypje, $P = 0, 500, 1000, 2000, 3000, 4000kN$ për rastin kur pilota është e ngulur në tokë me modul të reaksionit të dheut, $k=400kN/m^2$ ($c_u=8kN/m^2$).

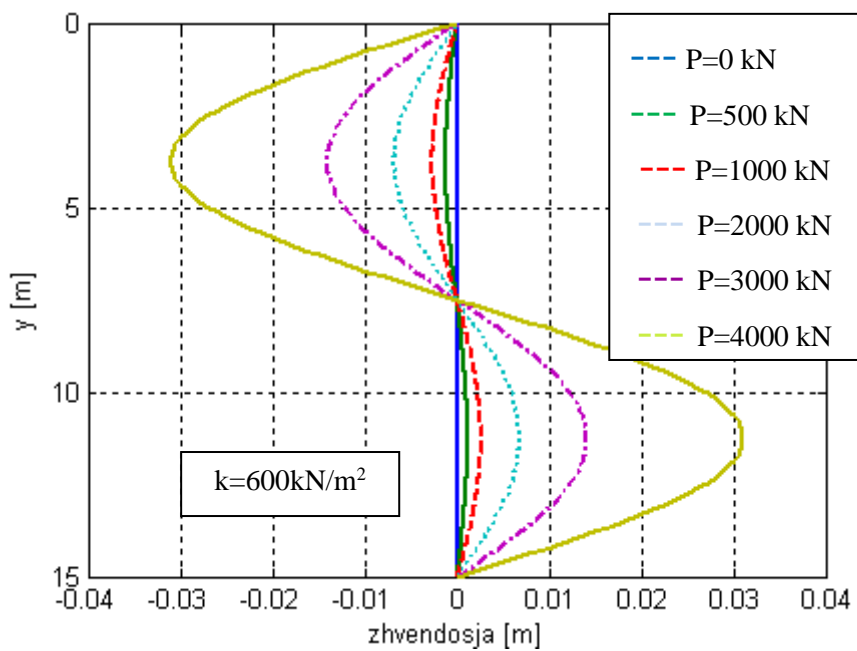


Figura 2.9 – Zhvendosjet anësore të pilotës (p-p), të ngarkuar me forcë aksiale në shtypje, P diametër, $D=0.3m$, gjatësi, $L=15m$ dhe klasë të betonit, $C25/30$ për rastin kur pilota është e ngulur në tokë me modul të reaksionit të dheut, $k=600kN/m^2$ ($c_u=12kN/m^2$).

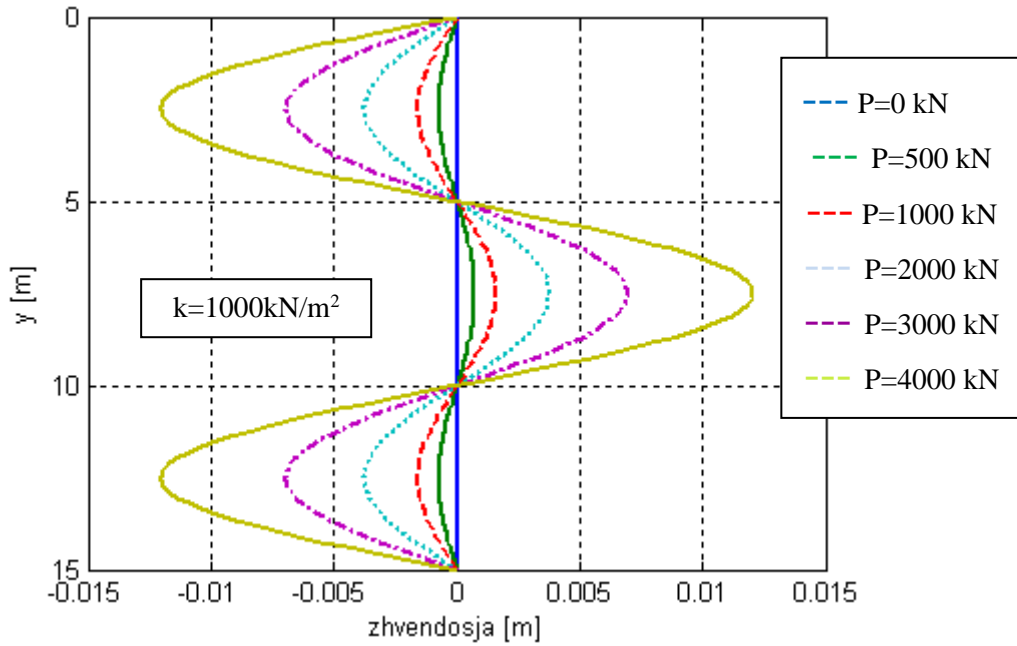


Figura 2.10 – Zhvendosjet anësore të pilotës (p-p), të ngarkuar me forcë aksiale në shtypje, P diametër, $D=0.3\text{cm}$, gjatësi, $L=15\text{m}$ dhe klasë të betonit, $C25/30$ për rastin kur pilota është e ngulur në tokë me modul të reaksionit të dheut, $k=1000\text{kN/m}^2$ ($c_u=16\text{kN/m}^2$).

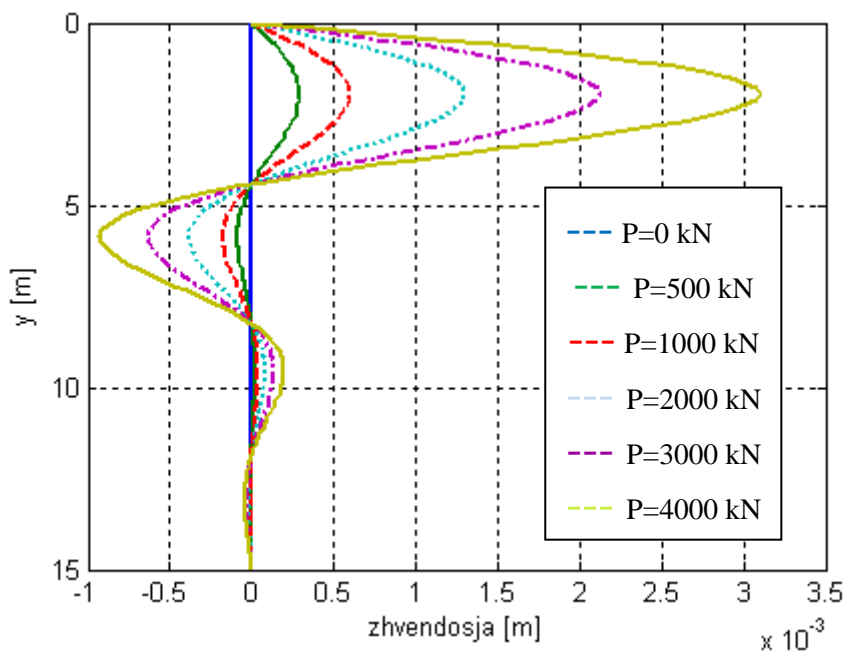


Figura 2.11 – Zhvendosjet anësore të pilotës (p-p), të ngarkuar me forcë aksiale, P diametër, $D=0.3\text{cm}$, gjatësi, $L=15\text{m}$ klasë të betonit, $C25/30$ për rastin kur pilota është e ngulur në tokë me modul të reaksionit të dheut, $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe konstantë të reaksionit të dheut $n_h=1000\text{kN/m}^3$.

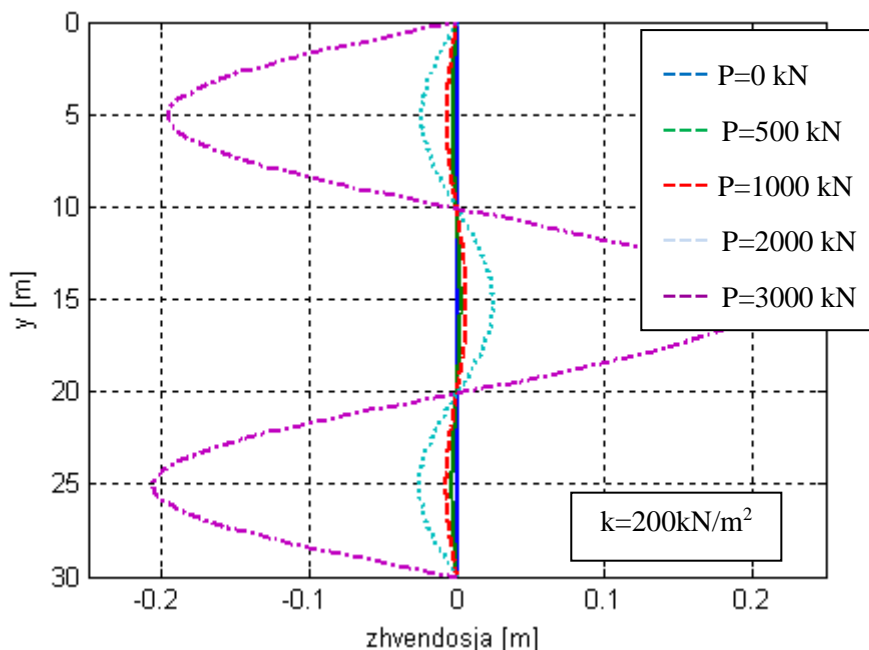


Figura 2.12 – Zhvendosjet anësore të pilotës (p-p), diametër, $D=0.3m$ gjatësi, $L=30m$ klasë të betonit, C25/30 të ngarkuar me forcë aksiale në shtypje, P për rastin kur pilota është e ngulur në tokë me modul të reaksionit të dheut, $k=200kN/m^2$ ($c_u=4kN/m^2$).

Nëse rritet gjatësia e pilotës për 100% (nga $L=15m$ në $L=30m$) atëherë pilota me kushte të mbërthimit sharnjerë në kokë dhe sharnjerë në maje, (p – p) e ngulur plotësisht në dhera shumë të buta - lym me modul horizontal të reaksionit të dheut, $k=200kN/m^2$ (rasti kur kohezioni pa drenim për këto dhera është $c_u=4kN/m^2$), nga veprimi i forcës aksiale në shtypje prej $P=3000kN$, pilota do ti nënshtrohet një zhvendosjeje anësore prej $\delta=0.2m=20cm$. Kjo zhvendosje për nga vlera është shumë e madhe për shkak se intenziteti i forcës aksiale në shtypje me të cilën ngarkohet pilota (p-p) është pothuajse sa vlera e forcës së epjes së pilotës ($P_{krit,(p-p)}=3265.6kN$) dhe e cila patjetër do të duhej të merrej parasysh gjatë llogaritjes së ndikimeve statike të pilotës. Nëse intensiteti i forcës aksiale zvogëlohet nga $P=3000kN$ në $P=2000kN$ atëherë zhvendosja anësore e pilotës zvogëlohet në $\delta=0.027m=2.7cm$.

Nga rastet e mësipërme të analizuara, autorja konkludon se kur kemi të bëjmë me një pilotë që është e ngulur plotësisht në dhera argjilore të buta, balta dhe lyme me kohezion pa drenim $c_u < 15kN/m^2$ dhe e ngarkuar me forcë aksiale në shtypje është e domosdoshme të shqyrtohet mundësia e paraqitjes së epjes për shkak të paraqitjes së zhvendosjeve anësore të mëdha, ndërsa për $c_u \geq 15kN/m^2$ për shkak të kufizimeve anësore që shkaktohen nga toka përreth pilotës si dhe për shkak të zhvendosjeve anësore shumë të vogla që paraqiten në pilotë, sipas normave EC 7

(2005) dhe DIN 1054 (2005) si dhe nga hulumtimi i mësipërm i bërë konkludohet se nuk është e nevojshme të bëhet kontrolli kundroj epjes.

2.2.3 Forca e epjes së pilotës për rastin kur $k=n_h \cdot x$ dhe $k=k_0+n_h \cdot x$ duke përdorur metodën analitike të bazuar në Metodën e Energjisë

Ky rast do të analizohet duke u bazuar në llogaritjen e forcës kritike të epjes së pilotës sipas metodës analitike të bazuar në Metodën e Energjisë. Me qëllim që zgjidhja të gjendet sa më lehtë janë bërë disa supozime në lidhje me pilotën dhe tokën:

- Është supozuar që pilota është plotësisht e ngulur në tokë,
- Materiali nga i cili punohet pilota është konsideruar homogjen, izotrop dhe elastik si dhe forca aksiale vepron në qendër të rëndesës së pilotës.
- Supozohet që toka është homogjene, elastike dhe izotrope ndërsa karakteristikat e tokës definoen përmes modulit të reaksionit të tokës k e që përvetësohet si
 - linearisht në rritje përgjatë gjatësisë së pilotës për tokë jo-kohezive (Fig. 2.1c)
 - shpërndarje trapezoidale për përzjerje rërë- argjilë (Fig. 2.1d)
- Përvetësohet pilota me këto kushte të mbërthimit:
 - pilota ka mbështetje sharnjerë në kokë dhe sharnjerë në maje (p-p).

Energjia kinetike nga përkulja e pilotës është:

$$U = 0.5 \cdot E \cdot I \cdot \int_0^L (y'')^2 dx \quad (2.70)$$

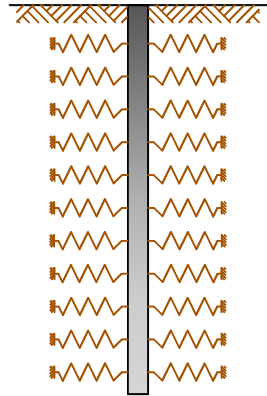
Pranohet hipoteza e Winklerit që lidhë presionet që lindin në tokë me deformimet që pëson aksi i pilotës, pasi që pilota konsiderohet që është e mbështetur në gjatësinë e saj në një bazament elastik, i cili modelohet si sustë (Fig. 2.13) Atëherë energjia potenciale e pilotës dhe e forcës aksiale P është:

$$V = 0.5 \cdot \int_0^L k \cdot y^2 dx + 0.5 \cdot P \cdot \int_0^L (y')^2 dx \quad (2.71)$$

Supozojmë që pilota është e ngulur në një tokë me përzjerje rërë me dhera argjilore me modul

të reaksionit të tokës $k=k_0+n_h x$. Duke zëvendësuar modulën e reaksionit të tokës në ekuacionin (2.71) do të kemi:

$$V = 0.5 \cdot \int_0^L (k_0 + n_h \cdot x) \cdot y^2 dx + 0.5 \cdot P \cdot \int_0^L (y')^2 dx \quad (2.72)$$



k

Fig. 2.13 – Sustat elastike që modelojnë masivin rreth e përfaqësojnë sipas Winkler-it

Nga Fig. 2.1d rrjedh se n_h është konstante e reaksionit të dheut (kN/m^3) dhe është e barabartë me $n_h=(k_L-k_0)/L$ për pilotën e ngulur plotësisht në tokë (shtangësia e tokës në kokën e pilotës është $k=k_0$ ndërsa në maje $k=k_L$), prandaj nga ekuacioni (2.72) rezulton:

$$V = 0.5 \cdot \int_0^L \left[k_0 + \frac{k_L - k_0}{L} x \right] \cdot y^2 dx + 0.5 \cdot P \cdot \int_0^L (y')^2 dx \quad (2.73)$$

Kushtet konturore për rastin e pilotës të cilën autorja ka marrë për shqyrtim, janë:

$$\left. \begin{array}{l} y(x=0) = 0; \quad y''(x=0) = 0 \\ y(x=L) = 0; \quad y''(x=L) = 0 \end{array} \right\} \quad (2.74)$$

Supozojmë se pilota përkulet-epet sipas një funksioni të sinusoidës:

$$y = a \cdot \sin \frac{n\pi}{L} x \quad (2.75)$$

i cili ekuacion duhet të plotësojë kushtet konturore të dhëna përmes ekuacionit (2.74).

Sipas principit të punës së energjisë, energjia kinetike nga përkulja e pilotës duhet të jetë e barabartë me energjinë potenciale të pilotës dhe të forcës aksiale P , pra vlen $U=V$. Atëherë nga ekuacionet (2.70) dhe (2.72) rrjedh:

$$\frac{EI}{2} \int_0^L (y'')^2 dx = -0.5 \cdot \int_0^L n_h \cdot x \cdot y^2 dx - 0.5 \cdot \int_0^L k_0 y^2 dx + \frac{P}{2} \int_0^L (y')^2 dx \quad (2.76)$$

Llogarisim derivatet e funksionit të përkulshmërisë së pilotës:

$$y'(x) = a \cdot \left(\frac{n \cdot \pi}{L} \right) \cos \frac{n \cdot \pi \cdot x}{L} \quad (2.77)$$

$$y''(x) = -a \cdot \left(\frac{n \cdot \pi}{L} \right)^2 \sin \frac{n \cdot \pi \cdot x}{L} \quad (2.78)$$

Integralet e ekuacionit (2.76) i gjejmë veç e veç si më poshtë:

$$\frac{E \cdot I}{2} \int_0^L (y'')^2 dx = \quad (2.79)$$

$$= \frac{E \cdot I}{2} \int_0^L \left(-a \cdot \left(\frac{n \cdot \pi}{L} \right)^2 \sin \frac{n \cdot \pi \cdot x}{L} \right)^2 dx$$

$$= \frac{E \cdot I}{2} \int_0^L a^2 \cdot \left(\frac{n \cdot \pi}{L} \right)^4 \sin^2 \left(\frac{n \cdot \pi \cdot x}{L} \right) dx = \frac{E \cdot I}{2} a^2 \cdot \left(\frac{n \cdot \pi}{L} \right)^4 \left[x - \frac{\sin \frac{2n\pi}{L} x}{4 \frac{n\pi}{L}} \right]_0^L$$

$$= \frac{E \cdot I}{2} a^2 \cdot \left(\frac{n \cdot \pi}{L} \right)^4 \left(\frac{L}{2} - \frac{\sin 2n\pi}{4 \frac{n\pi}{L}} + \frac{\sin 0^0}{4 \frac{n\pi}{L}} \right) = \frac{E \cdot I}{2} a^2 \cdot \left(\frac{n \cdot \pi}{L} \right)^4 \cdot \frac{L}{2} \quad (2.80)$$

$$0.5 \cdot \int_0^L n_h \cdot x \cdot y^2 dx = \quad (2.81)$$

$$= 0.5 \cdot n_h \cdot \int_0^L x \cdot \left(a \sin \frac{n\pi}{L} x \right)^2 dx$$

$$= 0.5 \cdot a^2 \cdot n_h \cdot \left(\frac{L}{n\pi} \right)^2 \left(\frac{(n\pi)^2}{4} - \frac{1}{8} \cos 2n\pi + \frac{1}{8} \cos 0 - \frac{1}{4} \cdot n\pi \cdot \sin 2n\pi \right)$$

$$= 0.5 \cdot a^2 \cdot n_h \cdot \left(\frac{L}{n\pi} \right)^2 \frac{(n\pi)^2}{4} = 0.5 \cdot a^2 \cdot n_h \cdot \frac{L^2}{4} \quad (2.82)$$

$$\begin{aligned}
& 0.5 \cdot \int_0^L k_0 y^2 dx = \\
& = 0.5 \cdot \int_0^L k_0 \left(a \sin \frac{n \cdot \pi \cdot x}{L} \right)^2 dx = \\
& = 0.5 \cdot k_0 \cdot a^2 \cdot \int_0^L \sin^2 \left(\frac{n \cdot \pi \cdot x}{L} \right) dx = 0.5 \cdot k_0 \cdot a^2 \cdot \left| \frac{x}{2} - \sin 2 \frac{n \cdot \pi \cdot x}{L} \right|_0^L \\
& = 0.5 \cdot k_0 \cdot a^2 \cdot \left(\frac{L}{2} - \sin 2n\pi + \sin 0 \right) = 0.5 \cdot k_0 \cdot a^2 \cdot \frac{L}{2} \tag{2.83}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \frac{P}{2} \int_0^L (y')^2 dx = \tag{2.84} \\
& = \frac{P}{2} \int_0^L \left(a \cdot \left(\frac{n \cdot \pi}{L} \right) \cos \frac{n \cdot \pi \cdot x}{L} \right)^2 dx = \frac{P}{2} \cdot a^2 \cdot \left(\frac{n \cdot \pi}{L} \right)^2 \int_0^L \cos^2 \left(\frac{n \cdot \pi \cdot x}{L} \right) dx \\
& = \frac{P}{2} \cdot a^2 \cdot \left(\frac{n \cdot \pi}{L} \right)^2 \left| \frac{x}{2} + \frac{\sin 2 \frac{n \cdot \pi \cdot x}{L}}{4 \frac{n \cdot \pi}{L}} \right|_0^L = \frac{P}{2} \cdot a^2 \cdot \left(\frac{n \cdot \pi}{L} \right)^2 \left(\frac{L}{2} + \frac{\sin 2n \cdot \pi}{4 \frac{n \cdot \pi}{L}} - \frac{\sin 0}{4 \frac{n \cdot \pi}{L}} \right) \\
& = \frac{P}{2} \cdot a^2 \cdot \left(\frac{n \cdot \pi}{L} \right)^2 \frac{L}{2} \tag{2.85}
\end{aligned}$$

Integralet e fituara i zëvendësojmë në ekuacionin (2.78) nga rezulton:

$$\frac{E \cdot I}{2} a^2 \cdot \left(\frac{n \cdot \pi}{L} \right)^4 \cdot \frac{L}{2} = -0.5 \cdot a^2 \cdot n_h \cdot \frac{L^2}{4} - 0.5 \cdot k_0 \cdot a^2 \cdot \frac{L}{2} + \frac{P}{2} \cdot a^2 \cdot \left(\frac{n \cdot \pi}{L} \right)^2 \frac{L}{2} \tag{2.86}$$

Atëherë forca kritike e epjes së pilotës me kushte të mbërthimit sharnjerë në kokë dhe sharnjerë në maje, (p-p) e cila është e ngulur plotësisht në tokë me modul të reaksionit të dheut $k=k_0+n_h \cdot x$ (përzierje rërë - argjilë) është:

$$P_{krit} = \left\{ E \cdot I \cdot \left(\frac{n \cdot \pi}{L} \right)^4 \cdot \frac{L}{2} + n_h \cdot \frac{L^2}{4} + k_0 \cdot \frac{L}{2} \right\} / \left(\frac{n \cdot \pi}{L} \right)^2 \frac{L}{2} \tag{2.87}$$

ose

$$P_{krit} = E \cdot I \left(\frac{n \cdot \pi}{L} \right)^2 + \left(n_h \cdot \frac{L}{2} \right) / \left(\frac{n \cdot \pi}{L} \right)^2 + k_0 / \left(\frac{n \cdot \pi}{L} \right)^2 \tag{2.88}$$

Nëse në ekuacionin (2.88) zëvendësojmë $n_h=(k_L-k_0)/L$ atëherë:

$$P_{krit} = E \cdot I \left(\frac{n \cdot \pi}{L} \right)^2 + \left(\frac{(k_L - k_0) \cdot L}{2} \right) / \left(\frac{n \cdot \pi}{L} \right)^2 + k_0 / \left(\frac{n \cdot \pi}{L} \right)^2 \quad (2.89)$$

$$P_{krit} = E \cdot I \left(\frac{n \cdot \pi}{L} \right)^2 + \frac{(k_L + k_0)}{2 \cdot \left(\frac{n \cdot \pi}{L} \right)^2} \quad (2.90)$$

Për rastin kur $k = n_h \cdot x$ (për dhëra pa kohezion) forca kritike e epjes së pilotës do të jetë:

$$P_{krit} = E \cdot I \left(\frac{n \cdot \pi}{L} \right)^2 + \frac{k_L}{2 \cdot \left(\frac{n \cdot \pi}{L} \right)^2} \quad (2.91)$$

Ndërsa për pilotën që është e ngulur plotësisht në dhëra (me kohezion) me modul të reaksionit $k=k_0=konst$, forca e epjes është:

$$P_{krit} = E \cdot I \left(\frac{n \cdot \pi}{L} \right)^2 + \frac{k_0}{\left(\frac{n \cdot \pi}{L} \right)^2} \quad (2.92)$$

Në Fig. 2.14 është dhënë varshmëria e forcës kritike të epjes së pilotës, P_{krit} dhe gjatësisë së pilotës, L (sipas ekuacionit 2.92) për rastin kur $n=1$.

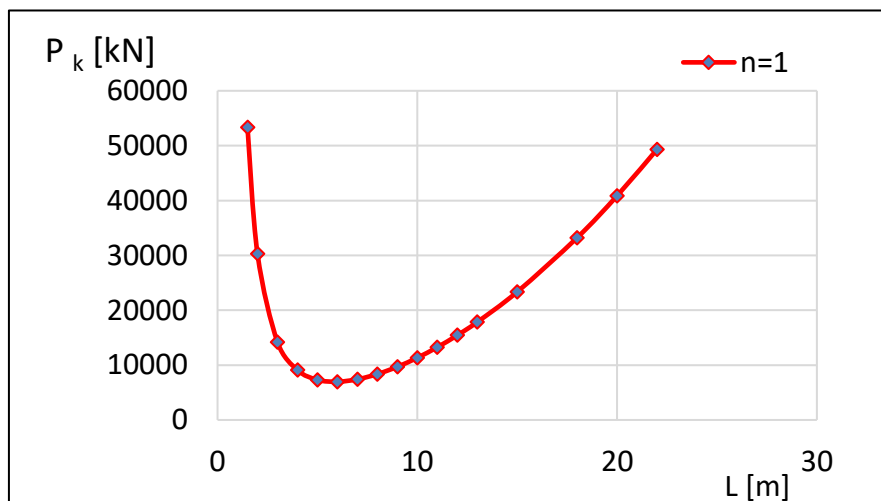


Figura 2.14 – Varësia e forcës së epjes së pilotës me kushte të mbërthimit sharnjerë në kokë dhe sharnjerë në maje, $P_{krit(p-p)}$ dhe gjatësi të pilotës, L për rastin kur $n=1$ si dhe pilota është e ngulur plotësisht në dherat me modul horizontal të reaksionit të dheut $k_0=1000kN/m^2$ dhe $n_h=0.0kN/m^3$.

2.2.4 Analiza e epjes së pilotave të ngulur plotësisht në tokë sipas Metodës së Elementeve të Fundëm

Principi bazë në të cilin bazohet Metoda e Elementeve të Fundëm është ndarja e trupit që shqyrtohet në elemente të fundme ashtu që çdo element duke u analizuar si i veçantë si dhe duke supozuar që ndërmjet tyre ekziston lidhshmëria, analizohet trupi si tërësi. Kjo mënyrë e analizës, duke shkuar nga e veçanta kah e përgjithshmja, ku me analizën e elementeve arrihet në përfundim të analizës së tërësisë, njihet si qasje induktive. Veçanërisht, kjo qasje ka një përdorim shumë të gjerë në problemet inxhinjerieke për të cilat nuk mund të fitohet zgjidhje e mbyllur.

Në kuadër të Metodës së Elementëve të Fundëm, kontinumi me pafund shkallësh lirie zëvendësohet me sistemin diskret me numër të fundëm shkallësh lirie dhe analizohet me Metodën e Analizës Diskrete. Ndërsa nga aspekti matematikor, problemi i analizuar kalon nga një problem i analizës në problem algjebrik.

Dukuria e stabilitetit të pilotës bënë pjesë në kuadër të dukurive të analizës jolineare për shkak se për nga natyra është një fenomen jolinear. Në rastin e zhvendosjeve të mëdha dhe deformimeve të vogla, kur materialet zakonisht mbesin në fushën e sjelljes elastike atëherë stabiliteti përcaktohet në bazë të analizës së varshmërisë jolineare të zhvendosjeve dhe ngarkesës. Humbja e stabilitetit të pilotës mund të bëhet në njërën nga dy mënyrat e paraqitura në (Fig. 2.15). Rasti i parë i humbjes së stabilitetit është kur forca arrin të ashtuquajturën vlerë kufitare, dhe kur vije deri te paraqitja e kërcimit (*Snap-through*) si në (Fig. 2.15a) ose kur vije deri te thyerja (kolapsi), (Fig. 2.15b).

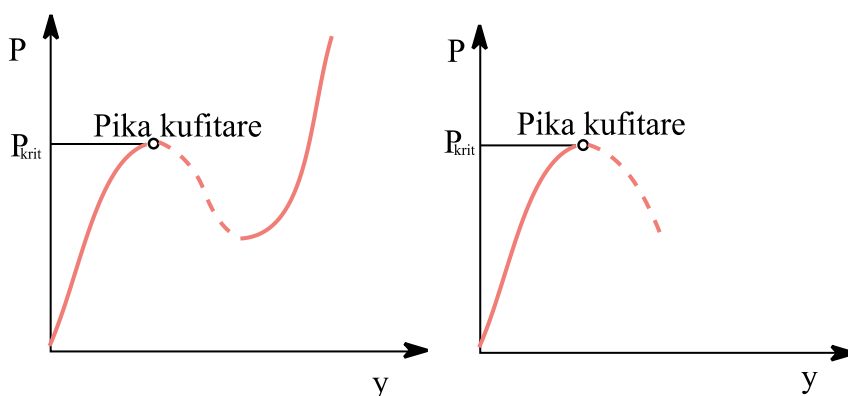


Figura 2.15 – Diagrami "Forcë – Zhvendosje", pika kufitare: a) humbja e stabilitetit- paraqitja e kërcimit dhe b) thyerja (kolapsi).

Bifurkacioni është fusha e analizës lineare ku caktimi i forcës kritike të sistemit ideal bazohet në zgjidhjen e problemit standard të vlerave vetjake. Vlera më e vogël vetjake cakton nivelin e ngarkesës deri te e cila sistemi-pilota është stabile, ndërsa vektori përkatës vetjak paraqet një formë të re të ekuilibrit të sistemit - pilotës (Fig. 2.16).

Pika që i përgjigjet forcës kritike paraqet pikën e bifurkacionit të gjendjes ekuilibruese. Mbi këtë pikë, dega kryesore bëhet jostabile (Fig.2.16).

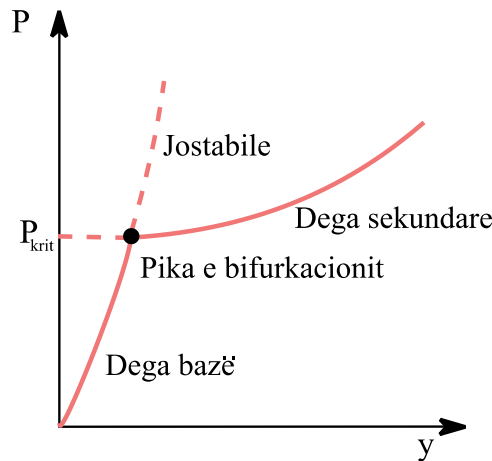


Figura 2.16 – Dukuria e stabilitetit të bifurkacionit

Ekuacioni bazë i përkulshmërisë së pilotës të ngarkuar me forcë aksiale në shtypje është dhënë përmes ekuacionit (2.6). Zgjidhjen e këtij ekuacioni sipas Metodës së Elementeve të Fundëm e bëjmë duke përdorur *Metodën e Galerkin-it* (Heubner, K. H., and Thornton, E. A., 1981), nga shkruajmë:

$$\sum_j \left\{ \int E I N_i'' N_j'' dx + \int P N_i' N_j' dx + \int k(x) N_i N_j dx \right\} \cdot y_j = 0 \quad (2.93)$$

ku është:

y_j - gjashtë zhvendosjet nyjore të trarit $u_1, y_1, \theta_1, u_2, y_2, \theta_2$, të dhëna në Fig. 2.17.

N_j - janë gjashtë funksione interpoluese si rezultat i zhvendosjeve $u_1, y_1, \theta_1, u_2, y_2, \theta_2$.

Në bazë të ekuacionit (2.93), problemi i epjes së pilotës zgjidhet shumë lehtë sipas Metodës së Elementëve të Fundëm për kushte kufitare, peshë vetjake, jolinearitet të materialit dhe për efektin jolinear të tokës (Cook, R. D., Malkus, D. S. And Plesha, M. E., 1989).

Pilota është ndarë në elemente të fundëm, siç tregohet në (Fig. 2.17), vektorët e të së cilës paraqesin zhvendosjet aksiale dhe të përkuljes e që janë $\{u\}$ dhe $\{v\}$, respektivisht:

$$\{u\} = \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{Bmatrix}, \quad \{v\} = \begin{Bmatrix} y_1 \\ \theta_1 \\ y_2 \\ \theta_2 \end{Bmatrix} \quad (2.94)$$

Këto komponentë të zhvendosjeve mund të mblidhen në vektorin shtyllë $\{y\}$:

$$\{y\} = \{u_1, y_1, \theta_1, u_2, y_2, \theta_2\}^T \quad (2.95)$$

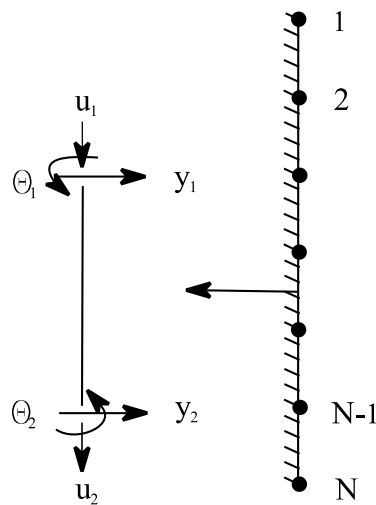


Fig. 2.17 – Komponentët e zhvendosjes së elementit tra me gjashtë shkallë lirie

Le të shënojmë me $U_0(x)$, dhe $V_0(x)$ zhvendosjet aksiale dhe ato të përkuljes në çfarëdo pike përgjatë aksit x , respektivisht:

$$\left. \begin{aligned} U_0(x) &= N_a \{u\} \\ V_0(x) &= N_b \{v\} \end{aligned} \right\} \quad (2.96)$$

ku është:

$N_a\{u\}$ - formë e funksionit që definon interpolimin linear të $U_0(x)$ në mes nyjeve, dhe $N_b\{v\}$ - përfshin funksionin kubik interpololues polinomial të trarit (Rao, S. S., 1989).

Këto funksione interpoluese të formës së polinomeve të Hermite-s janë dhënë në (Fig. 2.18).

Integrali i parë i shumës së ekuacionit (2.93) paraqet elementet e matricës së shtangësisë, K_E , integrali i dytë paraqet elementet e matricës gjeometrike të shtangësisë, K_G , dhe integrali i tretë

paraqet elementet e matricës së shtangësisë së tokës, Ks. Elementët ij të këtyre matricave llogariten për pilotën me prerje tërthore konstante përgjatë gjatësisë dhe e cila është e ngulur në dhera me modul të reaksionit horizontal të dheut që rritet linearisht me thellësi, $k=k_0+n_h \cdot x$, me vlerë të ndryshme nga zero në sipërfaqe, $k_0 \neq 0$ dhe $n_h=(k_L-k_0)/L$, (rasti i pilotës të ngulur në dhera argjilore të thata normalisht të ngarkuara) (Hutton D. V., (2004)., Jerca Şt., Vrabie M., Răileanu P., (2000)., Jerca Şt., Ungureanu N., Diaconu D., (1997)., Zhaohua F., Cook D. R., (1983).) dhe janë:

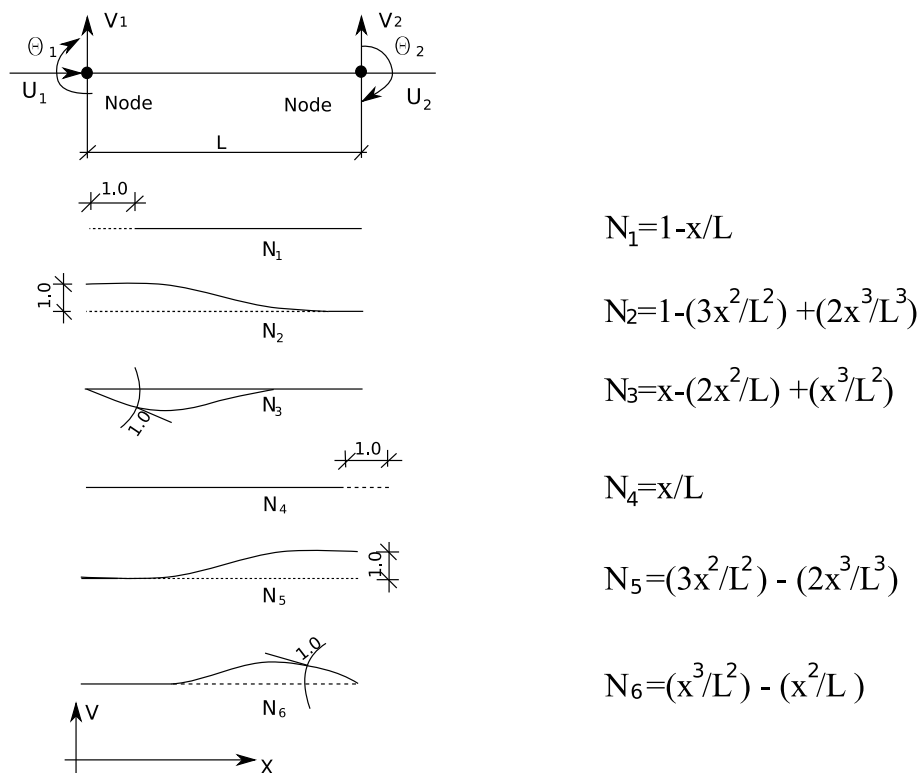


Figura 2.18 – Zhvendosjet e nyjeve dhe format e funksioneve interpoluese

$$K_{E,ij} = \int_0^L EI \cdot N_i'' \cdot N_j'' dx, \quad (i, j = 1, 2, \dots, 6) \quad (2.97)$$

$$[K_E] = \begin{bmatrix} AE/L & 0 & 0 & -AE/L & 0 & 0 \\ 0 & 12EI/L^3 & 6EI/L^2 & 0 & -12EI/L^3 & 6EI/L^2 \\ 0 & 6EI/L^2 & 4EI/L & 0 & -6EI/L^2 & 2EI/L \\ -AE/L & 0 & 0 & AE/L & 0 & 0 \\ 0 & -12EI/L^3 & -6EI/L^2 & 0 & 12EI/L^3 & -6EI/L^2 \\ 0 & 6EI/L^2 & 2EI/L & 0 & -6EI/L^2 & 4EI/L \end{bmatrix} \quad (2.98)$$

$$K_{G,ij} = \int_0^L P \cdot N'_i \cdot N'_j dx, \quad (i, j = 1, 2, \dots, 6) \quad (2.99)$$

$$[K_G] = -P^* \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 6/5L & 1/10 & 0 & -6/5L & 1/10 \\ 0 & 1/10 & 2L/15 & 0 & -1/10 & -L/30 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -6/5L & -1/10 & 0 & 6/5L & -1/10 \\ 0 & 1/10 & -L/30 & 0 & -1/10 & 2L/15 \end{bmatrix} \quad (2.100)$$

$$K_{s,ij} = \int_0^L k(x) \cdot N_i \cdot N_j dx = \int_0^L \left(k_0 + \frac{k_L - k_0}{L} x \right) \cdot N_i \cdot N_j dx, \quad (i, j = 1, 2, \dots, 6) \quad (2.101)$$

$$[K_s] = \frac{L}{840} \cdot \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 24(10k_0 + 3k_L) & 2L(15k_0 + 7k_L) & 0 & 54(k_0 + k_L) & -2L(7k_0 + 6k_L) \\ 0 & 2L(15k_0 + 7k_L) & L^2(5k_0 + 3k_L) & 0 & 2L(6k_0 + 7k_L) & -3L^2(k_0 + k_L) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 54(k_0 + k_L) & 2L(6k_0 + 7k_L) & 0 & 24(3k_0 + 10k_L) & -2L(7k_0 + 15k_L) \\ 0 & -2L(7k_0 + 6k_L) & -3L^2(k_0 + k_L) & 0 & -2L(7k_0 + 15k_L) & L^2(3k_0 + 5k_L) \end{bmatrix} \quad (2.102)$$

Në të gjitha matricat, AE paraqet shtangësinë aksiale të elementit, P forca e aplikuar në element dhe k_0, k_L shtangësia e sustave që zëvendësojnë dheun dhe që janë ekuivalente me koeficientin e rezistencës anësore të tokës në kokë dhe në maje të pilotës. Nëse sustat elastike supozohen në të dy anët e pilotës atëherë komponentët e matricës $[K_s]$ në ekuacionin (2.102) duhet shumëzuar me $[2K_s]$.

Për rastin e pilotës të ngulur në dhera me kohezion-argjila të buta për të cilat moduli i reaksionit të tokës është konstant përgjatë gjatësisë së pilotës, $k_0=k_L=k=konstant$, matrica $[K_s]$ merr këtë formë:

$$K_{s,ij} = \int_0^L k(x) \cdot N_i \cdot N_j dx, \quad (i, j = 1, 2, \dots, 6) \quad (2.103a)$$

$$[K_s] = \frac{L}{420} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 156k & 22kL & 0 & 54k & -13kL \\ 0 & 22kL & 4kL^2 & 0 & 13kL & -3kL^2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 54k & 13kL & 0 & 156k & -22kL \\ 0 & -13kL & -3kL^2 & 0 & -22kL & 4kL^2 \end{bmatrix} \quad (2.103)$$

Shtangësia totale e pilotës e trajtuar si një themel kontinual elastik është shuma e matricave $[K_E]$, $[K_G]$ dhe $[K_s]$:

$$[K] = [K_E + K_s] + K_G \quad (2.104)$$

ku elementet e matricës së shtangësisë totale $[K]$ janë:

$$k_{12} = k_{13} = k_{15} = k_{16} = 0; \quad k_{42} = k_{43} = k_{45} = k_{46} = 0$$

$$k_{21} = k_{24} = 0; \quad k_{31} = k_{34} = 0; \quad k_{51} = k_{54} = 0; \quad k_{61} = k_{64} = 0$$

$$k_{11} = k_{44} = k_{14} = k_{41} = AE / L;$$

$$k_{22} = k_{55} = \frac{12EI}{L^3} - \frac{6P}{5L} + \frac{156kL}{420};$$

$$k_{23} = k_{32} = \frac{6EI}{L^2} - \frac{P}{10} + \frac{22kL^2}{420};$$

$$\begin{aligned}
k_{25} = k_{52} &= -\frac{12EI}{L^3} + \frac{6P}{5L} + \frac{54kL}{420}; \\
k_{26} = k_{62} &= \frac{6EI}{L^2} - \frac{P}{10} - \frac{13kL^2}{420}; \\
k_{33} &= \frac{4EI}{L} - \frac{2PL}{15} + \frac{4kL^3}{420}; \\
k_{35} = k_{53} &= -\frac{6EI}{L^2} + \frac{P}{10} + \frac{13kL^2}{420}; \\
k_{36} = k_{63} &= \frac{2EI}{L} + \frac{PL}{30} + \frac{3kL^3}{420}; \\
k_{56} = k_{65} &= -\frac{6EI}{L^2} + \frac{P}{10} - \frac{22kL^2}{420}; \quad k_{66} = \frac{4EI}{L} - \frac{2PL}{15} - \frac{4kL^3}{420};
\end{aligned}$$

Atëherë ekuacioni (2.93) do të mund të rishkruhet në këtë formë:

$$[K]\{y\} = 0 \quad (2.105)$$

2.2.4.1 Formulimi i problemit të epjes së pilotave sipas Metodës së Elementeve të Fundëm

Në ekuacionin (2.105) si e panjohur është matrica gjeometrike e shtangësisë. Kjo matricë është në funksion të sforcimeve, të cilat gjithashtu janë të panjohura. Sipas teorisë lineare, me stabilitet nënkuptohet shpërndarje e sforcimeve në element, të pavarura nga intensiteti i ngarkesës. Nëse supozojmë shpërndarjen e forcave të brendshme të njëjtë me atë të teorisë lineare, atëherë matrica gjeometrike e shtangësisë mund të caktohet pa përcaktuar paraprakisht zhvendosjet përkatësisht sforcimet. Në këtë rast supozojmë që sforcimet janë proporcionale me ngarkesën, si faktor të proporcionalitetit marrim λ , atëherë në vend të ekuacionit (2.105) do të kemi:

$$[[K_E + K_s] + \lambda[K_G]]\{y\} = 0 \quad (2.106)$$

Mënyra e zakonshme e caktimit të forcës kritike të epjes së pilotës, P_{krit} sipas Metodës së Elementëve të Fundëm është caktimi i rrënjëve të polinomit karakteristik të përcaktuar nga determinanta e matricës $[K]$, (ekuacioni 2.107):

$$|K| = [K_E + K_s] + \lambda K_G = 0 \quad (2.107)$$

Rendi i matricës totale të shtangësisë varet nga numri i elementëve në të cilat ndahet pilota (Fig. 2.19). Nëse pilota me këto kushte të mbërthimit: inkastrim në kokë dhe inkastrim në maje, ($F-F$) ndahet në katër elemente dhe pesë nyje atëherë rendi i matricës globale do të jetë 15×15 ndërsa matrica totale e shtangësisë duke shfrytëzuar edhe kushtet e mbërthimit shndërrohet në matricën e rendit 11×11 .

Përmes kësaj metode si dhe duke përdorur softwarin komercial SAP 2000 është llogaritur forma e parë modale dhe forca e epjes së pilotës (p-p), me klasë të betonit C25/30, diametër $D=30\text{cm}$, gjatësi të pilotës, $L=5\text{m}$, të ngulur plotësisht në dhera me modul horizontal të reaksionit të dheut $k=1000\text{kN/m}^2$ ($P_{krit(p-p)}=7371,03\text{kN}$, Shtojca A).

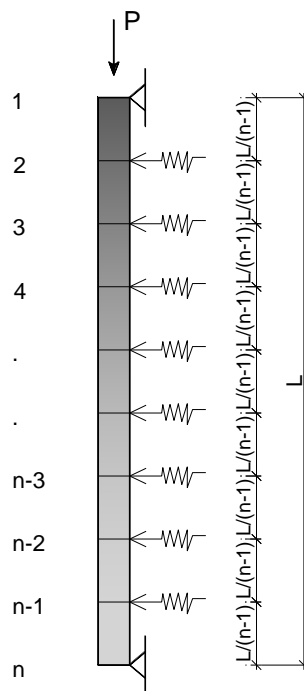


Figura 2.19 – Ndarja e pilotës në elemente të fundëm

2.2.5 Metoda e Diferencave të Fundme

2.2.5.1 Caktimi i forcës së epjes së pilotës sipas Metodës së Diferencave të Fundme

Metoda e Diferencave të Fundme është një teknikë numerike me të cilën caktohen zgjidhjet e përafërta të ekuacioneve diferenciale. Përmes kësaj metode, derivati i një funksioni në një pikë të caktuar mund të përafrohet me një shprehje algjebrike e që përbëhet nga vlera e funksionit në atë pikë si dhe në disa pika të afërta me të, që do të thotë se ekuacioni diferencial përmes kësaj metode transformohet në ekuacion algjebrik.

Aplikimi i Metodës së Diferencave të Fundme në zgjidhjen e dukurisë së epjes së pilotave të ngulura plotësisht në tokë, është diskutuar nga Poulos dhe Davis (1980), ndërsa ekuacioni diferencial i rendit të katërt i zhvilluar nga Heteny-i (1960) do të mund të përdoret për përcaktimin e deformimit të pilotës të ngarkuar me ngarkesë aksiale:

$$EI \frac{d^4 y}{dx^4} + P \frac{d^2 y}{dx^2} + k_h y = 0 \quad (2.108)$$

Le të marrim që pilota është e ngulur në një truall me modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_h = k_0 + n_h x$ (Fig. 2.20 c), ku n_h është konstanta e reaksionit të truallit [kN/m³].

Ekuacioni (2.108), sipas Metodës së Diferencave të Fundme mund të zgjidhet duke shfrytëzuar formulat e diferencave si dhe nëse bëjmë ndarjen e pilotës në " n " nyje (1,2,3,... $m-1, m, m+1, \dots, n$) dhe " $n-1$ " segmente të barabarta (Fig. 2.20b).

Formulat e diferencave

Derivati i parë sipas Metodës së Diferencave të Fundme është:

$$y'(x) = \frac{dy}{dx} = \lim_{\Delta x \rightarrow \infty} \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

Nëse Δx është madhësi shumë e vogël, atëherë derivati i parë i një funksioni mund të aproksimohet kështu:

$$y'(x) \approx \lim_{\Delta x \rightarrow \infty} \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

Marrim që $\Delta x_1 = \Delta x_2 = \Delta x_3 \dots = \Delta x$, atëherë nga (Fig.2.21) përafrimet kryesore diferenciale të derivateve të rendeve të larta janë:

$$(y')_i \approx \frac{\Delta y}{h} = \frac{y_{i+1} - y_i}{h} \quad \text{diferenca e përparme e rendit të parë}$$

$$(y')_i \approx \frac{\Delta y}{h} = \frac{y_i - y_{i-1}}{h} \quad \text{diferenca e prapme e rendit të parë}$$

$$(y')_i \approx \frac{\Delta y}{h} = \frac{y_{i+1} - y_{i-1}}{2h} \quad \text{diferenca qendrore e rendit të parë}$$

$$(y'')_i = \frac{1}{h^2} (y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1}) \quad \text{diferenca qendrore e rendit të dytë}$$

$$(y''')_i = \frac{1}{2h^3} (y_{i+2} - 2y_{i+1} + 2y_{i-1} - y_{i-2}) \quad \text{diferenca qendrore e rendit të tretë}$$

$$(y^{iv})_i = \frac{1}{h^4} (y_{i+2} - 4y_{i+1} + 6y_i - 4y_{i-1} + y_{i-2}) \quad \text{diferenca qendrore e rendit të katërt}$$

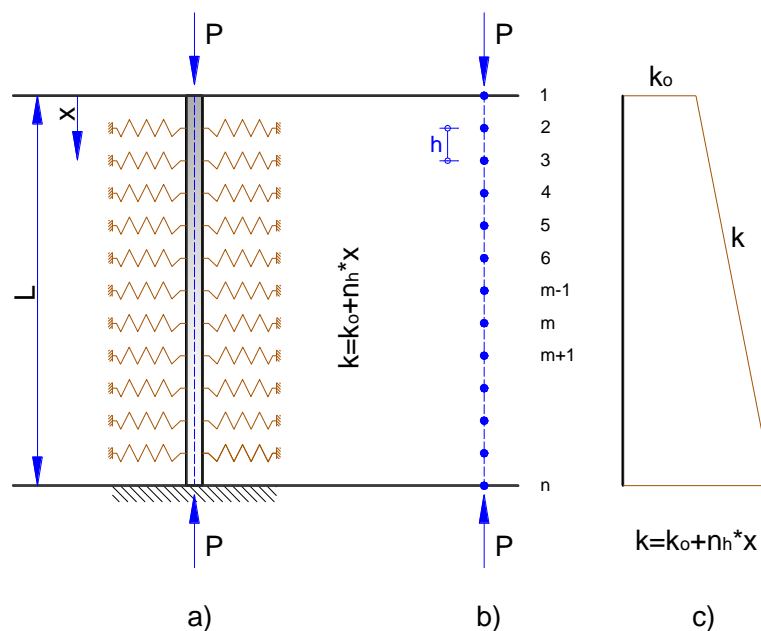


Figura 2.20 – Modeli i pilotës ($F-f$) sipas metodës së diferencave të fundme i ndarë në pjesë me gjatësi të barabarta: a) pilota e inkastruar në maje dhe e lirë në kokë ($F-f$), b) ndarja e pilotës në " $n-1$ " segmente dhe " n " nyje, c) moduli i reaksionit të tokës në funksion të gjatësisë së pilotës, $k_h = k_0 + n h \cdot x$

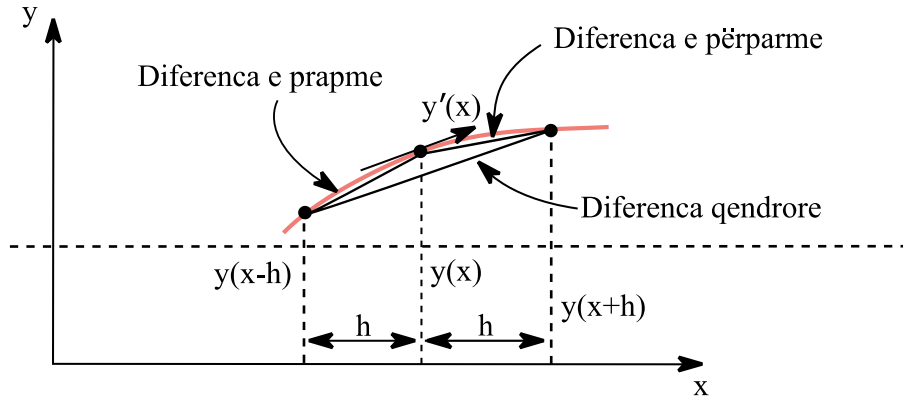


Figura 2.21 – Aproxsimimet diferenciale

Sipas Metodës së Diferencave të Fundme, për njëjën e çfarëdoshme "m" të pilotës do të mund të shkruajmë:

$$P\left(\frac{d^2y}{dx^2}\right)_m = \frac{P(y_{m-1} - 2y_m + y_{m+1})}{h^2} \quad (2.109)$$

$$\left(\frac{d^2M}{dx^2}\right)_m = \frac{\begin{bmatrix} y_{m-2}E_{m-1}I_{m-1} + y_{m-1}(-2E_mI_m - 2E_{m-1}I_{m-1}) + \\ y_m(4E_mI_m + E_{m-1}I_{m-1} + E_{m+1}I_{m+1}) + \\ + y_{m+1}(-2E_mI_m - 2E_{m+1}I_{m+1}) + y_{m+2}E_{m+1}I_{m+1} \end{bmatrix}}{h^4} \quad (2.110)$$

Për një pikë të çfarëdoshme "m", n_h mund të shprehet si $n_h \cdot x = n_h \cdot (m-1) \cdot h$ ku n është numri i nyjeve në pilotë, $h=L/(n-1)$ dhe forca, P konsiderohet me intensitet konstant gjatë tërë gjatësisë së pilotës, L atëherë ekuacioni (2.108) sipas Metodës së Diferencave të Fundme për njëjën "m" të pilotës do të mund të formulohet në këtë mënyrë:

$$\begin{aligned} & y_{m-2}E_{m-1}I_{m-1} + y_{m-1}(Ph^2 - 2E_mI_m - 2E_{m-1}I_{m-1}) + \\ & + y_m(4E_mI_m + E_{m-1}I_{m-1} + E_{m+1}I_{m+1} - 2Ph^2 + k_0h^4 + n_h(m-1)h^5) + \\ & + y_{m+1}(-2E_mI_m - 2E_{m+1}I_{m+1} + Ph^2) + y_{m+2}E_{m+1}I_{m+1} = 0 \end{aligned} \quad (2.111)$$

Nëse përgjatë gjatësisë së pilotës përvetësojmë $E_mI_m = E_{m-1}I_{m-1} = E_{m+1}I_{m+1} = EI$ atëherë ekuacioni (2.111) do të rishkruhet në këtë formë:

$$\begin{aligned}
& EI(y_{m-2} - 4y_{m-1} + 6y_m - 4y_{m+1} + y_{m+2}) + \\
& Ph^2(y_{m-1} - 2y_m + y_{m+1}) + \\
& k_0 h^4 y_m + n_h (m-1) h^5 y_m = 0
\end{aligned} \tag{2.112}$$

ku y_m është zhvendosja anësore e njëjës "m". Ekuacionin (2.112) mund ta shkruajmë edhe në këtë formë:

$$\begin{aligned}
& \frac{P \cdot L^2}{EI \cdot (n-1)^2} (y_{m-1} - 2y_m + y_{m+1}) = \\
& y_{m-2} - 4y_{m-1} + \left(6 + \frac{k_{hm} \cdot L^4}{EI \cdot (n-1)^4} + \frac{n_h \cdot L^5 \cdot (m-1)}{EI \cdot (n-1)^5} \right) y_m - 4y_{m+1} + y_{m+2}
\end{aligned} \tag{2.213}$$

Për nyjet, prej 1 deri në n , në sa është ndarë pilota, mund të formulohen n ekuacione. Për tu zgjidhur këto n ekuacione, nevojiten edhe katër ekuacione më shumë, që domethënë se duhet të formohen gjithsejtë $(n+4)$ ekuacione. Këto katër ekuacione shtesë, dy të shkruara për kokën e pilotës dhe dy për majen e pilotës, paraqesin kushtet e mbërthimit të pilotës.

Kushtet e mbërthimit të kokës së pilotës sipas Metodës së Diferencave të Fundme shprehen në këtë mënyrë (Law Chi Waia. 2013):

- Nëse në kokë të pilotës pengohet zhvendosja horizontale,

$$y_0 = 0 \tag{2.214}$$

- Nëse në kokë të pilotës pengohet rrotullimi,

$$\left(\frac{dy}{dx} \right)_{x=0} = 0 \Rightarrow \frac{y_1 - y_{-1}}{2h} = 0 \Rightarrow y_1 - y_{-1} = 0 \tag{2.215}$$

- Nëse koka e pilotës ka zhvendosje horizontale atëherë forca transverzale e saj, e cila është normal me aksin e pilotës, do të ekuilibrohet tërësisht me komponenten tranzverzale të forcës aksiale P të aplikuar në kokën e pilotës:

$$\begin{aligned}
& (V)_{x=0} + P(\theta)_{x=0} = 0 \Rightarrow EI \left(\frac{d^3 y}{dx^3} \right)_{x=0} + P \left(\frac{dy}{dx} \right)_{x=0} = 0, \\
& \Rightarrow EI \frac{y_2 - 2y_1 + 2y_{-1} - y_{-2}}{2h^3} + P \frac{y_1 - y_{-1}}{2h} = 0 \\
& \Rightarrow (y_2 - 2y_1 + 2y_{-1} - y_{-2}) + \frac{PL^2}{EI(n-1)^2} (y_1 - y_{-1}) = 0
\end{aligned} \tag{2.216}$$

- Nëse koka e pilotës është e liruar nga kufizimi në rrotullim, domethënë momenti është zero,

$$M = EI \left(\frac{d^2 y}{dx^2} \right)_{x=0} = 0 \Rightarrow EI \frac{y_1 - 2y_0 + y_{-1}}{h^2} = 0$$

$$\Rightarrow y_1 - 2y_0 - y_{-1} = 0 \quad (2.217)$$

- Për mbështetësin sustë me shtangësi k_v me mundësi të zhvendosjes horizontale:

$$(V)_{x=0} + P(\theta)_{x=0} = k_v \cdot y \Rightarrow EI \cdot \left(\frac{d^3 y}{dx^3} \right)_{x=0} + P \cdot \left(\frac{dy}{dx} \right)_{x=0} = k_v \cdot y$$

$$\Rightarrow \frac{EI}{P \cdot L^2} n^2 \cdot (y_2 - 2y_1 + 2y_{-1} - y_{-2}) + (y_1 - y_{-1}) - \frac{k_v \cdot L}{P \cdot n} y_0 =$$

- Për mbështetësin sustë me shtangësi k_θ me mundësi të rrotullimit:

$$M = EI \cdot \left(\frac{d^2 y}{dx^2} \right)_{x=0} = k_\theta \cdot \left(\frac{dy}{dx} \right)_{x=0} = 0$$

$$\Rightarrow \frac{EI}{k_\theta \cdot L} (y_1 - 2y_0 - y_{-1}) - (y_1 - y_{-1}) = 0 \quad (2.219)$$

Të njëjtat kushte mund të përdoren edhe për majë të pilotës ($x=L$) varësisht nga mënyra mbërthimit të saj. Me nga dy ekuacione më shumë për kokën dhe majen e pilotës (një për rrotullim dhe një për zhvendosje), do të kemi gjithësejtë $(n+4)$ ekuacione për tu zgjidhur me nga $(n+4)$ të panjohura.

Atëherë ekuacionin (2.213) të shënuar për çdo nyje të pilotës së bashku me katër ekuacionet e kushteve të mbërthimit të pilotës, në formë matricore do të shprehen si në vijim:

$$[A]\{y\} + \frac{P \cdot L^2}{EI \cdot (n-1)^2} [B]\{y\} = 0 \quad (2.220)$$

Ekuacionin (2.220) mund ta shkruajmë edhe në këtë formë:

$$[A]\{y\} + \lambda [B]\{y\} = 0 \quad (2.221)$$

ku është:

$$\lambda = \frac{P \cdot L^2}{EI \cdot (n-1)^2}$$

Për të caktuar elementet e matricës [A] dhe [B], marrim për shqyrtim pilotën e cila është e ngulur plotësisht në një truall me modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_h = k_0 + n_h \cdot x$ dhe me kushte të mbërthimit të pilotës e lirë në kokë dhe e lirë në maje, ($f-f$), (Fig. 2.22). Për çdo nyje, prej 1 deri në n , në sa është ndarë pilota, shkruajmë nga një ekuacion të formës së ekuacionit (2.213) ndërsa për kushtet e mbërthimit të pilotës, ($f-f$) shkruajmë edhe nga dy ekuacione të formës (2.216) dhe (2.217). Atëherë do të kemi:

$$[y] = [y_{-1} \quad y_0 \quad y_1 \quad y_2 \quad y_3 \quad y_4 \quad \cdot \quad \cdot \quad y_{n-2} \quad y_{n-1} \quad y_n \quad y_{n+1} \quad y_{n+2}]^T$$

$$[B] = \left\{ \begin{array}{cccccccccccc} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -2 & 1 & 0 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -2 & 1 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdot & \cdot & \cdot & 1 & -2 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdot & \cdot & \cdot & 0 & 1 & -2 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right\}_{(n+4) \times (n+4)}$$

$$[A] = \begin{pmatrix} -1 & 2 & 0 & -2 & 1 & \dots & \dots & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -2 & 1 & 0 & \dots & \dots & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -4 & 6+a & -4 & 1 & \dots & \dots & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -4 & 6+a+1 & b & -4 & 1 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -4 & 6+a+2 & b & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & -4 & 6+a+(n-2) & b & -4 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & \dots & 1 & -4 & 6+a+(n-1) & b & -4 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & \dots & 0 & 1 & -2 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & \dots & -1 & 2 & 0 & -2 & 1 \end{pmatrix}_{(n+4) \times (n+4)}$$

ku është:

$$a = \frac{k_0 \cdot L^4}{EI \cdot (n-1)^4}; \quad b = \frac{n_h \cdot L^5}{EI \cdot (n-1)^5}$$

Për llogaritjen e forcës së epjes së pilotës problemi kthehet në problemin e llogaritjes së vlerave vetjake:

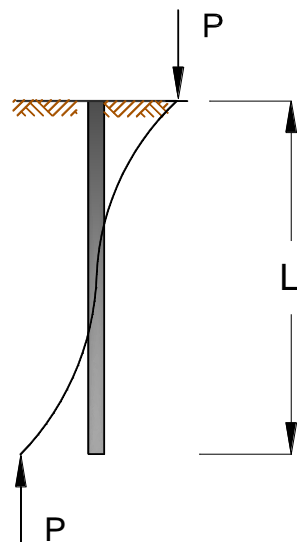


Figura 2.22 – Pilota e ngulur plotësisht në truall me kushte të mbërthimit të lirë në kokë dhe të lirë në maje, (f-f)

$$[A + \lambda B] = 0 \quad (2.222)$$

Prandaj, $\det |A + \lambda B| = 0$ mund të përdoret për të caktuar λ .

Vlerat vetjake të problemit janë $\lambda = PL^2/EI(n-1)^2$ si dhe mund të caktohen përmes softwareve matematikore të ndryshme (këtu autorja ka përdorur softwarin MATLAB). Forca kritike e epjes së pilotës do të jetë $P_{krit(f-f)} = \lambda \cdot EI \cdot (n-1)^2 / L^2$ (P_{krit} është forca e epjes së pilotës me vlerë më të vogël).

Për të caktuar gjatësinë e epjes së pilotës, barazojmë forcën e Eulerit për shtyllën nga materiali elastik, P_E me forcën kritike të epjes së pilotës, (f-f):

$$\pi^2 EI / (\beta L)^2 = \lambda \cdot EI \cdot (n-1)^2 / L^2 \quad (2.223)$$

$$\beta = \pi / \sqrt{\lambda} \cdot (n-1) \quad (2.224)$$

ku është:

β - raport i gjatësisë ekuivalente, L_0

Duke shfrytëzuar Metodën e Diferencave të Fundme si dhe softwarin MATLAB, autorja ka llogaritur forcën kritike të epjes së pilotës, (p-p) me $D=0.3m$, $C25/30$, $L=8m$, $k=1000kN/m^2$ dhe $n_h=1000kN/m^3$ dhe rezultatet e fituara janë treguar në Fig.2.23. Për rastin kur pilota ndahet në tetë segmente të barabarta ($n=8$), forca kritike e epjes së pilotës është $P_{krit(p-p)}=13860 kN$ (Fig. 2.23). Me rritjen e numrit të segmenteve ndarëse deri në $n=100$, vlera e forces kritike të epjes së pilotës konvergjon në drejtim të vlerës $P_{krit}=1.406 \cdot 10^4 kN$.

Metoda e Diferencave të Fundme është një metodë efektive e llogaritjes së forcës kritike të epjes së pilotës. Saktësia e kësaj metode rritet me rritjen e numrit të segmenteve në të cilat ndahet pilota si dhe për llogaritje të forcës kritike të epjes së pilotës sipas kësaj metode është e domosdoshme të përdoret ndonjë softwar.

Si disavantazh të Metodës së Diferencave të Fundme mund të konsiderohet dhënja e vlerave numerike të funksionit të panjohur në pikat diskrete në vend të një shprehje analitike që do të ishte e vlefshme për tërë sistemin. Nëse është e nevojshme një shprehje analitike, atëherë ajo do të merrej nga përshtatja e një kurbe, vlerave diskrete të fituara nga zgjidhja.

Te kjo metodë, të metat janë më të theksuara kur kemi të bëjmë me problemin e shqyrtimit të ekuilibrit se sa me problemin e vlerave vetjake sepse relacionet janë në përgjithësi të zbatueshme për forcën kritike të epjes.

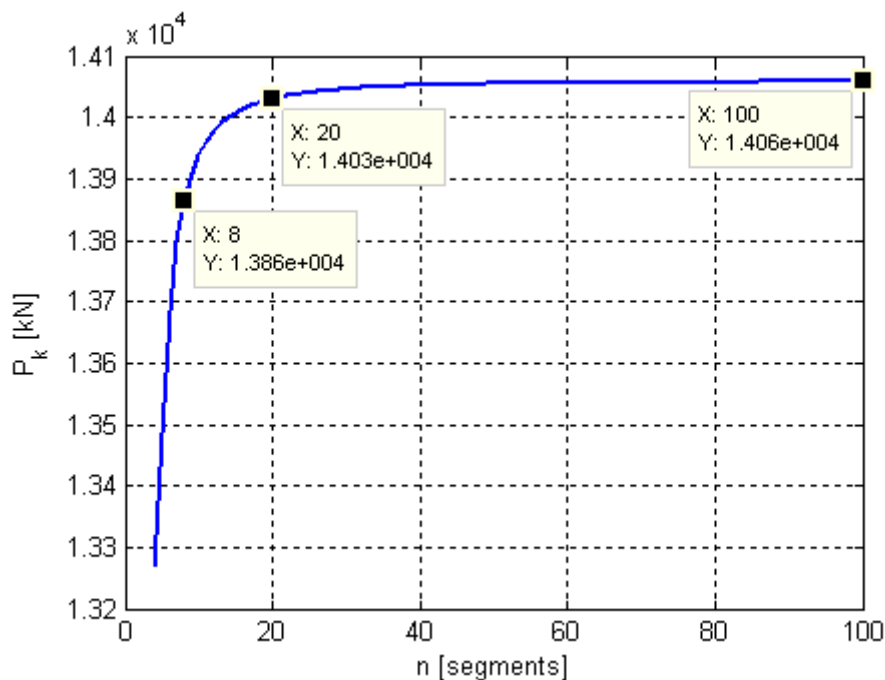


Figura 2.23 – Varësia e forcës së epjes së pilotës (p-p), diametër, $D=0.3m$ klasë të betonit, C25/30 gjatësi, $L=8m$ modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_0=1000kN/m^2$ konstante të reaksionit të dheut, $n_h=1000kN/m^3$ me numër të segmenteve në të cilat pilota ndahet, "n" (llogaritur sipas softwarit MATLAB)

2.2.5.2 Ndikimi i shtangësisë së tokës në forcën e epjes së pilotës sipas Metodës së Diferencave të Fundme për rastin kur pilota është e ngulur plotësisht në tokën me shtangësi e cila rritet linearisht me thellësi $k=k_0+n_h \cdot x$ për rastin kur $k_0=\text{konst.}$ ndërsa n_h ndryshon.

Për llogaritjen e ndikimit të shtangësisë së tokës në forcën e epjes së pilotës të ngulur plotësisht në tokë dhe të ngarkuar vetëm me forcë aksiale në shtypje, autorja ka shfrytëzuar softwarin MATLAB. Për shqyrtim është marrë pilota nga betoni i armuar me kushte të mbërthimit sharnjerë në kokë-sharnjerë në maje, (p-p) me diametër, $D=0.3m$ dhe klasë të betonit, C25/30. Supozojmë që ngarkesa aksiale përgjatë gjatësisë së pilotës është konstante dhe aksi i saj fillimisht është i drejtë.

Për rastin e parë të shqyrtuar, moduli i reaksionit horizontal të dheut është përvetësuar $k_0=1000 kN/m^2$ ndërsa konstanta e reaksionit horizontal të dheut është marrë $n_h=0.0 kN/m^3$. Pra kemi të

bëjmë me një pilotë të ngulur plotësisht në dhera me kohezion – dhera argjilore për të cilat moduli i reaksionit të dherave është konstant përgjatë tërë gjatësisë së pilotës. Rezultatet e fituara përmes softwarit MATLAB janë dhënë në (Fig.2.24).

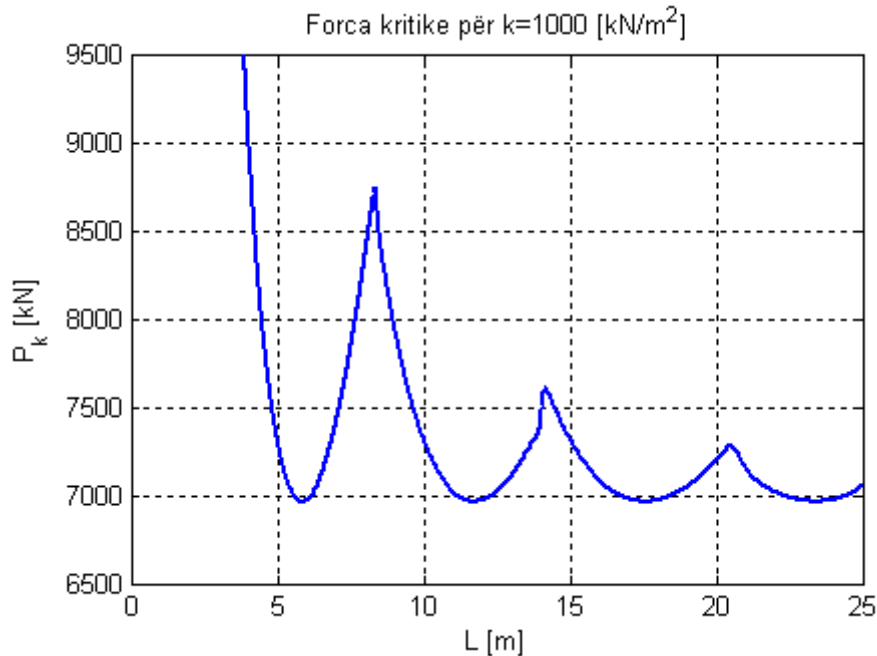


Figura 2.24 – Varësia e forcës kritike të epjes së pilotës, $P_{krit(p-p)}$ dhe gjatësisë së pilotës, L . Pilota ka kushte të mbërthimit sharnjerë në maje – sharnjerë në kokë, diametër, $D=0.3m$ klasë të betonit, $C25/30$ dhe është e ngulur plotësisht në dhera me modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_0=1000kN/m^2$ dhe konstante të reaksionit horizontal të dheut, $n_h=0.0kN/m^3$ (sipas softwarit MATLAB).

Në (Fig. 2.24) është dhënë varësia e forcës së epjes së pilotës ($p-p$), $P_{krit(p-p)}$ dhe gjatësisë së saj, L . Për këtë rast të pilotës me kushte të mbërthimit sharnjerë në kokë-sharnjerë në maje, ($p-p$) pilota deformohet në formë të gjysmë-valës së sinusoidës, me numër të valëve në varësi të gjatësisë totale të pilotës. Pilota me gjatësi $L=5m$ deformohet me një gjysmë-valë të sinusoidës derisa pilota ($p-p$), me gjatësi, $L=25m$ deformohet me katër gjysmë-vala të sinusoidës (Fig. 2.25).

Për rastin e pilotës së analizuar, ($p-p$) (Fig. 2.24) vërejmë se me rritjen e gjatësisë së pilotës, L forca e epjes bëhet tangjentë me drejtëzën $P_{krit(p-p)} \approx 7000kN$ dhe çdo herë kjo forcë është më e madhe se forca e epjes së shtyllës nga material elastik - Forca e Eulerit $P_{E(p-p)} = EI \cdot \pi^2 / L^2 = 191,5kN$ për shkak të kufizimeve anësore të shkaktuara nga toka përreth pilotës.

Si rast i dytë i analizuar është rasti i pilotës me shtangësi dhe kushte konturore të njëjta si rasti i mësipërm por moduli i reaksionit horizontal të dherave është përvetësuar $k_0=1000kN/m^2$ ndërsa konstanta e reaksionit horizontal të dherave është marrë $n_h=1000kN/m^3$. Pra kemi të bëjmë me rastin e një pilote (p-p) të ngulur në dhera argjilore të thata normalisht të ngarkuara. Rezultatet e fituara të forcës kritike të epjes së pilotës (p-p) janë dhënë në Fig.2.26.

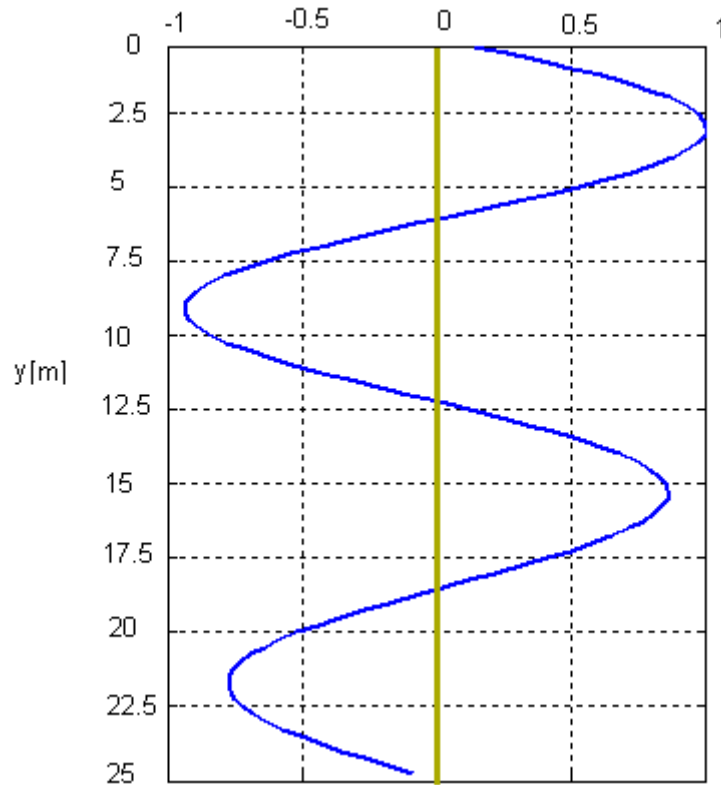


Figura 2.25 – Forma themelore modale e epjes së pilotës me kushte të mbërthimit sharnjerë në kokë dhe sharnjerë në maje, (p-p) diametër, $D=0.3m$ klasë të betonit, C25/30 gjatësi, $L=25m$ dhe shtangësi të tokës $k=1000kN/m^2$ dhe $n_h=0.0 kN/m^3$ (sipas softwarit MATLAB).

Me rritjen e gjatësisë së pilotës, forca kritike e epjes së pilotës (p-p), konvergjon në vlerën $P_{krit(p-p)} \approx 1.437 \cdot 10^4 kN$. Kjo vlerë është përafërsisht dy herë më e madhe se vlera e forcës kritike të epjes së pilotës (p-p), e cila është e ngulur në tokë me shtangësi $k_0=1000kN/m^2$ dhe $n_h=0.0 kN/m^3$ ($P_{krit(p-p)} \approx 7000kN$). Po ashtu pilota deformohet në formë të gjysmë-valës së sinusoidës, me numër të valëve në varësi të gjatësisë totale të pilotës, pilota me gjatësi $L=5m$ deformohet me një gjysmë-valë të sinusoidës, për $L=8m$ pilota deformohet me dy gjysmë-vala të sinusoidës dhe për $L=10m$ pilota deformohet me tri gjysmë-vala të sinusoidës.

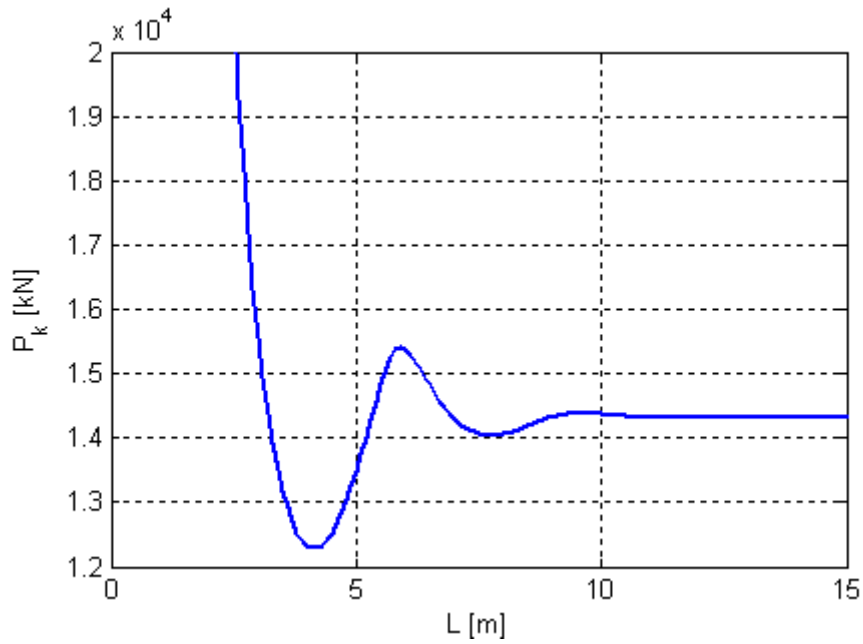


Figura 2.26 – Varësia e forcës kritike të epjes së pilotës dhe gjatësisë së pilotës, L me kushte të mbërthimit sharnjerë në kokë–sharnjerë në maje, (p-p) diametër, $D=0.3\text{m}$ klasë të betonit, C25/30 dhe shtangësi të tokës $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe $n_h=1000\text{kN/m}^3$ e llogaritur sipas softwarit MATLAB.

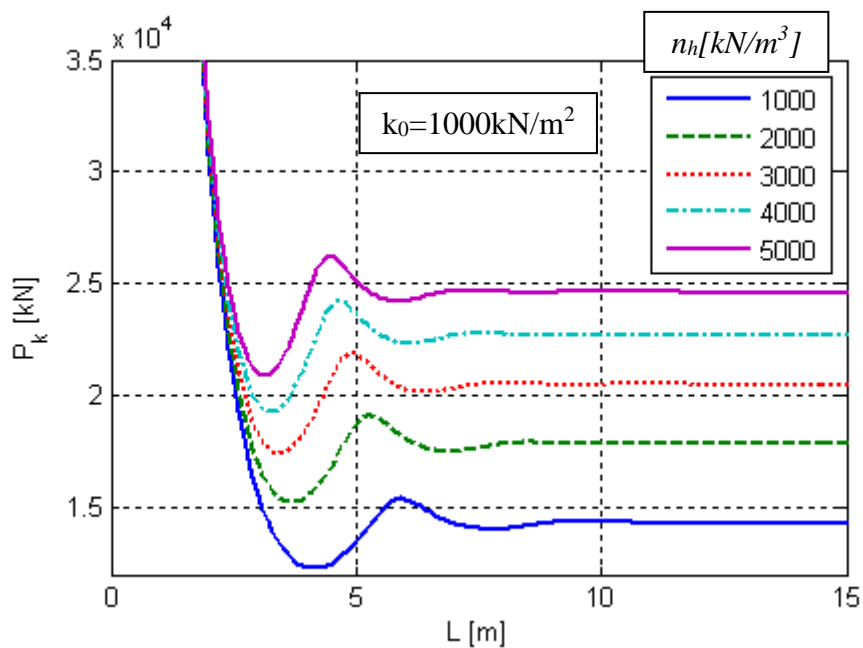


Figura 2.27 – Diagramet e forcave të epjes së pilotës me kushte të mbërthimit sharnjerë në kokë–sharnjerë në maje, (p-p) diametër, $D=0.3\text{m}$ klasë të betonit, C25/30 gjatësi, L shtangësi të tokës $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe $n_h=1000\text{kN/m}^3$, $n_h=2000\text{kN/m}^3$, $n_h=3000\text{kN/m}^3$, $n_h=4000\text{kN/m}^3$ dhe $n_h=5000\text{kN/m}^3$ të llogaritura sipas softwarit MATLAB.

Në Fig. 2.27 janë dhënë vlerat e forcave të epjes të llogaritura sipas softwarit MATLAB për të njëjtën pilotë si në rastet e mësipërme, e cila është e ngulur plotësisht në dhera me modul të reaksionit horizontal, $k_0=1000\text{kN/m}^2$ ndërsa konstanta e reaksionit horizontal të dherave merret e ndryshueshme, $n_h=(1000, 2000, 3000, 4000, 5000)\text{kN/m}^3$. Nga diagramet e forcave të epjes që janë dhënë në funksion të gjatësisë së pilotës, L (Fig. 2.27) vërejmë se format e epjes ndryshojnë në mes vete me rritjen e gjatësisë së pilotës si dhe po ashtu kemi një rritje të forcës së epjes me rritjen e vlerës së konstantës së reaksionit horizontal të dherave, n_h .

2.2.5.3 Efektet e rritjes së vlerave të modulit të reaksionit të dheut, k_0 në forcën e epjes së pilotës kur konstanta e reaksionit të dheut mbahet konstant, n_h =konstant

Në (Fig. 2.28) janë dhënë diagramet hapësirore të forcave të epjes $P_{krit(p-p)}$ së pilotës (p-p) me diametër, $D=0.3\text{m}$ dhe klasë të betonit, C25/30, në funksion të gjatësisë së pilotës, L , për rastin kur konstanta e reaksionit të dheut është $n_h=1000\text{kN/m}^3$ ndërsa moduli i reaksionit horizontal të dherave është $k_0=(1000,2000,3000,4000,5000)\text{kN/m}^2$.

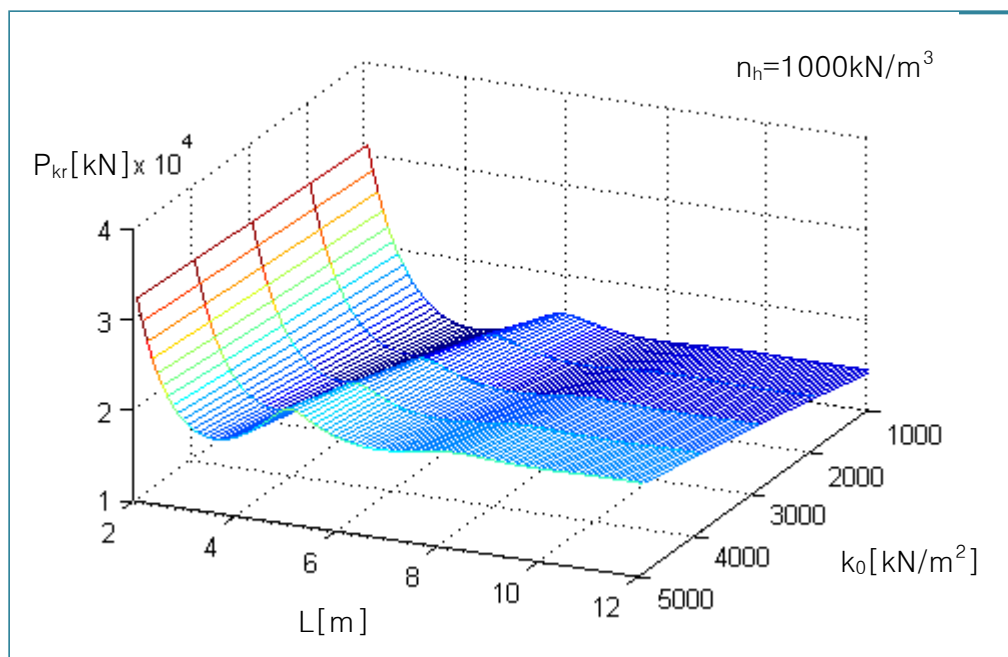


Figura 2.28 – Diagramet hapësirore të forcave të epjes së pilotës (p-p), diametër, $D=0.3\text{m}$ klasë të betonit, C25/30, gjatësi, L modul të reaksionit horizontal të dherave, $k_0=1000,2000,3000,4000,5000\text{kN/m}^2$ dhe $n_h=1000\text{kN/m}^3$ (sipas softwarit MATLAB).

Edhe për këto raste forcat e epjes rriten me rritjen e modulit horizontal të reaksionit të dheut, k_0 derisa konstanta e reaksionit horizontal të dheut, n_h mbahet konstant (Fig. 2.29).

Duke bërë krahasimin e diagrameve të dhëna në (Fig.2.27) me ato në (Fig.2.29), autorja konkludon se vlerat e forcave të epjes së pilotës (p-p), $P_{krit(p-p)}$ janë më të mëdha për rastet për të cilat $k_0=1000kN/m^2$ dhe $n_h=(0,1000,2000,3000,4000,5000)kN/m^3$ krahasuar me rastet $n_h=1000kN/m^3$ dhe $k_0=(0,1000,2000,3000,4000,5000)kN/m^2$.

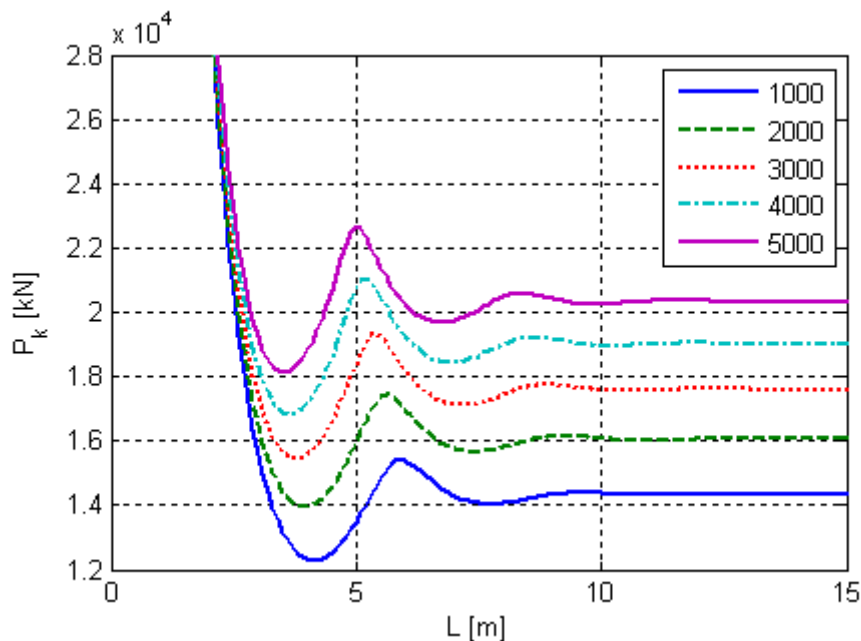


Figura 2.29 – Diagramet e forcave të epjes së pilotës (p-p), me diametër, $D=0.3m$, klasë të betonit, C25/30 gjatësi, L modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_0=1000kN/m^2$, $2000kN/m^2$, $3000kN/m^2$, $4000kN/m^2$, $5000kN/m^2$ dhe $n_h=1000kN/m^3$ (llogaritur sipas softwarit MATLAB).

Format themelore modale të epjes së pilotës ndryshojnë në funksion të gjatësisë kur shtangësia e tokës mbetet e pandryshuar apo ndryshon. Në Fig. 2.30 dhe Fig. 2.31 janë dhënë format themelore modale të epjes së pilotës (p-p), me gjatësi $L=5m$ dhe $L=10m$ dhe modul të reaksionit të tokës që rritet linearisht me gjatësi të pilotës ($n_h=1000 kN/m^3$) ndërsa në Fig. 2.30 dhe Fig. 2.31 është dhënë ndryshimi i formave themelore modale të epjes së pilotës (p-p), gjatësi $L=25m$ kur shtangësia e tokës ndryshon me thellësi nga forma trekëndëshe në formën trapezoidale.

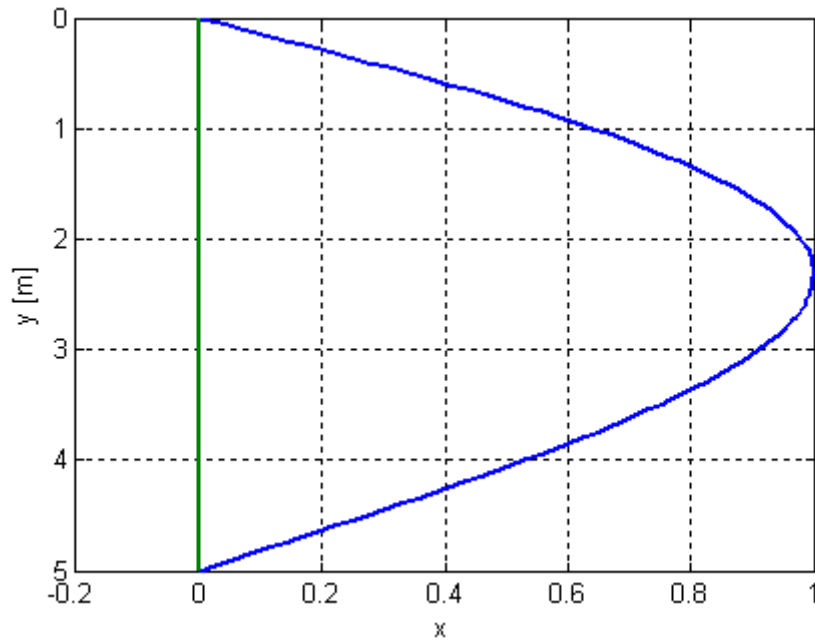


Figura 2.30 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (p-p), gjatësi, $L=5m$ diametër, $D=0.3m$ klasë të betonit, C25/30 e ngulur plotësisht në dhera me modul të reaksionit të dheut, $k_0=0.0kN/m^2$ dhe konstnte e reaksionit të dheut, $n_h=1000kN/m^3$.

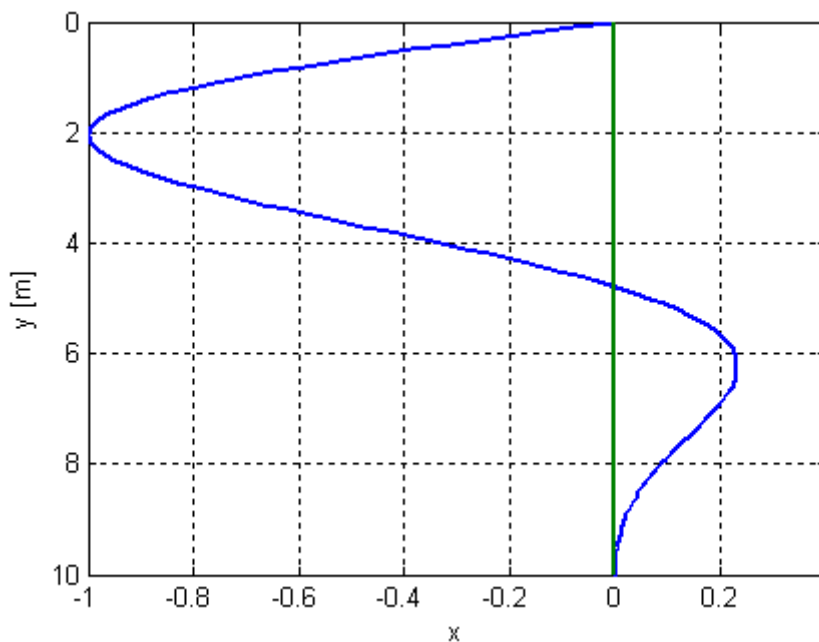


Figura 2.31 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (p-p), gjatësi $L=10m$ e ngulur plotësisht në dhera me modul të reaksionit të dheut, $k_0=0.0kN/m^2$ dhe konstante e reaksionit të dheut, $n_h=1000kN/m^3$.

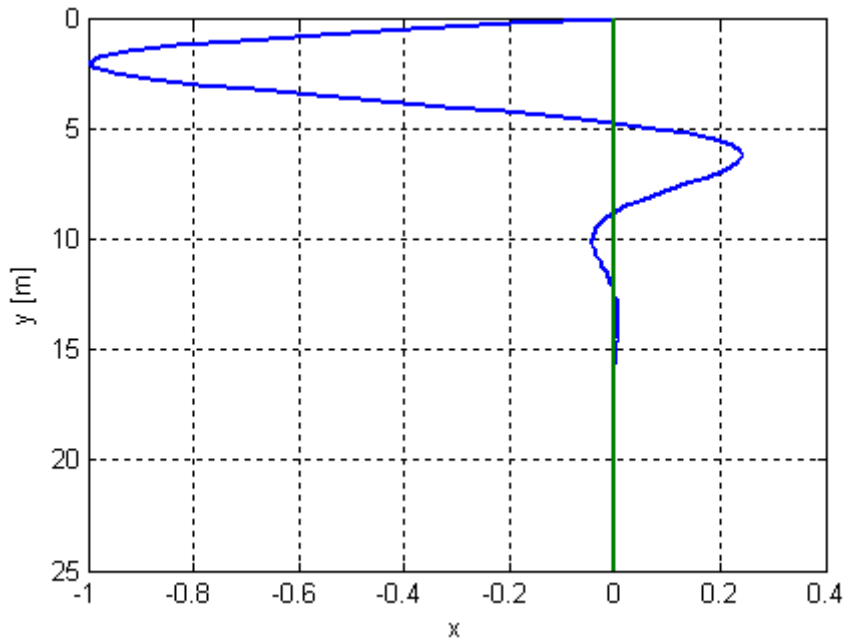


Figura 2.32 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (p-p), gjatësi, $L=25m$ e ngulur plotësisht në dhera me modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_0=0.0kN/m^2$ dhe konstante të reaksionit të dheut, $n_h=1000kN/m^3$.

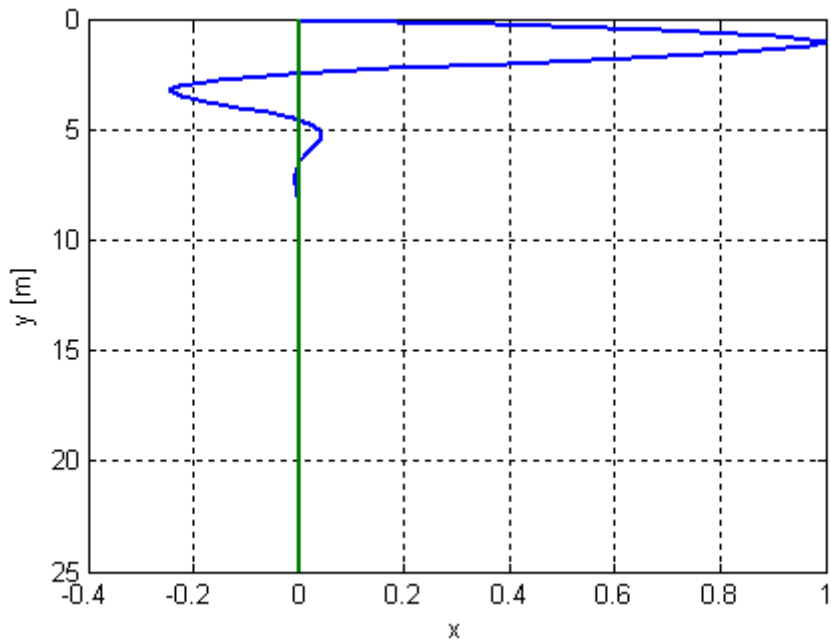


Figura 2.33 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (p-p), gjatësi, $L=25m$ e ngulur plotësisht në dhera me modul të reaksionit të dheut, $k_0=1000kN/m^2$ dhe konstante të reaksionit të dheut, $n_h=25000kN/m^3$.

2.2.5.4 Ndikimi i kushteve të mbërthimit të pilotës në forcën e epjes, llogaritur sipas softwarit MATLAB

Duke shfrytëzuar për llogaritje softwarin MATLAB si dhe duke përvetësuar pilotën me diametër, $D=0.3\text{m}$ klasë të betonit, C20/25 dhe gjatësi të ndryshueshme, L është analizuar ndikimi i këtyre kushteve të mbërthimit të pilotës në forcën e epjes së saj:

1. $(p-p)$ – sharnjerë në kokë dhe sharnjerë në maje
2. $(F-F)$ – inkastrim në kokë dhe inkastrim në maje
3. $(f-F)$ – e lirë në kokë dhe inkastrim në maje
4. $(f-p)$ – e lirë në kokë dhe sharnjerë në maje
5. $(f-f)$ – e lirë në kokë dhe e lirë në maje të pilotës,
6. (f_t-p) – inkastrim me mundësi të zhvendosjes translatore në kokë dhe sharnjerë në maje
7. (f_t-F) – inkastrim me mundësi të zhvendosjes translatore në kokë dhe inkastrim në maje.

Janë përvetësuar këto karakteristika gjeomekanike të dherave:

a) Moduli i reaksionit horizontal të dheut është përvetësuar me vlerë konstante $k_0=1000\text{kN/m}^2$ ndërsa konstanta e reaksionit horizontal është marrë vlerë e ndryshueshme $n_h=(0,1000,2000,3000,4000,5000,10000)\text{ kN/m}^3$ dhe

b) Konstanta e reaksionit horizontal të dheut është përvetësuar si vlerë konstante $n_h=1000\text{kN/m}^3$ ndërsa moduli i reaksionit horizontal të dheut është marrë vlerë e ndryshueshme $k_0=(0,1000,2000,3000,4000,5000,10000)\text{kN/m}^2$.

2.2.5.4.1 Pilota e inkastruar në kokë dhe e inkastruar në maje, (F-F)

Nga (Fig. 2.34) vërejmë se me rritjen e gjatësisë së pilotës kemi një rënje mjaft të madhe të forcës së epjes së pilotës e cila është e inkastruar në kokë dhe e inkastruar në maje, (F-F) dhe e cila është e ngulur plotësisht në dhera me kohezion (argjilë). Si në rastin kur konstanta e reaksionit të dheut, n_h rritet duke mbajtur konstant modulin e reaksionit të dheut, k_0 (Fig. 2.35), po ashtu edhe në rastin e kundërt (Fig. 2.36), forcat kritike të epjes së pilotës (F-F), rriten.

Duke bërë krahasimin e diagrameve të dhëna në (Fig. 2.35) me ato në (Fig. 2.36), autorja konkludon se forcat e epjes së pilotës, (F-F) janë më të mëdha për rastet kur $k_0=1000\text{kN/m}^2$

dhe $n_h=(1000,2000,3000,4000,5000)kN/m^3$ në krahasim me rastet kur $n_h=1000 kN/m^3$ dhe $k_0=(1000,2000,3000,4000,5000)kN/m^2$. Për shembull për pilotën (F-F), me diametër, $D=0.3m$ klasë të betonit, C25/30 për rastin kur $n_h =5000kN/m^3$ dhe $k_0=1000 kN/m^2$, vlera e forcës së epjes së pilotës me gjatësi $L>10m$ është $P_{krit,1}=3.5 \cdot 10^4 kN$ (Fig. 2.35), ndërsa po për të njejtën pilotë me të njejtja karakteristika gjeometrike por me $n_h =1000kN/m^3$ dhe $k_0=5000kN/m^2$, (Fig. 2.36) forca e epjes së pilotës është $P_{krit,2}=2.5 \cdot 10^4 kN$ ($P_{krit,2} < P_{krit,1}$) që do të thotë se në rritjen e forcës së epjes së pilotës (F-F) ndikon më shumë rritja e konstantës së reaksionit të dheut, n_h se sa rritja e modulit të reaksionit të dheut, k_0 .

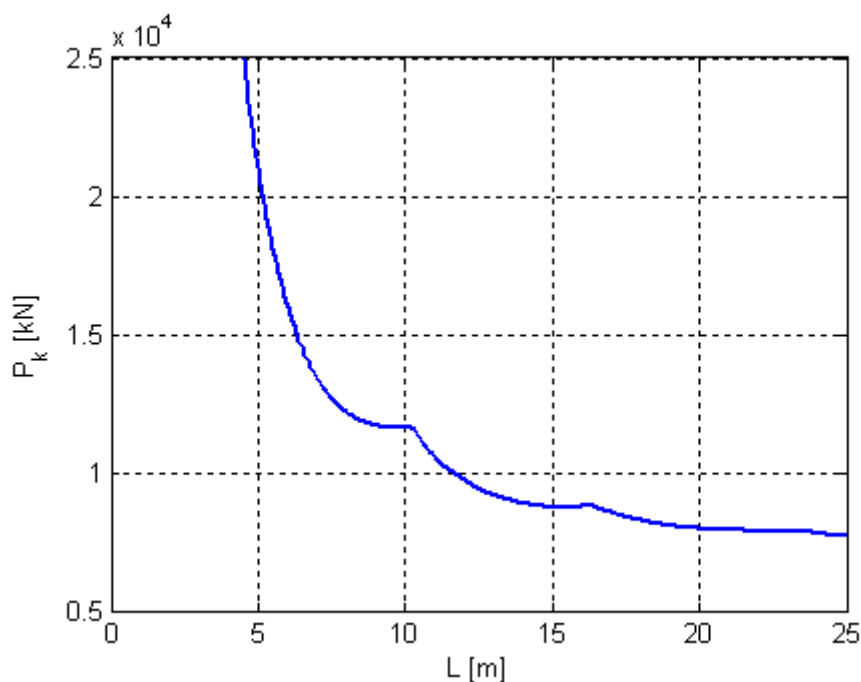


Figura 2.34 – Forca e epjes së pilotës (F-F), diametër, $D=0.3m$ klasë të betonit, C25/30 dhe gjatësi, L të ngulur plotësisht në dhera me modul horizontaltë reaksionit të dheut, $k_0=1000kN/m^2$ dhe konstante të reaksionit horizontal të dheut, $n_h=0.0kN/m^3$ (llogaritur sipas softwarit MATLAB).

Format themelore modale të epjes së pilotës me kushte të mbërthimit në kokë e inkastruar dhe në maje e inkastruar, (F-F) ndryshojnë varësisht nga gjatësia e pilotës (Fig. 2.37, Fig. 2.38 dhe Fig. 2.39).

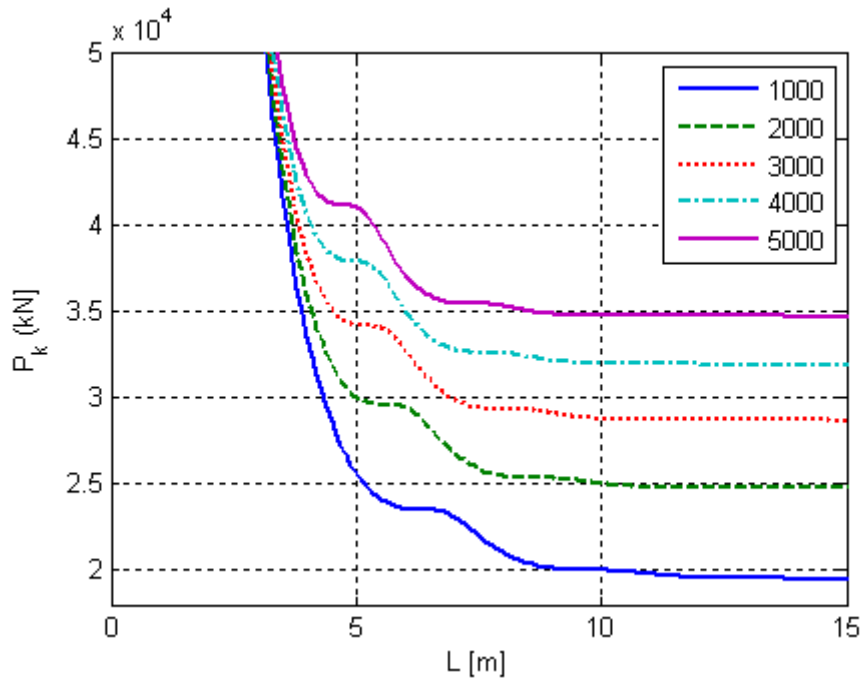


Figura 2.35 – Diagramet e forcave të epjes së pilotës (F-F), diametër, $D=0.3\text{m}$ klasë të betonit, C25/30 gjatësi, L të ngulur plotësisht në dhera me konstante të reaksionit horizontal të dheut, $n_h=(1000,2000,3000,4000,5000)\text{kN/m}^3$ dhe modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_0=1000\text{kN/m}^2$ (llogaritur sipas softwarit MATLAB).

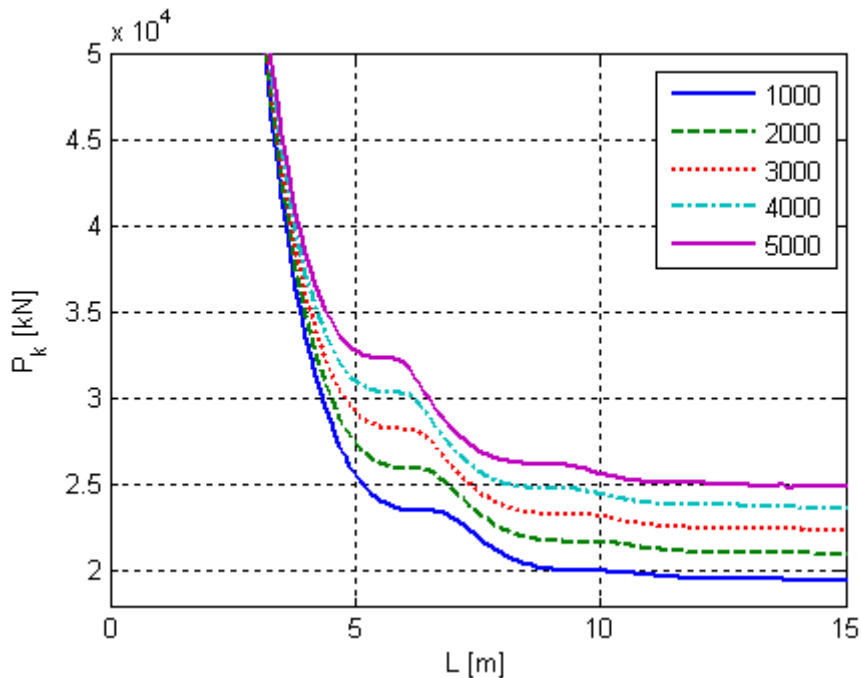


Figura 2.36 – Diagramet e forcave të epjes së pilotës (F-F), diametër, $D=0.3\text{m}$ klasë të betonit, C25/30 gjatësi, L të ngulur plotësisht në dhera me $k_0=1000,2000,3000,4000,5000\text{kN/m}^2$ dhe $n_h=1000\text{kN/m}^3$ (sipas softwarit MATLAB).

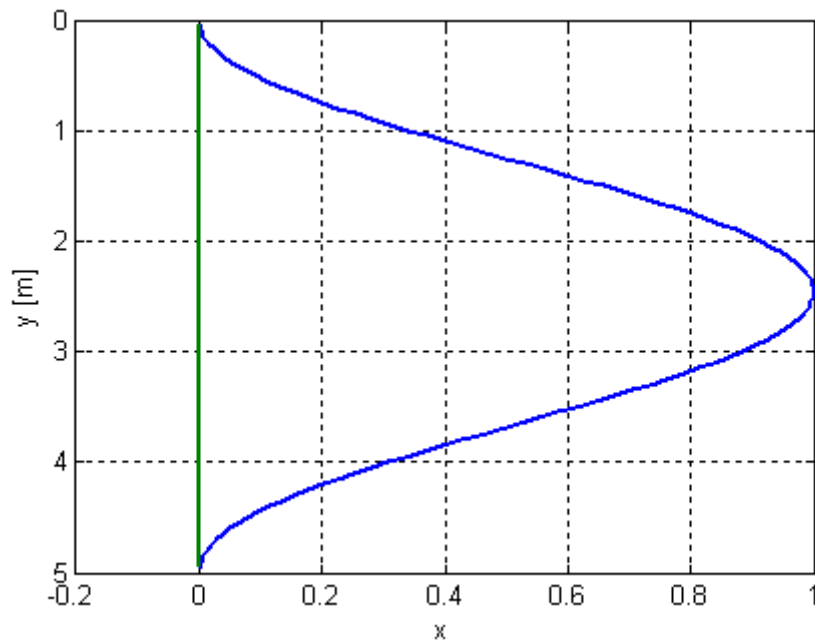


Figura 2.37 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (F-F), gjatësi, $L=5\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me modul horizontal të reaksionit të dheut, $k_o=1000\text{kN/m}^2$ dhe konstante të reaksionit të dheut, $n_h=1000\text{kN/m}^3$.

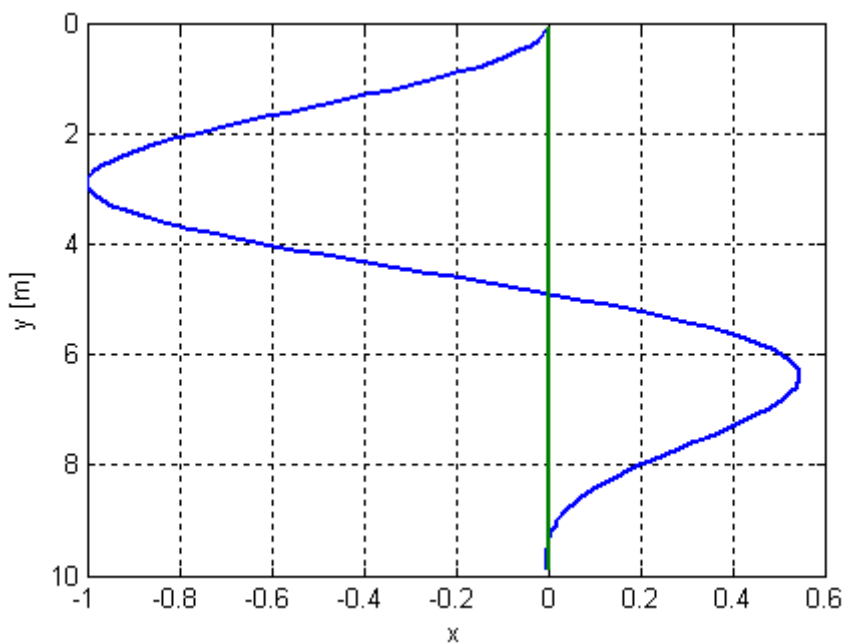


Figura 2.38 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (F-F), gjatësi, $L=10\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_o=1000\text{kN/m}^2$ dhe konstante të reaksionit të dheut, $n_h=1000\text{kN/m}^3$.

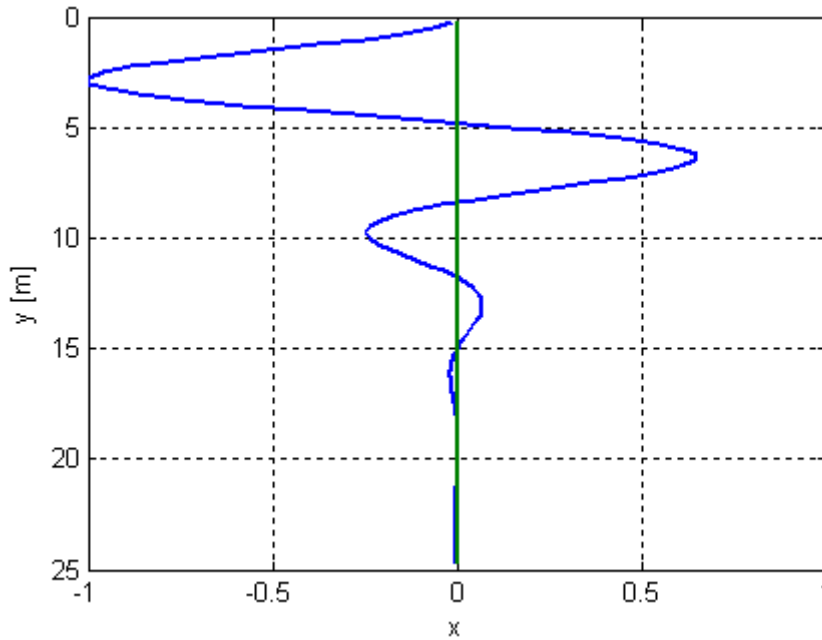


Figura 2.39 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (F-F), gjatësi, $L=25m$ e ngulur plotësisht në dhera me modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_0=1000kN/m^2$ dhe konstante të reaksionit të dheut, $n_h=1000kN/m^3$.

2.2.5.4.2 Pilota e lirë në kokë dhe e inkastruar në maje, (f-F)

Në Fig. 2.40 është dhënë diagrami i forcave të epjes së pilotës të llogaritura sipas softwarit MATLAB duke u bazuar në Metodën e Diferencave të Fundme, ku për shqyrtim është përvetësuar pilota nga betoni i armuar me kushte të mbërthimit e lirë në kokë dhe e inkastruar në maje, (f-F) diametër, $D=0.3m$ dhe klasë të betonit, C25/30. Diagramet e forcave të epjes janë dhënë në funksion të gjatësisë së pilotës, L .

Për rastin e parë, kur moduli i reaksionit të dheut përvetësohet $k_0=1000kN/m^2$ ndërsa konstanta e reaksionit të dheut, $n_h=0.0kN/m^3$, vlera e forcës së epjes së pilotës (f-F) zvogëlohet me rritjen e gjatësisë së saj ashtu që për $L \geq 15m \rightarrow P_{krit} \approx 3500kN$ (Fig. 2.40).

Për pilotën me kushte të mbërthimit e lirë në kokë dhe e inkastruar në maje, (f-F), në rastin e dytë (Fig. 2.41) autorja ka analizuar ndryshimin e forcës së epjes në varshmëri të rritjes së konstantës së reaksionit të dheut, $n_h=(0,1000,2000,5000,10000)kN/m^3$ duke mbajtur konstant modulën e reaksionit të dheut, $k_0=1000kN/m^2$. Nga (Fig. 2.41), për pilotën (f-F), gjatësi, $L=15m$ lexojmë forcën e epjes për rastin kur $n_h=1000kN/m^3$ dhe $k_0=1000kN/m^2$ dhe është $P_{krit(f-F)}=4870kN$ ndërsa po për të njëjtën pilotë por me $n_h=2000kN/m^3$ dhe $k_0=1000kN/m^2$ forca e

epjës është $P_{krit(f-F)}=5652kN$, pra me rritjen e konstantës së reaksionit të dheut, n_h për 100% duke mbajtur konstant modulën e reaksionit të dheut, k_0 forca e epjes së pilotës (f-F), gjatësi, $L=15m$ rritet për 16%.

Në rastin e tretë (Fig. 2.42) për pilotën (f-F), autorja ka analizuar ndryshimin e forcës së epjes kur moduli i reaksionit të dheut rritet, $k_0=(0,1000,2000,5000,10000)kN/m^2$ ndërsa konstanta e reaksionit të dheut, $n_h=1000kN/m^3$ mbahet e pandryshuar. Nga (Fig. 2.42), për pilotën (f-F), gjatësi, $L=15m$ lexojmë forcën e epjes $P_{krit(f-F)}=4870kN$ për rastin kur $n_h=1000kN/m^3$ dhe $k_0=1000kN/m^2$, ndërsa për të njejtën pilotë por me $n_h=1000kN/m^3$ dhe $k_0=2000kN/m^2$ forca e epjës është $P_{krit(f-F)}=6000kN$ që do të thotë se me rritjen e modulit të reaksionit të dheut, k_0 për 100% duke mbajtur konstant konstantën e reaksionit të dheut, n_h forca e epjes së pilotës (f-F), gjatësi, $L=15m$ rritet për 23.2%.

Në rritjen e forcës së epjes së pilotës (f-F), më shumë ndikon rritja e modulit të reaksionit të dheut, k_0 se sa rritja e konstantës së reaksionit të dheu, n_h .

Format themelore modale të epjes së pilotës (f-F), e cila është e ngulur plotësisht në tokë me modul të reaksionit të dheut, $k_0=1000kN/m^2$ dhe konstantë të reaksionit të dheut, $n_h=1000kN/m^3$ janë dhënë për gjatësi të pilotës, $L=3m$ (Fig. 2.43), $L=5m$ (Fig. 2.44), $L=8m$ (Fig. 2.45), $L=10m$ (Fig. 2.46) dhe $L=25m$ (Fig. 2.47).

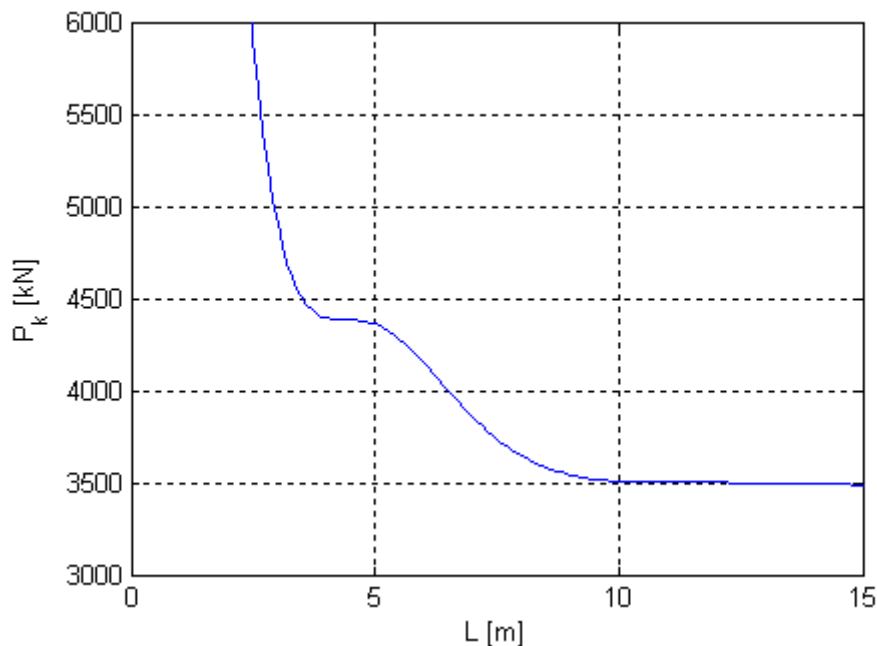


Figura 2.40 – Forca e epjes së pilotës (f-F), diametër, $D=0.3m$ klasë të betonit, C25/30 me modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_0=1000kN/m^2$ (Ilogaritur me softwarin MATLAB).

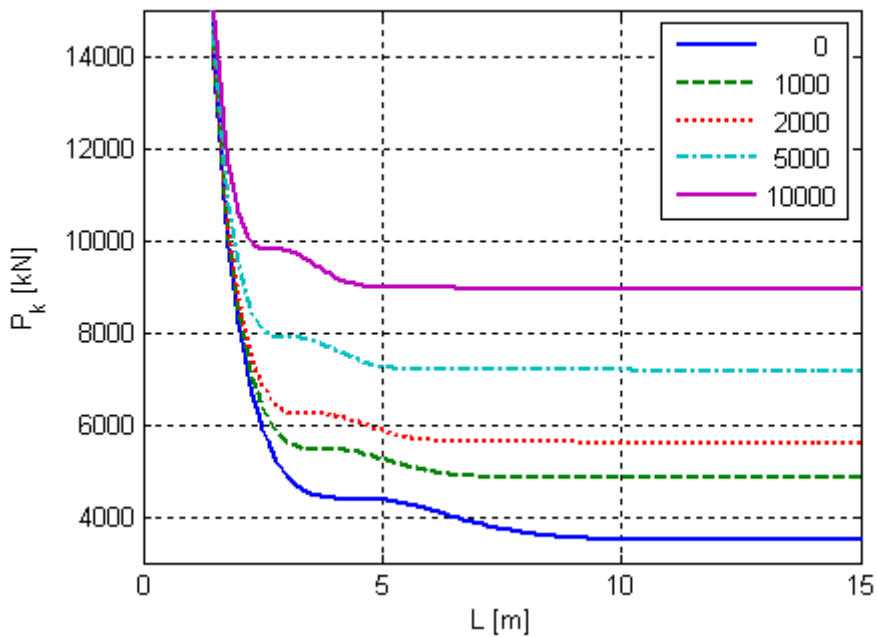


Figura 2.41 – Diagramet e forcave të epjes së pilotës (f-F), diametër, $D=0.3\text{m}$ klasë të betonit, C25/30 gjatësi, L konstantë të reaksionit të dheut, $n_h=(0,1000, 2000,5000,10000)\text{kN/m}^3$ dhe modul të reaksionit të dheut, $k_0=1000\text{kN/m}^2$.

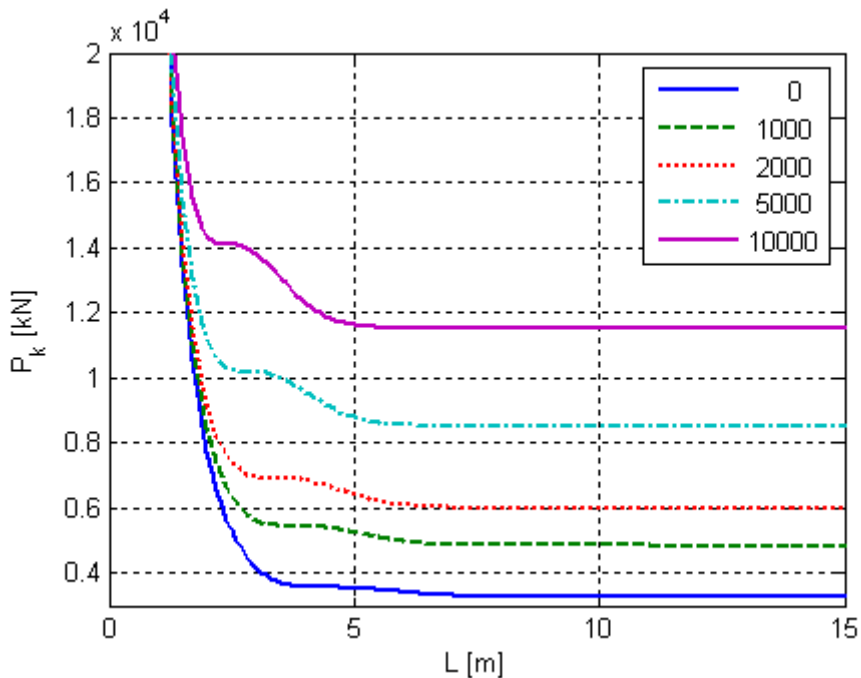


Figura 2.42 – Diagramet e forcave të epjes së pilotës (f-F), diametër, $D=0.3\text{m}$ klasë të betonit, C25/30 gjatësi, L modul të reaksionit të dheut, $k_0=(0,1000,2000,5000,10000)\text{kN/m}^2$ dhe konstantë të reaksionit të dheut, $n_h =1000\text{kN/m}^3$.

Format themelore modale të epjes së pilotës, (f-F) ndryshojnë varësisht nga gjatësia e pilotës (Fig. 2.43, Fig. 2.44, Fig. 2.45, Fig. 2.46 dhe Fig. 2.47).

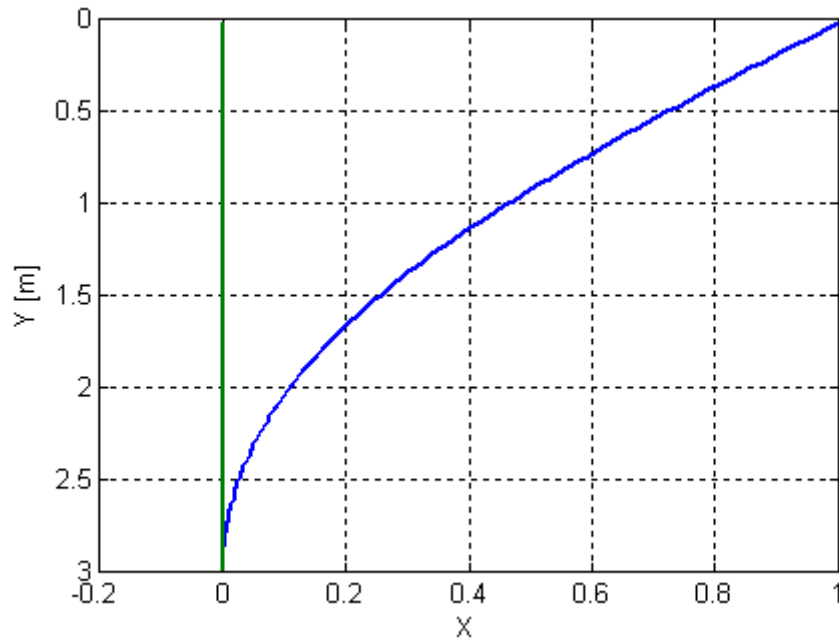


Figura 2.43 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (f-F), gjatësi, $L=3\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe $n_h=1000\text{kN/m}^3$.

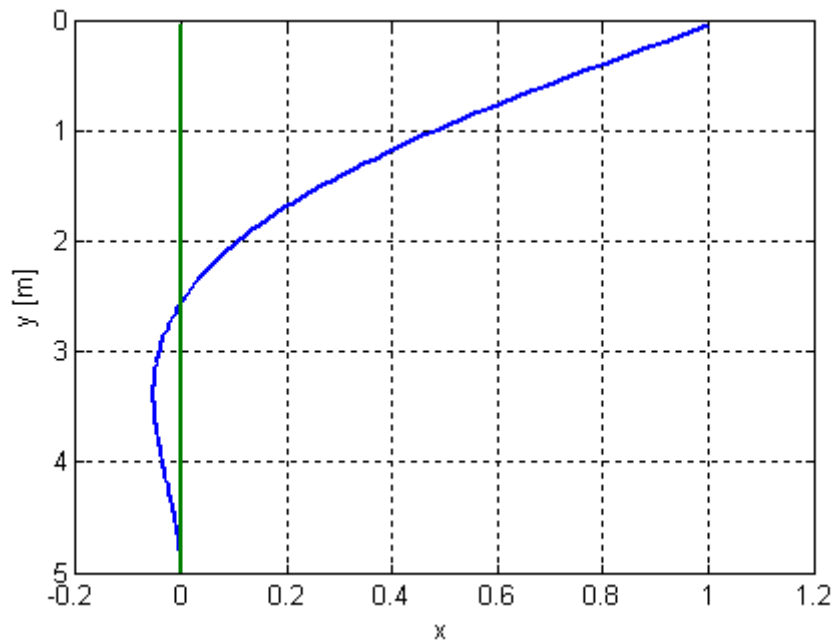


Figura 2.44 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (f-F), gjatësi, $L=5\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe $n_h=1000\text{kN/m}^3$.

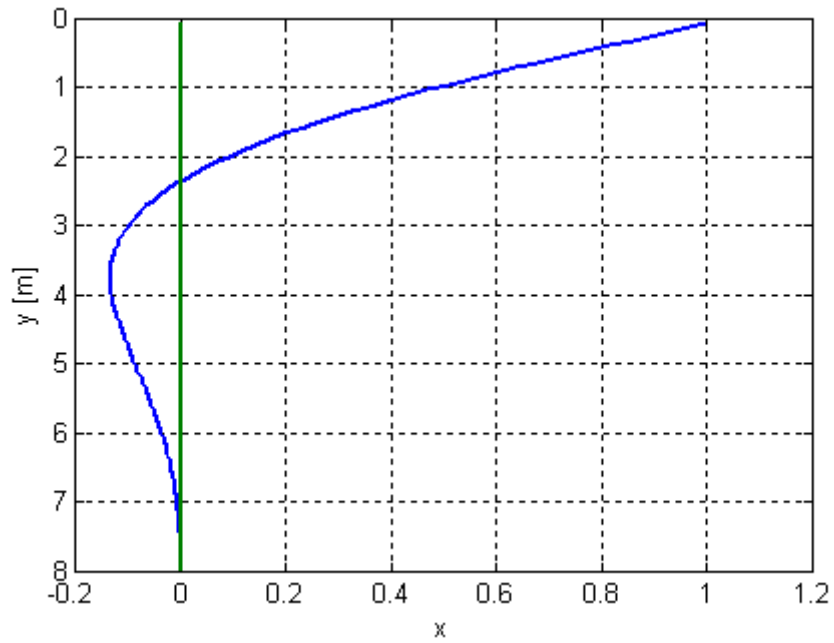


Figura 2.45 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (f-F), gjatësi, $L=8\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe $n_h=1000\text{kN/m}^3$.

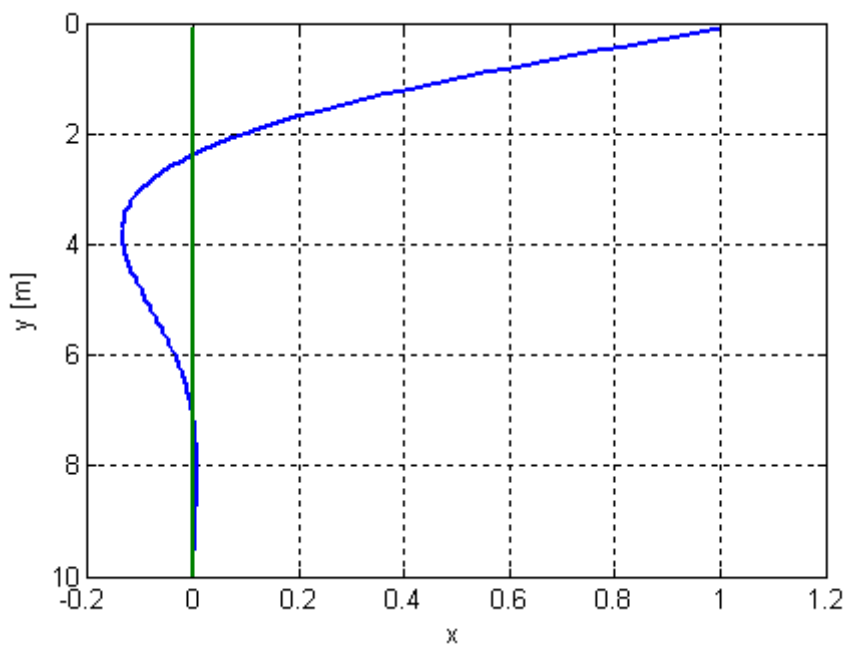


Figura 2.46 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (f-F) gjatësi, $L=10\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe $n_h=1000\text{ kN/m}^3$.

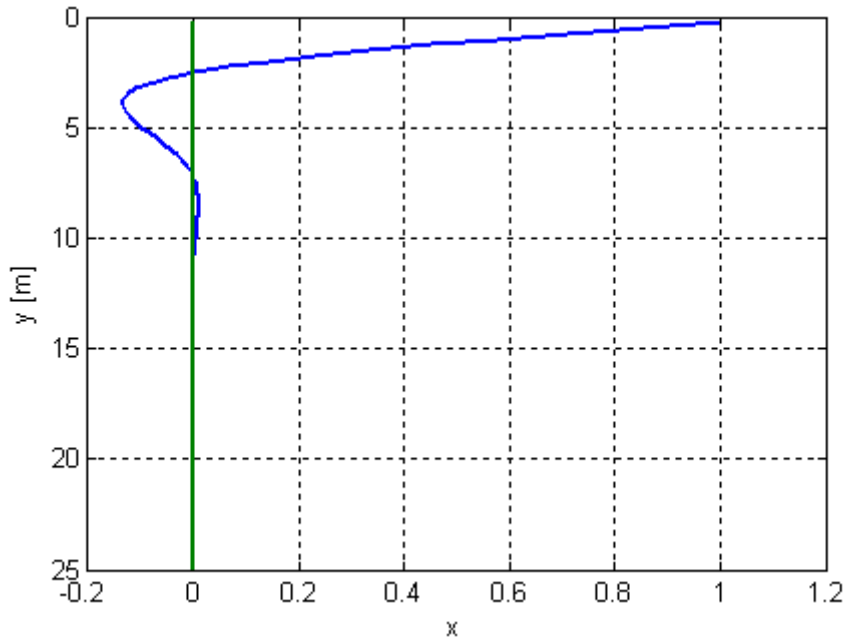


Figura 2.47 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (f-F), gjatësi, $L=25\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe $n_h=1000\text{ kN/m}^3$.

2.2.5.4.3 Pilota e lirë në kokë dhe sharnjerë në maje, (f-p)

Për rastin e pilotës (f-p), vlerat e forcës së epjes fillojnë nga zero duke u rritur me rritjen e gjatësisë së pilotës, L deri në një vlerë kufitare (Fig. 2.48 dhe Fig. 2.49). Forcat e epjes së pilotës (f-p), rriten si për rastin kur konstanta e reaksionit të dheut, n_h rritet derisa moduli i reaksionit të dheut, k_0 mbahet konstant (Fig. 2.49) po ashtu edhe në të kundërtën (Fig. 2.48) por vlerat më të mëdha të forcës së epjes së pilotës (f-p), janë për rastet kur pilota është e ngulur plotësisht në dhera me $k_0=0, 1000, 2000, 5000$ dhe 10000kN/m^2 dhe $n_h = 1000\text{ kN/m}^3$ që do të thotë se ndikim më të madh në vlerën e forcës së epjes së pilotës (f-p), ka rritja e modulit të reaksionit të dheut, k_0 se sa rritja e konstantës së reaksionit të dheut, n_h .

Forma e parë themelore modale e epjes së pilotës (f-p), e cila është e ngulur plotësisht në tokë me modul të reaksionit të dheut, $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe konstantë të reaksionit të dheut, $n_h=1000\text{ kN/m}^3$ është dhënë në (Fig. 2.50) për gjatësi të pilotës, $L=3\text{m}$. Format tjera themelore modale të epjes së pilotës (f-p), janë dhënë në (Fig. 2.51), (Fig.2.52) dhe (Fig. 2.53) si dhe për sistemin pilotë-tokë (Fig. 2.51), (Fig. 2.52) dhe (Fig.2.53) mund të caktojmë pikën në të cilën zhvendosja e pilotës është e barabartë me zero, dhe poshtë kësaj pike vlera e zhvendosjes është aq e vogël sa që mund të mospërfillet.

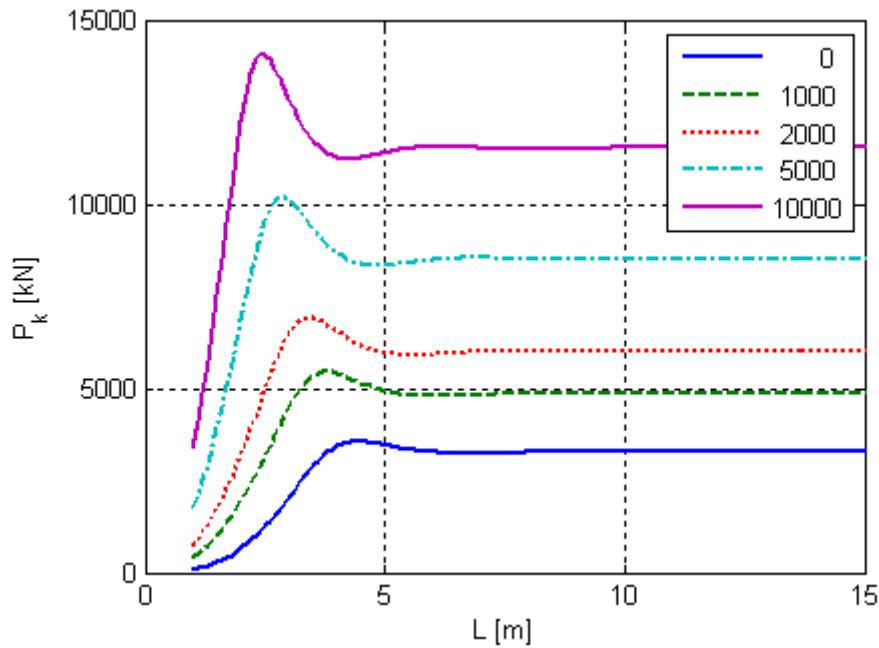


Figura 2.48 – Diagramet e forcave të epjes së pilotës (f-p), diametër, $D=0.3\text{m}$ klasë të betonit, C25/30 gjatësi, L për modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_0=0,1000, 2000,5000$ dhe 10000kN/m^2 dhe konstante të reaksionit horizontal të dheut, $n_h=1000\text{kN/m}^3$

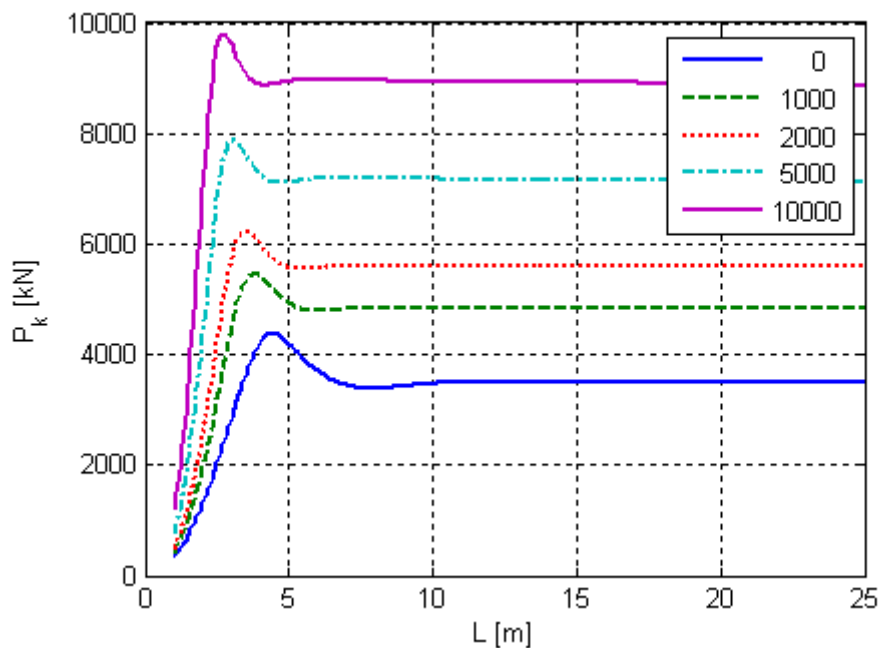


Figura 2.49 – Diagramet e forcave të epjes së pilotës (f-p), diametër, $D=0.3\text{m}$ klasë të betonit, C25/30 gjatësi, L për modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_0=1000\text{ kN/m}^2$ dhe konstante të reaksionit horizontal të dheut, $n_h =0,1000, 2000,5000$ dhe 10000kN/m^3 .

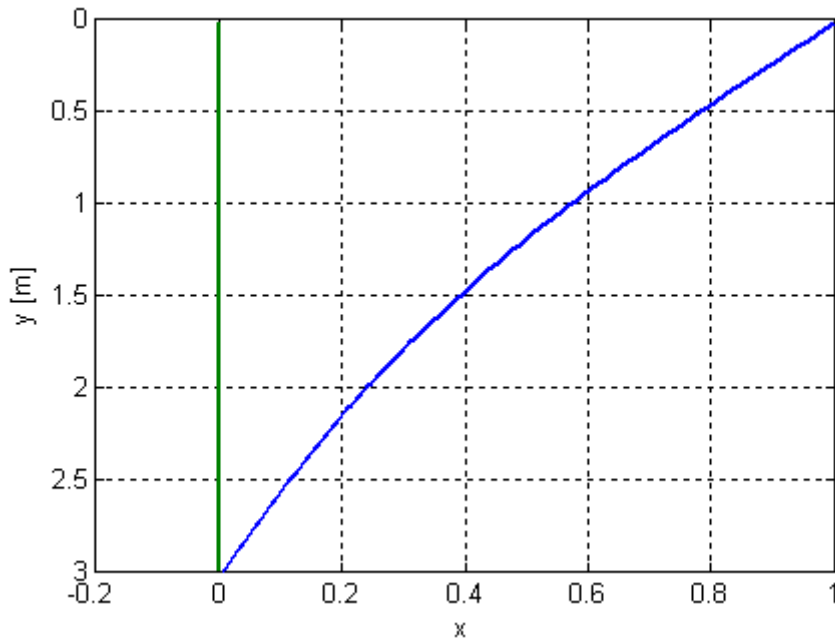


Figura 2.50 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (f-p), gjatësi, $L=3\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe konstante të reaksionit horizontal të dheut, $n_h=1000\text{kN/m}^3$.

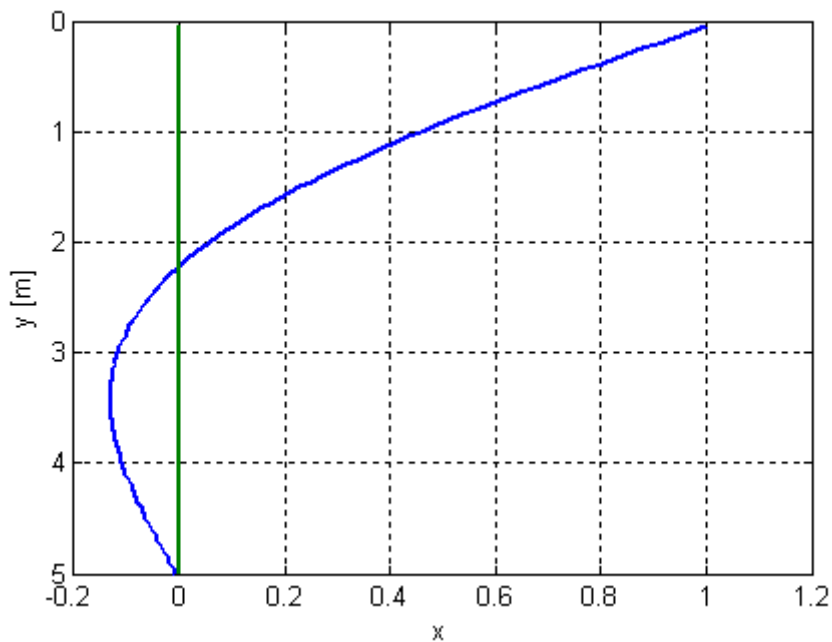


Figura 2.51 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (f-p), gjatësi, $L=5\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe konstante të reaksionit horizontal të dheut, $n_h=1000\text{kN/m}^3$.

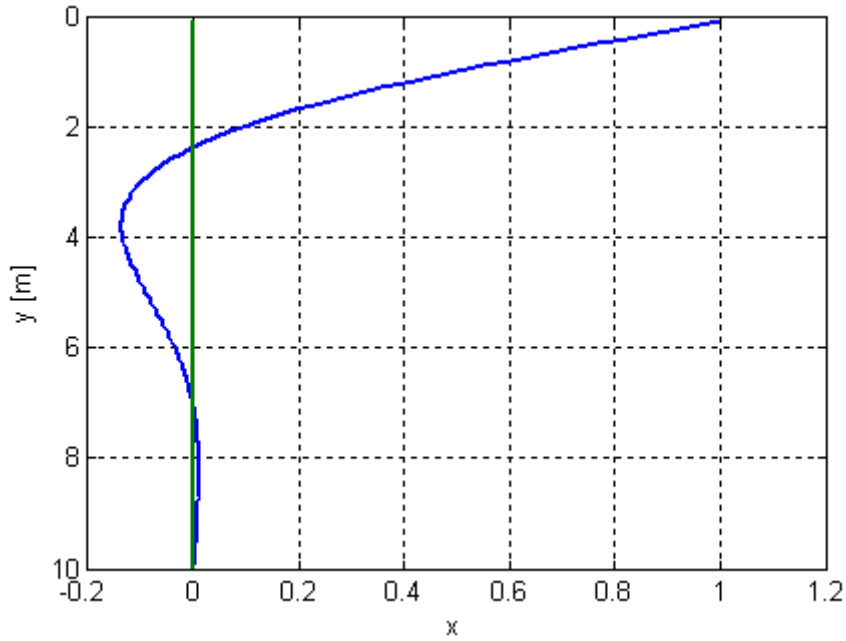


Figura 2.52 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (f-p), gjatësi, $L=10\text{m}$ e ngulur plotësisht në dherra me modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe konstante të reaksionit horizontal të dheut, $n_h=1000\text{kN/m}^3$.

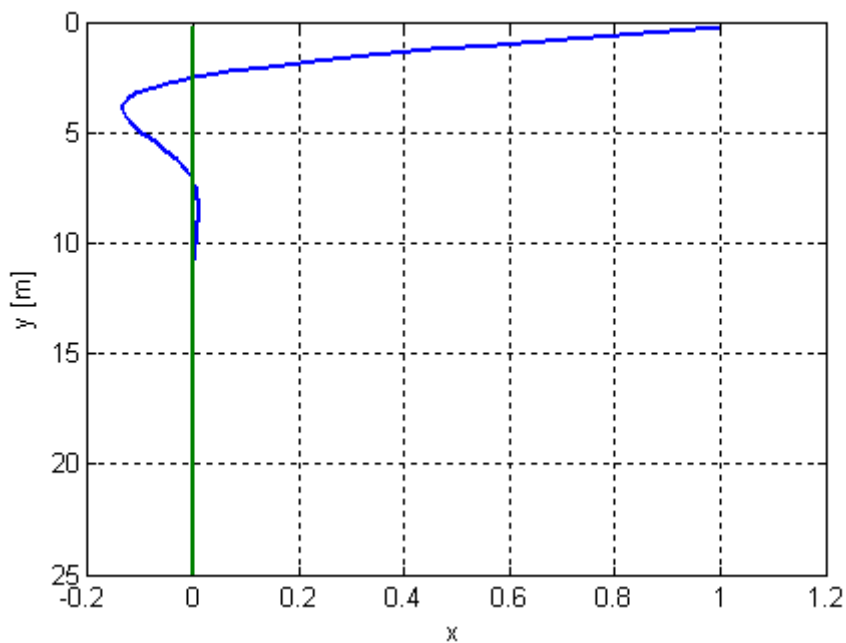


Figura 2.53 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (f-p), gjatësi, $L=25\text{m}$ e ngulur plotësisht në dherra me modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe konstante të reaksionit horizontal të dheut, $n_h=1000\text{kN/m}^3$.

2.2.5.4.4 Pilota e lirë në kokë dhe lirë në maje, (f-f)

Për të dy rastet e analizuara të pilotës me kushte të mbërthimit të lirë në kokë dhe të lirë në maje, (f-f), (Fig. 2.53 dhe Fig. 2.54) me rritjen e gjatësisë së pilotës, L vlerat e forcës së epjes fillojnë nga zero dhe rriten deri në një vlerë kufitare. Po ashtu edhe kjo pilotë (f-p), me rritjen e konstantës së reaksionit të dheut, n_h duke mbajtur konstant modulën e reaksionit të dheut (Fig. 2.54) si dhe në rastin e kundërt (Fig. 2.55), forcat e epjes së pilotës (f-p), rriten me rritjen e gjatësisë së pilotës, L .

Sjellja e pilotës (f-f), ndaj forcës së epjes është përafërsisht e njëjtë me pilotën (f-p). Për shkak të rritjes së kufizimit që ofron maja e pilotës me sharnierë, krahasuar me majen e lirë, forca kritike e epjes së pilotës (f-p), gjatësi, $L=15m$ diametër, $D=0.3m$ dhe klasë të betonit, C25/30 (Fig. 2.48 për $n_h=1000kN/m^3$ dhe $k_0=1000kN/m^2$ lexojmë $P_{krit(f-p)}=5000kN$) është shumë pak më e lartë krahasuar me forcën kritike të epjes së pilotës (f-f), me të njëjta karakteristika geometrike (Fig. 2.55 për $n_h=1000kN/m^3$ dhe $k_0=1000kN/m^2$ lexojmë $P_{krit(f-f)}=4875kN$).

Po ashtu, edhe për këtë pilotë (f-f), janë dhënë format themelore modale të epjes së pilotës ($n_h=1000 kN/m^3$ dhe $k_0=1000kN/m^2$, Fig. 2.56 për $L=5m$, Fig. 2.57 për $L=10m$ dhe Fig. 2.58 për $L=25m$).

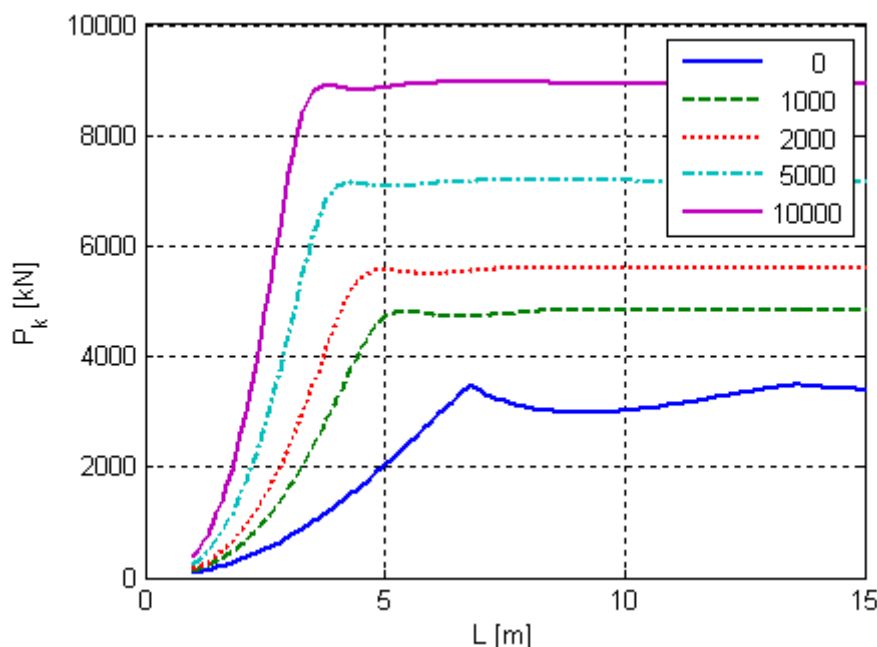


Figura 2.54 – Diagramet e forcave të epjes së pilotës (f-f), diametër, $D=0.3m$ klasë të betonit, C25/30 gjatësi, L të ngulur plotësisht në dhera me shtangësi, $k_0=1000 kN/m^2$ dhe $n_h=0,1000, 2000,5000$ dhe $10000kN/m^3$.

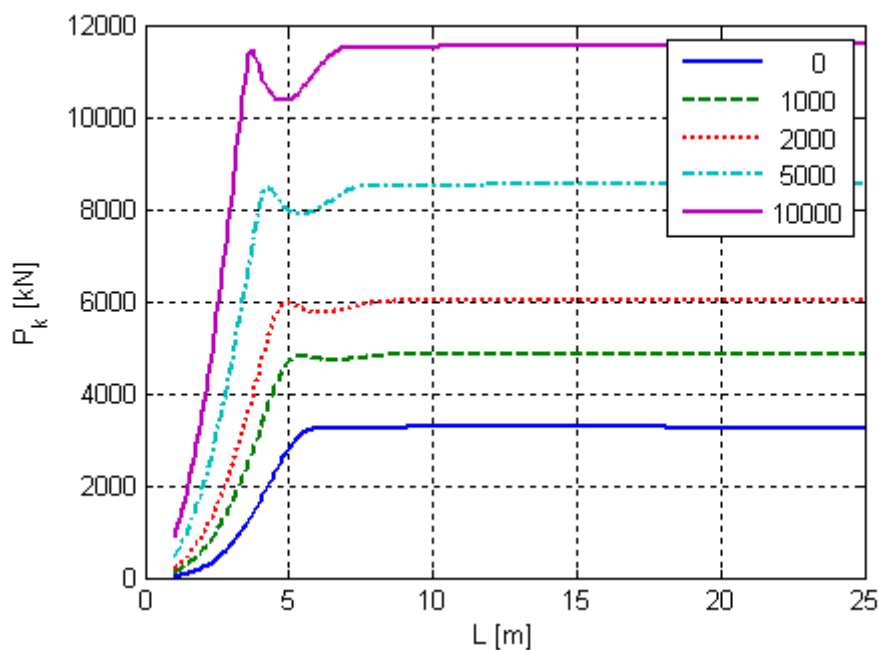


Figura 2.55 – Diagramet e forcave të epjes së pilotës, (f-f) diametër, $D=0.3\text{m}$ klasë të betonit, C25/30 gjatësi, L të ngulur plotësisht në dhera me modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_0=0,1000,2000,5000,10000\text{kN/m}^2$ dhe konstante të reaksionit horizontal të dheut, $n_h=1000\text{kN/m}^3$.

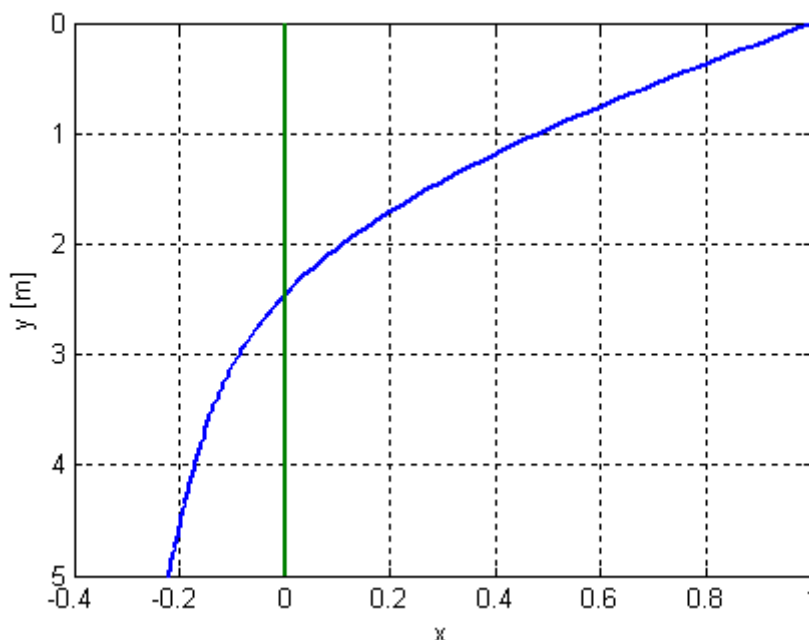


Figura 2.56 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (f-f), gjatësi, $L=5\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe konstante të reaksionit horizontal të dheut, $n_h=1000\text{kN/m}^3$.

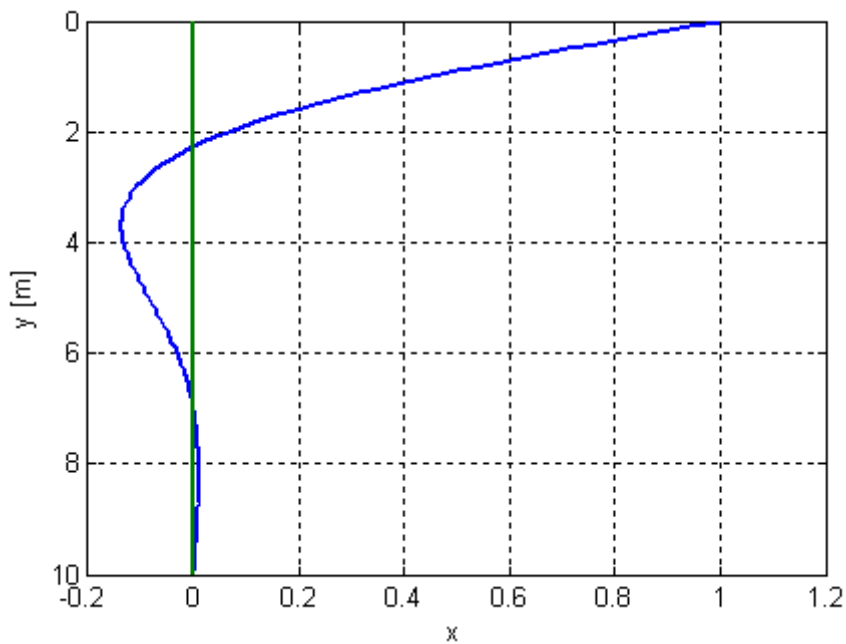


Figura 2.57 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (f-f), gjatësi, $L=10\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe konstante të reaksionit horizontal të dheut, $n_h=1000\text{kN/m}^3$.

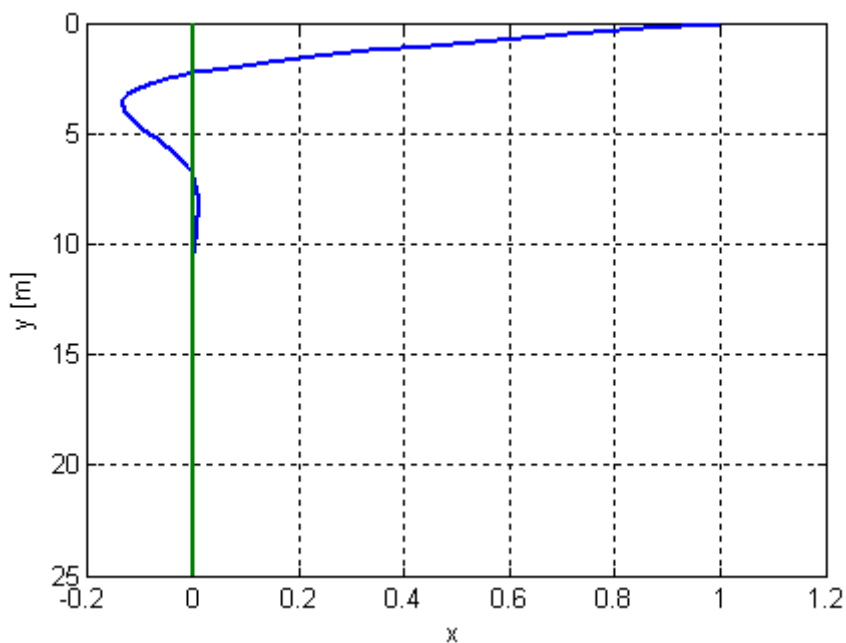


Figura 2.58 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (f-f), gjatësi, $L=25\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe konstante të reaksionit horizontal të dheut, $n_h=1000\text{kN/m}^3$.

2.2.5.4.5 Pilota në kokë e inkastruar me mundësi të zhvendosjes translatore dhe sharnjerë në maje, (f_{t-p})

Në (Fig. 2.59) janë dhënë diagramet e forcave të epjes së pilotës e cila në kokë është e inkastruar me mundësi të zhvendosjes translatore dhe në maje ka sharnjerë, (f_{t-p}) në varshmëri të gjatësisë së saj, L dhe e cila është e ngulur plotësisht në tokë me modul të reaksionit, $k_0=1000kN/m^2$ dhe konstantë të reaksionit të dheut, $n_h=0,1000, 2000, 5000, 10000kN/m^3$. Pilota është përvetësuar me diametër, $D=0.3m$ klasë të betonit, C25/30. Për gjatësi shumë të vogël të pilotës (f_{t-p}), $L=2.5m$, në të cilën arrihet vlera e parë minimale e forcës së epjes së pilotës (Fig. 2.59), për rastin kur $k_0=1000 kN/m^2$ dhe $n_h=1000 kN/m^3$, paraqitet ndryshimi i formës modale. Vlerat e forcës së epjes rriten mbi këtë vlerë me rritjen e gjatësisë së pilotës. Për vlerë të caktuar të gjatësisë së pilotës, L forca e epjes fillon përsëri të bjerë para se të paraqitet ndryshimi i ardhshëm i formës modale. Për $L \geq 10m$ lakorja e forcës së epjes të pilotës, (f_{t-p}) bëhet tangjentë në vlerën $P_{krit(f_t-p)}=12857kN$ (për $k_0=1000 kN/m^2$ dhe $n_h=1000 kN/m^3$).

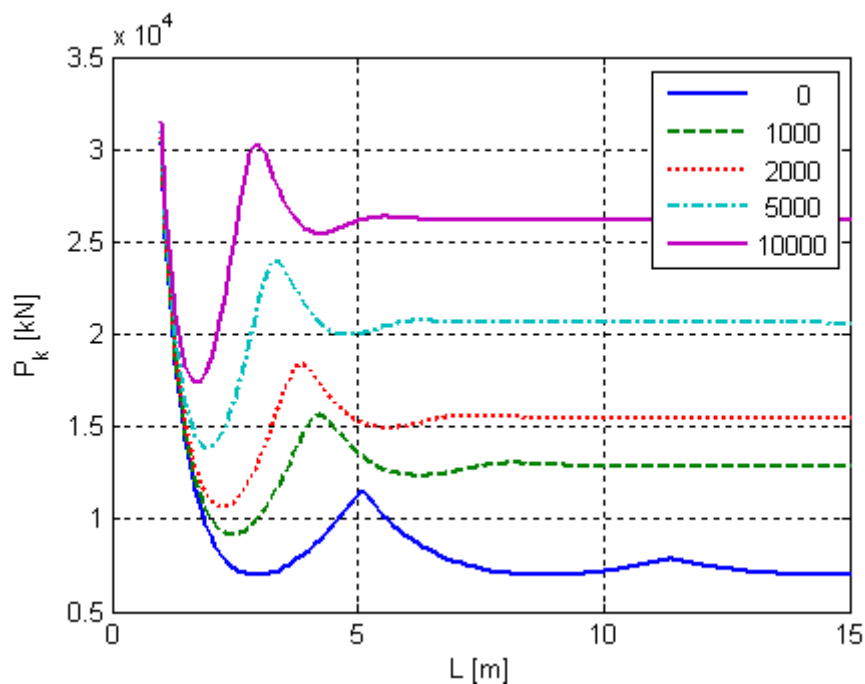


Figura 2.59 – Diagramet e forcave të epjes së pilotës (f_{t-p}), diametër, $D=0.3m$ klasë të betonit, C25/30 gjatësi, L kur $k_0=1000 kN/m^2$ dhe $n_h=0,1000, 2000,5000,10000kN/m^3$ (sipas softwarit MATLAB).

Duke bërë krahasimin e diagrameve të dhëna në Fig. 2.59 me ato në Fig. 2.60, vlerat e forcave të epjes së pilotës (f_{t-p}), janë pak më të mëdha për rastet kur pilota është e ngulur plotësisht në

dhera me shtangësi $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe $n_h=1000,2000,5000,1000\text{kN/m}^3$ krahasuar me $n_h=1000\text{kN/m}^3$ dhe $k_0=1000,2000,5000,10000\text{kN/m}^2$.

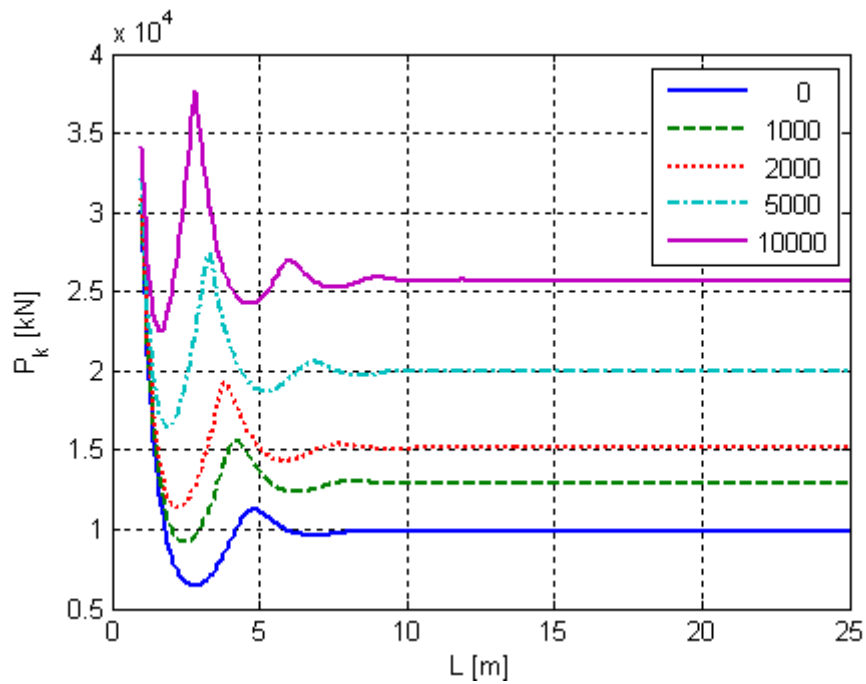


Figura 2.60 – Diagramet e forcave të epjes së pilotës (f_t -p), diametër, $D=0.3\text{m}$ klasë të betonit, C25/30 gjatësi, L për $k_0=0,1000,2000,5000,10000\text{kN/m}^2$ dhe $n_h=1000\text{kN/m}^3$ (sipas softwarit MATLAB).

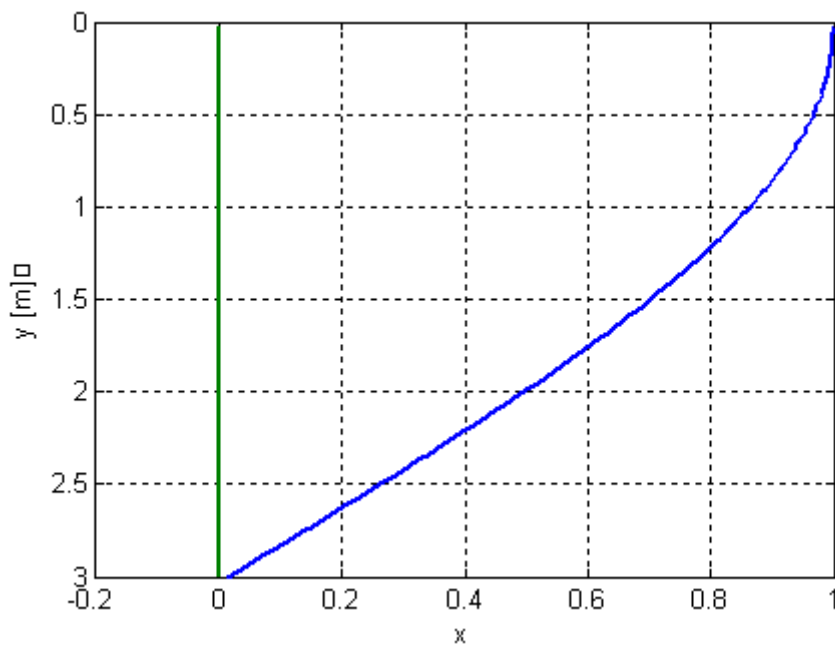


Figura 2.61 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (f_t -p), gjatësi, $L=3\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe $n_h=1000\text{kN/m}^3$.

Në funksion të gjatësisë së pilotës ndryshojnë edhe format themelore modale të epjes së pilotës (ft-p) (Fig. 2.60, Fig. 2.61, Fig. 2.62 dhe Fig. 2.63).

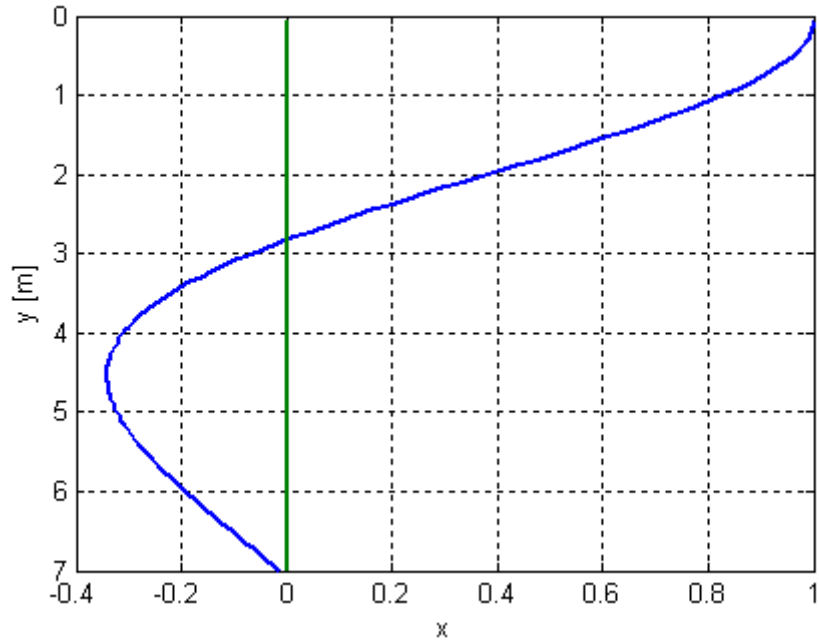


Figura 2.62 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (f_{1-p}), gjatësi, $L=7\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe $n_h=1000\text{kN/m}^3$.

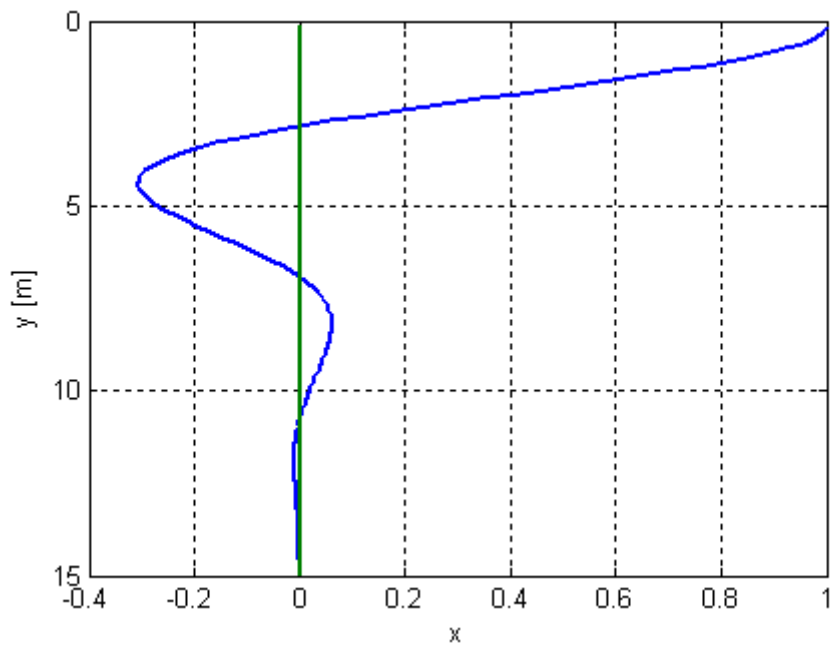


Figura 2.63 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (f_{1-p}), gjatësi, $L=15\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe $n_h=1000\text{kN/m}^3$.

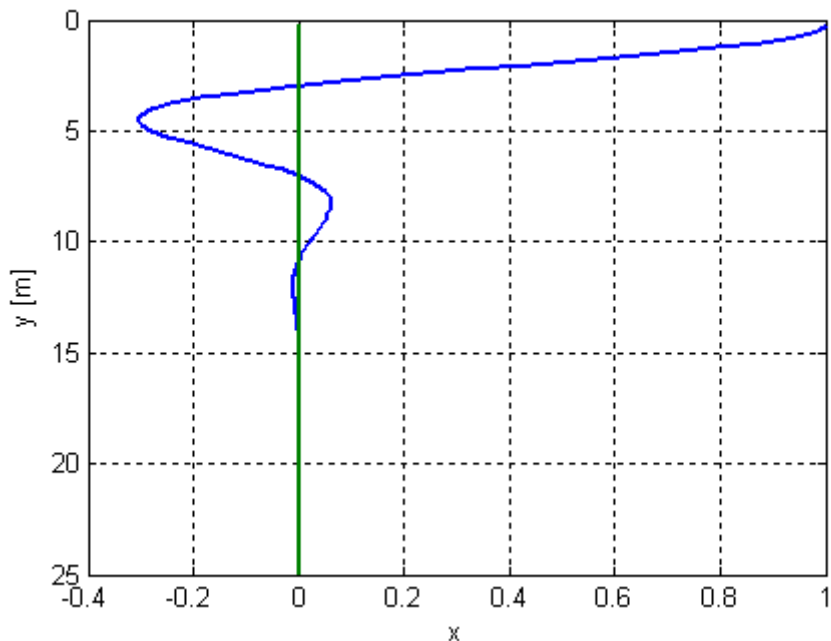


Figura 2.64 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (f_t-p), gjatësi, $L=25m$ e ngulur plotësisht në dhera me $k_0=1000kN/m^2$ dhe $n_h=1000kN/m^3$.

2.2.5.4.6 Pilota në kokë e inkastruar me mundësi të zhvendosjes translatore dhe e inkastruar në maje, (f_t-F)

Për pilotën e inkastruar me mundësi të zhvendosjes translatore në kokë dhe e inkastruar në maje, (f_t-F) me diametër, $D=0.3m$ klasë të betonit, $C25/30$ me rritjen e gjatësisë, L forca e epjes zvoglohet ashtu që për gjatësi të pilotës $L \geq 15m$ dhe karakteristika gjeomekanike të tokës $k_0=5000 kN/m^2$ dhe $n_h = 1000 kN/m^3$ kjo forcë bëhet tangjentë e vlerës $P_{krit(f_t-F)}=2000kN$ (Fig. 2.65).

Në rastin kur moduli i reaksionit të dheut mbahet konstant, k_0 dërsa konstanta e reaksionit të dheut, n_h rritet si dhe në të kundërtën kur konstanta e reaksionit të dheut, n_h mbahet konstant ndërsa moduli i reaksionit të dheut, k_0 rritet, kemi po ashtu rritje të forcës së epjes së pilotës (f_t-F). Duke bërë krahasimin e diagrameve të dhëna në (Fig. 2.65) me ato në (Fig. 2.66) autorja konkludon se vlerat e forcave të epjes së pilotës (f_t-F), janë shumë pak më të mëdha për rastet kur $k_0=1000kN/m^2$ dhe $n_h=1000, 2000, 5000, 10000kN/m^3$ në krahasim me rastet $n_h=1000kN/m^3$ dhe $k_0 = 1000, 2000, 5000, 10000kN/m^2$.

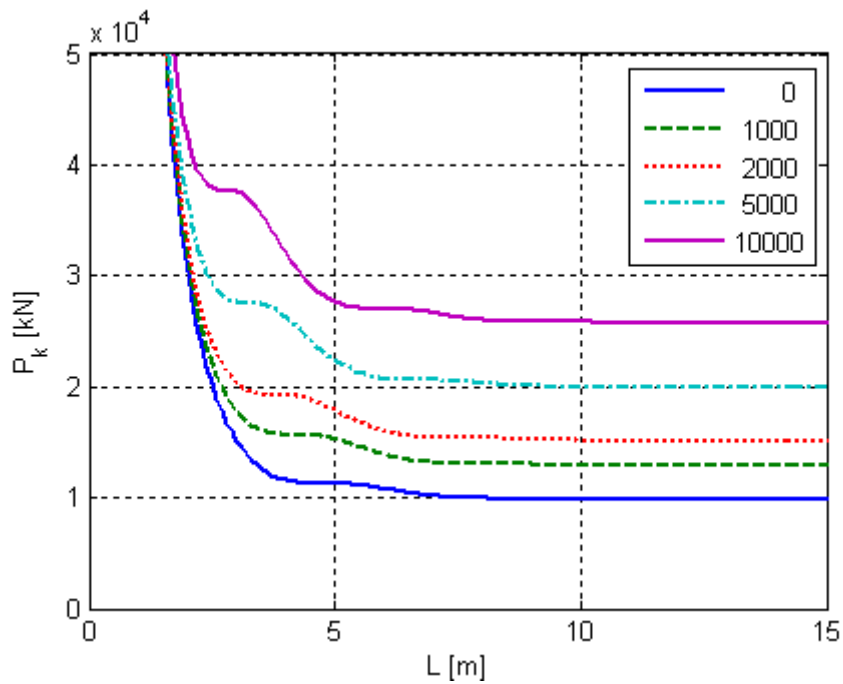


Figura 2.65 – Diagramet e forcave të epjes së pilotës (f_t -F), diametër, $D=0.3\text{m}$ klasë të betonit, C25/30 gjatësi, L për $k_0=0,1000, 2000,5000,10000\text{kN/m}^2$ dhe $n_h=1000\text{kN/m}^3$ (llogaritur sipas softwarit MATLAB).

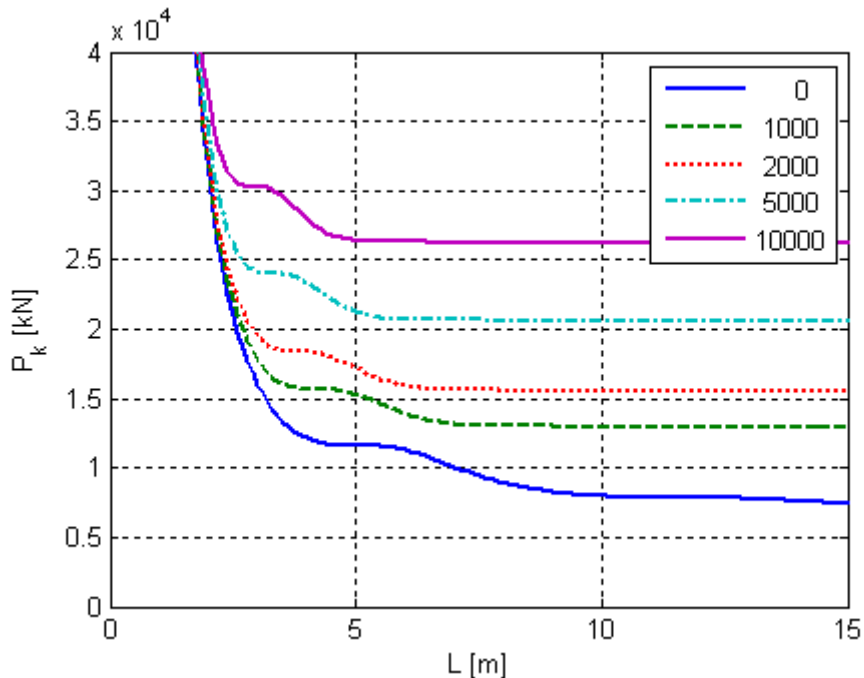


Figura 2.66 – Diagramet e forcave të epjes së pilotës (f_t -F), diametër, $D=0.3\text{m}$ klasë të betonit, C25/30 gjatësi, L kur $k_0=1000\text{ kN/m}^2$ dhe $n_h=0,1000,2000,5000,10000\text{kN/m}^3$ (llogaritur sipas softwarit MATLAB).

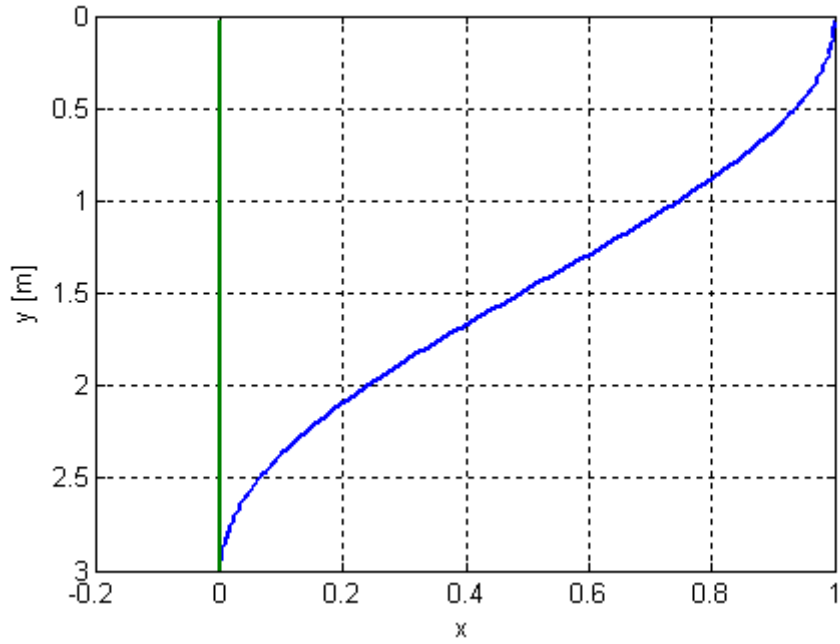


Figura 2.67 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (f_1-F), gjatësi, $L=3\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe $n_h=1000\text{kN/m}^3$.

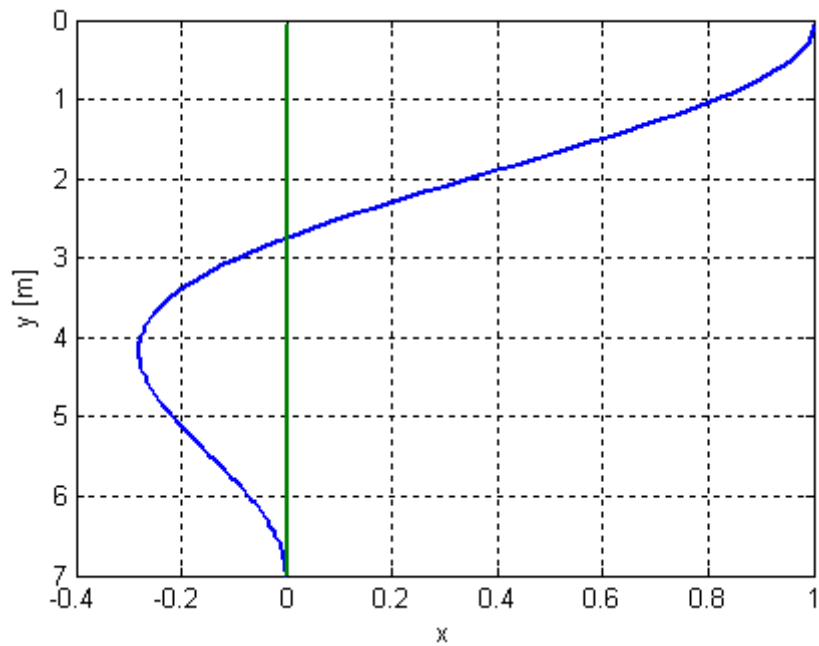


Figura 2.68 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (f_1-F), gjatësi, $L=7\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe $n_h=1000\text{kN/m}^3$.

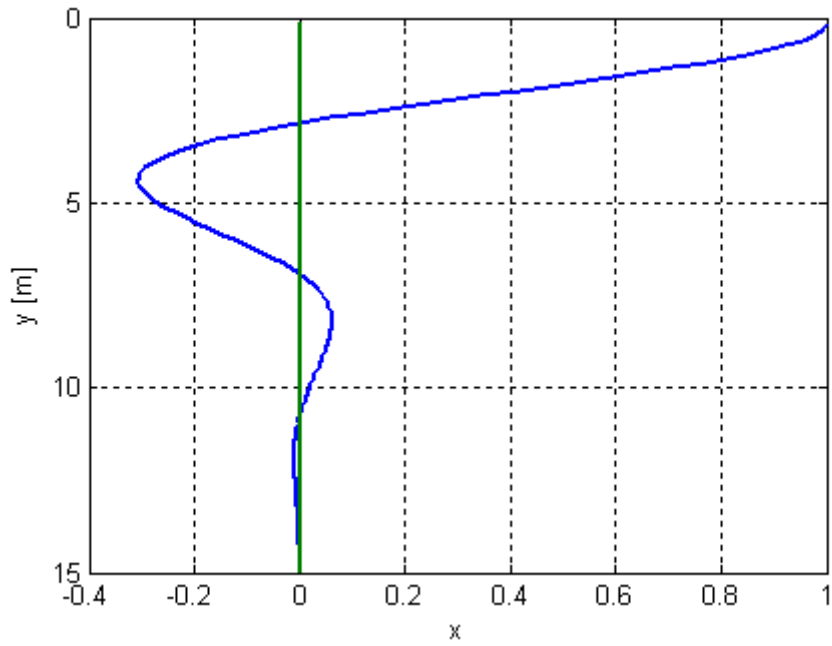


Figura 2.69 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (f_t-F), gjatësi, $L=15\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe $n_h=1000\text{kN/m}^3$.

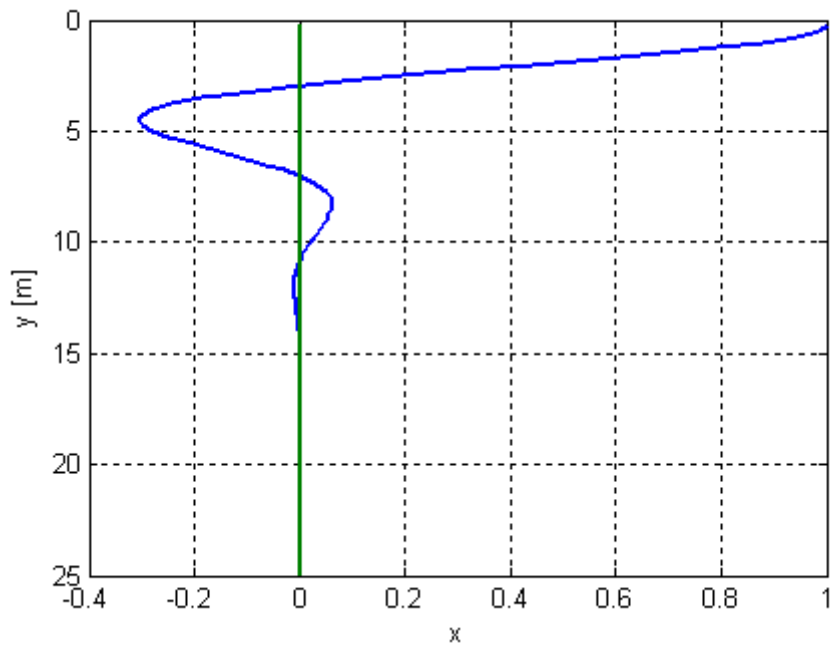


Figura 2.70 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (f_t-F), gjatësi, $L=25\text{m}$ e ngulur plotësisht në dhera me $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe $n_h=1000\text{kN/m}^3$.

Për gjatësi të pilotës, L për të cilën arrihet vlera e parë minimale e forcës së epjes së pilotës (f_t-F) (Fig. 2.65), të ngulur plotësisht në dhera me $k_0=1000 \text{ kN/m}^2$ dhe $n_h=1000\text{kN/m}^3$ kemi po ashtu edhe ndryshimin e formës modale të epjes së pilotës. Mbi këtë vlerë, me rritjen e gjatësisë së pilotës, forca e epjes rritet. Për gjatësi të caktuar të pilotës, L forca e epjes përsëri zvogëlohet para se të paraqitet ndryshimi i ardhshëm i formës modale të epjes.

Në (Fig. 2.67, Fig. 2.68, Fig. 2.69 dhe Fig. 2.70) janë dhënë format themelore modale të epjes së pilotës (f_t-F), diametër, $D=0.3$ klasë të betonit, C25/30 dhe gjatësi, $L=3, 7, 15, 25\text{m}$.

Se në çfarë mase ndikojnë kushtet e mbërthimit të pilotës në forcën e epjes së saj, Fig. 2.70 për studim është marrë pilota që ka diametër, $D=0.3\text{m}$ klasë të betonit, C25/30 dhe gjatësi, L e cila është e ngulur plotësisht në tokë me konstantë të reaksionit të dheut $n_h=200 \text{ kN/m}^3$ dhe modul të reaksionit të dheut $k_0=1000 \text{ kN/m}^2$. Duke ju referuar (Fig. 2.71) autorja konkludon:

- Forca e epjes së pilotës me gjatësi $L \geq 10\text{m}$ dhe kushte të mbërthimit e lirë në kokë dhe e inkastruar në maje ($f-F$), është përafërsisht e njëjtë me forcën e epjes së pilotës e lirë në kokë dhe e lirë në maje, ($f-f$). Për shkak të rritjes së kufizimit që ofron maja e pilotës me inkastrim, krahasuar me majen e lirë, forca e epjes së pilotës ($f-F$), është shumë pak më e madhe krahasuar me forcën e epjes së pilotës ($f-f$). Mu për këtë, pilotat me këto dy lloje të kushteve të mbërthimit ($f-F$) dhe ($f-f$) autorja do ti kategorizojë në të njëjtin grup sa i përket sjelljes ndaj forcës së epjes.
- Sjellje të njëjtë të pilotave ndaj forcës së epjes kemi edhe për kushtet e mbërthimit ($p-p$), (f_t-p) dhe (f_t-F) për gjatësi të pilotës $L \geq 10\text{m}$. Vlerat e forcave të epjes për këto tri raste pilotash janë përafërsisht të njëjta për shkak të kufizimit që ofron maja sharnjerë dhe inkastrim e pilotës, prandaj këto kushte të mbërthimit ($p-p$), (f_t-p) dhe (f_t-F) autorja do të kategorizohet në të njëjtin grup sa i përket sjelljes ndaj forcës së epjes.
- Për pilotën me kushte të mbërthimit inkastrim në kokë dhe inkastrim në maje, ($F-F$) forcat e epjes për nga vlera janë shumë më të mëdha se ato të pilotës me kushte të mbërthimit ($f-F$), ($f-f$) dhe ($p-p$), (f_t-p), (f_t-F).
- Forcat e epjes së pilotës me kushte të mbërthimit ($p-p$), (f_t-p) dhe (f_t-F) janë më të mëdha se ato të pilotës me kushte të mbërthimit ($f-F$) dhe ($f-f$) por më të vogla se forcat e epjes së pilotës me kushte të mbërthimit ($F-F$).

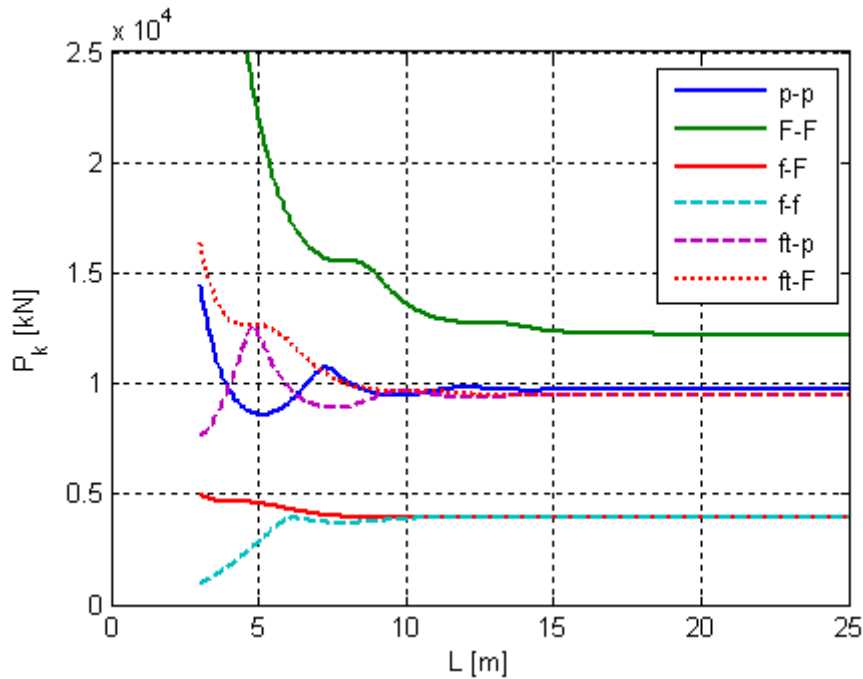


Figura 2.71 – Ndikimi i kushteve të mbërthimit në forcën e epjes së pilotës me diametër, $D=0.3\text{m}$ klasë të betonit, C25/30 gjatësi, L e cila është e ngulur plotësisht në tokë me modul të reaksionit të dheut, $k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe konstantë të reaksionit të dheut, $n_h=200\text{kN/m}^3$ (sipas softwarit MATLAB).

2.2.6 Ndikimi i shtangësisë së pilotës në forcën e epjes së saj për rastin kur moduli i reaksionit të dheut është konstant përgjatë gjatësisë së pilotës, $k_h=k_0=\text{konst.}$ dhe kur moduli i reaksionit të dheut rritet linearisht me gjatësi të pilotës, me vlerë zero në sipërfaqe, $k=n_h \cdot x$

Që të shqyrtohet ndikimi i shtangësisë – momentit të inercionit së pilotës, I në forcën e epjes së saj për shqyrtim është marrë pilota me gjatësi prej $L=10\text{m}$, klasë të betonit, C25/30 me kushte të mbërthimit sharnjerë në kokë dhe sharnjerë në maje, $(p-p)$ si dhe moduli i reaksionit horizontal të dheut është përvetësuar konstant përgjatë gjatësisë së pilotës (dhera argjilore) me vlerë prej $k_0=1000\text{kN/m}^2$. Llogaritjet janë bërë përmes softwarit MATLAB duke u bazuar në Metodën e Diferencave të Fundme. Varësia e forcës së epjes dhe e momentit të inercionit të pilotës $(p-p)$, është funksion eksponencial për rastin kur moduli i reaksionit horizontal të dheut

rritet linearisht me gjatësi të pilotës me vlerë zero në sipërfaqe, $k = n_h \cdot x$ (rasti i dherave ranore dhe për argjila normalisht të konsoliduara) (Fig. 2. 72).

Varësia e forcës së epjes dhe e momentit të inercionit të pilotës (p-p), është funksion linear me thyerje në pika të caktuara në të cilat kemi ndryshim të formave themelore modale të epjes së pilotës për rastin kur moduli i reaksionit të dheut është konstant përgjatë gjatësisë së pilotës, $k=k_o$ (Fig. 2.73) ndërsa varësia eksponenciale vlenë për rastin kur moduli i reaksionit të dheut rritet linearisht me gjatësi të pilotës me vlerë të ndryshme nga zero në sipërfaqe, $k=k_o+n_h \cdot x$ (dhera argjilore të thata normalisht të ngarkuara) (Fig. 2.74). Në (Fig. 2.74) është dhënë në hapësirë varësia në mes forcës së epjes së pilotës (p-p), $P_{krit(p-p)}$, momentit të inercionit të pilotës, I dhe modulit të reaksionit horizontal të dheut, $k = k_o + n_h \cdot x$ (për $k_o=1000 \text{ kN/m}^2$ dhe $n_h=0,1000,2000, \dots, 20000 \text{ kN/m}^3$).

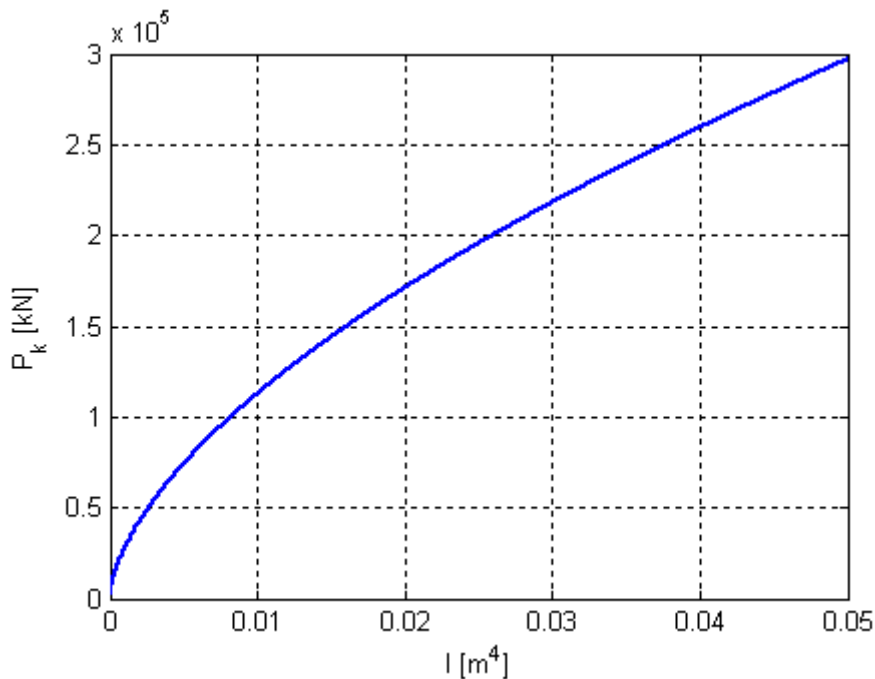


Figura 2.72 – Varësia e forcës së epjes së pilotës me kushte të mbërthimit sharnjerë në kokë dhe sharnjerë në maje, (p-p) dhe shtangësisë së pilotës, I gjatësie, $L=10m$, dhe modul të reaksionit të dheut që rritet linearisht me gjatësi të pilotës, $k = n_h \cdot x$, me vlerë zero në sipërfaqe dhe $n_h=2000 \text{ kN/m}^3$.

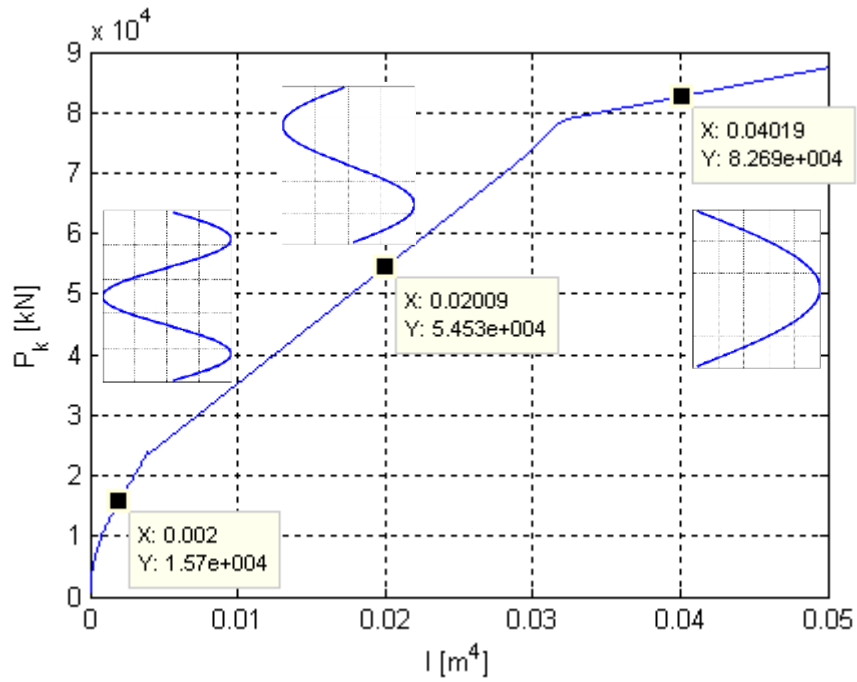


Figura 2.73 – Varësia e forcës së epjes dhe shtangësisë së pilotës (p-p), gjatësi, $L=10m$ dhe modul konstant të reaksionit të dheut përgjatë gjatësisë së pilotës, $k=1000kN/m^2$

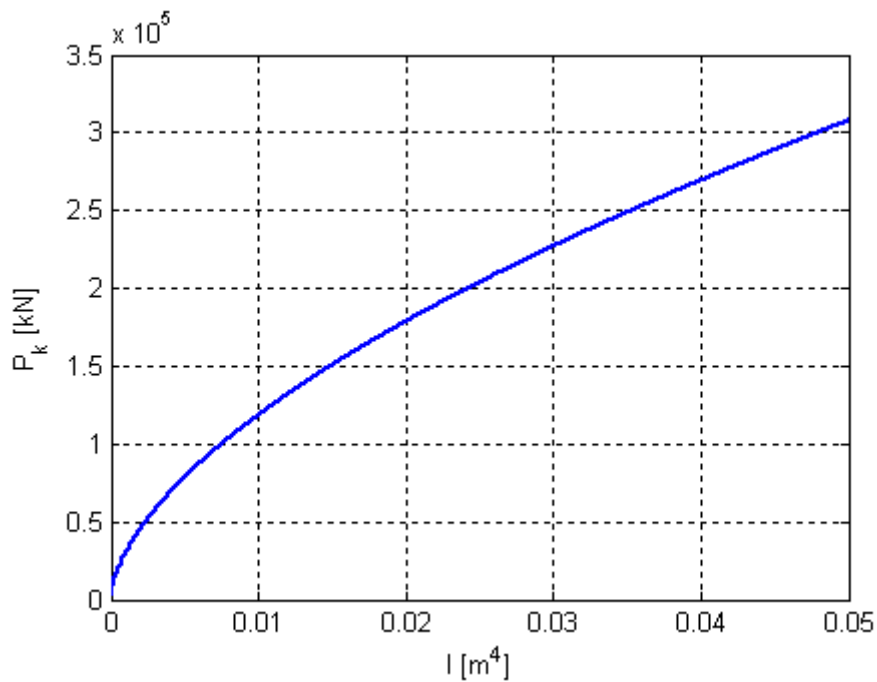


Figura 2.74 – Varësia e forcës së epjes dhe momentit të inercionit të pilotës (p-p), gjatësi, $L=10m$ e ngulur plotësisht në dhera me modul të reaksionit horizontal të dheut, $k=1000+2000 \cdot x$ [kN/m²].

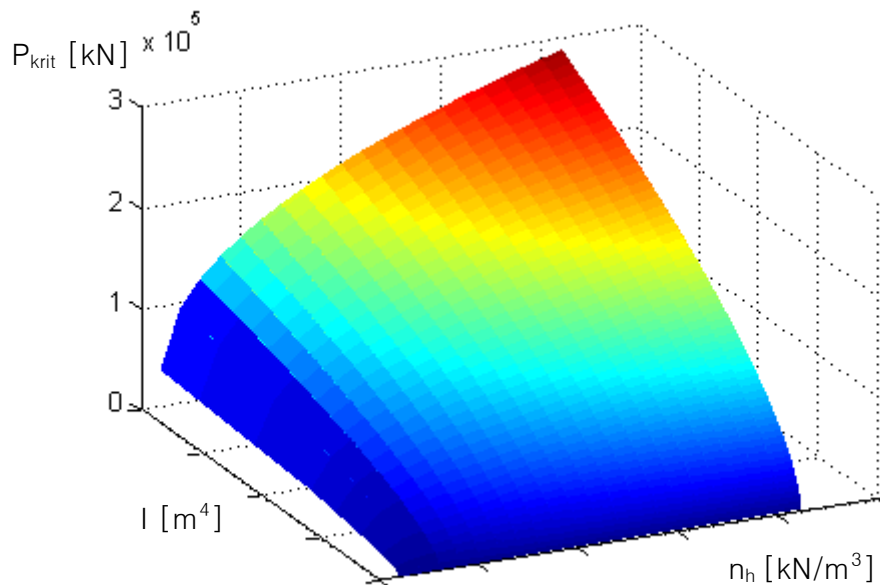


Figura 2.75 – Forcat kritike të epjes së pilotës (p-p), gjatësie, $L=10\text{m}$ modul të reaksionit të dheut që rritet linearisht me gjatësi të pilotës, $k=k_0 + n_h x$ ($k_0=1000\text{kN/m}^2$ dhe $n_h=0,1000,2000,\dots,20000\text{kN/m}^3$) si dhe moment të inercionit të pilotës $I=5e-6\dots 0.01\text{m}^4$.

2.2.7 Ndikimi i shtangësisë së tokës në forcën e epjes së pilotës për rastin kur për pilotë përvetësohet $EI=\text{konstant}$ dhe $L=\text{konstant}$

Në Fig. 2.76 është dhënë varësia e forcës së epjes së pilotës (p-p), diametër, $D=30\text{cm}$ gjatësi, $L=10\text{m}$ klasë të betonit, C25/30 që është e ngulur plotësisht në dhera me modul të reaksionit horizontal, $k_h=k_0=\text{konstant}$. Për vlerë të modulit të reaksionit horizontal të dheut deri në vlerën $k_h=k_0=2500\text{kN/m}^2$, rritja e forcës së epjes së pilotës (p-p), bëhet sipas një funksioni eksponencial (Fig. 2.76) pasi që këtu kemi të bëjmë me dhera shumë të buta, derisa rritja e forcës së epjes së pilotës (p-p) është lineare për modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_h>2500\text{kN/m}^2$ (dhera të forta). Pra kur kemi pilotë të ngulur në dhera shumë të dobëta, që të arrihet epja e pilotës nevojitet forcë më e vogël derisa për dhera të forta, epja e pilotës shkaktohet nga veprimi i një force shumë të madhe që në realitet, pilota kurrë nuk mund të ngarkohet me një forcë të tillë. Nga Fig. 2.76, nëse moduli i reaksionit horizontal të dheut rritet nga $k_0=1000\text{kN/m}^2$ në $k_0=2000\text{kN/m}^2$ (rritet për 100%), forca e epjes së pilotës (p-p), rritet për 44% (nga $P_{\text{krit}(p-p)}=7371\text{kN}$ në $P_{\text{krit}(p-p)}=10630\text{kN}$, Fig. 2.76) ndërsa kur moduli i reaksionit

horizontal të dherave merr vlerë $k_h > 2500 \text{ kN/m}^2$, atëherë nëse ky modul rritet për 100% forca e epjes së pilotës (p-p), $P_{krit(p-p)}$ rritet prej 7.04%.

Që të shpjegojmë ndikimin e raportit të shtangësisë së pilotës, EI dhe shtangësisë së tokës, k në forcën e epjes së pilotës, P_{krit} (Fig. 2.77) nisemi nga shprehja për llogaritjen e forcës së epjes së një pilote (p-p), të ngulur në një tokë me modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_h = \text{konstant}$ (ekuacioni 1.92):

$$P_{krit} = \sqrt{k \cdot EI} \cdot \left[\left(\frac{n \cdot \pi}{L} \right)^2 + \left(\frac{L}{n \cdot \pi} \right)^2 \right] \quad (2.225)$$

zëvendësojmë me:

$$\frac{EI}{k} = x \quad (2.226)$$

Zëvendësojmë ekuacionin (2.226) në ekuacionin (2.225) dhe do të kemi:

$$P_{krit} = k \sqrt{x} \cdot \left[\left(\frac{n \cdot \pi}{L} \right)^2 + \left(\frac{L}{n \cdot \pi} \right)^2 \right] \quad (2.227)$$

Varësia e forcës së epjes së pilotës dhe raportit EI/k është dhënë në Fig. 2.77. Nga Fig. 2.77 vërejmë se me rritjen e raportit EI/k, forca e epjes së pilotës rritet sipas një funksionit të rrënjës katrore.

Pasi që sipas autorëve të ndryshëm thuhet se epja paraqitet tek pilotat që kanë gjatësi të madhe dhe prerje tërthore të vogël, atëherë në ekuacionin (2.227) vlera $n^2 \pi^2 / L^2$ është çdo herë më e vogël se vlera $(1/n^2)(L^2/\pi^2)$ që reflekton kontributin e kufizimit anësor të shkaktuar nga toka, prandaj mund të themi se shtangësia e tokës ndikon shumë më shumë në vlerën e forcës së epjes krahasuar me shtangësinë e pilotës.

Sipas studimit të bërë më lartë, faktorët që ndikojnë në forcën e epjes së pilotës për nga rëndësia, autorja i renditë në këtë mënyrë:

1. Shtangësia e tokës
2. Shtangësia e pilotës (prerja tërthore dhe klasa e betonit)
3. Kushtet konturore
4. Gjatësia e pilotës

Në Fig. 2.78 është dhënë varësia në mes forcës së epjes së pilotës (p-p), dhe shtangësisë së pilotës, EI për vlera të ndryshme të numrit, n kur moduli i reaksionit horizontal të dheut është

$k_h=1000kN/m^2=const.$ Me rritjen e shtangësisë së pilotës, EI për vlerë të caktuar të numrit, "n" si dhe modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_h=1000kN/m^2=konst.$ forca e epjes së pilotës rritet në mënyrë lineare (Fig. 2.78).

Në Fig. 2.79 është dhënë varësia në mes forcës së epjes së pilotës (p-p), dhe numrit "n" për vlera të ndryshme të shtangësisë së pilotës, EI kur moduli i reaksionit të dheut është $k_h = 1000kN/m^2$ derisa në Fig. 2.79 është dhënë varësia e forcës së epjes së pilotës (p-p), $P_{krit(p-p)}$ dhe numrit "n" për pilotën me gjatësi, $L=12m$, shtangësi, $EI=1000kN/m^2$ e ngulur në dhera me modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_h=5000kN/m^2$ dhe $k_h=20000kN/m^2$. Me rritjen e numrit "n" dhe shtangësisë së pilotës, EI për rastin kur moduli i reaksionit horizontal të dheut mbahet konstant, ($k_h=konstant$) forca e epjes së pilotës (p-p), $P_{krit(p-p)}$ rritet sipas një funksioni eksponencial (Fig. 2.79).

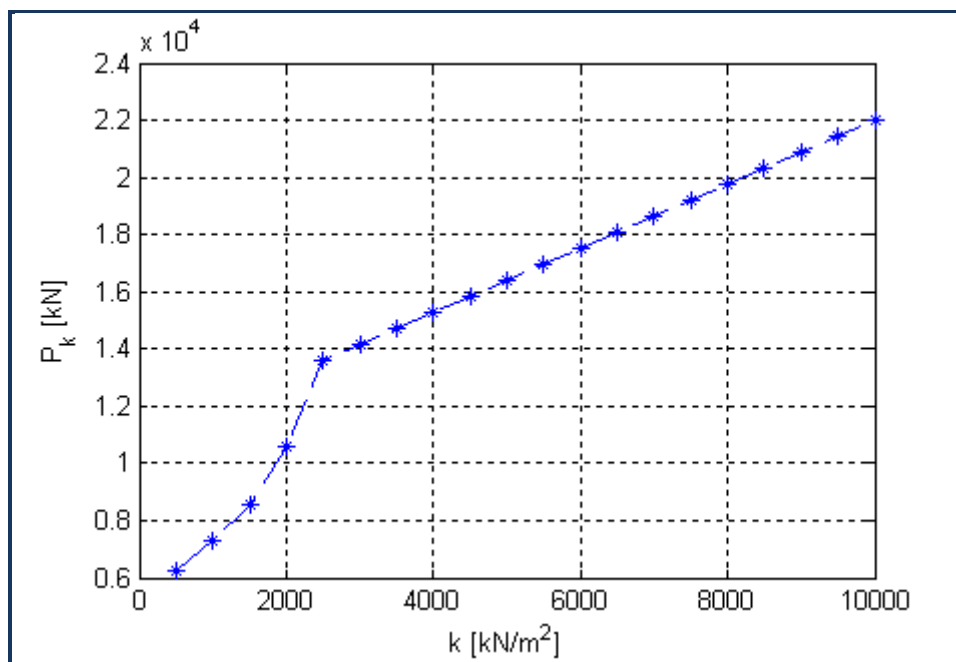


Figura 2.76 – Varësia e modulit të reaksionit të dheut, k ($k=k_0$) dhe forcës së epjes së pilotës (p-p), $P_{krit(p-p)}$ me gjatësi, $L=10m$ kushte konturore, (p-p) diametër, $D=30cm$ klasë të betonit, C25/30 (llogaritur me softwarin MATLAB duke u bazuar në Metodën e Diferencave të Fundme).

Rritja e forcë së epjes së pilotës (p-p), $P_{krit(p-p)}$ me gjatësi, $L=12m$ dhe shtangësi, $EI=1000kN/m^2=konst.$ bëhet sipas një funksioni logaritmik me rritjen e numrit "n" dhe të modulit të reaksionit horizontal të dheut.

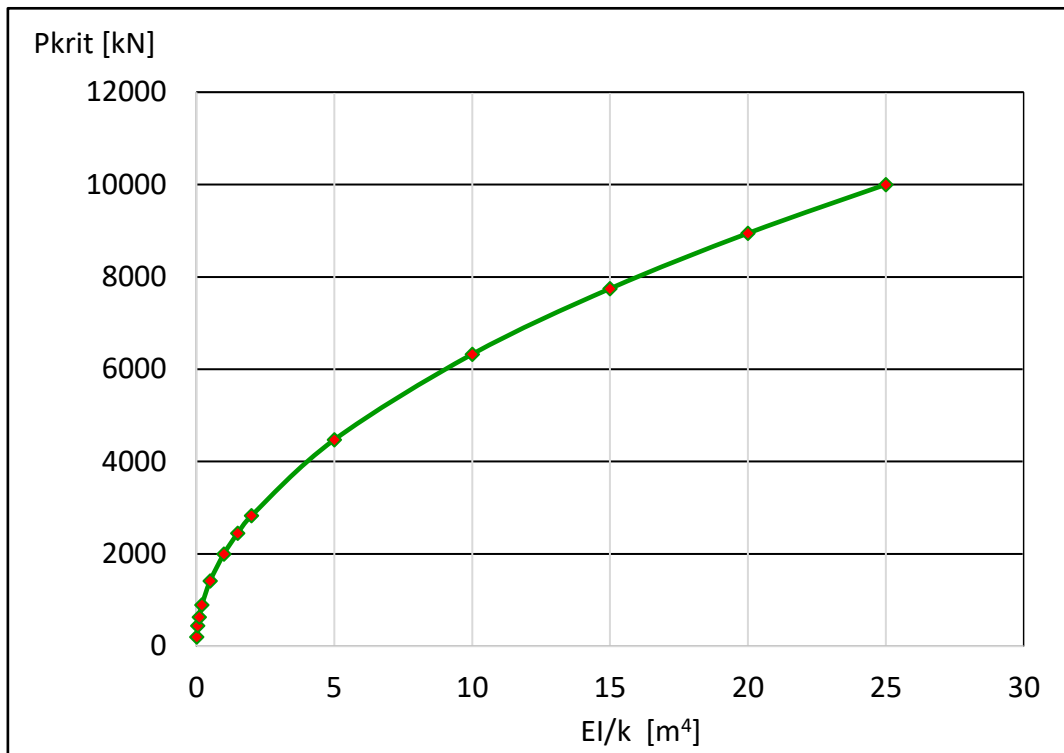


Figura 2.77 – Varësia në mes forcës së epjes së pilotës, $P_{krit(p-p)}$ dhe raportit në mes shtangësisë së pilotës, EI dhe modulit të reaksionit horizontal të dheut, k .

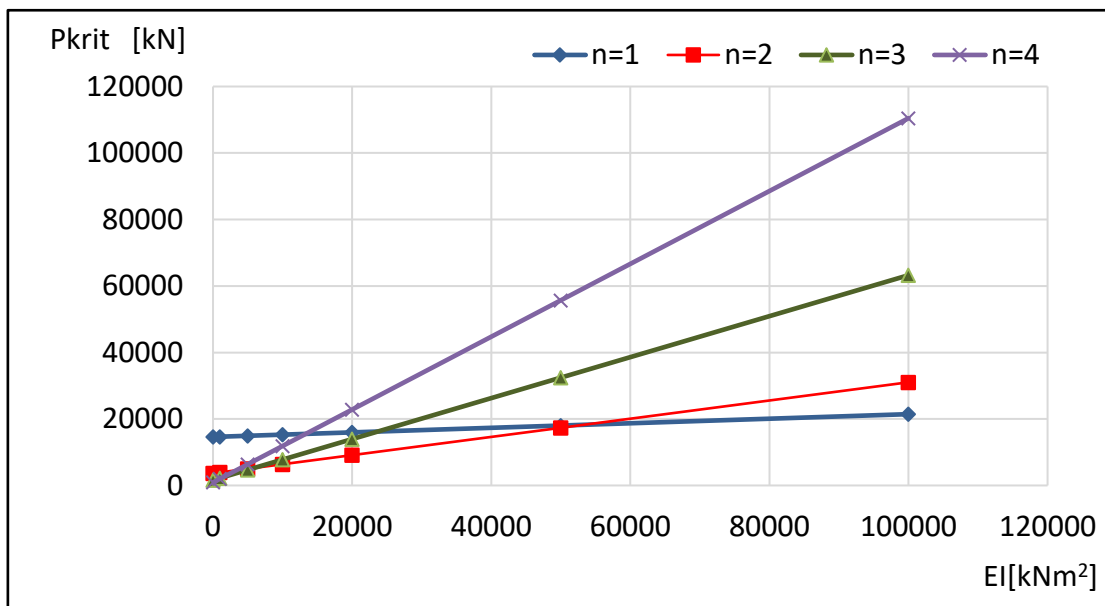


Figura 2.78 – Varësia e forcës së epjes së pilotës, $P_{krit(p-p)}$ dhe shtangësisë së pilotës, EI për gjatësi, $L=12m$ dhe modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_h=1000kN/m^2=konstant$ për $n=1,2,3,\dots$

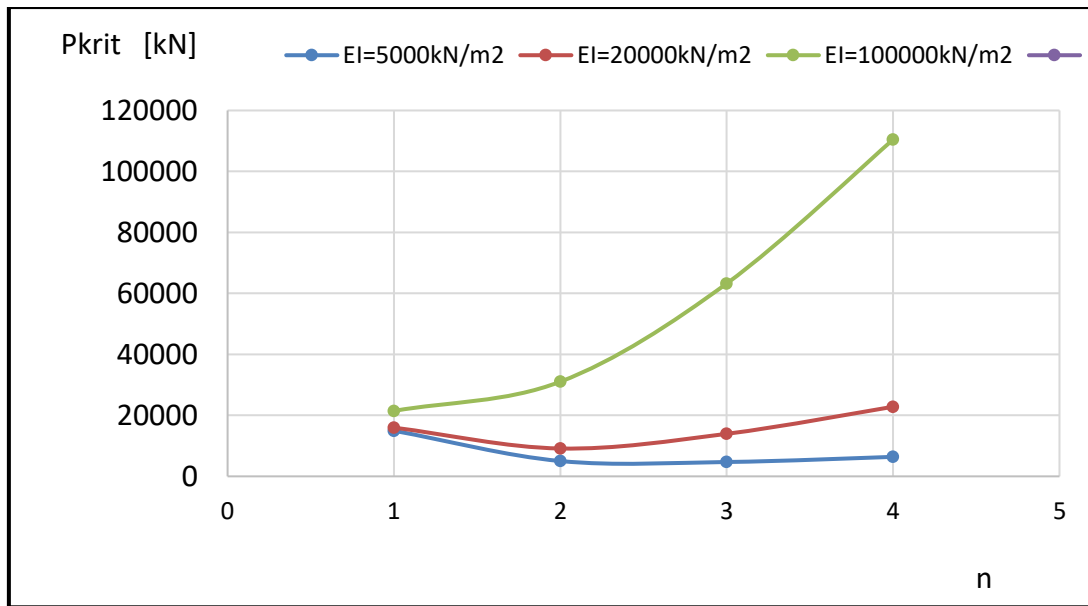


Figura 2.79 – Varësia e numrit "n" dhe forcës së epjes së pilotës (p-p), $P_{krit(p-p)}$ me gjatësi, $L=12\text{m}$ shtangësi, $EI=5000\text{kN/m}^2$, $EI=20000\text{kN/m}^2$, $EI=100000\text{kN/m}^2$ dhe modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_h=1000 \text{ kN/m}^2=\text{konstant}$.

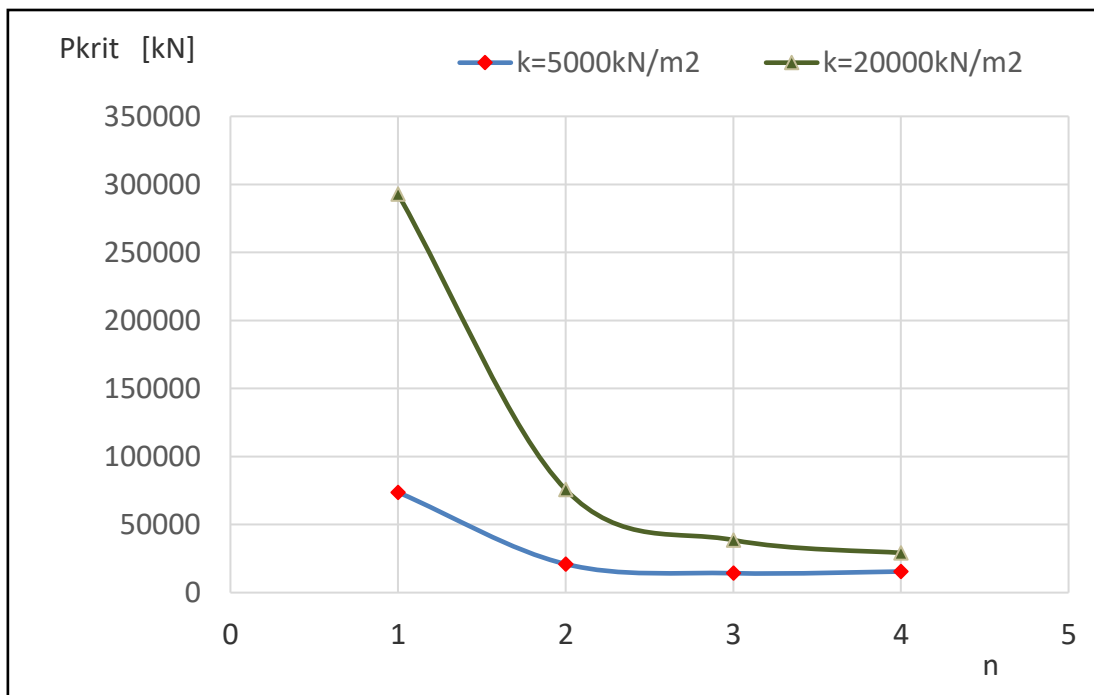


Figura 2.80 – Varësia e forcës së epjes së pilotës (p-p), $P_{krit(p-p)}$ dhe numrit "n" për pilotën me gjatësi, $L=12\text{m}$ shtangësi, $EI=1000\text{kN/m}^2=\text{konst.}$ e ngulur në dhera me modul të reaksionit horizontal të dheut, $k=5000\text{kN/m}^2$ dhe $k=20000\text{kN/m}^2$

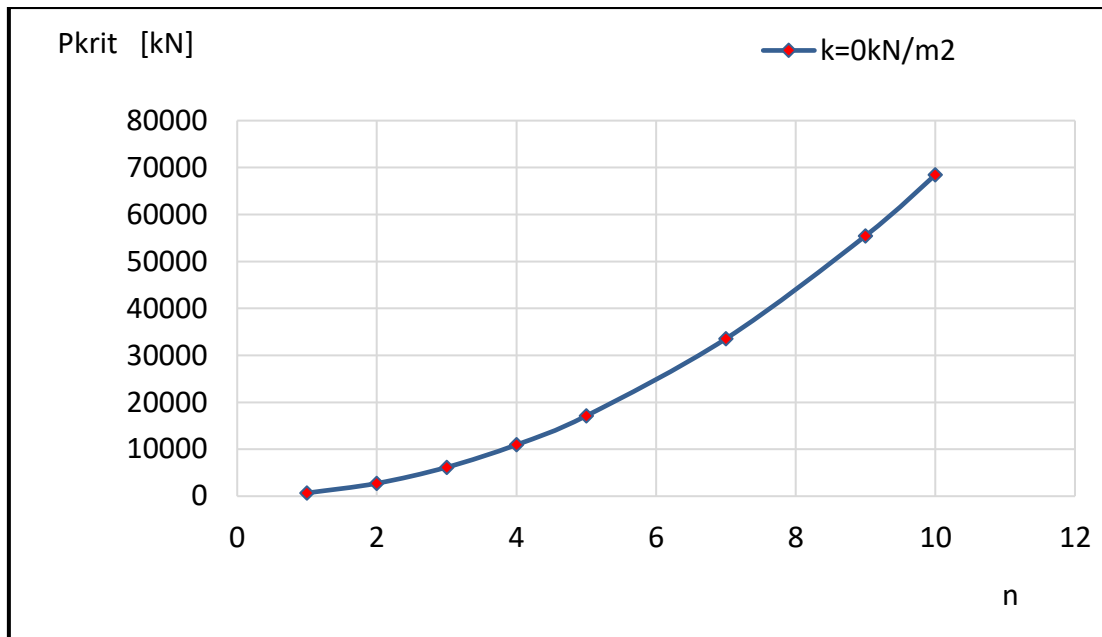


Figura 2.81 – Varësia e numrit "n" dhe forcës së epjes së pilotës (p-p), $P_{krit(p-p)}$ me gjatësi, $L=12m$ shtangësi, $EI=1000kN/m^2=konstant$. dhe modul të reaksionit horizontal të dheut, $k_h=0$ kN/m^2

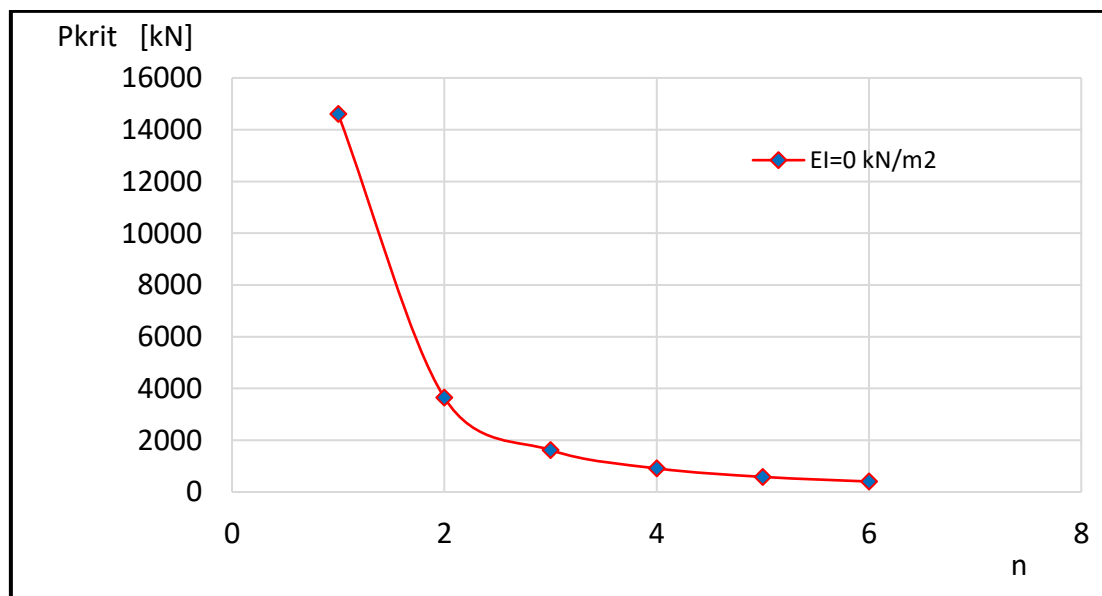


Figura 2.82 – Varësia e forcës së epjes së pilotës, $P_{krit(p-p)}$ dhe numrit "n" për shtangësi të pilotës, $EI=0$ kN/m^2 .

Në Fig. 2.81 është dhënë varësia në mes numrit "n" dhe forcës së epjes së pilotës (p-p), $P_{krit(p-p)}$ dhe për rastin kur shtangësia e tokës është zero, $k=0.0kN/m^2$. Ky është rasti i forcës së epjes

së shtyllës nga materiali elastik me kushte të mbërthimit sharnjerë në maje dhe sharnjerë në kokë, (p-p) që njihet si forca e Eulerit, $P_E = EI \cdot n^2 \pi^2 / L^2$ për të cilin rast vlen:

$$\text{nëse } n \rightarrow \infty \text{ atëherë } P_{\text{krit}} \rightarrow \infty.$$

Në Fig. 2.82 është dhënë varësia e forcës së epjes së pilotës (p-p), $P_{\text{krit}(p-p)}$ dhe numrit "n" për rastin kur shtangësia e pilotës është zero ($EI=0$), nga rrjedhë forca e epjes së pilotës (p-p), $P_{\text{krit}(p-p)} = k \cdot L^2 / n^2 \pi^2$ për të cilin rast vlen:

$$\text{nëse } n \rightarrow \infty \text{ atëherë } P_{\text{krit}} \rightarrow 0.$$

2.3 Konkluzionet

Sipas studimit të bërë, faktorët që ndikojnë në forcën e epjes së pilotës për nga rëndësia autorja i rënditë në këtë mënyrë:

- I. Shtangësia e tokës
- II. Shtangësia e pilotës (prerja tërthore dhe klasa e betonit)
- III. Kushtet konturore-të mbërthimit të pilotës
- IV. Gjatësia e pilotës

- Shtangësia e tokës është njëri ndër faktorët primar që ndikon në forcë të epjes së pilotës.

- Forca e epjes së pilotës rritet si për rastin kur konstanta e reaksionit të dheut, n_h rritet derisa moduli i reaksionit të dheut, k_0 mbahet konstant, po ashtu edhe në të kundërtën. Ndikim më të madh në vlerën e forcës së epjes së pilotave (f-F), (f-p) dhe (f-f) ka rritja e modulit të reaksionit të dheut, k_0 se sa rritja e konstantës së reaksionit të dheut, n_h derisa në vlerën e forcës së epjes së pilotave (f_t-p), (f_t-F), (p-p), (F-F) më shumë ndikon rritja e konstantës së reaksionit të dheut, n_h se sa rritja e modulit të reaksionit të dheut, k_0 .

- Vlera më të mëdha të forcave të epjes fitohen për pilotat me kushte të mbërthimit inkastrim në kokë dhe inkastrim në maje, (F-F) për shkak të rritjes së kufizimit që ofron maja dhe koka e pilotës me inkastrim ndërsa vlera më të vogla të forcave të epjes fitohen për pilotat me kushte të mbërthimit e lirë në kokë dhe e inkastruar në maje, (f-F) dhe e lirë në kokë dhe e lirë në maje, (f-f) ndërsa forcat e epjes së pilotave me kushte të mbërthimit sharnjerë në kokë dhe

sharnjerë në maje, (p-p), inkastrim me mundësi të zhvendosjes horizontale në kokë dhe sharnjerë në maje, (f_t-p) si dhe inkastrim me mundësi të zhvendosjes horizontale në kokë dhe inkastrim në maje, (f_t-F) janë për nga vlera më të mëdha se forcat e epjes së pilotave me kushte të mbërthimit e lirë në kokë dhe e inkastruar në maje, (f-F) si dhe e lirë në kokë dhe e lirë në maje, (f-f) por më të vogla se forcat e epjes së pilotave me kushte të mbërthimit inkastrim në kokë dhe inkastrim në maje, (F-F).

- Vlerat e forcës së epjes së pilotave me kushte të mbërthimit e lirë në kokë dhe e inkastruar në maje, (f-F) me gjatësi $L \geq 10m$ janë identike me forcat e epjes së pilotave me kushte të mbërthimit e lirë në kokë dhe e lirë në maje, (f-f), gjithashtu vlera të barabarta të forcave të epjes fitohen për pilotat gjatësi, $L \geq 10m$ dhe kushte të mbërthimit sharnjerë në kokë dhe sharnjerë në maje, (p-p) inkastrim me mundësi të zhvendosjes horizontale në kokë dhe sharnjerë në maje, (f_t-p) dhe inkastrim me mundësi të zhvendosjes horizontale në kokë dhe inkastrim në maje, (f_t-F). Pra, në vlerën e forcës së epjes së një pilote me gjatësi $L \geq 10m$ kur ajo është e ngulur plotësisht në dhera me modul të reaksionit horizontal të dheut që rritet linearisht me gjatësi të pilotës, me vlerë të ndryshme nga zero në sipërfaqe, ndikon vetëm kushti i mbërthimit të kokës së pilotës e jo edhe kushti i mbërthimit të majës së pilotës

- Varësia e forcës së epjes dhe momentit të inercionit të pilotës (p-p) është funksion eksponencial për rastin kur moduli i reaksionit të tokës rritet linearisht me gjatësi të pilotës me vlerë zero në sipërfaqe, $k = n_h \cdot x$ (rasti i dherave ranore dhe për argjila normalisht të konsoliduara) dhe me vlerë të ndryshme nga zero në sipërfaqe, $k = k_0 + n_h \cdot x$ (dhera argjilore të thata normalisht të ngarkuara) ndërsa varësia e forcës së epjes dhe e momentit të inercionit të pilotës (p-p) është funksion linear me thyerje në pika të caktuara në të cilat kemi ndryshim të formave themelore modale të epjes së pilotës për rastin kur moduli i reaksionit të dheut është konstant përgjatë gjatësisë së pilotës, $k = k_0$ (dhera argjilore).

- Për llogaritje të forcës së epjes së pilotës mund të përdorën metoda të ndryshme si Metoda analitike të zgjidhjes së ekuacioneve diferenciale, Metoda e diferencave të fundme, Metoda e elementeve të fundëm, Metoda e energjisë, Metoda e Davissonit etj. Nga të gjitha metodat e përdorura në punim për llogaritje të forcës së epjes së pilotave, si metoda më të përshtatshme për llogaritje, autorja propozon Metodën e Diferencave të Fundme dhe Metodën e Elementeve të Fundëm, pasi që me këto metoda si dhe duke përdorur ndonjë softwar komercial mund të caktohen forcat e epjes së pilotave të ngulura në çfarëdo lloj toke.

Kapitulli 3

Koeficienti i sustës "K"

3.1 Evoluimi i teorive për përcaktimin e koeficientit të sustës "K"

Ndërveprimi themel–tokë ka qenë një nga problemet më sfiduese në inxhinierinë gjeoteknike duke filluar që nga fundi i shekullit nëntëmbëdhjetë. Për shkak të kompleksitetit të sjelljes së tokës, problemi i ndërveprimit të tokës me themel është zëvendësuar me një sistem shumë më të thjeshtë të quajtur modeli i tokës (subgrade model). Modeli më i thjeshtë dhe më i zakonshëm është dhënë nga Winkleri (1867) ku dheu pranohet të jetë ekuivalent me një numër të pafund sustash elastike.

Në vitin 1943 Terzaghi shqyrtojë mundësinë e aplikimit të Teorisë së Elasticitetit në Mekanikën e Dherave dhe po këtu analizon edhe koeficientin e reaksionit të dheut i cili është i domosdoshëm gjatë dimensionimit të pilotave.

K ($\text{kN/m}^2/\text{m}$) quhet koeficient i Winklerit ose koeficient i reaksionit vertikal të dheut, që përkufizimin më të mirë të këtij koeficienti e ka bërë autori Vesić (1961). Ky ka bërë dallimin në mes koeficientit të reaksionit vertikal të dheut, K (kN/m^3) që fitohet duke shqyrtuar pllakën

testuese dhe modulit të reaksionit vertikal të dheut, k (kN/m²) që përdoret për simulimin e shtangësisë së sustave gjatë llogaritjeve të themeleve, që në mes tjerash është edhe funksion i gjerësisë dhe shtangësisë së traut mbajtës.

Biot (1937), Terzaghi (1955), Vesic (1961), Meyerhof dhe Baikia (1965), Selvadurai (1984) dhe Bowles (1998) kanë hulumtuar faktorët që ndikojnë në përcaktimin e koeficientit të reaksionit të dheut, K . Është e qartë se koeficienti i reaksionit të dheut nuk është konstantë për një shtresë të dheut, për shkak se vlera e këtij koeficienti varet nga një sërë faktorësh, siç janë lloji i dheut, lagështia, ngjeshja, madhësia e sipërfaqes së ngarkuar, nga forma e sipërfaqes së ngarkuar, intensiteti i ngarkesës si dhe thellësia e fundimit. Një studim i plotë i parametrave të cilët ndikojnë në koeficientin të reaksionit të dheut, është dhënë nga Terzaghi (1955).

Për të kontrolluar vlerat e përvetësuara të koeficientit të reaksionit të dheut ekzistojnë disa mënyra, por ajo e zakonshme është llogaritja e uljes së ndonjë pike duke përdorur modulin e ngjeshjes, që caktohet shumë më saktë me anë të provës eodometrike.

3.2 Metodat e caktimit të modulit të reaksionit të tokës

Teknikat që përdoren për caktimin e modulit të reaksionit të dheut mund të ndahet në tre kategori:

- Metodat eksperimentale
- Metodat numerike
- Metodat e thjeshta teorike

Në përgjithësi, metodat e përcaktimit të modulit të reaksionit të dheut, k (kN/m²) janë:

1. Prova e ngarkimit statik të pllakës (Dutta dhe Roy 2002; Bowles 1998) ,
2. Prova e Konsolidimit (Dutta dhe Roy 2002; Bowles 1998) ,
3. Prova triaksiale (Dutta dhe Roy 2002) ,
4. CBR prova (Nascimento dhe Simoes 1957) dhe
5. Marrëdhëniet empirike dhe teorike që janë propozuar nga studiues të ndryshëm (Bowles 1998; Elachachi 2004).

Përvetësimi i vlerës së koeficientit ekuivalent të reaksionit të dheut, K varet nga shumë faktorë si:

- Testimi i pilotës në terren
- Testimi i pilotës përmes modelit
- Mënyra e punimit të pilotës
- Rezultatet laboratorike dhe in-situ shqyrtimet e karakteristikave të dheut
- Eksperiencat ekzistuese nga lokacioni
- Faza e projektimit (ideore, kryesore)
- Rreziku i llogaritur dhe
- Përvoja e projektuesit

Përzgjedhja e shtangësisë së sustës k_h si dhe shpërndarja e saj sipas thellësisë varet nga ajo se çka kemi në dispozicion:

- Lloji i dheut
- Aftësia mbajtëse e lejuar e pilotës, q_a
- Parametrat deformues të dheut, E, ν
- Rezultatet nga punët hulumtuese (SPT)
- Rezultatet nga shqyrtimi in-situ e pilotës
- Shtangësia e pilotës kur është e ngarkuar me forcë horizontale dhe moment

Nëse dheun e modelojmë si sustë atëherë vetitë deformuese të sustës jepen nëpërmjet koeficientit të sustës – koeficientit të reaksionit vertikal të dheut, K që nxirret nga provat e ngarkimit statik të pllakës standarde rrethore me diametër (30÷100)cm ose pllakës ekuivalente drejtkëndëshe (Reza & Masoud, 2008) me një ngarkesë me intenzitet p për njësi të sipërfaqes, nga e cila pllaka do të pësojë ulje w , atëherë me regjistrimet e provës ndërtohet grafiku $p-w$ (Fig. 3.1) nga përcaktohet koeficienti i reaksionit të dheut si më poshtë:

$$\frac{\Delta p}{\Delta w} = K \quad [kN / m^3] \quad (3.1)$$

Ky koeficient përdoret për llogaritje të pllakave dhe trarëve të mbështetura në bazament elastik, që do të thotë se pllaka ose trau konsiderohen të mbështetura në susta të cilat mund të shtypen shumë kur për të njëjtën Δp regjistrojmë ulje të mëdha vertikale (Fig. 3.1). Nga rrjedhë se sa më e shtypshme është susta aq më e butë është toka, pra aq më e vogël është vlera e koeficientit të reaksionit të dheut, K . Kjo është metodë e drejtpërdrejtë e vlerësimit të modulit të reaksionit të dheut.

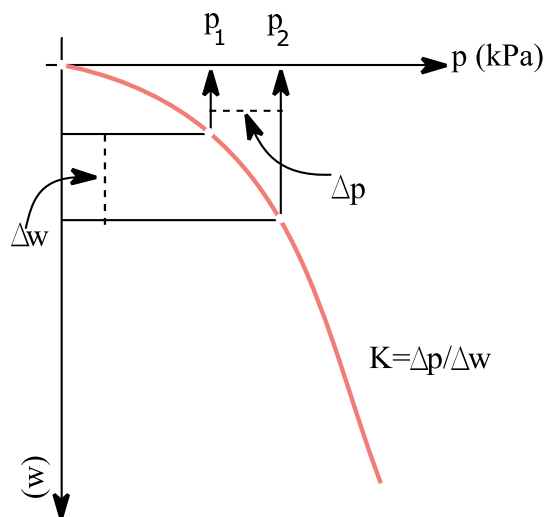


Figura 3.1 – Grafiku $w=f(p)$

Koeficienti njësi i reaksionit vertikal të dheut, $K_{0.3}$ caktohet zakonisht nga pllaka standarde me diametër, $D=30\text{cm}$ e ngarkuar në mënyrë statike. Vesiçi (1961) propozon këtë kriter për llogaritje të koeficienti njësi të reaksionit vertikal të dheut:

$$K_{0.3} = \frac{p_1}{w_1} \quad (3.2)$$

ku $K_{0.3}$ caktohet për uljen $w_1=2.5\text{ cm}$ (Fig. 3.2).

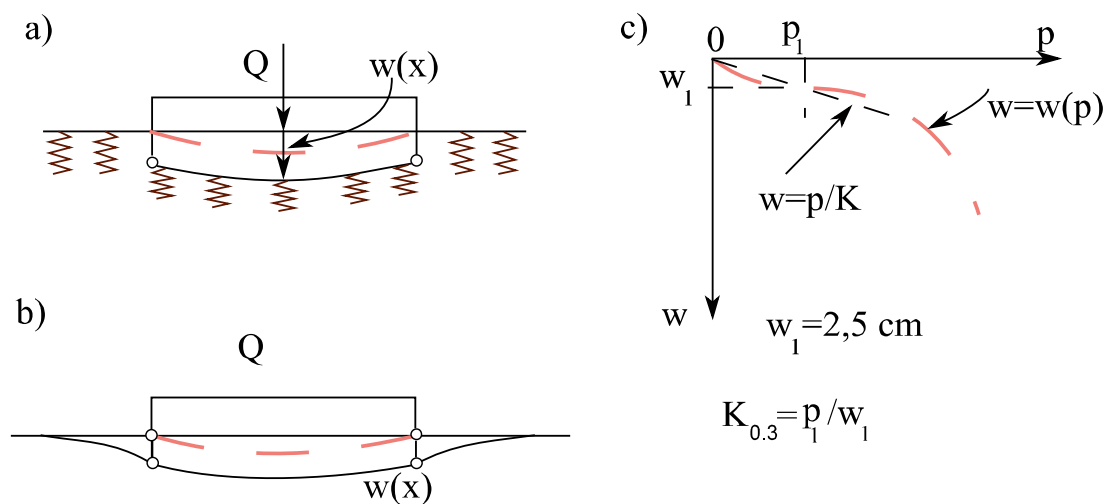


Figura 3.2 – Modeli i Winkler-it, (a) Mbajtësi i vërtetë, (b) Caktimi i koeficientit të Winklerit nga rezultatet e fituara nga pllaka testuese, dhe (c) Kriteri i caktimit të “K” sipas Vesiç-it

Sipas normave ACI 360R, moduli i reaksionit të dheut caktohet duke ngarkuar pllakën rrethore me diametër $D=76.0\text{cm}$ derisa të ulet prej $w_1=1.25\text{ mm}$. Atëherë moduli i reaksionit të dheut, k paraqet raportin në mes kësaj ngarkese dhe uljes së fituar (Fig. 3.3).

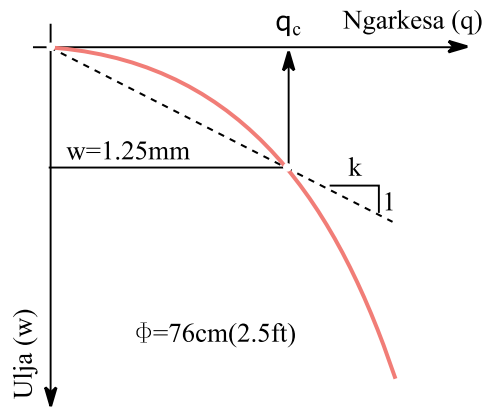


Figura 3.3 – Definimi i modulit të reaksionit të dheut, k sipas normave ACI 360R

Nëse marrim dy pllaka rrethore me përmasa D_1 dhe D_2 , të cilat janë të mbështetura në tokë të njëjtë dhe të ngarkuara me të njëjtën forcë, P (Fig. 3.4), presioni i dheut, p_1 që vepron në pllakën me diametër më të madh, D_1 është për nga intensiteti më i vogël krahasuar me presionin e dheut, p_2 që vepron në pllakën me diametër më të vogël, D_2 . Po ashtu edhe uljet -zhvendosjet që pësojnë pllakat rrethore nga veprimi i këtyre ngarkesave (p_1 dhe p_2) janë të ndryshme ($w_1 < w_2$) nga fitohen koeficientet e reaksioneve të dheut, $K_1[\text{kN}/\text{m}^3]$ dhe $K_2[\text{kN}/\text{m}^3]$ të barabarta në mes veti deri sa moduli i reaksionit të dheut, $k_1[\text{kN}/\text{m}^2]$ për nga vlera është më i madh se moduli i reaksionit të dheut, $k_2[\text{kN}/\text{m}^2]$. Analiza kualitative e parametrave që rezultojnë nga një skemë e tillë e ngarkimit është përmbledhur në Tabelën 3.1. Është më rëndësi që të kuptohet se cilët nga këta parametra kanë të bëjnë me tokën dhe cilët me sistemin tokë - pilotë.

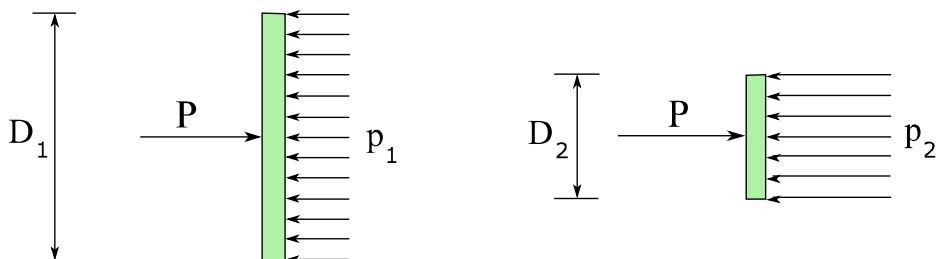


Figura 3.4 – Shpërndarja e shtypjes në sipërfaqe të ndryshme

Tabela 3.1 – Analiza kualitative e parametrave rezultues

Forca	P	=	P
Diametri	D_1	>	D_2
Shtypja	p_1	<	p_2
Ulja	w_1	<	w_2
Koeficienti i reaksionit të dheut	$p_1/w_1=K_1$	=	$p_2/w_2=K_2$
Moduli i reaksionit të dheut	$k_1=K_1 \cdot D_1$	>	$k_2=K_2 \cdot D_2$

Tek këto dy raste të analizuara, i vetmi ndryshim është diametri i dy pllakave (forca dhe lloji i tokës janë të njëjta), atëherë nga Fig. 3.4, rezultatet e fituara mund të paraqiten në dy forma:

- Në funksion të presionit të dheut ($p[\text{kN/m}^2]$) dhe zhvendosjes ($w[\text{m}]$), që paraqet koeficientin (konstantën) e reaksionit të dheut, K si dhe
- Në funksion të forcës për njësi të gjatësisë ($P[\text{kN/m}]$) dhe zhvendosjes njësi ($w[\text{m}]$) që është moduli i reaksionit të dheut, k .

Ndërsa nga Fig. 3.5 rrjedhin këto përfundime:

- Shpejtësia e ndryshimit të Modulit të elasticitetit me thellësi paraqet koeficientin e reaksionit të dheut, K (Fig. 3.5a) dhe është një veti e brendshme e tokës ($K_1=K_2$).
- Moduli i reaksionit të dheut (shtangësia e sustës), k është parametër i themelit që varet nga karakteristikat fizike dhe gjeometrike të themelit – pilotës si dhe karakteristikat e dheut (Fig. 3.5b).

Mënyrat e caktimit të modulit të reaksionit të dheut në funksion të llojit të dheut dhe madhësisë së sipërfaqes së ngarkuar është dhënë nga Terzaghi (1955), Teng (1962), Bowles (1977) dhe të tjerë, ndërsa përmbledhja e qasjeve të ndryshme në mënyrë detale është dhënë nga Nair (1974).

Që të përdoret modeli i Winklerit për llogaritje të pilotës, është e nevojshme që të caktohen vlerat e këtij moduli por në drejtim horizontal. Kjo gjë e komplikon punën më shumë.

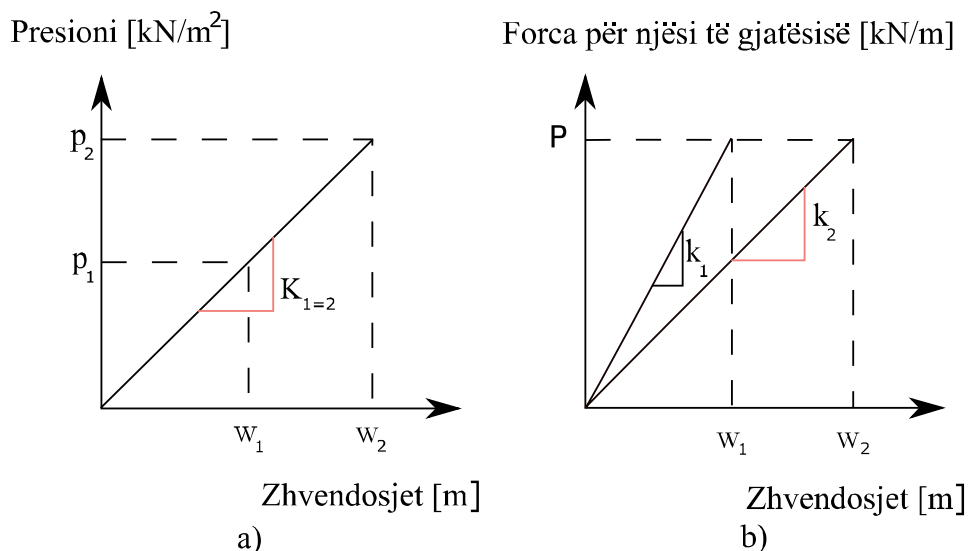


Figura 3.5 – Ndryshimi i presionit për njësi të sipërfaqes dhe forcës për njësi të thellësisë me zhvendosjet e pilotës

Përderisa për sipërfaqe horizontale mund të bëhen shqyrtime me anë të pllakave testuese, për ato vertikale nuk është e mundur, prandaj për këto mbesin në dispozicion vetëm shprehjet empirike të caktuara në mënyrë të përafërt.

Teoria e reaksionit të dheut fillon që të përdoret nga shumë autorë (që nga viti 1920) për llogaritjen e nderjeve të pilotës të ngarkuar me një forcë horizontale në kokë. Në këtë rast reaksioni i dheut vepron në drejtim horizontal, prandaj raporti në mes presionit horizontal njësi, p_h dhe deformimit që pëson aksi i pilotës, w_h do të quhet koeficienti i reaksionit horizontal të dheut:

$$K_h = \frac{p_h}{w_h} \quad (3.3)$$

ku është:

K_h – koeficienti i reaksionit horizontal të dheut [kN/m^3]

p_h – presioni horizontal njësi i dheut [kN/m^2]

w_h – zhvendosja horizontale [m]

Aktualisht janë dhënë disa variacione të modulit të reaksionit horizontal të dheut në funksion të thellësisë (Fig. 3.6). Vlerat e modulit të reaksionit horizontal të dheut, k_h si dhe ndryshimi i tij përgjatë thellësisë varen nga karakteristikat deformuese të dheut. Karakteristikat deformuese të dherave argjilore janë më pak ose më shumë të pavarura nga thellësia. Mu për këtë, Terzaghi (1955) rekomandon që për argjila të mbikonsoliduara (OC) të përvetësohet moduli i reaksionit

horizontal të dheut, k_h përgjatë gjatësisë së pilotës $k=konstant$ (vija e ndërprerë - Fig. 3.6a ndërsa koeficienti i reaksionit të këtyre dherave mund të llogaritet përmes ekuacionit (3.6). Me kalimin e kohës zhvendosja horizontale e aksit të pilotës, w_h rritet ndërsa vlera e koeficientit të reaksionit horizontal të dheut, K_h zvogëlohet për shkak të progresit të konsolidimit të argjilës nga veprimi i forcës konstante, kështu vlerat e w_h dhe K_h ju afrohen atyre përfundimtare.

Terzaghi (1955) cakton koeficientin e reaksionit horizontal të dheut, K_h për pilotë përmes \overline{K}_h -koeficientit të reaksionit vertikal të dheut për pllakën standarde katrore me dimensione 305mm për dhera argjilore, përmes shprehjes së dhënë më poshtë:

$$K_h = \frac{0.305 \cdot \overline{K}_h}{1.5D} = \frac{\overline{K}_h}{5D} \quad [MN / m^3] \quad (3.4)$$

ku është:

\overline{K}_h – koeficienti i reaksionit vertikal të dheut për pllakën standarde, i dhënë nga Terzaghi (Tab.

3.2)

D – diametri i pilotës [m]

Tabela 3.2 – Vlerat e koeficientit të reaksionit të dheut për argjilë

Argjila	Kompakte	Shumë kompakte	Shumë e fortë
c_u [kN/m ²]	50 ÷ 100	100 ÷ 200	>200
\overline{K}_h [MN/m ³] (për pllakën testuese 305mm)	15 ÷ 30	30 ÷ 60	> 60
k_h [MN/m ²]	3 ÷ 5	5 ÷ 12	>12

Atëherë moduli i reaksionit horizontal të dheut do të jetë:

$$k_h = K_h \cdot D = \frac{\overline{K}_h}{5} \quad [MN / m^2] \quad (3.5)$$

Për dhera kokërrizore, vlerat e w_h dhe K_h janë të pavarura nga koha. Në zonën e kokës së pilotës, nga veprimi i ngarkesave shumë të vogla vije deri te plastifikimi i dheut. Kjo vlen sidomos për rërën dhe argjilën normalisht të konsoliduar (NC) ku për shkak të sforcimeve efektive të vogla në sipërfaqe të truallit, shtangësia dhe fortësia e dheut është e vogël. Te këto dhera ndryshimi i fortësisë dhe deformabilitetit është kryesisht linear me thellësi prandaj Terzaghi (1955) rekomandon që edhe K_h të konsiderohet proporcionale me thellësinë, z . Në Fig. 3.6b, në mënyrë

skematike, me vijë të ndërprerë është dhënë varianti më aktual i modulit të reaksionit horizontal të dheut në funksion të thellësisë z për dhera kokërrizore. Shprehja për K_h në këtë rast është:

$$K_h = n_h \frac{z}{D} \quad (3.6)$$

ku është

n_h – konstante e reaksionit horizontal të dherave pa kohezion [kN/m^3]

D – diametri i pilotës [m]

Terzaghi propozon konstanten e reaksionit horizontal të dheut, n_h në funksion të kompaktësisë dhe lagështisë së rërës (Tab. 3.3).

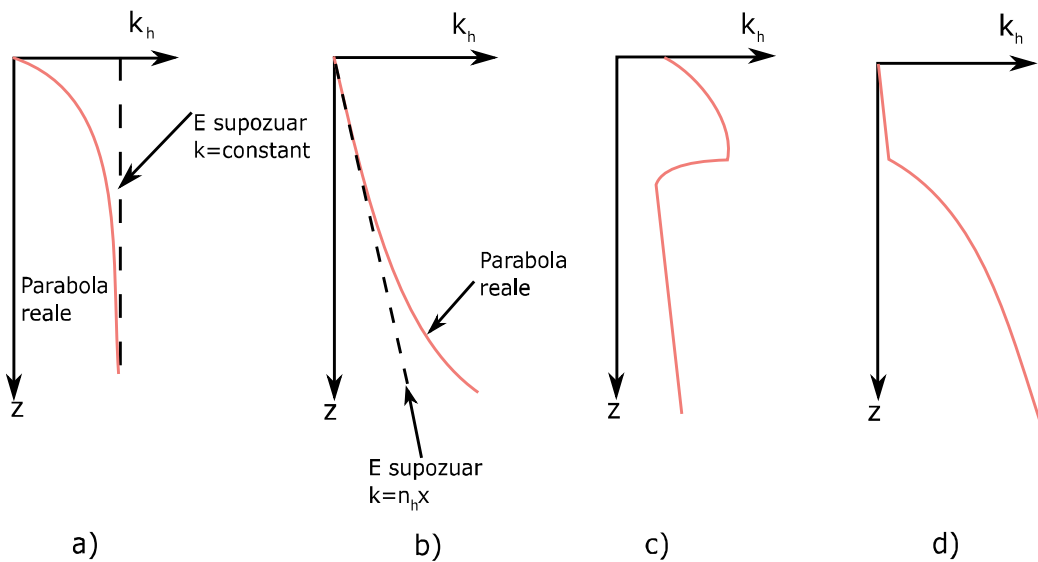


Figura 3.6 – Variacionet e modulit të reaksionit të dheut në funksion të thellësisë, z . (a) Argjilë e mbikonsoliduar (OC); (b) Dhera kokërrizore, argjilë e konsoliduar normalisht; (c) Argjilë e tharë normalisht e konsoliduar; (d) Shtresat sipërfaqësore të buta (Davisson, 1963)

Tabela 3.3 – Vlerat e normës së rritjes së koeficientit të reaksionit të dheut me thellësi për rërën (Terzaghi)

Dendësia relative	Poroze	Mesatarisht poroze	Kompakte
N (goditje/300mm)	4 ÷ 10	10 ÷ 30	30
n_h (rërë e thatë), MN/m^3	2	6	17
n_h (rërë e lagur), MN/m^3			
305mm	1	4	10

Po ashtu Terzaghi (1955) propozon që për pilotën e ngulur në dhera jokohezive, vlera e koeficientit njësi të reaksionit horizontal të dheut të llogaritet sipas shprehjes:

$$K_{h0} = \frac{p}{y} = m_h \cdot z \quad (3.7)$$

ku është:

$$m_h = \gamma \cdot \frac{K_p - K_a}{y} \quad (3.8)$$

K_p – koeficienti i presionit pasiv të dheut

K_a – koeficienti i presionit aktiv të dheut

γ – pesha vëllimore e dheut

p – presioni në sipërfaqen vertikale

y – zhvendosja horizontale

Ndërsa për pilotën e cila është e ngulur në dhera kohezive, koeficienti njësi i reaksionit horizontal të dheut sipas Terzaghit (1955) nuk është në funksion të thellësisë dhe llogaritet:

$$K_{h0} = \frac{p}{y} = m_h = \gamma \frac{K_p - K_a}{w} \quad (3.9)$$

Në literaturë mund të gjejmë vlerat e m_h si dhe disa shprehje të tjera për llogaritjen e koeficientit të reaksionit horizontal të dheut (Frisch dhe Simon 1974). Më tutje do të japim vlerat e dhëna nga Terzaghi për llogaritjen e koeficientit njësi të reaksionit horizontal të dheut për dhera kohezive dhe jokohezive (Tab. 3.4).

Tabela 3.4 – Koeficienti njësi i reaksionit horizontal të dheut, K_{h0} (Terzaghi, 1955)

Rëra	Dendësia		
	Poroze	Mesatare	Kompakte
të pangopura	0.22×10^7 [N/m ³]	0.67×10^7 [N/m ³]	1.79×10^7 [N/m ³]
të ngopura	0.13×10^7 [N/m ³]	0.44×10^7 [N/m ³]	1.08×10^7 [N/m ³]
Argjila	Konsistenca		
	të ngurta	shumë të ngurta	të forta
	2.4×10^7 [N/m ³]	4.8×10^7 [N/m ³]	9.6×10^7 [N/m ³]

Këto vlera preferohen të përdoren në shprehjet për llogaritjen e koeficientit horizontal të reaksionit të dheut të dhëna nga po i njëjti autorë:

- Për dhera jokohezive

$$K_h = K_{h0} \cdot \frac{z}{B} \left[N / m^3 \right] \quad (3.10)$$

- Për dhera kohezive:

$$K_h = K_{h0} \cdot \frac{0,2m}{B} \left[N / m^3 \right] \quad (3.11)$$

ku është:

B - gjerësia e pilotës në metra

Kubo-ja (sipas Yokohama 1971) ka dhënë varësinë e koeficientit horizontal të reaksionit të dheut dhe numrit të goditjeve të SPT-së si në vijim:

$$K_{0h} = 0,2 \cdot N \quad [N / m^3] \quad (3.12)$$

Terzaghi ka shpjeguar ndikimin e diametrit të pilotës në koeficientin e reaksionit të dheut përmes konceptit mbi zonën e ndikimit (Fig. 3.7). Në Fig. 3.7 tregohet se pilota me diametër më të madh ka zonë më të thellë të ndikimit krahasuar me pilotën me diametër më të vogël. Gjatësitë e këtyre zonave të ndikimit, në drejtim të zhvendosjes së pilotës, janë L dhe nL . Prandaj, me aplikimin e shtypjes ekuivalente, pilota me diametër më të madh ballafaqohet me një zhvendosje më të madhe, që në raport me diametrin e pilotës rezulton një koeficient më i vogël i reaksionit të tokës (Terzaghi, K. 1995).

$$y_n = n \cdot y_1 \quad (3.13)$$

$$K_{hn} = \frac{p}{y_n} = \frac{p}{n \cdot y_1} = \frac{K_{h1}}{n} \quad (3.14)$$

ku është:

K_{h1} , K_{hn} – koeficientet horizontal të reaksionit të dheut për pilotën me diametër D_1 dhe D , të mbështetura në dhera argjilore, respektivisht $n=D/D_1$, dhe $K_{h1}=p/y_1$

Ekuacionin (3.14) e shkruajmë në këtë formë:

$$K_{hn} = \frac{p}{y_1} \cdot \frac{D_1}{D} \quad (3.15)$$

Zëvendësojmë me: $K_{h1}=p/y_1$, $D_1=1$ njësi (nga Terzaghi është marrë vlera 1 ft) dhe $D=n \cdot D_1$ atëherë ekuacioni (3.15) do të mund të shkruhet në këtë formë:

$$K_{hm} = K_{h1} \cdot \frac{1}{D} \quad (3.16)$$

ku – K_{h1} është koeficienti horizontal i reaksionit të dheut për pilotën me diametër një njësi e mbështetur në dhera argjilore.

Terzaghi arriti në përfundim se koeficienti horizontal i reaksionit të dheut është në proporcion të zhdrejtë me diametrin e pilotës, thënë ndryshe moduli i reaksionit të dheut është i pavarur nga diametri i pilotës. Por në anën tjetër, shqyrtimet e bëra nga autorë të ndryshëm tregojnë që diametri i pilotës ka një efekt në lakoret p - y . Kjo bie në kundërshtim me hulumtimet e bërë nga Terzaghi (1955).

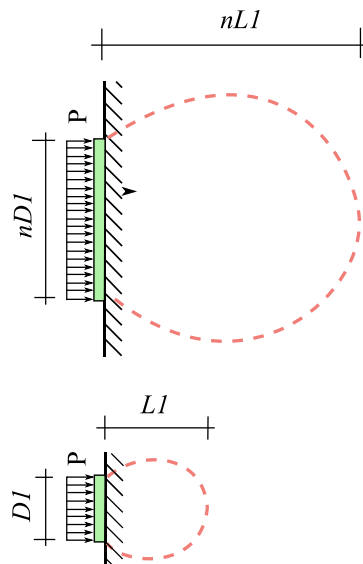


Figura 3.7 – Ndikimi i madhësisë së themelit në modulin e reaksionit të dheut

Përmes Modulit të elasticitetit të tokës, koeficienti i reaksionit horizontal të dheut llogaritet sipas:

- Biot, (1937)

$$K_h = \frac{0.95 \cdot E_s}{(1 - \nu_s^2)} \left(\frac{E_s \cdot D^4}{(1 - \nu_s^2) E_p \cdot I_p} \right)^{0.108} \quad (3.17)$$

- Vlassov-it, (1960.1966)

$$K_h = \frac{E_s \cdot (1 - \nu_s)}{(1 - 2\nu_s)(1 + \nu_s)} \left(\frac{\mu}{2D} \right) \quad (3.18)$$

- Meyerhof-it dhe Baïke, (1963)

$$K_h = \frac{E_s}{D \cdot (1 - \nu_s^2)} \quad (3.19)$$

- Vesićit, (1975a,1975b)

$$K_h = \frac{0.65 \cdot E_s}{D \cdot (1 - \nu_s^2)} \left(\frac{E_s \cdot D^4}{E_p \cdot I_p} \right)^{\frac{1}{12}} \quad (3.20)$$

- Klopple dhe Glock, (1979)

$$K_h = \frac{2 \cdot E_s}{D \cdot (1 - \nu_s^2)} \quad (3.21)$$

- Selvadurai, (1985)

$$K_h = \frac{0.65 \cdot E_s}{D \cdot (1 - \nu_s^2)} \quad (3.22)$$

ku është:

$E_p I_p$ – shtangësia e pilotës

D – diametri i pilotës

E_s – moduli i elasticitetit të dheut

ν_s – koeficienti i Poissonit

μ – masa e dheut pa dimension për njësi të gjatësisë

Nëse për koeficient të Poissonit, ν_s për dhera të pangjeshura marrim vlerën $\nu_s = 0.5$ atëherë ekuacioni (3.22) më tej do të thjeshtohet deri në shprehjen:

$$k_h \approx E_s \quad (3.23)$$

Duke u bazuar në të dhënat nga provat në terren, Carter (1984), duke marrë parasysh efektin e diametrit të pilotës ka ndryshuar ekuacionin e Vesić-it si në vijim:

$$k_h = \frac{1.0 \cdot E_s \cdot D}{(1 - \nu_s^2) \cdot D_{ref}} \left(\frac{E_s \cdot D^4}{E_p \cdot I_p} \right)^{\frac{1}{12}} \quad (3.24)$$

ku D_{ref} është diametri referent i pilotës, $D_{ref} = 1m$.

- Glick (1948), propozon ekuacionin e mëposhtëm për llogaritjen e modulit të reaksionit horizontal të dheut k :

$$k_h = \frac{22.4 \cdot E_s \cdot (1 - \nu_s)}{(1 + \nu_s) \cdot (3 - 4\nu_s) \cdot [2 \ln(2L/D) - 0.443]} \quad [\text{njësia e } E_s] \quad (3.25)$$

ku është:

L, D – gjatësia dhe gjerësia e pilotës

- Glick, për $2L/D = 90 \div 120$ dhe për $\nu_s = 0.2-0.4$ propozon:

$$K_h = (0.8 \div 1.1) E_s / D \quad (3.26)$$

- Sipas Frenckes ky koeficient mund të llogaritet:

$$k' = \frac{19.5 \cdot E_s (1 - \nu_s)}{(1 + \nu_s) \cdot (3 - 4\nu_s) \cdot [8.5 - \log K']} \quad [\text{njësia e } E_s] \quad (3.27)$$

$$K = \frac{k'}{D} \quad (3.28)$$

- Sipas Poulos-it

$$K_h = \frac{0.8 \cdot E_s}{D} \quad (3.29)$$

- Sipas Bowles

$$K_h = \frac{(0.8 \div 1.3) \cdot E_s}{D} \quad (3.30)$$

- Sipas Terzaghit

$$K_h = \frac{0.74 \cdot E_s}{D} \quad (3.31)$$

- Sipas Bromsit

$$K_h = \frac{(0.48 \div 0.9) \cdot E_s}{D} \quad (3.32)$$

Ndërsa lidhja në mes koeficientit të reaksionit të dheut dhe CBR është:

$$K = 4,1 + 51,3 \log CBR \text{ (MN/m}^3\text{)} \quad \text{-për CBR (2-30\%)} \quad (3.33)$$

$$K = 314,7 + 266,7 \log CBR \text{ (MN/m}^3\text{)} \quad \text{-për CBR (20-100\%)} \quad (3.34)$$

DIN 1054:2005 lejon caktimin e koeficientit të Winklerit, k sipas shprehjeve të mëposhtme (3.35) dhe (3.36) për rastin e një pilote të veçuar për të cilën kërkohet forca e brendshme por nuk kërkohet që në mënyrë të saktë të caktohet zhvendosja anësore e saj. Në të kundërtën, DIN 1054 kërkon llogaritjen e koeficientit të Winklerit, k nga rezultatet e fituara nga ngarkesa horizontale provë me të cilën ngarkohet pilota.

$$k_h = E_{oed} \quad - \text{për pilotën me diametër } 0.3m \leq D \leq 1m \quad (3.35)$$

$$k_h = E_{oed}(B/ B_1) \quad - \text{për pilotën me diametër } B > B_1 = 1m \quad (3.36)$$

E_{oed} është Moduli oedometrik i dheut

Këto shprehje janë të vlefshme në qoftë se zhvendosja maksimale anësore e pilotës është më e vogël se vlera më e vogël nga këto dy vlera: 2 cm ose $0,03B$. Për pilotë me diametër më të vogël se $0,3 \text{ m}$ (p.sh. Mikropilotat), sipas DIN-it nuk lejohet të merret parasysh rezistenca anësore (pilotët e tilla duhet të jenë të ngarkuar vetëm në shtypje aksiale).

Ndërsa Gudehus (1996) propozon këtë shprehje për llogaritje të koeficientit të reaksionit horizontal të dheut:

$$K_h = (0,3 \div 0,5) \frac{M_v}{D} \quad (3.37)$$

ku M_v është moduli eodometrik i kompresimit

Në pjesën më të madhe të botimeve të fundit, moduli i reaksionit të dheut shprehet në korrelacion me kohezionin pa drenim, c_u (Poulos, 1980, Reese, 2000). Korrelacioni në vijim si i arsyeshëm për modulin e reaksionit horizontal të dheut dhe kohezionit pa drenim është:

$$60 \cdot c_u \leq k_h \leq 100 \cdot c_u \quad (3.38)$$

Po ashtu për llogaritje të koeficient të reaksionit horizontal të dheut në funksion të kohezionit pa drenim, c_u mund të shfrytëzohen edhe shprehjet (2.66), (2.67), (2.68), dhe (2.69).

Sipas Davisson dhe Robinson (1965), moduli i reaksionit horizontal të dheut mund të llogaritet:

$$k_h \approx 67c_u \quad (3.39)$$

Palmer dhe Thompson (1948) kanë propozuar shprehjen në vijim për llogaritjen e reaksionit horizontal të dheut në varësi të thellësisë:

$$k_h = \left(\frac{z}{L} \right)^n k_L \quad (3.40)$$

ku është:

k_h – moduli i reaksionit horizontal të dheut,

z – çfarëdo thellësie përgjatë pilotës,

L – gjatësia mbështetëse e pilotës,

k_L – vlera e k_h në maje të pilotës ($z=L$) dhe

n – një indeks empirik i barabartë ose më i madh se zero.

Supozimet më të shpeshta të indeksit empirik janë: ($n=0$) për argjilat e tejkonsoliduara pasi që moduli i reaksionit të dheut përvetësohet konstant me thellësi dhe ($n=1$) për dhera të grimcuara tek të cilat moduli i reaksionit të dheut rritet linearisht me thellësi. Në përputhje me Davisson dhe Prakash (1963), vlera më adekuate e indeksit empirik do të jetë ($n=1,5$) për rërë dhe ($n=0,15$) për argjila pa drenim.

3.3 Koeficienti i sustës elastike në funksion të përqindjes së pluhurit

Autorja ka shfrytëzuar rezultatet e analizave laboratorike të determinimit të parametrave mekanik dhe fizik sipas standardeve ASTM të kampioneve (10 kampione me strukturë të prishur dhe 35 kampione me strukturë të paprishur) të marra nga 30 shpime deri në thellësi prej 30m që janë kryer në afërsi të portit të Durrësit, me qëllim që të nxjerrë korrelacionin në mes të koeficientit të sustës, K dhe përqindjes së pluhurit, [%] P (Luljeta Bozo, 11th Baltic Sea Geotechnical Conference, Poland 2008).

Durrësi me rrethinën e saj përbëhet nga depozitime të mëdha, që në bazë të vetive mekanike dhe fizike, sipas EC-7 klasifikohen në kategorinë "C". Ky vend karakterizohet nga dherat e buta me trashësi që ndryshojnë prej 70m deri në 85m. Parametrat gjeoteknik që rrjedhin nga analizat laboratorike janë dhënë në Tab. 3.5 dhe Tab. 3.6. Gjithashtu sipas parametrave mekanike dhe fizike dallojmë 10 shtresa gjeoteknike të dherave, të cilat klasifikohen në grupin "ML" shtresat e dheut 2,3,5,6,7 dhe 8 sipas UCS, të cilat përmbajnë pluhur inorganik, pluhur argjilor dhe deltinë pluhuri dhe disa prej tyre përmbajnë argjilë organike ose argjilë pluhurore (CL). Shtresa e katërt përfshihet në grupin "OH" dhe përbëhet nga pluhuri organik. Shtresa 9 dhe 10 përbëhet nga rëra e imët dhe rëra pluhurore i imët "SM".

Tabela 3.5 – Parametrat gjeoteknik

Shtre-sat	Rërë [%]	Pluhur [%]	Argjilë [%]
2	24÷26	70÷68	6
3	2÷10	73÷76	14÷24
4	15÷25	52÷50	24÷32
5	28÷29	58÷81	8÷14
6	19	64÷65	16÷17
7	13÷21	58÷78	9÷21
8	16	53	31
9	48÷65	30÷49	3÷5
10	65	35	10

Tabela 3.6 – Parametrat gjeoteknik

Shtre-sat	E*10 ⁴ kPa	OCR	K [kg/cm ³]
2	0,4÷0,5 0,37÷0,53	=1 >1	29 25
3	0,68÷0,76 0,5÷0,7	>1	2 35
4	0,5÷0,7 0,6÷0,85	>1 >1	30 45
5	0,37 0,25 0,28÷0,48	0,66 0,60 0,46	19 13 20
6	0,25÷0,35 0,4÷0,42	0,37 0,69	20 27
7	0,29÷0,39 0,44 0,38÷0,42	0,33 0,36 0,15	20 20 25
8	0,34÷0,39	0,2	20

Nga testet laboratorike dhe studimet gjeologjike (Fig. 3.8), autorja duke marrë për bazë të gjitha pikat ka dhënë korrelacionin në mes koeficientit të sustës, k [kg/cm³] dhe përqindjes së pluhurit, P [%] përmes këtij përafrimi linear:

$$k = 83.67 - 0.79 \cdot P \quad [\text{kg/cm}^3] \quad (3.41)$$

Duke larguar pikën më të largët nga përafrimi linear i mësipërm (Fig. 3.9), autorja ka dhënë korrelacionin në mes koeficientit të sustës, k [kg/cm³] dhe përqindjes së pluhurit, P [%] si më poshtë:

$$k = 81.96 - 0.775 \cdot P \quad [\text{kg/cm}^3] \quad (3.42)$$

Në Fig. 3.10 është dhënë korrelacioni në mes koeficientit të sustës, k [kg/cm³] dhe përqindjes së pluhurit, P [%] përmes përafrimit të formës eksponenciale (Ekuacioni 3.43) ndërsa në Fig. 3.11 është dhënë përafrimi në formë eksponenciale duke larguar pikën më të largët (Ekuacioni 3.44).

$$k = 170.8 \cdot e^{-0.02 \cdot P} \quad [\text{kg/cm}^3] \quad (3.43)$$

$$k = 162.3 \cdot e^{-0.02 \cdot P} \quad [\text{kg/cm}^3] \quad (3.44)$$

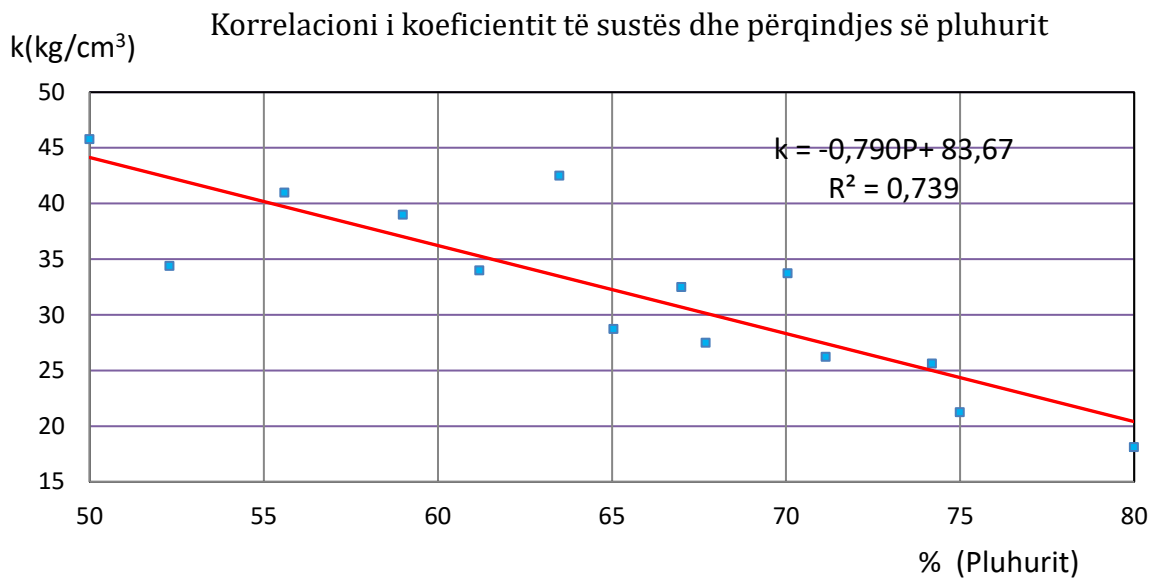


Figura 3.8 – Korrelacioni i koeficientit të sustës, $k[\text{kg}/\text{cm}^3]$ dhe përqindjes së pluhurit, $P[\%]$ – përafrimi i rendit të parë.

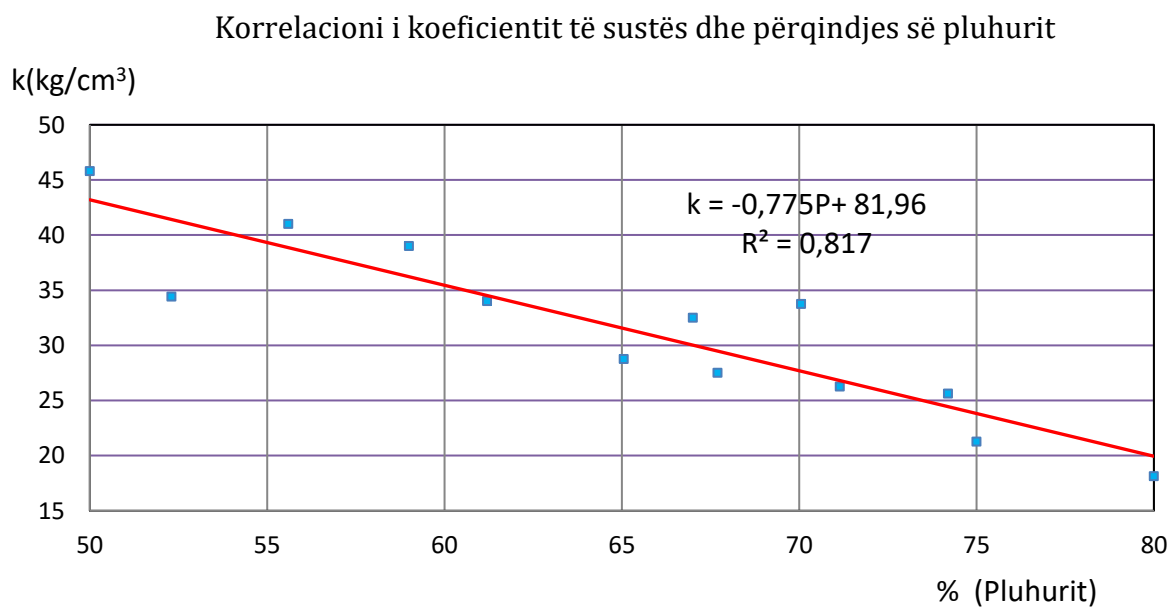


Figura 3.9 – Korrelacioni i koeficientit të sustës, $k[\text{kg}/\text{cm}^3]$ dhe përqindjes së pluhurit, $P[\%]$ – përafrimi i rendit të parë duke larguar pikën më të largët.

Korrelacioni i koeficientit të sustës dhe përqindjes së pluhurit

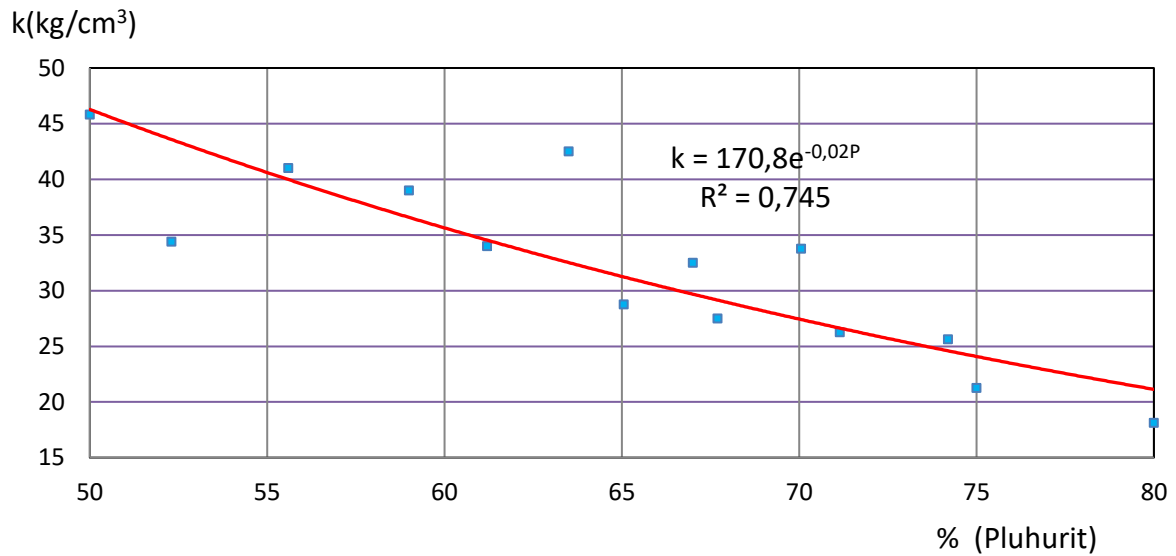


Figura 3.10 – Korrelacioni i koeficientit të sustës, $k[\text{kg}/\text{cm}^3]$ dhe përqindjes së pluhurit, $P[\%]$ përmes përafrimit eksponencial duke marrë për bazë të gjitha pikat.

Korrelacioni i koeficientit të sustës dhe përqindjes së pluhurit

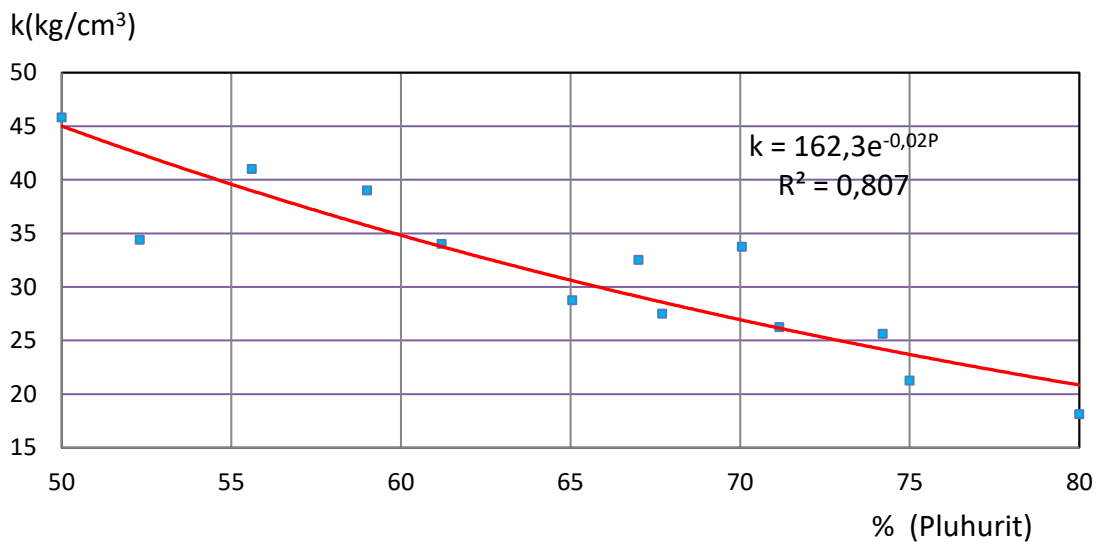


Figura 3.11 – Korrelacioni i koeficientit të sustës, $k[\text{kg}/\text{cm}^3]$ dhe përqindjes së pluhurit, $P[\%]$ përmes përafrimit eksponencial duke larguar pikën më të largët.

Në Fig. 3.12 dhe Fig. 3.13 është dhënë korrelacioni në mes koeficientit të sustës, $k [\text{kg}/\text{cm}^3]$ dhe përqindjes së pluhurit, $P[\%]$ përmes përafrimit të rendit të dytë.

Korrelacioni i koeficientit të sustës dhe përqindjes së pluhurit

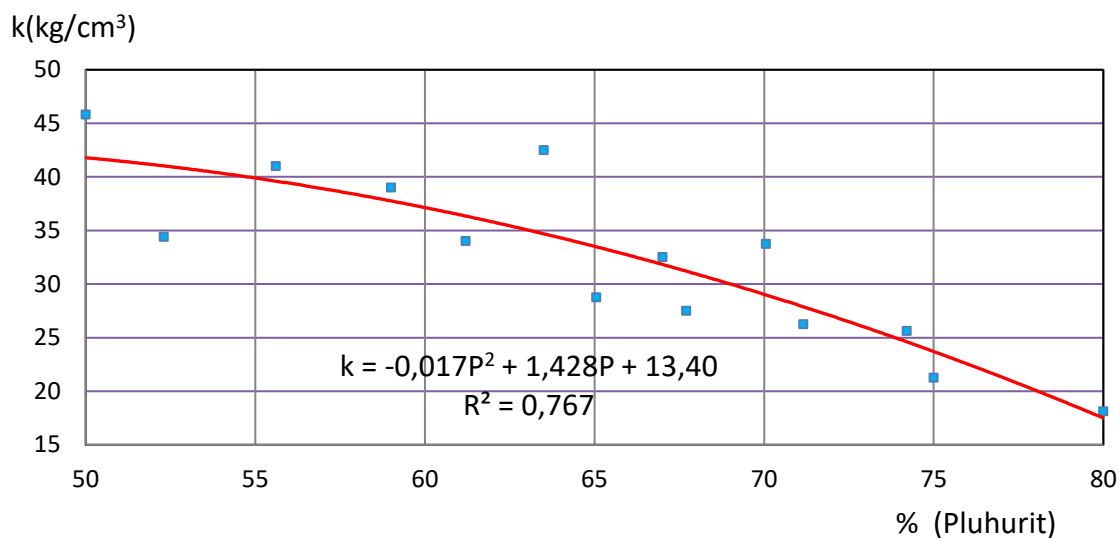


Figura 3.12 – Korrelacioni i koeficientit të sustës, $k[\text{kg}/\text{cm}^3]$ dhe përqindjes së pluhurit, $P[\%]$ përmes përafrimit të rendit të dytë duke marrë për bazë të gjitha pikat.

Korrelacioni i koeficientit të sustës dhe përqindjes së pluhurit

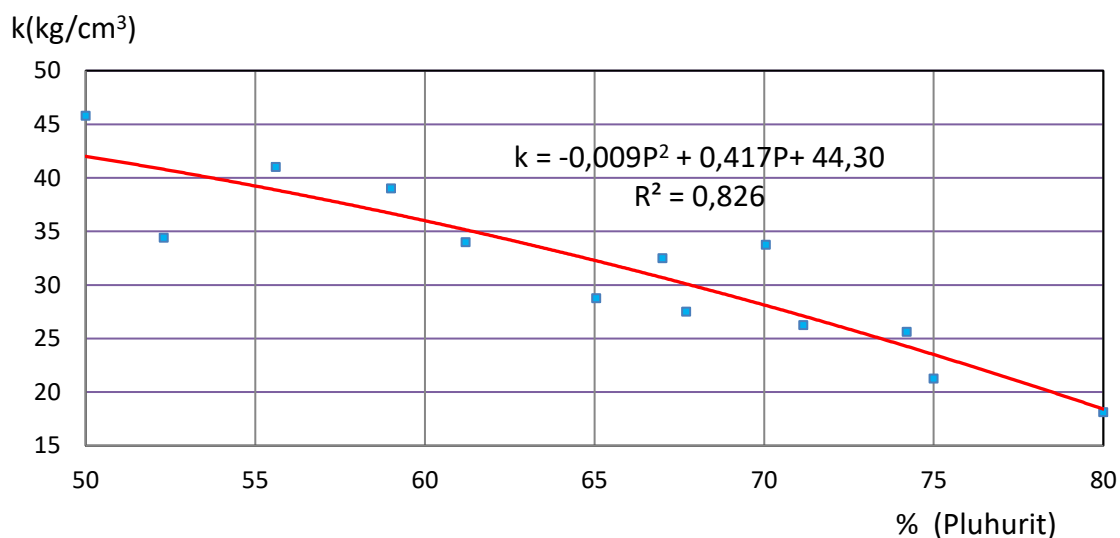


Figura 3.13 – Korrelacioni i koeficientit të sustës, $k[\text{kg}/\text{cm}^3]$ dhe përqindjes së pluhurit, $P[\%]$ përmes përafrimit të rendit të dytë duke larguar pikën më të largët.

Derisa në Fig. 3.14 dhe Fig. 3.15 është dhënë korrelacioni në mes koeficientit të sustës, $k[\text{kg}/\text{cm}^3]$ dhe përqindjes së pluhurit, $P[\%]$ përmes përafrimit logaritmik.

Korrelacioni i koeficientit të sustës dhe përqindjes së pluhurit

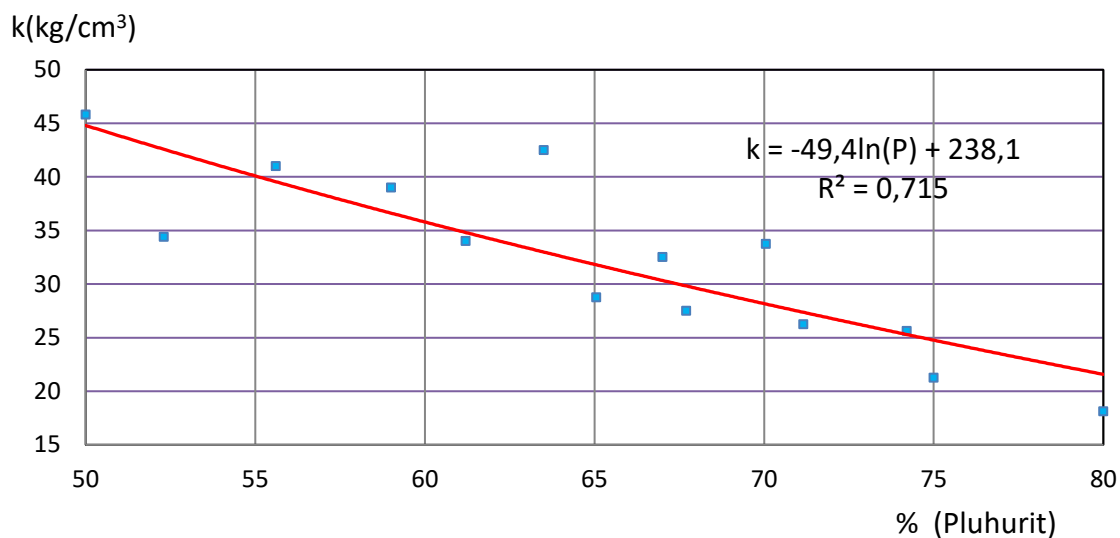


Figura 3.14– Korrelacioni i koeficientit të sustës, $k[\text{kg}/\text{cm}^3]$ dhe përqindjes së pluhurit, $P[\%]$ përmes përafrimit logaritmik duke marrë për bazë të gjitha pikat.

Korrelacioni i koeficientit të sustës dhe përqindjes së pluhurit

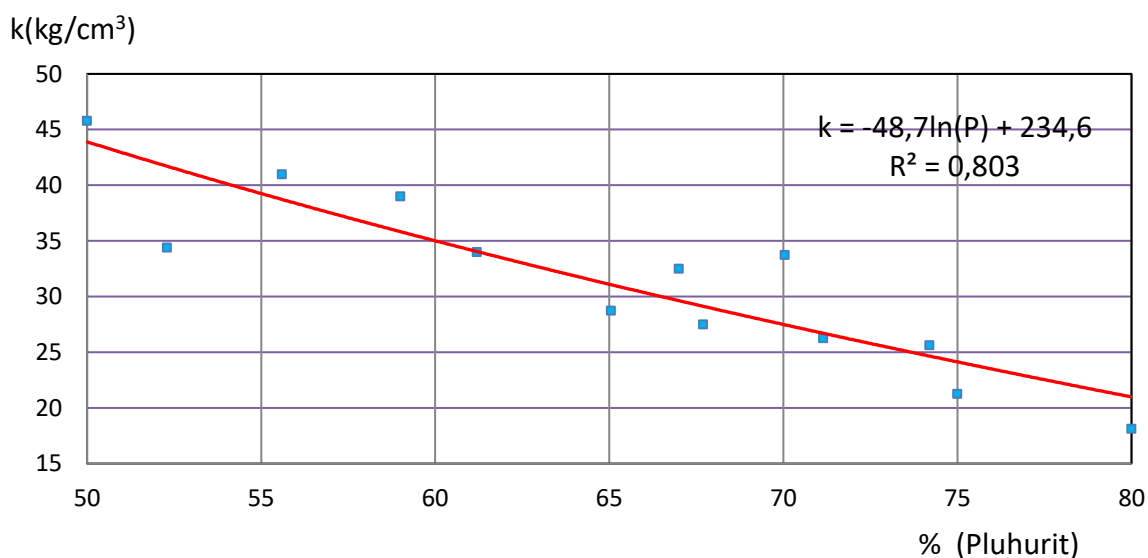


Figura 3.15– Korrelacioni i koeficientit të sustës, $k[\text{kg}/\text{cm}^3]$ dhe përqindjes së pluhurit, $P[\%]$ përmes përafrimit logaritmik duke larguar pikën më të largët.

Sipas autorës, përafrimi i rendit të dytë (Fig. 3.12 dhe Fig. 3.13) është përafrimi më i miri ndërsa përafrimi më praktik për tu përdorur është ai i rendit të parë (Fig. 3.8 dhe Fig. 3.9).

3.4 Korrelacioni në mes Modulit të deformimit, E dhe këndit të fërkimit të brendshëm të dheut, φ

Koeficienti i sustës elastike, k varet nga vetitë deformuese të truallit, E . Ky parametër ka varësi nga shumë faktorë si mënyra e eksperimentimit, granulometria, N_{SPT} , OCR , CPT , γ_{sk} , φ , c_u , R , etj.

Për të dhënë korrelacionin në mes Modulit të deformimit, E dhe këndit të brendshëm të fërkimit, φ autorja ka shfrytëzuar rezultatet e 50 prova të dhëna në formë grafike (Fig.3.16).

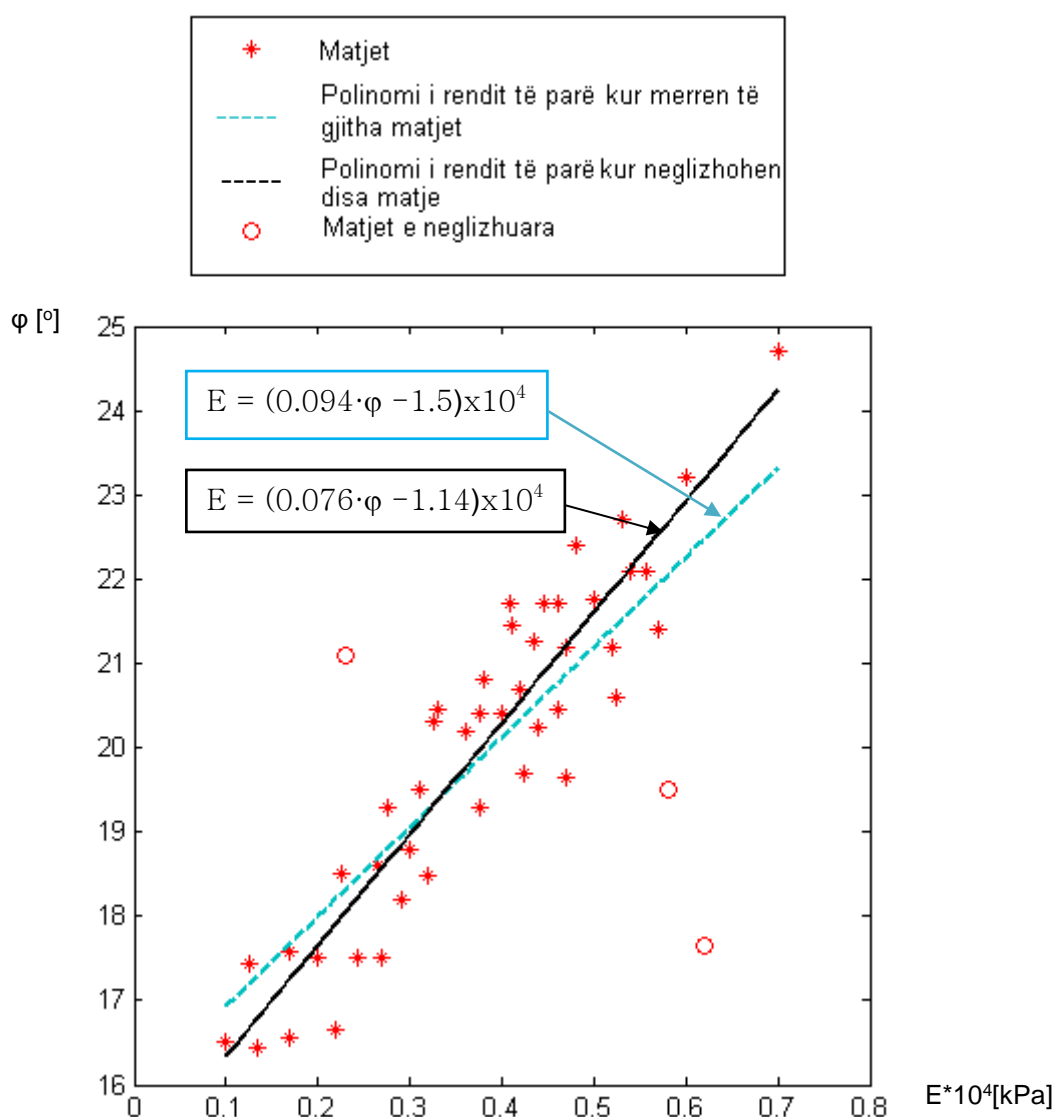


Figura 3.16 – Varësia në mes Modulit të deformimit, E dhe këndit të fërkimit të brendshëm, φ i shprehur përmes polinomit të rendit të parë, duke marrë parasysh të gjitha matjet dhe duke neglizhuar disa prej tyre.

Këto prova janë të kryera në laboratorin Altea dhe në laboratorin e Fakultetit të Inxhinierisë së Ndërtimit në Tiranë nga prof. Luljeta Bozo, 2011, për determinimin e rezistencës në prerje për dherat kohezive Fig. 3.16. Të gjitha provat janë realizuar me anë të mostrave të kualitetit të parë sipas EC-7.

Për të nxjerrë korrelacionin në mes Modulit të deformimit, E dhe këndit të fërkimit të brendshëm, nga autorja është shfrytëzuar softwari MATLAB. Në Fig. 3.16 është dhënë korrelacioni në mes Modulit të deformimit, E dhe këndit të fërkimit të brendshëm, ϕ i shprehur përmes polinomit të rendit të parë për rastet kur merrën parasysh të gjitha rezultatet e matjeve dhe kur neglizhohen tre prej tyre.

Polinomi i rendit të parë kur merren parasysh të gjitha rezultatet e matjeve (lakorja me ngjyrë blu Fig. 3.16) është:

$$E = (0.094 \cdot \phi - 1.5) \times 10^4 \quad [\text{kPa}] \quad (3.45)$$

Ndërsa polinomi i rendit të parë kur neglizhohen tre matje që janë shumë larg nga grupi i matjeve tjera (lakorja me ngjyrë të zezë Fig. 3.16) është:

$$E = (0.076 \cdot \phi - 1.14) \times 10^4 \quad [\text{kPa}] \quad (3.46)$$

Nga këto varësi të fituara në mes Modulit të deformimit, E dhe këndit të fërkimit të brendshëm, ϕ , autorja propozon ekuacionin (3.46) si më praktikë.

Kapitulli 4

Shembulli numerik

4.1 Shembulli numerik i llogaritjes së forcës së epjes së pilotës të ngulur plotësisht në tokë dhe të ngarkuar vetëm me forcë aksiale në shtypje

Për të ilustruar epjen e pilotës të ngarkuar vetëm me forcë aksiale në shtypje, autorja ka shfrytëzuar raportin gjeologjik të autostradës së Kosovës R7 Morinë – Merdare, Seksioni 7 të përpiluar nga "A.L.T.E.A & Geostudio 2000" (Prof. Doc. Luljeta BOZO. Civil engineer and Laboratory Manager (ALTEA)).

4.2 Përshkrimi topografik i terrenit

Autostrada e Kosovës Morinë-Merdarë R 7, Seksioni 7, shtrihet në jug-perëndim-veri-lindje

të Kosovës, nga kryqëzohet me Seksionin 6 (M9) në afërsi të qafës së Komoranit në Ch -1+390, duke kaluar nga fusha e Sllatinës, fshati Henc, lumi Sitnica, në fshatin Dobrevë, fshati Preoc, fshati Çagllavicë dhe vazhdon të Ch. 711 + 310 në afërsi të Prishtinës (Fig. 4.1). Pjesa e parë e rrugës është e përbërë nga një rrëpirë, por pjesa tjetër e rrugës është në thelb e sheshtë apo me kodra të ulëta. Gjatësia e seksionit është afërsisht 12.7km.

Rruga kryqëzon disa rrjedha, lumin Sitnica dhe përrenj të vegjël. Në të gjithë përrenjtë dhe lumenjtë e zonës, sipas madhësisë së shtratit dhe rrjedhjes së ujit, është paraparë ndërtimi i urave të vogla dhe të mëdha.



Figura 4.1 – Autostrada Merdarë –Morinë

4.3 Përshkrimi gjeologjik i terrenit nga hulumtimet gjeomekanike të bëra

Në Kosovë janë bërë shumë studime regjionale për hartimin e hartës gjeologjike të Kosovës, e cila është treguar në Fig 4.2. Në Seksionin 7 janë të pranishme depozitimet e Pliocenit deri te

depozitimet e Triasikut së bashku me aluvialet e kohëve të fundit dhe depozitimet kolumviale. Depozitimet kuaternare janë të ndara në depozitime kolumviale, të lumenjve dhe depozitime lakustrine- kënetore.

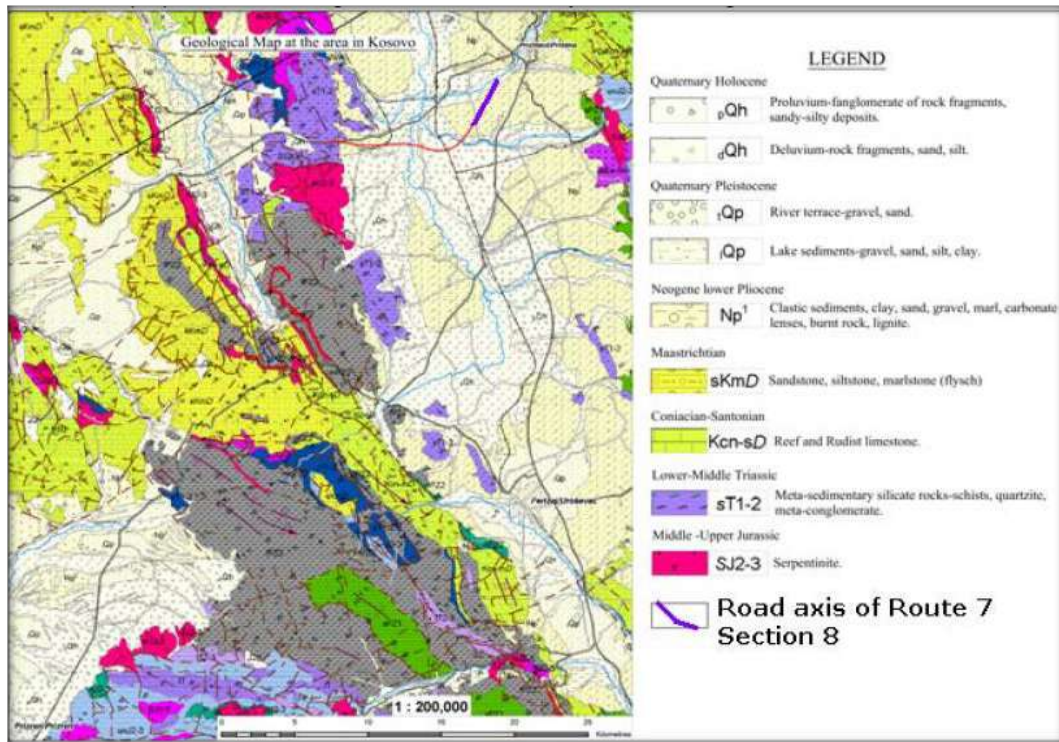


Figura 4.2 – Harta gjeologjike e Kosovës

4.3.1 Fotografi nga hulumtimi në terren - shpimi S7 BH 8230 1



Figura 4.3 – Vendi i shpimit Ph.1 S7 BH 8230 1 para se të fillohet me shpim.



Figura 4.4 – Vendi i shpimit Ph.1 S7 BH 8230 1 gjatë procesit të shpimit.



Figura 4.5 – Kampionet e dherave nga shpimi Ph.1 S7 BH 8230 1 në thellësi: 0.00-5.00 m



Figura 4.6 – Kampionet e dherave nga shpimi Ph.1 S7 BH 8230 1 në thellësi: 5.00-10.00 m



Figura 4.7 – Kampionet e dherave nga shpimi Ph.1 S7 BH 8230 1 në thellësi:10.00-15.00 m



Figura 4.8 – Kampionet e dherave nga shpimi Ph.1 S7 BH 8230 1 në thellësi:15.00-20.00 m



Figura 4.9 – Kampionet e dherave nga shpimi Ph.1 S7 BH 8230 1 në thellësi: 20.00-25.00 m



Figura 4.10 – Vendi i shpimit Ph.1 S7 BH 8230 1 gjatë procesit të shpimit.



Figura 4.11 – Testimi i funksionimit të tubave vertikale piezometrike në shpimin Ph.1 S7 BH 8230 1



Figura 4.12 – Tubat vertikale në shpimin Ph.1 S7 BH 8230 1 pasi që shpimi ka përfunduar.

Plani gjeologjik i Autostradës
Morinë – Merdarë, Seksioni 7

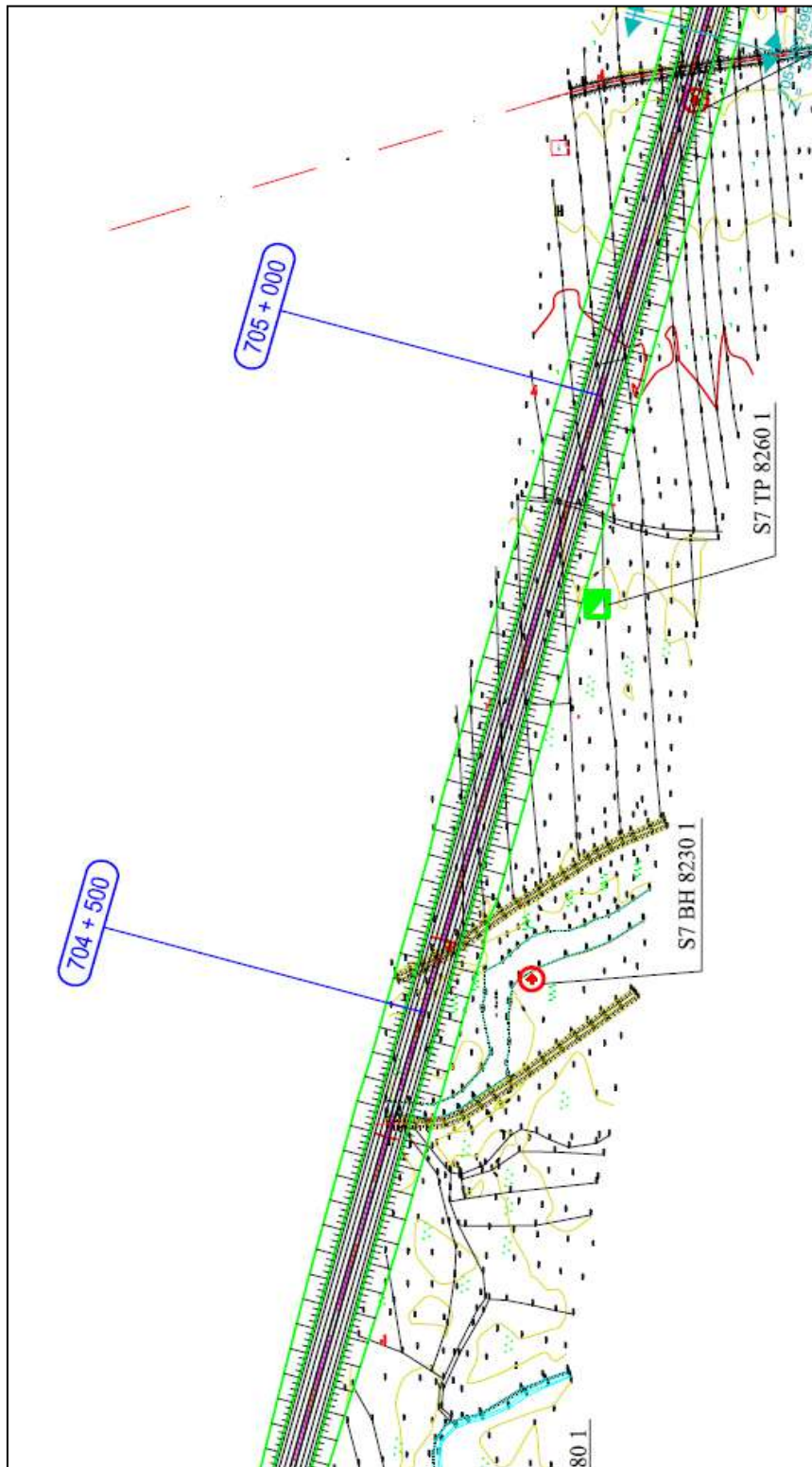


Figura 4.13 – Plani gjeologjik i Autostradës Morinë – Merdarë, Seksioni 7.

4.3.2 Matjet në terren - Regjistrimet nga shpimi S7 BH - 8230 1

ALTEA & GEOSTUDIO 2000						Hole ID S7 BH-8230 1 Sheet BH-8230 1-1	
Contract No.	Method	Rotary	Coordinates	X	7502763.963		
Project	Location:	Km 702+362	Ground Level	Y	4717326.259		
Section 7	Drilling Rig	Gurpinar 300	Orientation	Z	555.019		
Geotechnical Investigation	Driller	Muhamet Elezi	Date Started	13/09/2010			
Client	Logged by	S.ALLKJA	Date Completed	13/09/2010			
MOTC, Republic of Kosovo	A.MEÇO						
Consultant	EGIS ROUTE						

Description of Strata	Legend	Depth Below G.L.	pocket penetrometer value qu	Sampling	SPT N & (U blows)	SPT Type & depth	water level
Top soil; Soft black peat silty CLAY contain roots of plants.	=	0.70					
Firm brown with spots of white and grey silty CLAY.	=	1.10	200	spt 1.00-1.45	N5	S 1.00	
Firm grey to beige silty CLAY.	=	150	150	D 1.50-1.65			1.45
		150	150	U 2.50-3.10			
		150	150				
		150	150				
		150	150				
		150	150				
		150	150				
		150	150				
		150	150				
		150	150				
		160	160	spt 4.10-4.55	N6	S 4.10	4.55
		180	180				
		180	180				
		180	180				
		180	180				
		170	170	U 5.50-6.10			
		170	170				
		190	190				
		190	190				
		190	190				
		180	180	spt 7.10-7.55	N9	S 7.10	7.55
		180	180				
		180	180				
		190	190				
		190	190				
		200	200				
		200	200				
		200	200	U 8.60-9.20			
		200	200				
		200	200				
		200	200				
		200	200				
		200	200				
		10.00	200				

Notes	Form	ARIAL CP LOG
	Version	1.00
	Revised	

4.3.3 Matjet në laborator- shpimi S7 BH 8320 1

Project : **R 7 MOTORWAY MORINE - MERDARE S7**
 Purchaser : **MINISTRY TRANSPORT AND COMUNICATION KOSOVA**
 Consultant : **Egis Route**

Exploratory BH number : **S7 - BH - 8230 1**
 Depth : **12.00 - 12.20m**

Test : **Moisture Content**
Test Method : **ASTM D 2216-98**

Test Result

	Unit	Specimen 1	Specimen 2
Weight of Tare	[g]	17.35	20.75
Weight of tare + Wet Sample	[g]	84.14	94.66
Weight of Tare + Dry sample	[g]	61.81	69.94
Weight of Dry Sample	[g]	44.46	49.19
Weight of Water	[g]	22.33	24.72
Moisture Content(each specimen)	[%]	50.22	50.25
Moisture Content (average)	[%]	50.24	



A.L.T.E.A. One - Dimensional Consolidation (ASTM D 2435 - 02)																							
Job No.:		-		Project:		R 7 MOTORWAY MORINE-MERDARE S7																	
Client: Ministry of Transport and Communication of Kosovo																							
Boring nr.		S7 BH-8230 1		Lab no.		-		Depth:		12.2-12.8 m		Level:		12.8 m									
Soil classification:										Overburden Pressure, σ_0 214.0 kN/m ²													
Start Height h_0		2 cm		Spec. gravity of grains, G_s		2.6 g/cm ³				Planning of Incremental loads (kg)													
Pressure Area		20 cm ²		Beg. Void Ratio e_0		1.365				3.0		6.0		12.0		24.0		12.0		6.0		0.0	
Start Volume, V_0		40 cm ³		Saturation degr. $s \cdot w_0/100 \cdot e_1$		0.99				0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0	
				Bulk Density W_v/V_0		1.672 g/cm ³				0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0	
Water Content before test					Water Content after test																		
Wet Sample + Tara		125.35 g		Wet Sample + Tara		121.66 g																	
Tara		58.47 g		Dry Sample + Tara		102.45 g																	
Water Cont. W_0		52.1 %		Water Cont. W_e		43.7 %																	

Load 1 3.00 kg; 150 kN/m²								Load 2 6.000 kg; 300 kN/m²								
Date	Time	Δt_0	Δh_r mm	Δh mm	Δt min	ε %	Rem.	Date	Time	Δt_0	Δh_r mm	Δh mm	Δt min	ε %	Rem.	
		0	0.000	0.000	0.00	0.00				0:00	0	0.788	0.788	0.00	3.94	
00.01	0:00	0.05	0.359	0.359	0.05	1.80		00.01	0:00	0.05	0.884	0.884	0.05	4.42		
00.01	0:00	0.08	0.385	0.385	0.08	1.93		00.01	0:00	0.08	0.895	0.895	0.08	4.47		
00.01	0:00	0.127	0.405	0.405	0.13	2.03		00.01	0:00	0.127	0.908	0.908	0.13	4.54		
00.01	0:00	0.203	0.414	0.414	0.20	2.07		00.01	0:00	0.203	0.916	0.916	0.20	4.58		
00.01	0:00	0.324	0.439	0.439	0.32	2.20		00.01	0:00	0.324	0.937	0.937	0.32	4.68		
00.01	0:00	0.516	0.454	0.454	0.52	2.27		00.01	0:00	0.516	0.947	0.947	0.52	4.74		
00.01	0:00	0.823	0.473	0.473	0.82	2.37		00.01	0:00	0.823	0.974	0.974	0.82	4.87		
00.01	0:00	1.313	0.511	0.511	1.31	2.55		00.01	0:00	1.313	0.988	0.988	1.31	4.94		
00.01	0:00	2.094	0.542	0.542	2.09	2.71		00.01	0:00	2.094	1.021	1.021	2.09	5.10		
00.01	0:00	3.341	0.567	0.567	3.34	2.83		00.01	0:00	3.341	1.056	1.056	3.34	5.28		
00.01	0:00	5.328	0.599	0.599	5.33	2.99		00.01	0:00	5.328	1.100	1.100	5.33	5.50		
00.01	0:00	8.498	0.634	0.634	8.50	3.17		00.01	0:00	8.498	1.150	1.150	8.50	5.75		
00.01	0:00	13.55	0.664	0.664	13.55	3.32		00.01	0:00	13.55	1.200	1.200	13.55	6.00		
00.01	0:00	21.62	0.704	0.704	21.62	3.52		00.01	0:00	21.62	1.257	1.257	21.62	6.28		
00.01	0:00	34.48	0.726	0.726	34.48	3.63		00.01	0:00	34.48	1.313	1.313	34.48	6.56		
00.01	0:00	55	0.735	0.735	55.00	3.68		00.01	0:00	55	1.355	1.355	55.00	6.77		
00.01	0:00	87.73	0.754	0.754	87.73	3.77		00.01	0:00	87.73	1.383	1.383	87.73	6.92		
00.01	0:00	139.9	0.755	0.755	139.93	3.78		00.01	0:00	139.9	1.411	1.411	139.93	7.05		
00.01	0:00	223.2	0.763	0.763	223.18	3.81		00.01	0:00	223.2	1.430	1.430	223.18	7.15		
00.01	0:00	356	0.767	0.767	355.97	3.84		00.01	0:00	356	1.443	1.443	355.97	7.21		
00.01	0:00	567.8	0.769	0.769	567.78	3.85		00.01	0:00	567.8	1.452	1.452	567.78	7.26		
00.01	0:00	905.6	0.780	0.780	905.62	3.90		00.01	0:00	905.6	1.464	1.464	905.62	7.32		
00.01	0:00	1444	0.788	0.788	1444.45	3.94		00.01	0:00	1444	1.484	1.484	1444.45	7.42		
01.01	0:00	0	0.788	0.788	1,440	3.94		01.01	0:00	0	1.484	1.484	1,440	7.42		

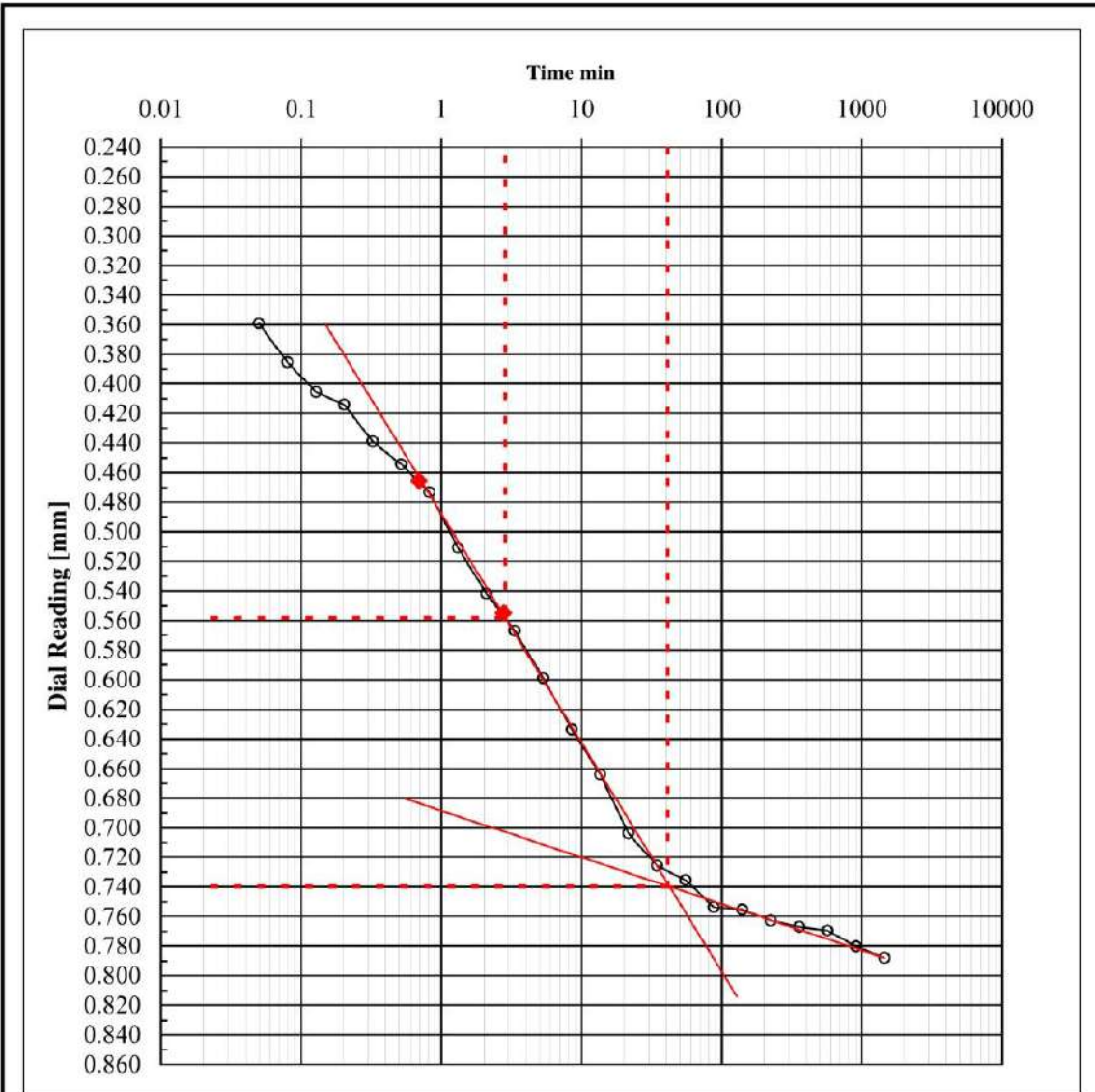


A.L.T.E.A. One - Dimensional Consolidation (ASTM D 2435 - 02)							
Job No.:	-	Project:	R 7 MOTORWAY MORINE-MERDARE S7				
Client:	Ministry of Transport and Communication of Kosovo						
Boring nr.	S7 BH-8230 I	Lab no.	-	Depth:	12.2-12.8m	Level:	12.8 m
Soil classification:						Overburden Pressure, σ_0	214.0 kN/m ²
Start Height h_0	2 cm	Spec. gravity of grains, G_s	2.6 g/cm ³	Planning of Incremental loads (kg)			
Pressure Area	20 cm ²	Beg. Void Ratio e_0	1.365	3.0	6.0	12.0	24.0
Start Volume, V_0	40 cm ³	Saturation degr. $s-w_0/100-e_1$	0.99	0.0	0.0	0.0	0.0
		Bulk Density W_v/V_0	1.672 g/cm ³	0.0	0.0	0.0	0.0
Water Content before test		Water Content after test					
Wet Sample+ Tara	125.35 g	Wet Sample + Tara	121.66 g				
Tara	58.47 g	Dry Sample + Tara	102.45 g				
Water Cont. W_0	52.1 %	Water Cont. W_c	43.7 %				

Load 3 12.00 kg; 600 kN/m ²								Load 4 24.00 kg; 1200 kN/m ²							
Date	Time	Δt_0	Δh_r	Δh	Δt	ϵ	Rem.	Date	Time	Δt_0	Δh_r	Δh	Δt	ϵ	Rem.
			mm	mm	min	%					mm	mm	min	%	
	0:00	0	1.484	1.484	0.00	7.42			0:00	0	2.560	2.560	0.00	12.80	
00.01	0:00	0.05	1.587	1.587	0.05	7.93		00.01	0:00	0.05	2.568	2.568	0.05	12.84	
00.01	0:00	0.08	1.608	1.608	0.08	8.04		00.01	0:00	0.08	2.610	2.610	0.08	13.05	
00.01	0:00	0.127	1.633	1.633	0.13	8.16		00.01	0:00	0.127	2.675	2.675	0.13	13.37	
00.01	0:00	0.203	1.648	1.648	0.20	8.24		00.01	0:00	0.203	2.701	2.701	0.20	13.50	
00.01	0:00	0.324	1.661	1.661	0.32	8.30		00.01	0:00	0.324	2.728	2.728	0.32	13.64	
00.01	0:00	0.516	1.683	1.683	0.52	8.42		00.01	0:00	0.516	2.744	2.744	0.52	13.72	
00.01	0:00	0.823	1.711	1.711	0.82	8.56		00.01	0:00	0.823	2.771	2.771	0.82	13.85	
00.01	0:00	1.313	1.732	1.732	1.31	8.66		00.01	0:00	1.313	2.816	2.816	1.31	14.08	
00.01	0:00	2.094	1.775	1.775	2.09	8.88		00.01	0:00	2.094	2.857	2.857	2.09	14.28	
00.01	0:00	3.341	1.821	1.821	3.34	9.11		00.01	0:00	3.341	2.903	2.903	3.34	14.52	
00.01	0:00	5.328	1.879	1.879	5.33	9.40		00.01	0:00	5.328	2.982	2.982	5.33	14.91	
00.01	0:00	8.498	1.946	1.946	8.50	9.73		00.01	0:00	8.498	3.074	3.074	8.50	15.37	
00.01	0:00	13.55	2.038	2.038	13.55	10.19		00.01	0:00	13.55	3.188	3.188	13.55	15.94	
00.01	0:00	21.62	2.128	2.128	21.62	10.64		00.01	0:00	21.62	3.314	3.314	21.62	16.57	
00.01	0:00	34.48	2.227	2.227	34.48	11.13		00.01	0:00	34.48	3.460	3.460	34.48	17.30	
00.01	0:00	55	2.316	2.316	55.00	11.58		00.01	0:00	55	3.593	3.593	55.00	17.97	
00.01	0:00	87.73	2.383	2.383	87.73	11.92		00.01	0:00	87.73	3.713	3.713	87.73	18.56	
00.01	0:00	139.9	2.430	2.430	139.93	12.15		00.01	0:00	139.9	3.806	3.806	139.93	19.03	
00.01	0:00	223.2	2.471	2.471	223.18	12.36		00.01	0:00	223.2	3.873	3.873	223.18	19.37	
00.01	0:00	356	2.489	2.489	355.97	12.45		00.01	0:00	356	3.924	3.924	355.97	19.62	
00.01	0:00	567.8	2.516	2.516	567.78	12.58		00.01	0:00	567.8	3.960	3.960	567.78	19.80	
00.01	0:00	905.6	2.532	2.532	905.62	12.66		00.01	0:00	905.6	3.995	3.995	905.62	19.97	
00.01	0:00	1444	2.560	2.560	1444.45	12.80		00.01	0:00	1444	4.025	4.025	1444.45	20.13	
01.01	0:00	0	2.560	2.560	1,440	12.80		01.01	0:00	0	4.025	4.025	1,440	20.13	

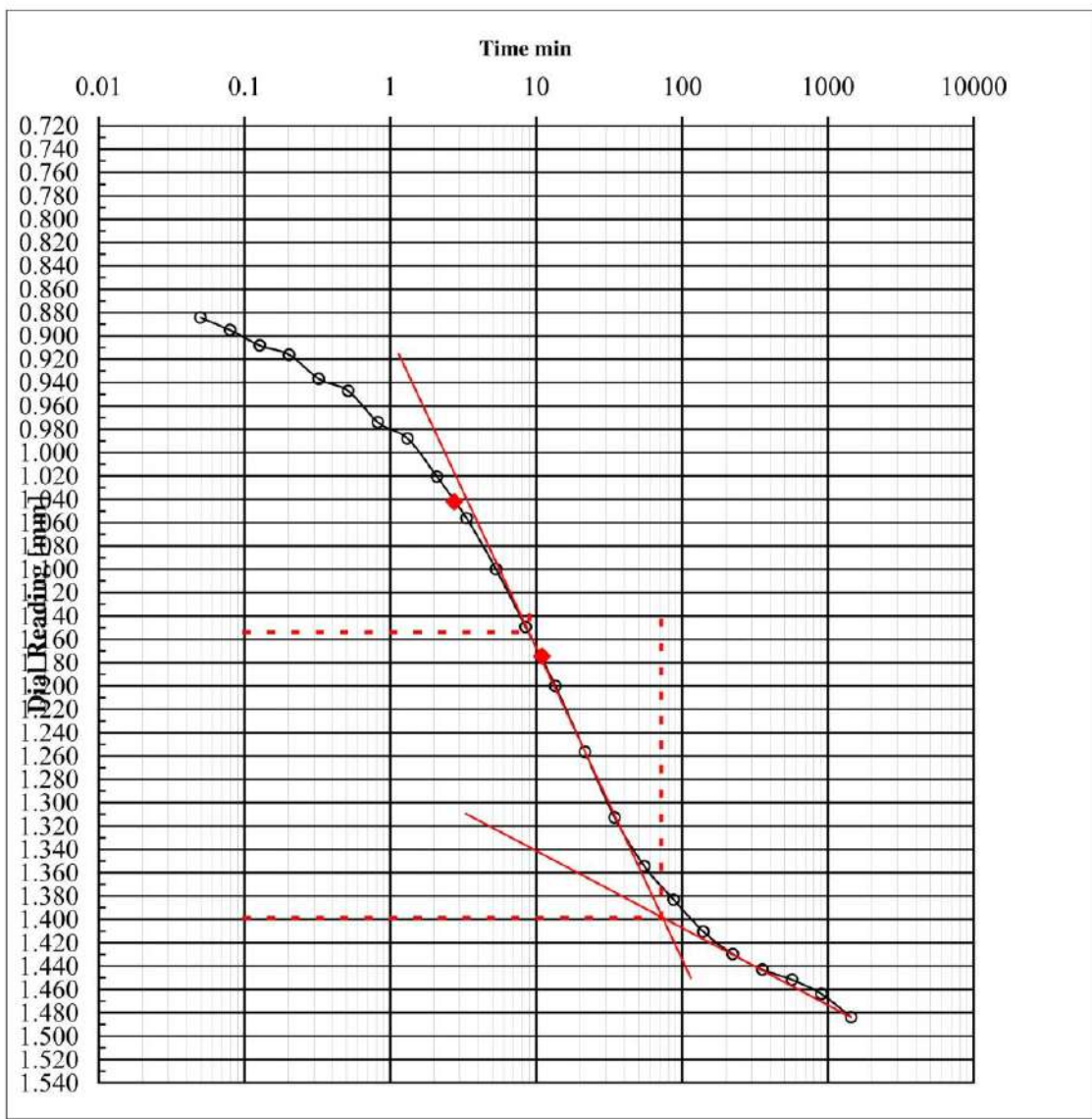


A.L.T.E.A. One - Dimensional Consolidation (ASTM D 2435 - 02)																
Job No.:		Project: R 7 MOTORWAY MORINE-MERDARE S7														
Client:		Ministry of Transport and Communication of Kosovo														
Boring nr.	S7 BH-8230 1	Lab no.	-	Depth:	12.2-12.1 m	Level:	12.8 m	Overburden Pressure, σ_0								214.0 kN/m ²
Soil classification:																
Start Height h_0	2 cm	Spec. gravity of grains, G_s				2.6 g/cm ³	Planning of Incremental loads (kg)									
Pressure Area	20 cm ²	Beg. Void Ratio e_0				1.365	3.0	6.0	12.0	24.0	12.0	6.0	0.0			
Start Volume, V_0	40 cm ³	Saturation degr. $s \cdot w_0 / 100 - e_0$				0.99	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Bulk Density W_v / V_0				1.672 g/cm ³	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Water Content before test		Water Content after test														
Wet Sample+ Tara	125.35 g	Wet Sample + Tara				121.66 g										
Tara	58.47 g	Dry Sample + Tara				102.45 g										
Water Cont. W_0	52.1 %	Water Cont. W_e				43.7 %										
Load 5 12.00 kg; 600 kN/m²							Load 6 6.00 kg; 300 kN/m²									
Date	Time	Δt_0	Δh_r mm	Δh mm	Δt min	ϵ %	Rem.	Date	Time	Δt_0	Δh_r mm	Δh mm	Δt min	ϵ %	Rem.	
	0:00	0	4.025	4.025	0.00	20.13			0:00	0	3.791	3.791	0.00	18.96		
00.01	0:00	0.05	4.002	4.002	0.05	20.01		00.01	0:00	0.05	3.763	3.763	0.05	18.82		
00.01	0:00	0.08	4.003	4.003	0.08	20.01		00.01	0:00	0.08	3.759	3.759	0.08	18.80		
00.01	0:00	0.127	3.997	3.997	0.13	19.99		00.01	0:00	0.127	3.757	3.757	0.13	18.79		
00.01	0:00	0.203	3.996	3.996	0.20	19.98		00.01	0:00	0.203	3.752	3.752	0.20	18.76		
00.01	0:00	0.324	3.991	3.991	0.32	19.96		00.01	0:00	0.324	3.749	3.749	0.32	18.74		
00.01	0:00	0.516	3.988	3.988	0.52	19.94		00.01	0:00	0.516	3.743	3.743	0.52	18.72		
00.01	0:00	0.823	3.983	3.983	0.82	19.91		00.01	0:00	0.823	3.735	3.735	0.82	18.67		
00.01	0:00	1.313	3.973	3.973	1.31	19.87		00.01	0:00	1.313	3.725	3.725	1.31	18.62		
00.01	0:00	2.094	3.961	3.961	2.09	19.81		00.01	0:00	2.094	3.713	3.713	2.09	18.57		
00.01	0:00	3.341	3.944	3.944	3.34	19.72		00.01	0:00	3.341	3.696	3.696	3.34	18.48		
00.01	0:00	5.328	3.926	3.926	5.33	19.63		00.01	0:00	5.328	3.679	3.679	5.33	18.39		
00.01	0:00	8.498	3.899	3.899	8.50	19.49		00.01	0:00	8.498	3.647	3.647	8.50	18.24		
00.01	0:00	13.55	3.882	3.882	13.55	19.41		00.01	0:00	13.55	3.614	3.614	13.55	18.07		
00.01	0:00	21.62	3.860	3.860	21.62	19.30		00.01	0:00	21.62	3.571	3.571	21.62	17.86		
00.01	0:00	34.48	3.841	3.841	34.48	19.21		00.01	0:00	34.48	3.539	3.539	34.48	17.70		
00.01	0:00	55	3.828	3.828	55.00	19.14		00.01	0:00	55	3.492	3.492	55.00	17.46		
00.01	0:00	87.73	3.818	3.818	87.73	19.09		00.01	0:00	87.73	3.459	3.459	87.73	17.30		
00.01	0:00	139.9	3.813	3.813	139.93	19.06		00.01	0:00	139.9	3.433	3.433	139.93	17.17		
00.01	0:00	223.2	3.808	3.808	223.18	19.04		00.01	0:00	223.2	3.416	3.416	223.18	17.08		
00.01	0:00	356	3.807	3.807	355.97	19.04		00.01	0:00	356	3.404	3.404	355.97	17.02		
00.01	0:00	567.8	3.800	3.800	567.78	19.00		00.01	0:00	567.8	3.393	3.393	567.78	16.96		
00.01	0:00	905.6	3.800	3.800	905.62	19.00		00.01	0:00	905.6	3.387	3.387	905.62	16.93		
00.01	0:00	1444	3.791	3.791	1444.45	18.96		00.01	0:00	1444	3.375	3.375	1444.45	16.88		
01.01	0:00	0	3.791	3.791	1.440	18.96		01.01	0:00	0	3.375	3.375	1.440	16.88		





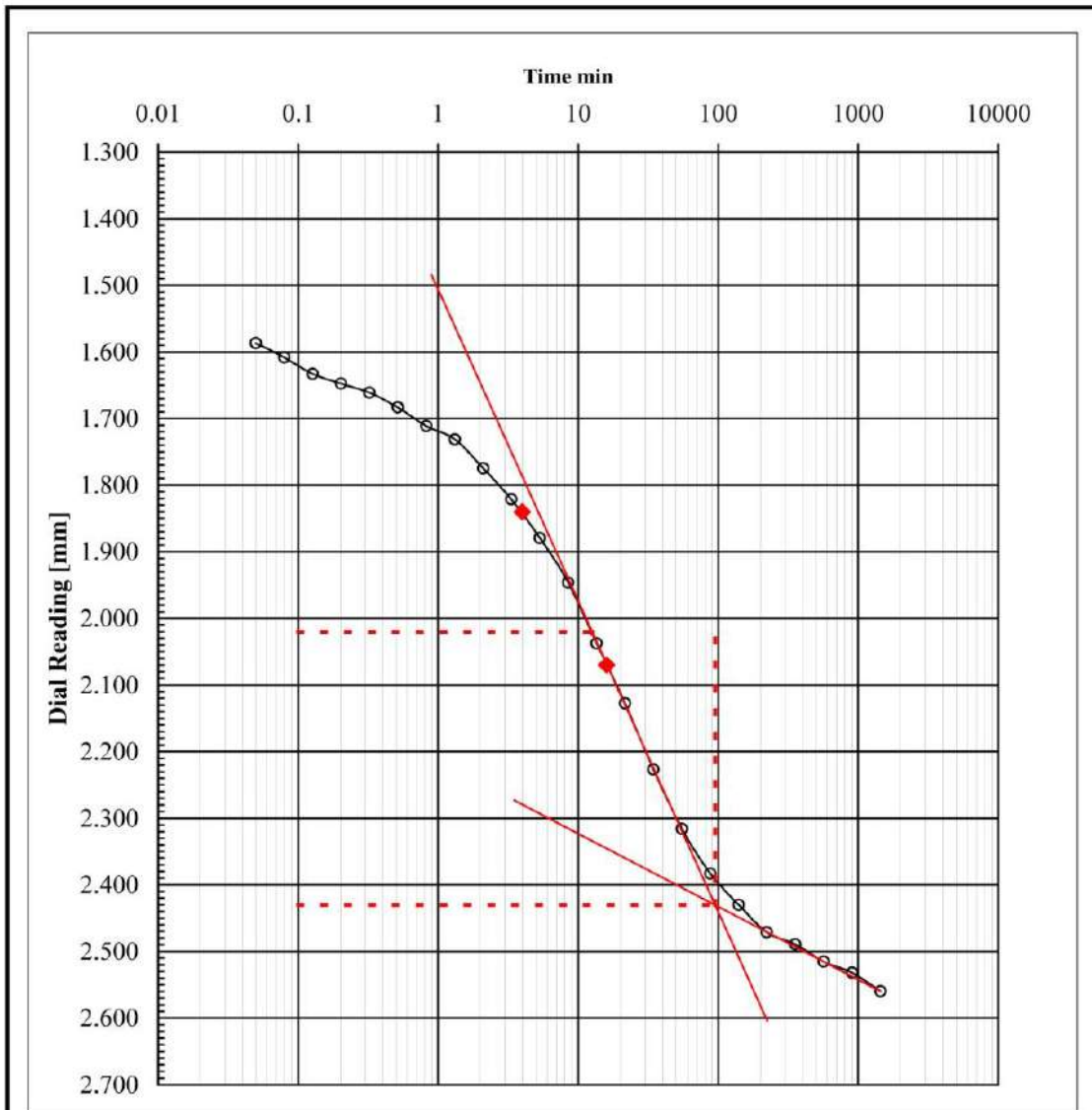
Classification 0					
Height, H_0	20 mm	Height, H_{av}	19.442 mm	δ_0	0.376 mm
Void ratio, e	1.271	Load ($\Delta\sigma$)	150 kN/m ²	δ_{50}	0.558 mm
c_v	$10.9 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$	t_{50}	2.8 min	δ_{100}	0.740 mm
$c_{\alpha\beta}$	$1.62 \cdot 10^{-3}$	t_{100}	41 min	ε_{100}	3.699 %
Borehole No. :	S7 BH-8230 1	Sample No. :	-	Load no.	1

A.L.T.E.A.				Job No.: -	
				Job: R 7 MOTORWAY	
				Client: MORINE-MERDARE S7	
				Ministry of Transport and Communication of	
Performed:	Interpretation:	Date:	Approved:	Enclosure No.:	




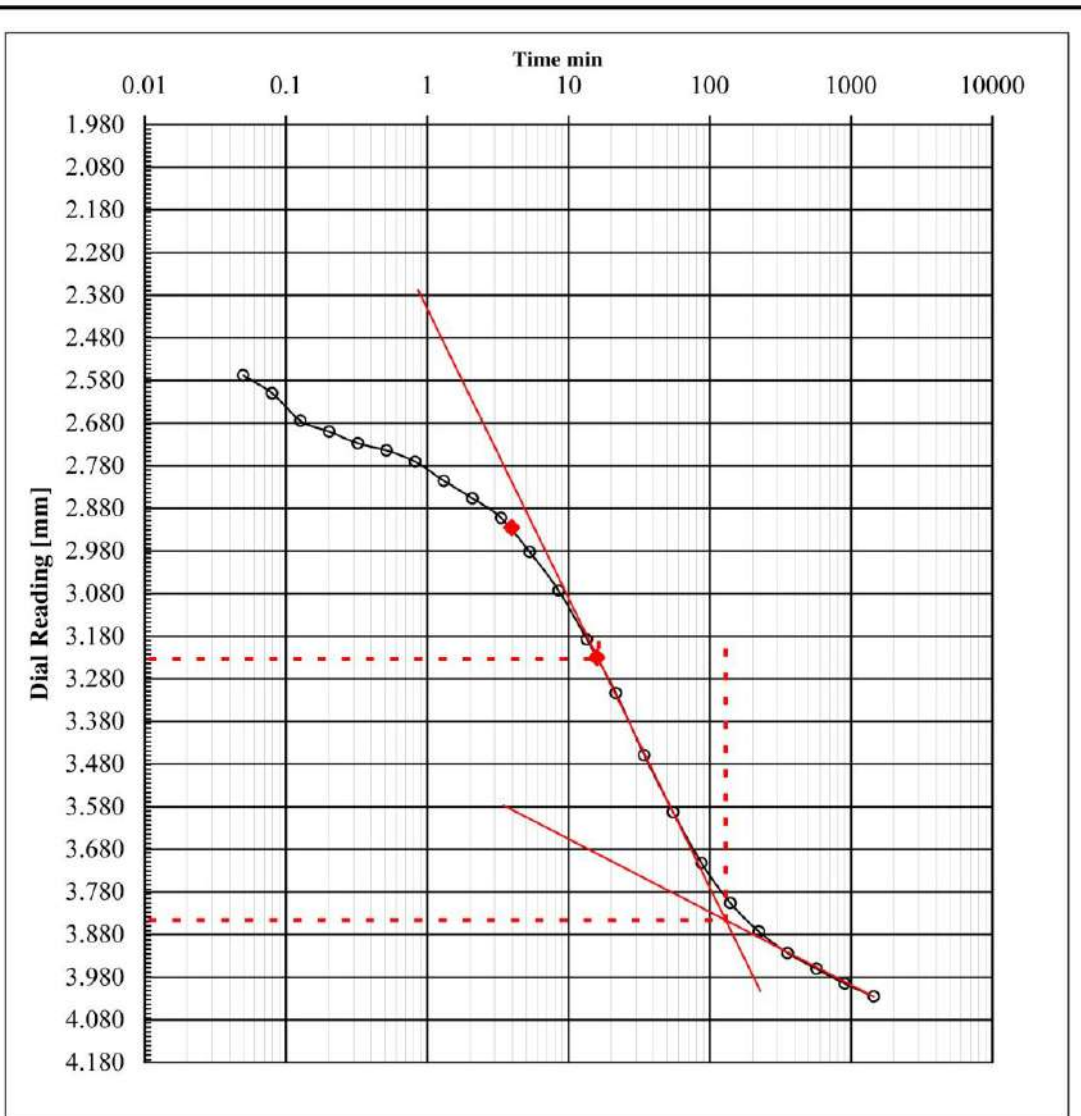
Classification 0					
Height, H_0	20 mm	Height, H_{av}	18.846 mm	δ_0	0.910 mm
Void ratio, e	1.189	Load ($\Delta\sigma$)	300 kN/m ²	δ_{50}	1.154 mm
c_v	$3.2 \cdot 10^{-8}$ m ² /s	t_{50}	9.0 min	δ_{100}	1.399 mm
c_{ae}	$3.51 \cdot 10^{-3}$	t_{100}	72 min	ϵ_{100}	6.993 %
Borehole No. :	S7 BH-8230 1	Sample No. :	-	Load no.	2

 			Job No.: -	
			R 7 MOTORWAY MORINE-MERDARE S7 Ministry of Transport and Communication of	
Performed:	Interpretation:	Date:	Approved:	Enclosure No.:





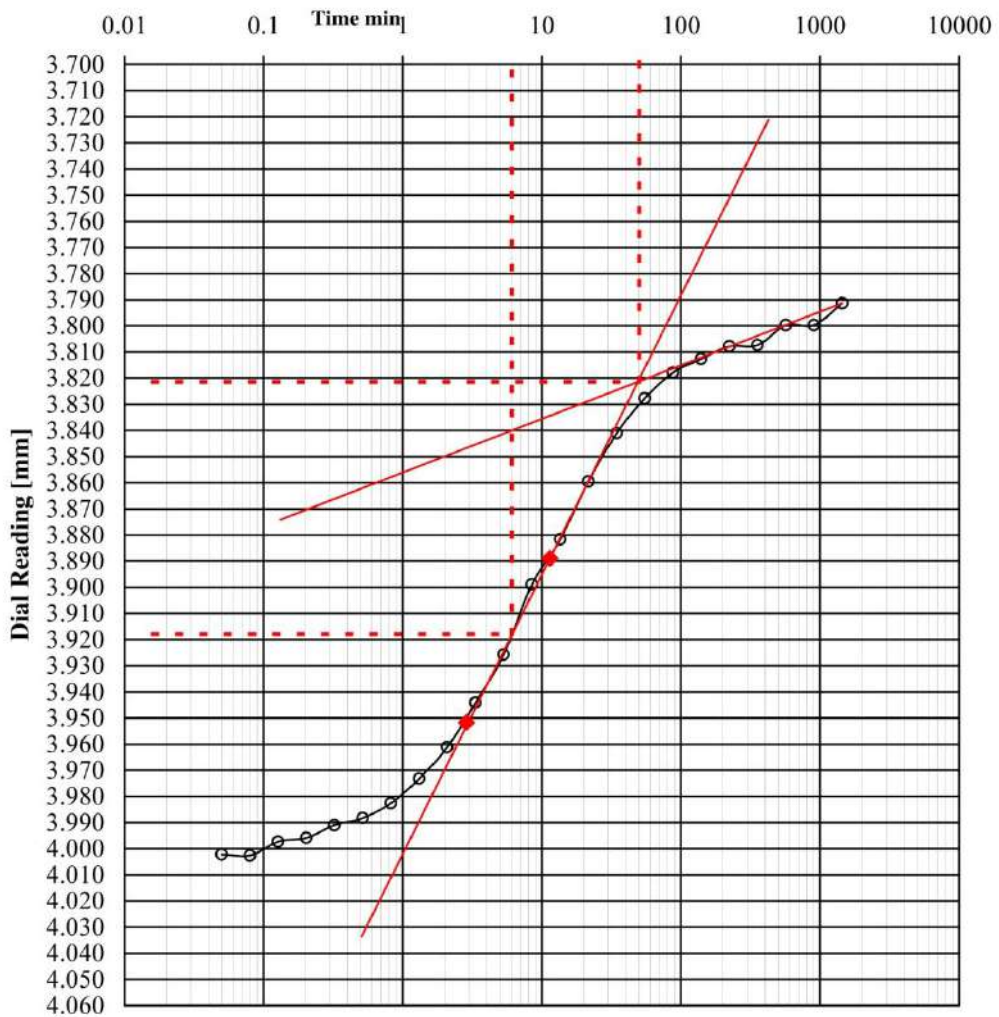
Classification 0					
Height, H_0	20 mm	Height, H_{av}	17.98 mm	δ_0	1.610 mm
Void ratio, e	1.062	Load ($\Delta\sigma$)	600 kN/m ²	δ_{50}	2.020 mm
c_v	$2.1 \cdot 10^{-8}$ m ² /s	t_{50}	12.6 min	δ_{100}	2.430 mm
$c_{\alpha\varepsilon}$	$6.09 \cdot 10^{-3}$	t_{100}	95 min	ε_{100}	12.152 %
Borehole No. :	S7 BH-8230 1	Sample No. :	-	Load no.	3

A.L.T.E.A. 		Job No.: -		
		R 7 MOTORWAY		
		MORINE-MERDARE S7		
		Ministry of Transport		
		and Communication of		
Performed:	Interpretation:	Date:	Approved:	Enclosure No.:



Classification 0					
Height, H_0	20 mm	Height, H_{av}	16.77 mm	δ_0	2.620 mm
Void ratio, e	0.889	Load ($\Delta\sigma$)	1200 kN/m ²	δ_{50}	3.233 mm
c_v	$1.4 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$	t_{50}	16.4 min	δ_{100}	3.846 mm
c_{ae}	$10.21 \cdot 10^{-3}$	t_{100}	129 min	ϵ_{100}	19.231 %
Borehole No. :	S7 BH-8230 1	Sample No. :	-	Load no.	4

 		Job No.: -		
		Job: R 7 MOTORWAY MORINE-MERDARE S7		
		Client: Ministry of Transport and Communication of		
Performed:	Interpretation:	Date:	Approved:	Enclosure No.:



Classification 0					
Height, H_0	20 mm	Height, H_{av}	16.08 mm	δ_0	4.014 mm
Void ratio, e	0.916	Load ($\Delta\sigma$)	600 kN/m ²	δ_{50}	3.918 mm
c_v	$3.5 \cdot 10^{-8}$ m ² /s	t_{50}	6.1 min	δ_{100}	3.821 mm
c_{ac}	$-1.27 \cdot 10^{-3}$	t_{100}	50 min	ϵ_{100}	19.107 %
Borehole No. :	S7 BH-8230 1	Sample No. :	-	Load no.	5

A.L.T.E.A.



Job No.: -

Job: **R 7 MOTORWAY
MORINE-MERDARE S7**

Client: **Ministry of Transport
and Communication of**

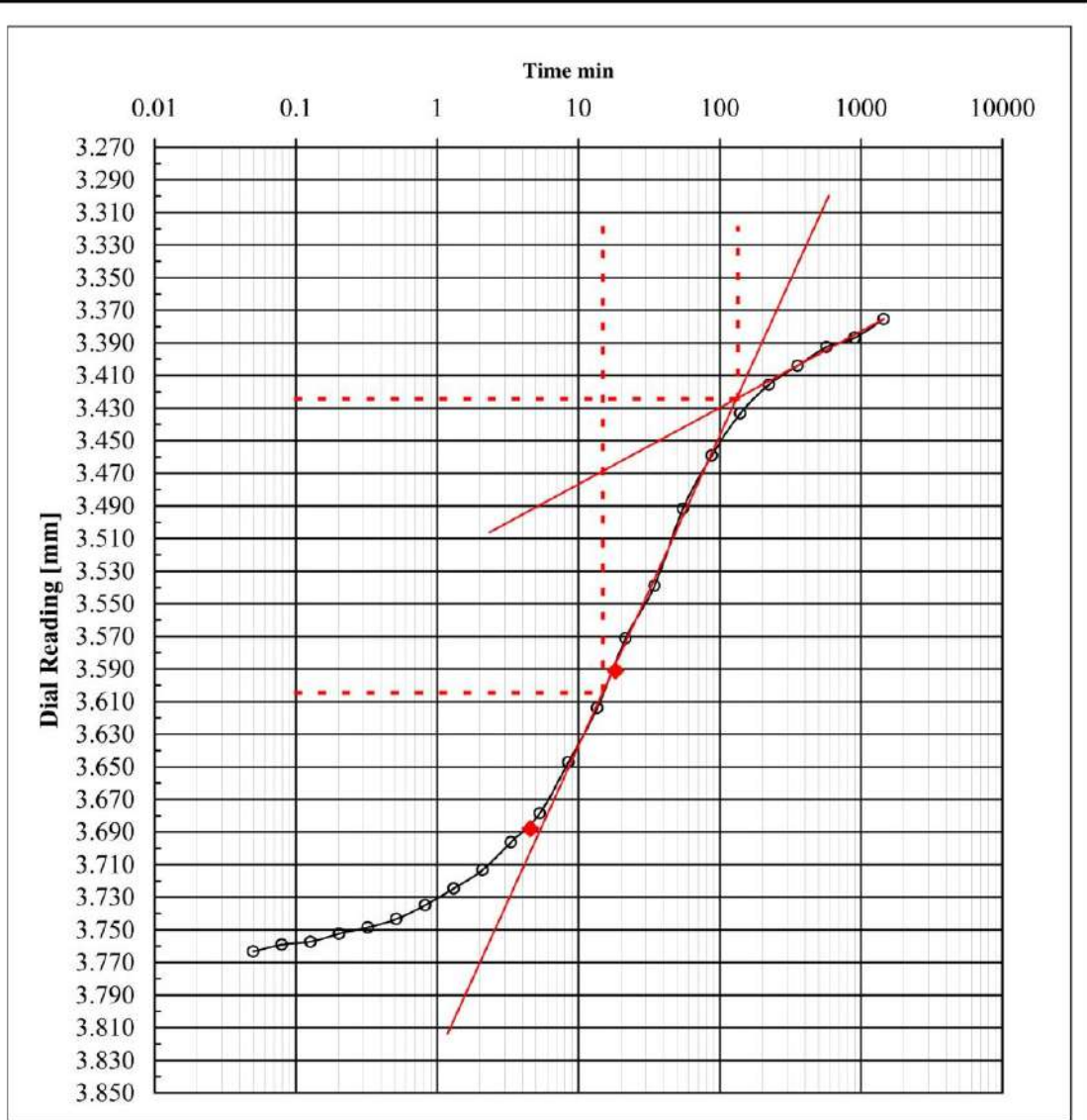
Performed:

Interpretation:



Date:

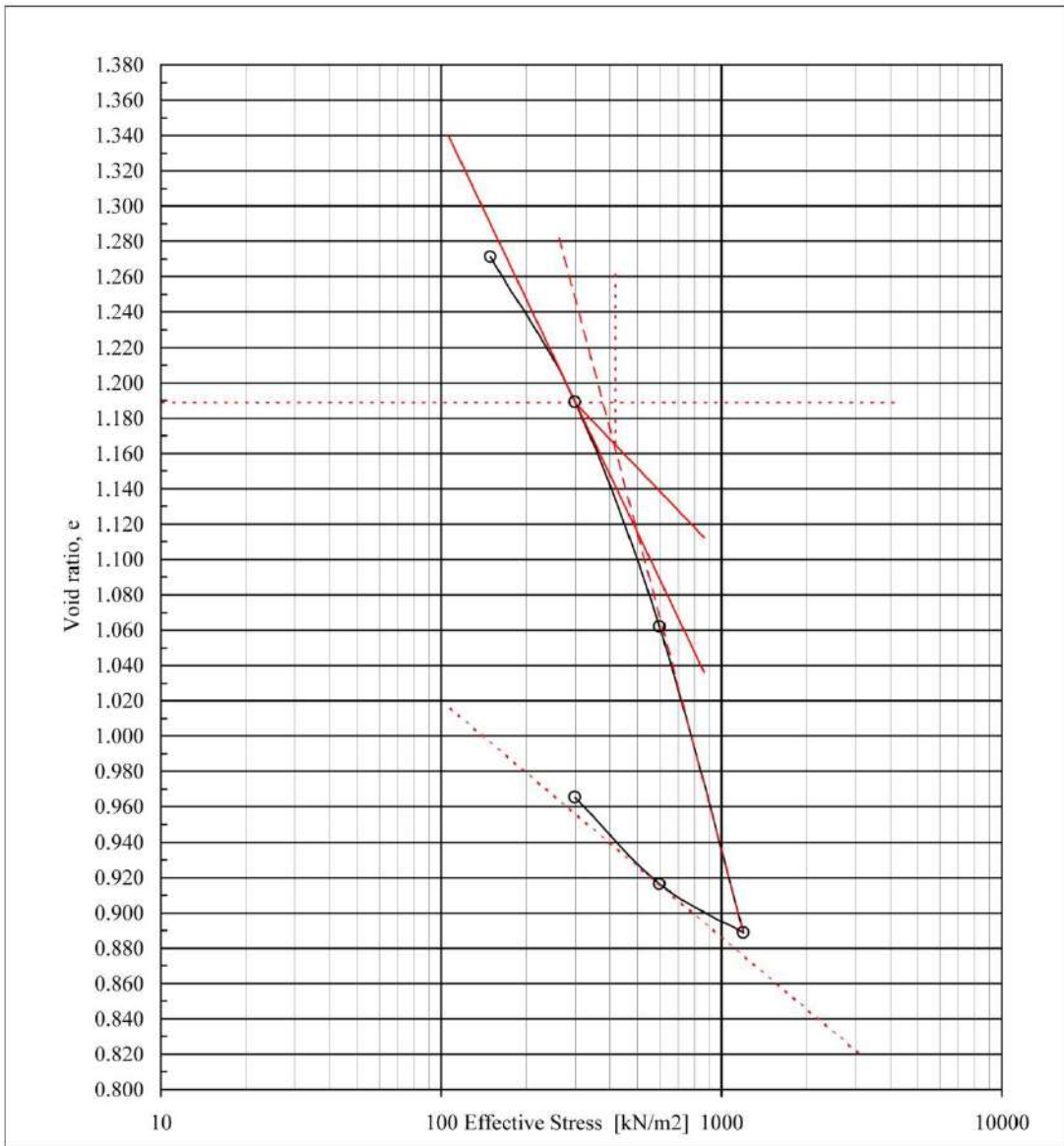
Approved:

Enclosure No.:



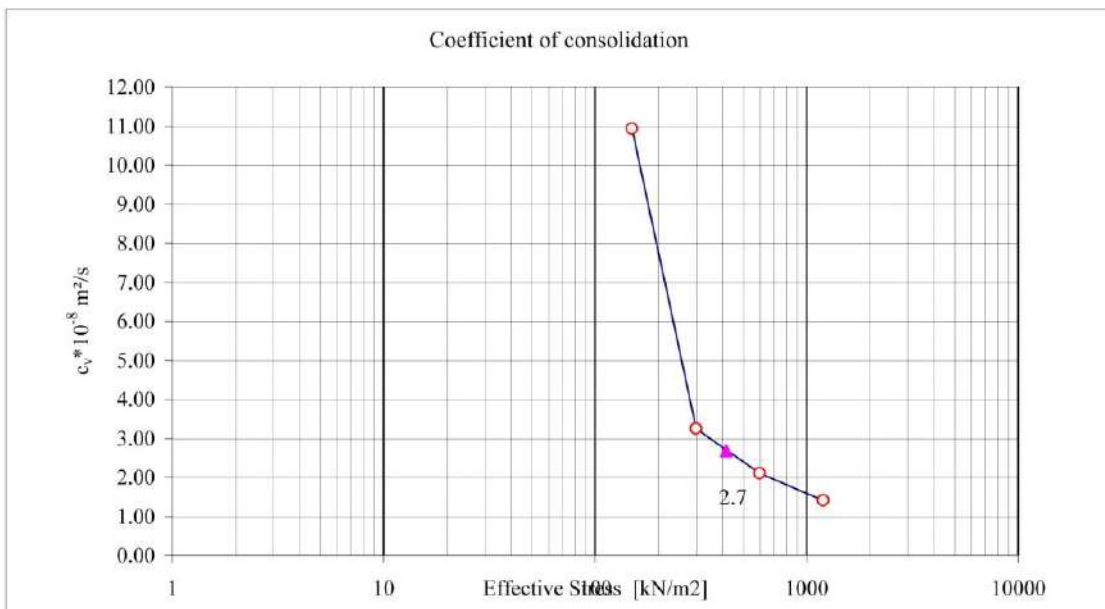
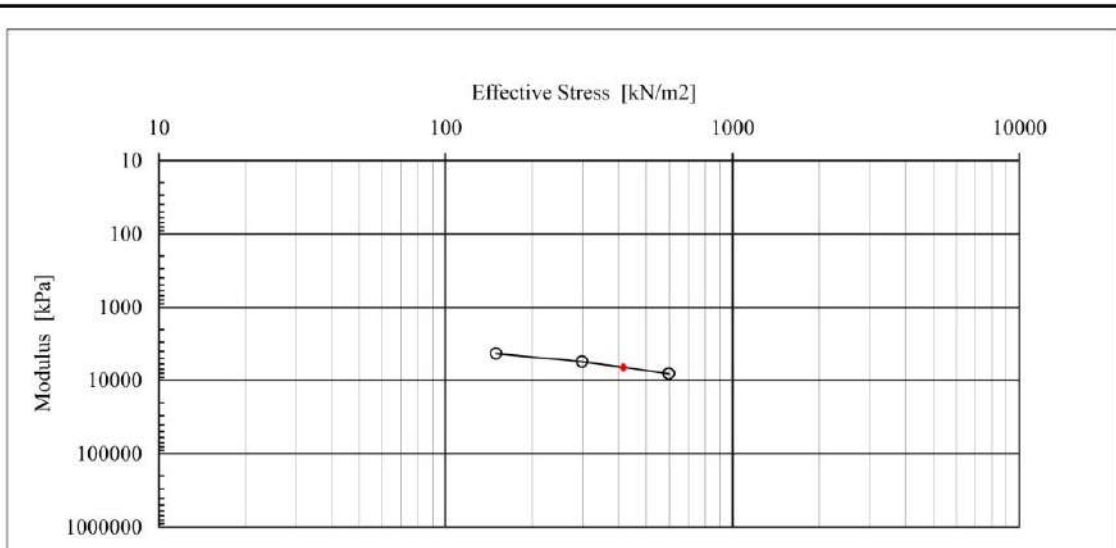
Classification 0					
Height, H_0	20 mm	Height, H_{gv}	16.4 mm	δ_0	3.785 mm
Void ratio, e	0.966	Load ($\Delta\sigma$)	300 kN/m ²	δ_{50}	3.605 mm
c_v	$1.5 \cdot 10^{-8}$ m ² /s	t_{50}	14.9 min	δ_{100}	3.424 mm
$c_{\alpha\epsilon}$	$-2.86 \cdot 10^{-3}$	t_{100}	134 min	ϵ_{100}	17.121 %
Borehole No. :	S7 BH-8230 1	Sample No. :	-	Load no.	6

 		Job No.: -		
		R 7 MOTORWAY MORINE-MERDARE S7 Ministry of Transport and Communication of		
Performed:	Interpretation:	Date:	Approved:	Enclosure No.:





Classification 0			
Height	20.000 mm	γ (before test)	16.7 kN/m ³
Area	40000 mm ²	e_0 (before test)	1.36
σ_0 (In-situ)	214 kN/m ²	w (before test)	52.1 %
Level	12.8 m	w (after test)	43.7 %
Borehole No. :	S7 BH-8230 1	Sample No. :	-
		σ_{pc}	417 kN/m ²
		c_{ce}	-0.60 %
		c_{re}	-0.13 %

A.L.T.E.A.	Job No.:	-		
	Job :	R 7 MOTORWAY MORINE-MERDARE S7		
	Client:	Ministry of Transport and Communication of Kosovo		
Performed:	Interpretation	Date:	Approved:	Enclosure No.:



Classification 0					
Height	20 mm	γ (before test)	16.7 kN/m ³	σ_{pc}	417 kN/m ²
Area	40000 mm ²	e_0 (before test)	1.365	c_{ce}	-0.60 %
σ_0 (In-situ)	214 kN/m ²	w (before test)	52.1 %	c_{re}	-0.13 %
Level	12.8 m	w (after test)	43.7 %	E_o	6,606.93 kPa
Borehole No. :	S7 BH-8230 1	Sample No. :	-		

 	Job No.:	-		
	Job :	R 7 MOTORWAY MORINE-MERDARE S7		
	Client:	Ministry of Transport and Communication of Kosovo		
Performed:	Checked:	Date:	Approved:	Enclosure No.:



A.L.T.E.A & GEOSTUDIO 2000 Sh.p.k
Laboratory Testing for Construction Materials & Geotechnical Study

ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification



UU TRIAXIAL TEST (ASTM D2850)

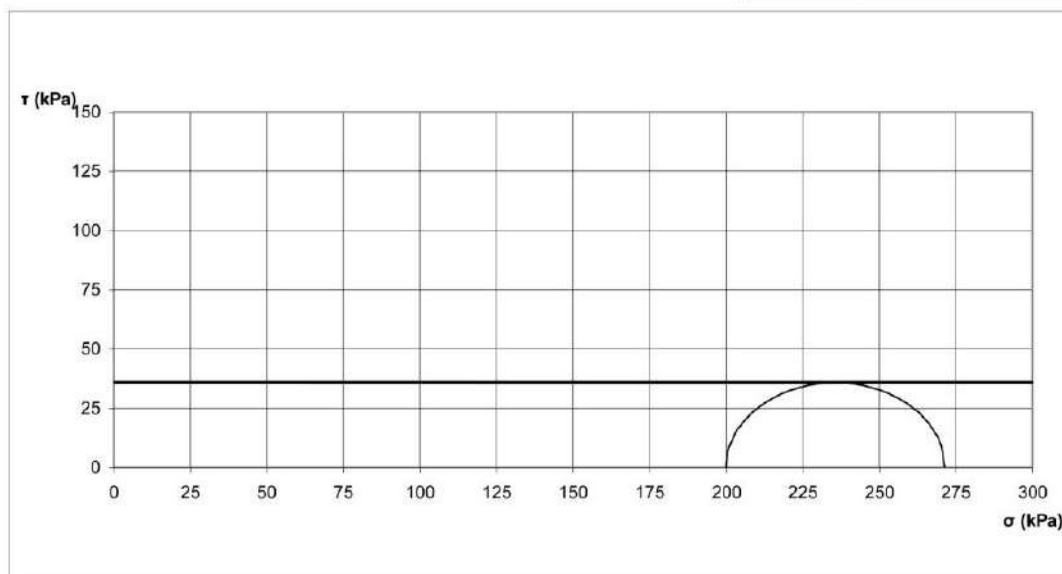
Customer Data

Client: **Ministry Of Transport and communication Of Kosovo**
Consultant: **Egis Route**
Project: **R7 Motorway Morine - Merdare S7**
Boring: **S7 BH - 8230 1**
Sample: **Undisturbed Structure**
Depth: **12.20 - 12.80 m**

Test Results

Specimen	H ₀ mm	A ₀ cm ²	γ _n g/cm ³	γ _d g/cm ³	W ₀ %	S ₀ %	σ kPa	ε %	σ ₁ -σ ₃ kPa
1	100	20	1.688	1.134	48.8	98.209	200.00	18.36	71.42
2									
3									

C_u = 35.71 (kPa)
Φ = 0



Laboratory Manager

Tested by:

Address: Rr. "KAVAJES"; ish Mjetet Mesimore - Qyteti i Nxenesve, Tel/Fax : ++ 355 4221288,
Mob: ++ 355 682074331, Mob: ++ 355 682074332, Mob: ++ 355 68 2031 906;
E-mail: skender.allkja@geostudio2000.com Tirana - Albania



A.L.T.E.A & GEOSTUDIO 2000 Sh.p.k
 Laboratory Testing for Construction Materials & Geotechnical Study

ISO 9001
 BUREAU VERITAS
 Certification



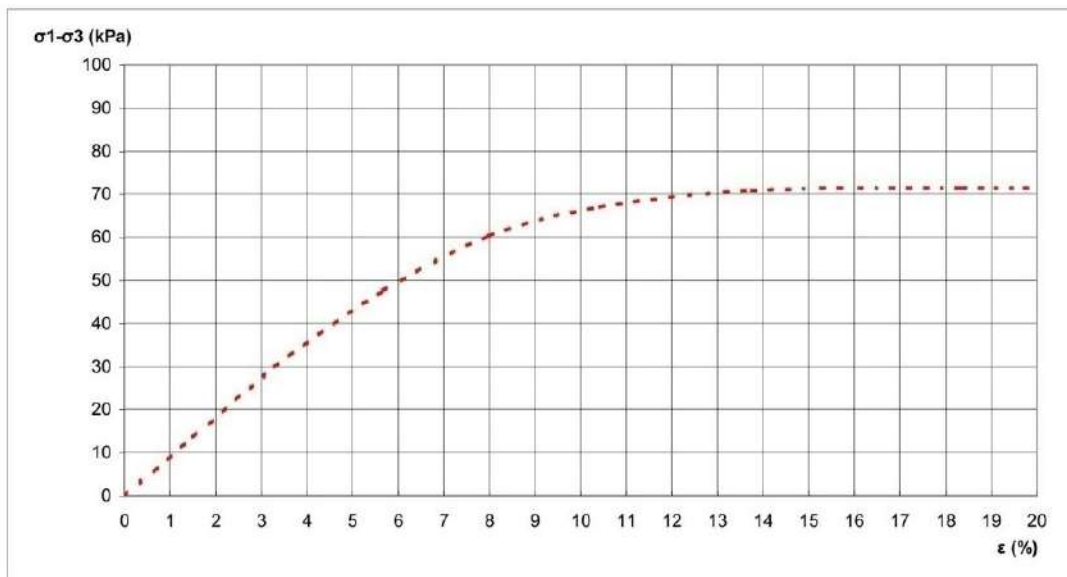
UU TRIAXIAL TEST (ASTM D2850)

Customer Data

Customer: **Ministry Of Transport and communication Of Kosovo**
 Consultant: **Egis Route**
 Project: **R7 Motorway Morine - Merdare S7**
 Boring: **S7 BH - 8230 1**
 Sample: **Undisturbed Structure**
 Depth: **12.20 - 12.80 m**

Test Results

Specimen	H ₀ mm	A ₀ cm ²	γ _n g/cm ³	γ _d g/cm ³	W ₀ %	S ₀ %	σ kPa	ε %	σ ₁ -σ ₃ kPa
1	100	20	1.688	1.134	48.8	98.21	200.00	18.36	71.42
2									
3									



Laboratory Manager

Tested by:

Address: Rr. "KAVAJES"; ish Mjetet Mesimore - Qyteti i Nxenesve, Tel/Fax : ++ 355 4221288,
 Mob: ++ 355 682074331, Mob: ++ 355 682074332, Mob: ++ 355 68 2031 906;
 E-mail: skender.allkja@geostudio2000.com Tirana - Albania

4.4 Modeli një-dimensional (1D) i pilotës betonarme të ngulur plotësisht në dhera dhe e ngarkuar me forcë aksiale në shtypje (bazuar në softwarit ABAQUS)

4.4.1 Karakteristikat gjeometrike të pilotës dhe vetitë elastike të materialit

Pilota është përvetësuar me gjatësi $L=25\text{m}$, diametër $D=30\text{cm}$ dhe klasë të betonit C25/30 (Moduli i elasticitetit, $E_{cm}=30.5\text{GPa}$, koeficienti i Puasonit, $\nu=0.20$ dhe densiteti i materialit $\gamma=2500\text{kg/m}^3$).

4.4.2 Elementi

Pilota është rrjetëzuar me Element tra (B32- Standarde Quadratike: 3 Nyje 5 DOF Elemente tra, Fig.4.14) duke u ndarë në 25 elemente (Fig. 4.15, Fig. 4.16). Çdo element tra (B32) ka gjatësi prej 1m dhe ato janë të lidhura me susta elastike.

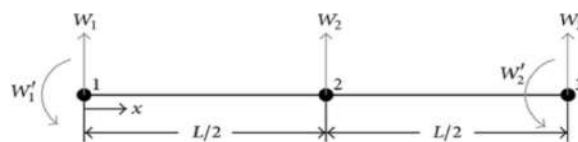


Fig.4.14 – Elementi tra sipas Metodës së Elementeve të Fundëm

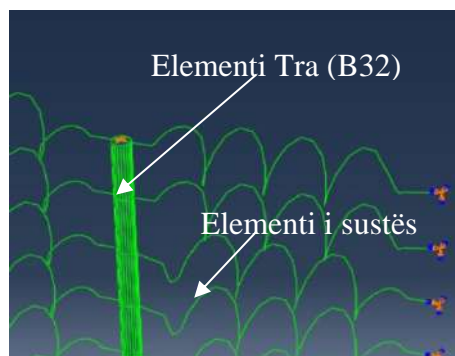


Fig. 4.15 – Elementi Tra (B32) dhe elementi i sustës

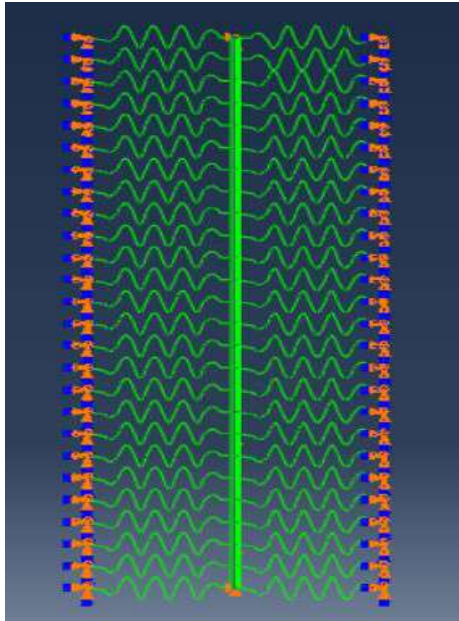


Fig. 4.16 – Rrjetëzimi i pilotës (p-p) në gjithsej 25 Elemente tra (B32)

4.4.3 Diskretizimi i efektit të interaksionit tokë-pilotë në (1D)

Më qëllim të llogaritjes së reaksionit anësor të dheut, sustat elastike janë supozuar në të dy anët e pilotës (gjithsej 25 reshte). Diagrami i reaksionit horizontal të dheut është dhënë në figurën (Fig. 4.17). Diskretizimi i efektit të interaksionit tokë-pilotë është bërë sipas autorit Chandrasekaran, 1974. Çdo sustë pranon gjysmën e shtangësisë së tokës të llogaritur në Tab. 4.1.

Tabela. 4.1 Vlerat e shtangësive të sustave veç e veç

L[m]	k_h [kN/m ²]	Shtangësia e sustave K(kN/m)	L[m]	k_h [kN/m ²]	Shtangësia e sustave K(kN/m)
0.00	0	4.23612	6.00	567.28446	567.28446
1.00	25.41672	25.41672	7.00	863.72282	885.6180733
2.00	50.83344	55.62552333	8.00	1291.5327	1313.427953
3.00	105.00266	109.7947433	9.00	1850.7141	1850.7141
4.00	187.92438	187.92438	10.00	2409.8955	2352.417513
5.00	270.8461	306.4322067	11.00	2624.20898	2624.20898

L[m]	k_h [kN/m ²]	Shtangësia e sustave K(kN/m)
12.00	2838.52246	2837.83482
13.00	3048.7101	3048.02246
14.00	3254.7719	3254.7719
15.00	3460.8337	3477.26724
16.00	3765.49674	3765.49674
17.00	4070.15978	4079.05293
18.00	4428.18172	4437.07487

L[m]	k_h [kN/m ²]	Shtangësia e sustave K(kN/m)
19.00	4839.56256	4839.56256
20.00	5250.9434	5261.89384
21.00	5728.02688	5728.02688
22.00	6205.11036	6208.54926
23.00	6702.8272	6706.26614
24.00	7221.17752	7221.17752
25.00	7739.5278	7783.372187

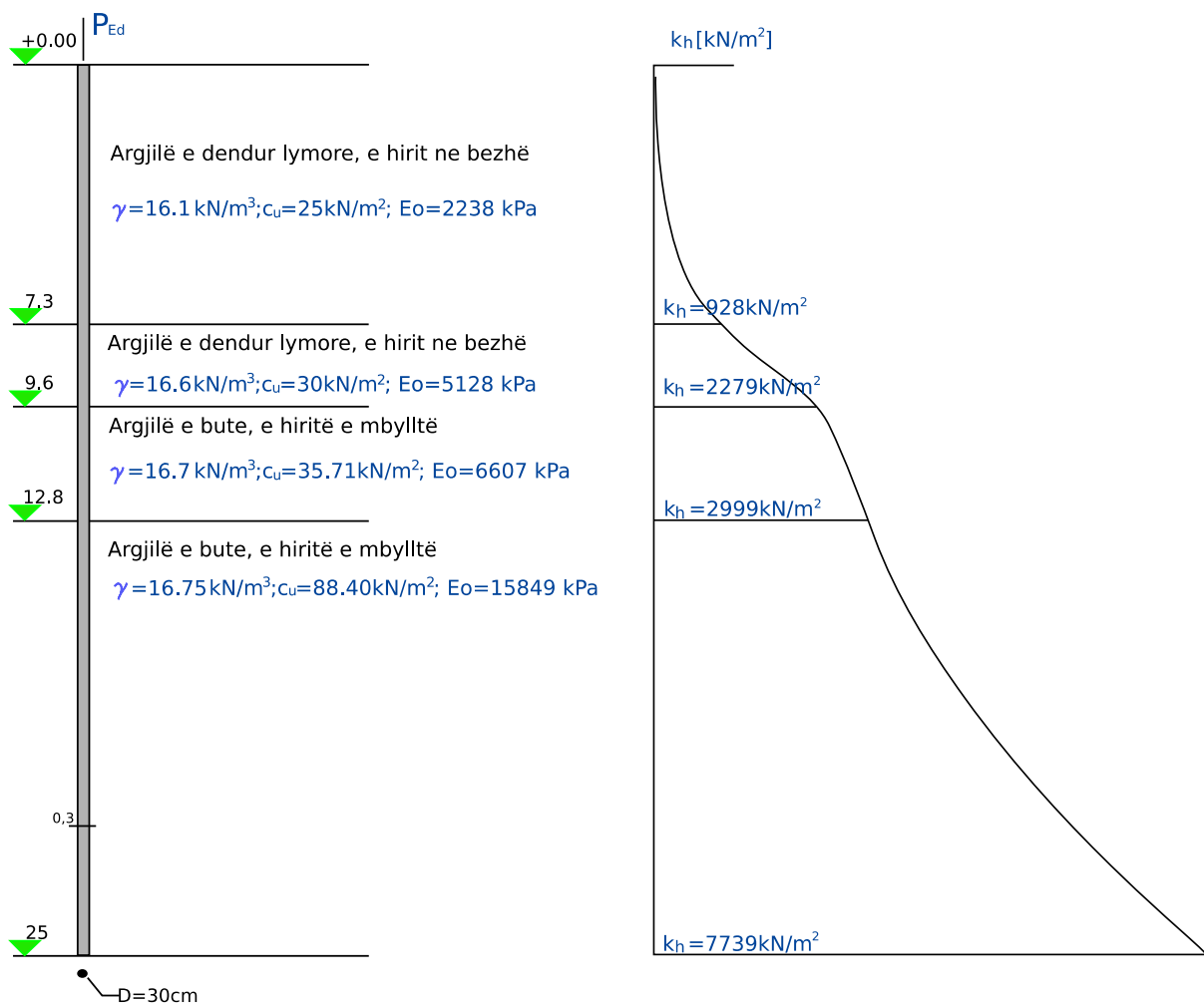


Figura 4.17 – Karakteristikat gjeomekanike të shtresave të tokës, moduli i reaksionit horizontal të dheut

4.4.4 Kushtet e mbërthimit të pilotës

Për llogaritje të forcës së epjes së pilotës sipas MEF është marrë për trajtim pilota me kushte të mbërthimit sharnjerë në kokë dhe sharnjerë në maje, (p-p).

Forca e epjes së pilotës-shtyllë me kushte konturore sharnjerë në kokë dhe sharnjerë në maje, (p-p) sipas Metodës së Elementeve të Fundëm (bazuar në softwarin Abaqus) duke mos marrë parasysh rezistencën e dheut është $P_{krit}=191,5kN$ (Fig. 4.18) e cila vlerë fitohet po ashtu edhe sipas Metodës analitike-teorike (Tabela 2.1):

$$P_{krit} = \frac{\pi^2}{L_0^2} \cdot E \cdot I = 191,5kN$$

Tri format themelore modale të epjes së pilotës-shtyllë (p-p) janë dhënë në figurat Fig. 4.18, Fig. 4.19 dhe Fig. 4.20.

Forca e epjes së pilotës (p-p) të ngulur plotësisht në tokë me modul horizontal të reaksionit të dheut të dhënë në Fig. 4.17, e llogaritur sipas Metodës së Elementeve të Fundëm (bazuar në softwarin Abaqus) është $P_{krit(p-p)}=4095,5kN$ (Fig. 4.21) si dhe paraqet vlerën e saktë të saj ndërsa format themelore modale të epjes së pilotës (p-p) janë dhënë në Fig. 4.21, Fig. 4.22, Fig. 4.23, Fig. 4.24 dhe Fig. 4.25.

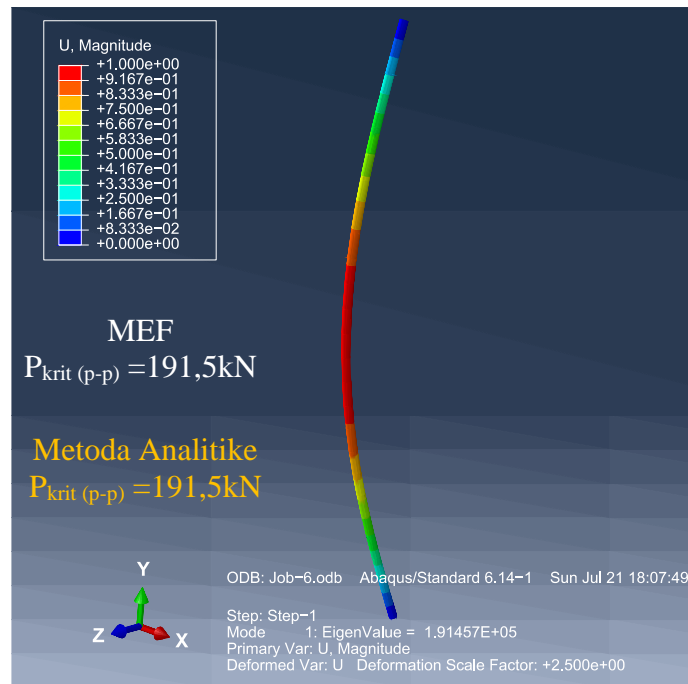


Fig. 4.18 – Vlera vetjake e forcës së epjes së pilotës (p-p), duke mos marrë parasysh rezistencën e dheut për formën e parë modale të epjes (MEF- ABAQUS)

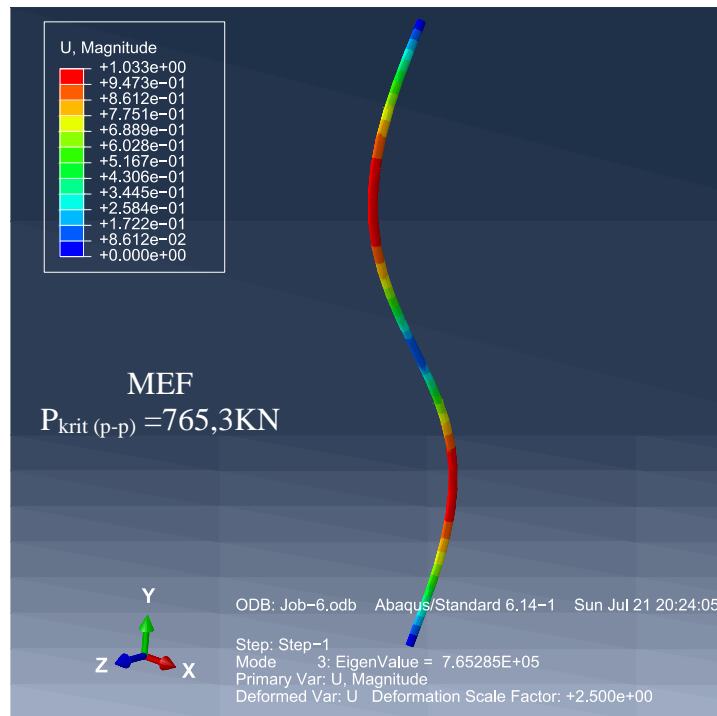


Fig. 4.19 – Vlera vetjake e forcës së epjes së pilotës (p-p), duke mos marrë parasysh rezistencën e dheut për formën e dytë modale të epjes (MEF- ABAQUS)

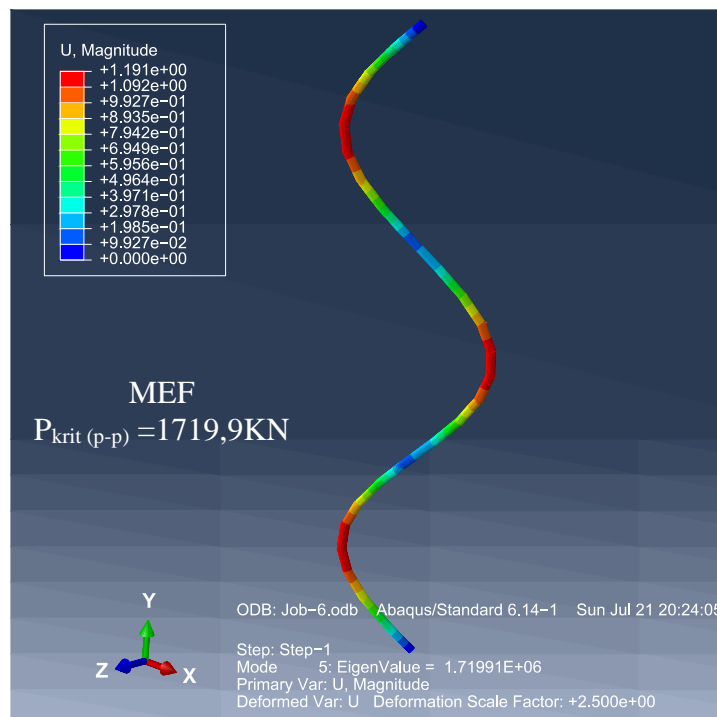


Fig. 4.20 – Vlera vetjake e forcës së epjes së pilotës (p-p), duke mos marrë parasysh rezistencën e dheut për formën e tretë modale të epjes (MEF- ABAQUS)

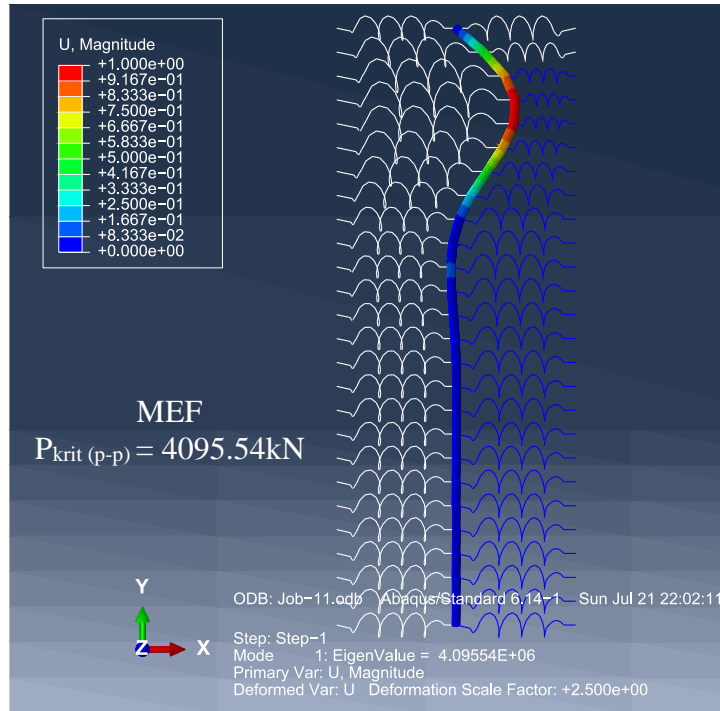


Fig.4.21 – Vlera vetjake e forcës së epjes së pilotës (p-p), duke marrë parasysh rezistencën e dheut për formën e parë modale të epjes (MEF- ABAQUS)

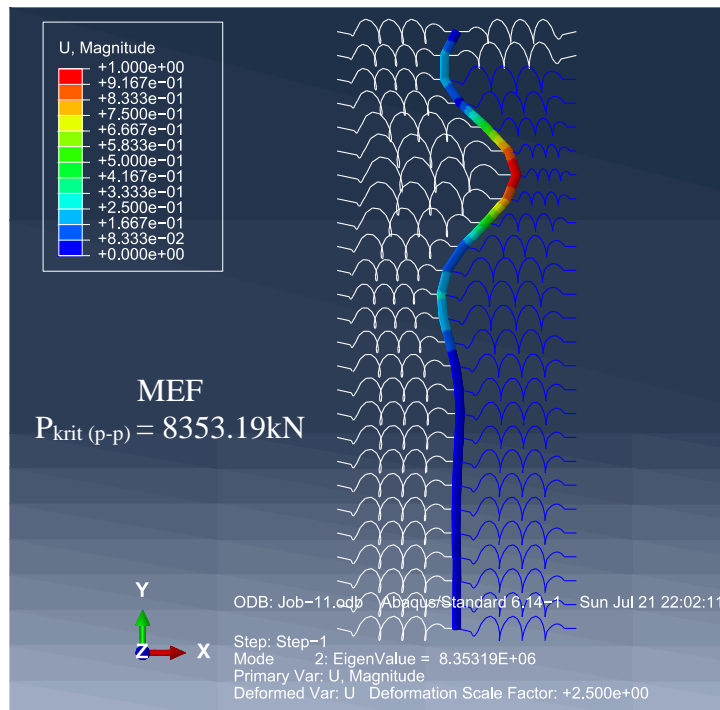


Fig. 4.22 – Vlera vetjake e forcës së epjes së pilotës (p-p), duke marrë parasysh rezistencën e dheut për formën e dytë modale të epjes (MEF- ABAQUS)

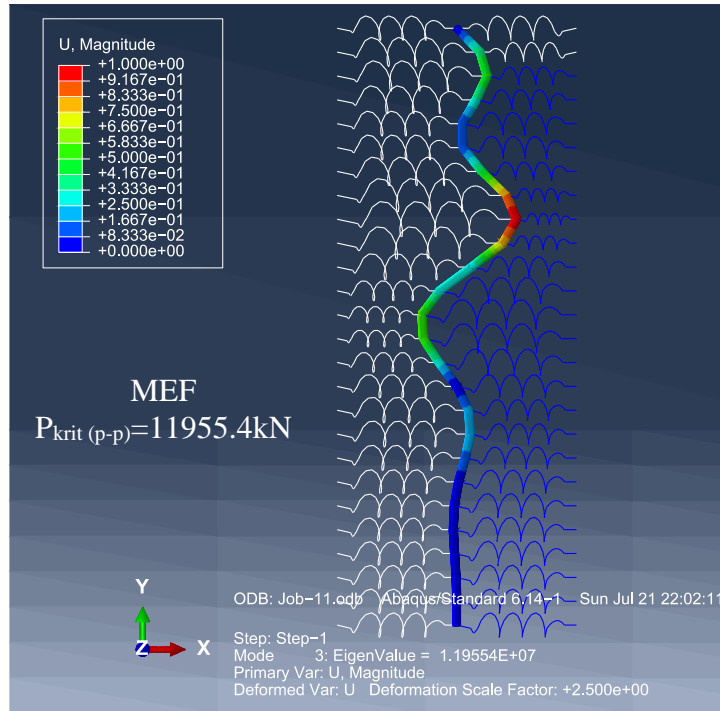


Fig.4.23 – Vlera vetjake e forcës së epjes së pilotës (p-p), duke marrë parasysh rezistencën e dheut për formën e tretë modale të epjes (MEF- ABAQUS)

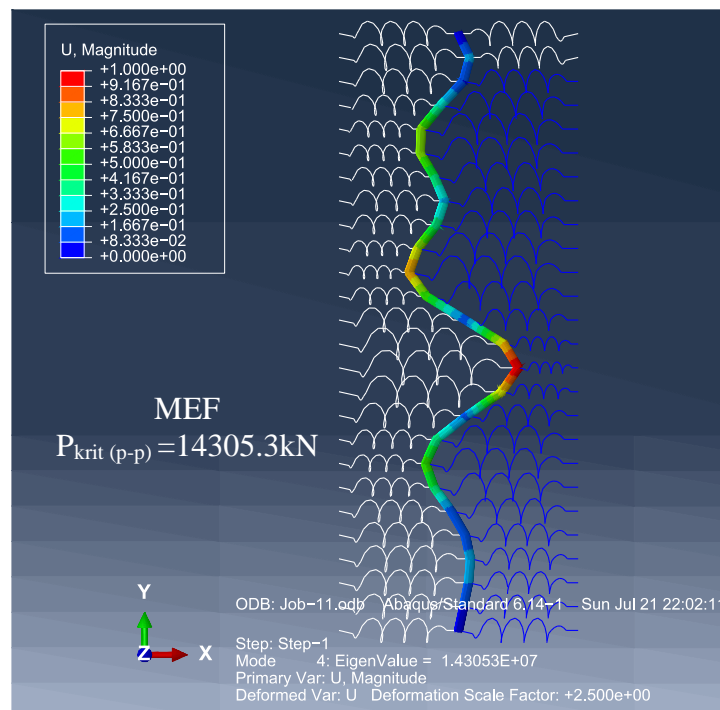


Fig.4.24 – Vlera vetjake e forcës së epjes së pilotës (p-p), duke marrë parasysh rezistencën e dheut për formën e katërt modale të epjes (MEF- ABAQUS)

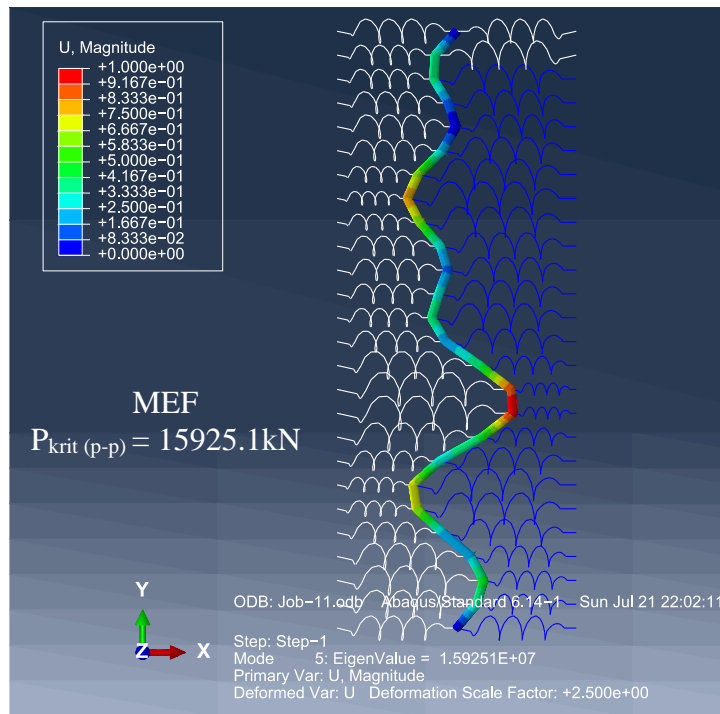


Fig.4.25 – Vlera vetjake e forcës së epjes së pilotës (p-p), duke marrë parasysh rezistencën e dheut për formën e pastë modale të epjes (MEF-ABAQUS)

Forca e epjes së pilotës (p-p), të ngulur plotësisht në tokë me modul horizontal të reaksionit të dheut të dhënë në Fig. 4.16, është llogaritur edhe sipas Metodës së Diferencave të Fundme (bazuar në softwarin MATLAB) dhe është $P_{krit(p-p)}=4065,0kN$ (Fig. 4.26). Duke krahasuar këto dy vlera të forcës së epjes së pilotës (p-p), të fituara sipas Metodave të ndryshme, autorja përfundon që forca e epjes së pilotës (p-p), e llogaritur sipas Metodës së Elementeve të Fundme paraqet vlerën e saktë të saj dhe është për 0,75% më e madhe se forca e epjes së pilotës (p-p), e llogaritur sipas Metodës së Diferencave të Fundme e që paraqet vlerën e përafërt të saj. Vlera e forcës së epjes së pilotës e llogaritur sipas Metodës së Diferencave të Fundme do të konvergjojë në drejtim të vlerës së forcës së epjes së pilotës (p-p), të llogaritur sipas Metodës së Elementeve të Fundëm nëse do të vazhdonim me rritjen e numrit të segmenteve në të cilat ndahet pilota. Në vazhdim është dhënë algoritmi i llogaritjes së forcës së epjes së pilotës (p-p), sipas Metodës së Diferencave të Fundme-bazuar në softwarin MATLAB si dhe forma e parë themelore modale e epjes së pilotës (p-p), (Fig. 4.26) e cila është identike me atë të llogaritur sipas Metodës së Elementeve të Fundëm (Fig. 4.21):

$$n=100$$

$$l_d=[0 \ 2.5 \ 5 \ 7.5 \ 10 \ 12.5 \ 15 \ 17.5 \ 20 \ 22.5 \ 25];$$

$$k_{hd}=[0 \ 63.54 \ 270.85 \ 1011.94 \ 2409.90 \ 2945.68 \ 3460.83 \ 4222.49 \ 5250.94 \ 6443.64 \ 7739.53]*1;$$

```

A=zeros(n-1,n-1);
B=zeros(n-1,n-1);
for i=2:n-1-1
B(i,i-1)=1; B(i,i+1)=-2; B(i,i+2)=1;
end
B(1,1)=-2; B(1,2)=1; B(n-1,n-2)=1; B(n-1,n-1)=-2;
k=1;
for k0=0:0
j=1;
for L=25:25
for C25/30
E=30.5*1000*1000;
D=0.3;
I=pi*D^4/64;
for i=3:n-3
A(i,i-2)=1; A(i,i-1)=-4;
A(i,i+1)=6+(k0*L^4)/(E*I*n^4)+interp1(ld,khd,L*i/n)*((L^4)/(E*I*n^4));
A(i,i+2)=-4; A(i,i+3)=1;
end
A(1,1)=5+(k0*L^4)/(E*I*n^4)+interp1(ld,khd,L*1/n)*((L^4)/(E*I*n^4));
A(1,2)=-4; A(1,3)=1; A(2,1)=-4;
A(2,2)=6+(k0*L^4)/(E*I*n^4)+interp1(ld,khd,L*2/n)*((L^4)/(E*I*n^4));
A(2,3)=-4; A(2,4)=1; A(n-2,n-4)=1; A(n-2,n-3)=-4;
A(n-2,n-2)=6+(k0*L^4)/(E*I*n^4)+interp1(ld,khd,L*(n-2)/n)*((L^4)/(E*I*n^4));
A(n-2,n-1)=-4; A(n-1,n-3)=1; A(n-1,n-2)=-4;
A(n-1,n-1)=5+(k0*L^4)/(E*I*n^4)+interp1(ld,khd,L*(n-1)/n)*((L^4)/(E*I*n^4));
end
% 1
E=-inv(A)*B;
% 2
y0=zeros(n-1,1);
y0(round(n/2)+1,1)=1;
% 3
for i=1:100
% 4
y0pn=E*y0;
% 5

```

```

y0pnmax=max(abs(y0pn));
y0=y0pn/y0pnmax;
% 6
LL=1/y0pnmax;
% 7
P(i)=Ei*I*n^2*LL/(L^2);
PL(1,j,k)=L;
PL(2,j,k)=P(100);
Z(j,k)=P(100);
j=j+1
end
k=k+1;
end
P;
y0;
LL;
P(100);
>> P(100)
= 4.065e+003kN

```

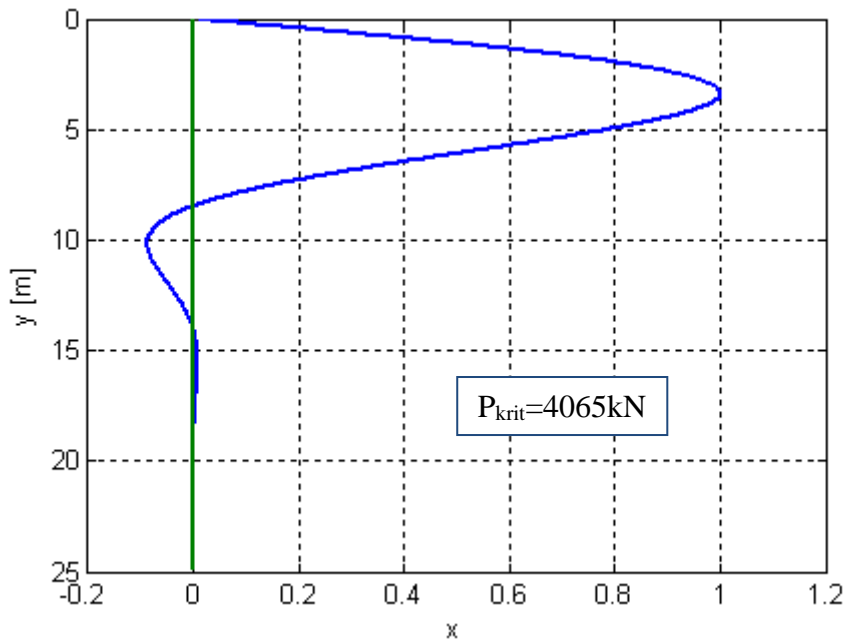


Fig. 4.26 – Forma themelore modale e epjes së pilotës (p-p), të ngulur plotësisht në tokë me shtangësi (Tab. 4.1) e llogaritur sipas Metodës së Diferencave të Fundme (bazuar në softwarin MATLAB)

Për të trajtuar ndikimin e kushteve të mbërthimit të pilotës në forcën e epjes së saj, përmes softwarit Abaqus si dhe duke u bazuar në Metodën e Elementeve të Fundëm janë ndërtuar modelet (1D) të këtyre pilotave:

- Pilota e inkastruar në kokë dhe e inkastruar në maje (F-F)
- Pilota e inkastruar me mundësi të zhvendosjes horizontale në kokë dhe e inkastruar në maje (ft-F)
- Pilota e lirë në kokë dhe e inkastruar në maje (f-F)
- Pilota sharnjerë në kokë dhe sharnjerë në maje (p-p)

Për këto raste të analizuar të pilotës-shtyllë (1D) (kur reaksioni horizontal i dheut merret zero, $k=0$), forcat e epjes të llogaritura sipas Metodës së Elementeve të Fundëm (bazuar në softwarin ABAQUS) po ashtu edhe sipas Metodës Analitike fitohen përafërsisht të barabarta.

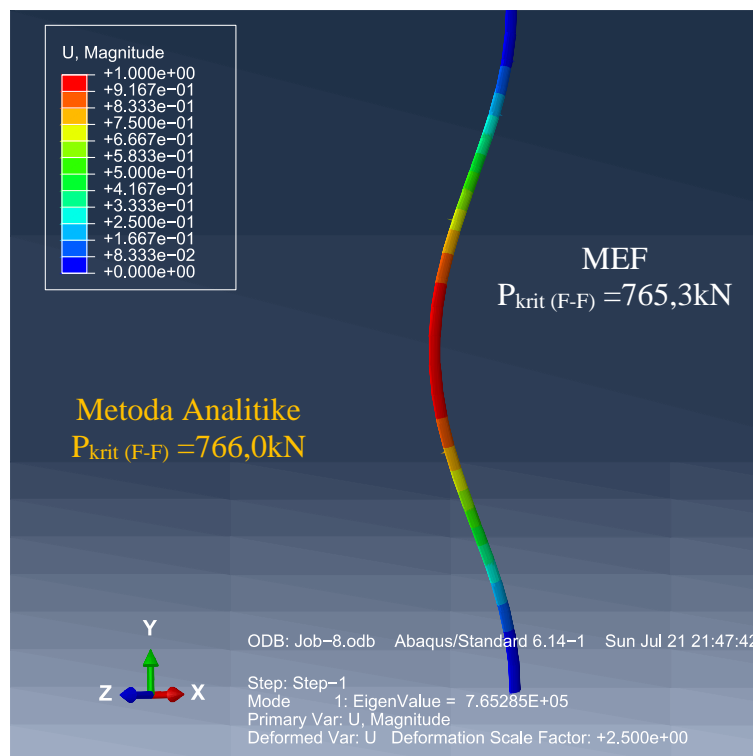


Fig. 4.27 – Vlerat vetjake të forcës së epjes së pilotës me kushte të mbërthimit e inkastruar në kokë dhe e inkastruar në maje,(F-F) (MEF- ABAQUS).

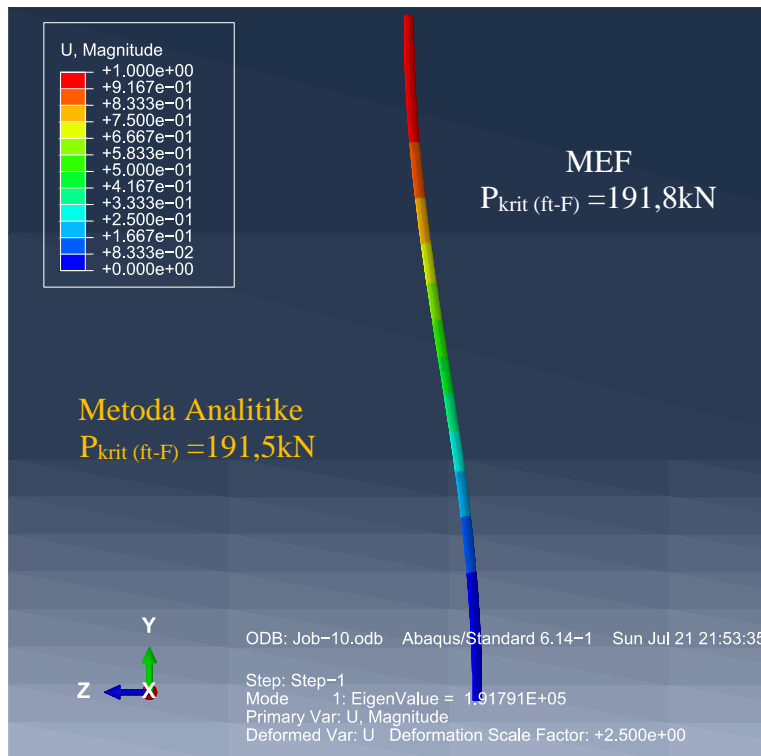


Fig. 4.28 – Vlerat vetjake të forcës së epjes së pilotës me kushte të mbërthimit e inkastruar me mundësi të zhvendosjes horizontale në kokë dhe e inkastruar në maje, (f-F)

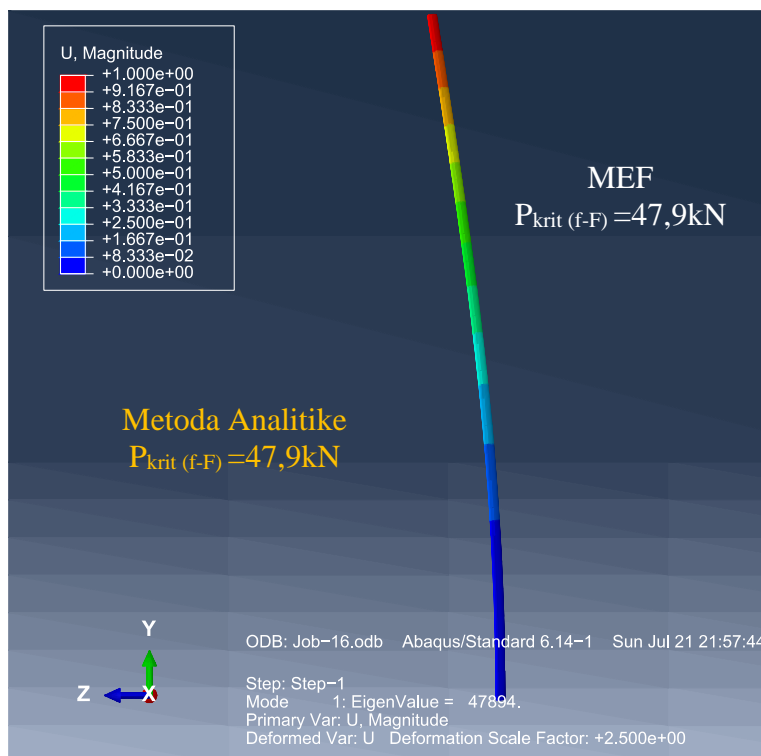


Fig. 4.29 – Vlerat vetjake të forcës së epjes së pilotës me kushte të mbërthimit e lirë në kokë dhe e inkastruar në maje, (f-F) (MEF- ABAQUS)

Tab. 4.2 Forcat e epjes së pilotës-shtyllë sipas Metodës analitike-teorike

Zgjidhja analitike -teorike	
$P_{krit}=(\pi/L_0)^2*EI$	
π	3.14159
E_{cm}	3.05E+10 [N*m ²]
D	0.3 [m]
$I=\pi*D^4/64$	3.97E-4 [m ⁴]
L	25 [m]
$P_{krit} (p-p)$	191,502 [kN]
$P_{krit} (F-F)$	766,0081 [kN]
$P_{krit} (f-f)$	47,87551 [kN]
$P_{krit} (p-F)$	391,6217 [kN]
$P_{krit} (f_t-F)$	191,502 [kN]

Forca e epjes së pilotës-shtyllë (F-F), diametër, D=30cm gjatësi, L=25m dhe klasë të betonit, C25/30 e llogaritur sipas Metodës së Elementeve të Fundëm është $P_{krit(F-F)}=765.3\text{kN}$ dhe është dhënë në Fig. 4.27, ndërsa sipas Metodës Analitike është $P_{krit(F-F)}=766.0\text{kN}$ (Tab. 4.2), forca e epjes së pilotës (f_t-F) e llogaritur sipas Metodës së Elementeve të Fundëm është dhënë në Fig. 4.27 dhe është $P_{krit(f_t-F)}=191.8\text{kN}$ ndërsa sipas Metodës Analitike është $P_{krit(f_t-F)}=191.5\text{kN}$ (Tab. 4.2). Për shkak të gjatësisë më të madhe të epjes së pilotës-shtyllë (f-F) i korrespondon vlerë më e vogël e forcës së epjes që sipas të dy metodave të llogaritjes është $P_{krit(f-F)}=47.9\text{kN}$.

Ndërsa nga katër rastet e analizuar sipas Metodës së Elementeve të Fundëm (bazuar në sofwarin ABAQUS), pilota e ngulur plotësisht në dhera me shtangësi të dhënë në Tab. 4.1 me kushte të mbërthimit e lirë në kokë dhe e lirë në mbështetës, (f-f) ka forcë të epjes me vlerë më të vogël ($P_{krit(f-f)}=2213,26\text{kN}$) (Fig.4.31). Forca e epjes së pilotës, (p-p), ($P_{krit(p-p)}=4095,54\text{kN}$) është më e madhe se forca e epjes së pilotës, (f-f), ($P_{krit(f-f)}=2213,26\text{kN}$) por më e vogël se forca e epjes së pilotës, (F-f), ($P_{krit(F-f)}=22537.4\text{kN}$). Forcë më të madhe të epjes ka pilota (F-f), për shkak të rritjes së kufizimit që ofron inkastrimi në kokën e pilotës krahasuar me majen e lirë, ($P_{krit(F-f)}=22537.4\text{kN}$) (Fig. 4.32). Vlera e forcës së epjes së pilotës, (p-f) është më e madhe se forca e epjes së pilotave (f-f), (p-p) por më e vogël se forca e epjes së pilotës, (F-f), dhe është $P_{krit(p-f)}=12110,5\text{kN}$ (Fig. 4.30).

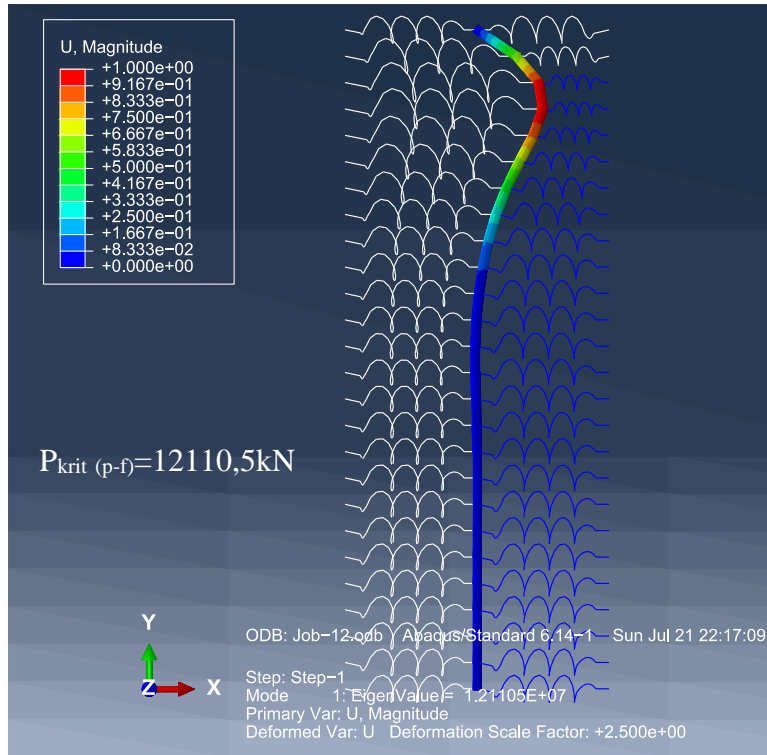


Fig. 4.30 – Vlera vetjake e forcës së epjes së pilotës, (p-f) të ngulur plotësisht në dhera (Tab.4.1) për formë të parë modale (MEF- ABAQUS)

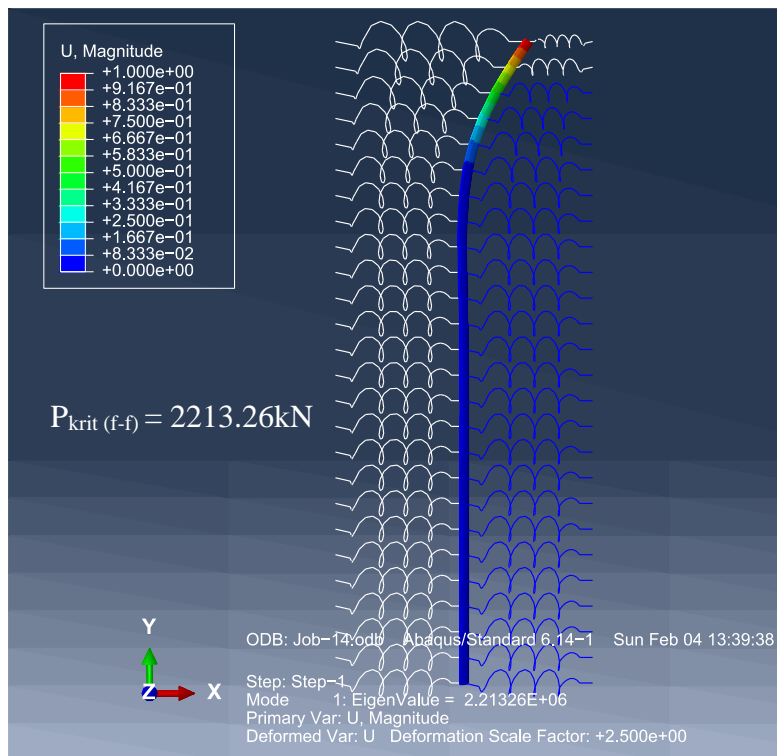


Fig. 4.31– Vlera vetjake e forcës së epjes së pilotës (f-f), të ngulur plotësisht në dhera (Tab.4.1) për formë të parë modale (MEF- ABAQUS)

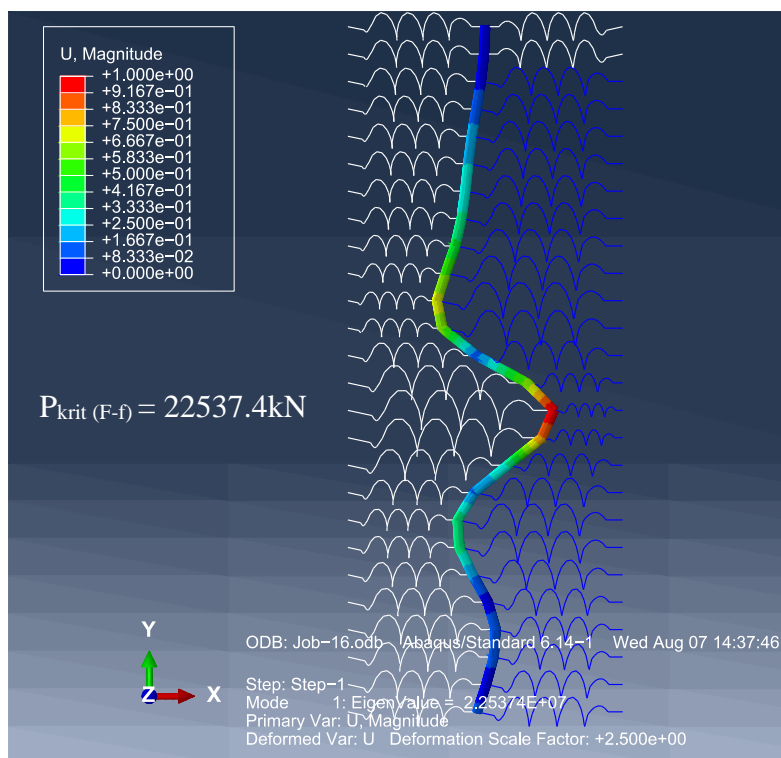


Fig. 4.32 – Vlera vetjake e forcës së epjes së pilotës (F-f), të ngulur plotësisht në dhera (Tab.4.1) për formë të parë modale (MEF- ABAQUS).

4.5 Dimensionimi i pilotës sipas EN1997-1:2004 dhe EN1992 1:2004

Sipas normave EN1997-1:2004 dhe EN1992-1:2004 është dimensionuar pilota me kushte të mbërthimit e lirë në kokë dhe e lirë në maje, (f-f) diametër, $D=50\text{cm}$ gjatësi, $L=25\text{m}$ klasë të betonit, C25/30 e ngulur plotësisht në dhera me shtangësi të sustave të dhëna në Tab. 4.1, dhe që është e ngarkuar vetëm me forcë aksiale në shtypje P.

4.5.1 Llogaritja e aftësisë mbajtëse të pilotës sipas dheut

Aftësia mbajtëse e pilotës sipas dheut është llogaritur në bazë të parametrave total të shtangësisë së argjilës (α -Metoda) duke u bazuar në Regjistrimet nga shpimi S7 BH-8230 1 të dhëna në Seksionin 4.3.2.

Rezistenca e dheut në fërkim në faqet anësore të pilotës sipas α – Metoda është:

$$Q_{s,i} = q_{s,i} \cdot A_{s,i} = R_{sm,i} \quad (4.1)$$

$q_{s,i}$ - fërkimi kufitar njësi

$A_{s,i}$ - sipërfaqja e mbështjellësit të pilotës

α - koeficient i ad'hezionit (në funksion të c_u)

Fërkimi kufitar njësi llogaritet:

$$q_{s,i} = \alpha \cdot c_u \quad (4.2)$$

ku është:

$\alpha = 0.55$ - për rastin $c_u/p_a \leq 1.5$ (p_a -shtypja atmosferike (103kPa))

$\alpha = 0.55 - 0.1 \cdot (c_u/p_a - 1.5)$ - për $1.5 < c_u/p_a \leq 2.5$

Ndërsa rezistenca e dheut ne maje të pilotës sipas α –Metodës llogaritet:

$$Q_b = q_b \cdot A_b \quad (4.3)$$

ku është

q_b - rezistenca njësi e dheut në maje të pilotës

A_b -sipërfaqja e prerjes tërthore të majës së pilotës

Rezistenca njësi e majës së pilotës është:

$$q_b = c_b \cdot N_c^* \cdot A_b = R_{bm} \quad (4.4)$$

ku N_c është koeficient mbajtës (Brajan 1995).

Llogarisim rezistencën e dheut në maje të pilotës për tokë argjilore:

$$Q_{ub} = c_u \cdot N_c^* \cdot A_b = 88.4 \cdot 8.54 \cdot 0.07065 = 53.34kN \quad (4.5)$$

Rezistenca e dheut në fërkim në faqet anësore të pilotës është:

$$\begin{aligned} Q_{us} &= q_{s,i} \cdot A_s \\ &= \alpha' \cdot c_u \cdot A_s = 0.55 \cdot (25 \cdot 7.3 + 30 \cdot 2.3 + 35.71 \cdot 3.2 + 88.4 \cdot 12.2) \cdot 0.942 \\ &= 748.3kN \end{aligned} \quad (4.6)$$

Aftësia mbajtëse kufitare e pilotës është:

$$Q_{up} = Q_{ub} + Q_{us} = 801.61kN \quad (4.7)$$

Pesha vetjake e pilotës

$$G = 44.156kN \quad (4.8)$$

4.5.2 Dimensionimi i pilotës

Klauzola A.3.1.(1)P - koeficientet parcial të strukturës (STR) dhe koeficientët gjeoteknik (GEO) për verifikimin e gjendjes kufitare të thyerjes. Nga Tab.A.3 (EN 1997-1: 2004) lexojmë:

Koeficientet parcial për ngarkesë:

- ngarkesa e përhershme e disfavourshme (A1) $\gamma_{G,dst} = 1.35$
- ngarkesa e përhershme e favorshme (A1) $\gamma_{G,st b} = 1.00$

Koeficientet parcial për parametrat e dheut:

- tangjenti i këndit efektiv të fërkimit (M1) $\gamma_{\phi} = 1.00$
- kohezioni efektiv (M1) $\gamma_c = 1.00$

Koeficientet parcial për rezistencë të themele me pilotë

- koeficienti parcial i rezistencës për pilotat me shpim (R2) $\gamma_t = 1.10$

$$E_d \leq R_d \quad (4.8)$$

$$(P + G)\gamma_{G,dst} \leq \frac{(Q_{ub} + Q_{us})\gamma_{G,stb}}{\gamma_t} \quad (4.9)$$

ku P, është forca vertikale në pilotë:

$$(P + 44.156) \cdot 1.35 \leq \frac{(53.34 + 748.3) \cdot 1.0}{1.1} \quad (4.10)$$

$$P \leq 495.6kN \quad (4.11)$$

Forca vertikale llogaritëse me të cilën do të ngarkohet pilota, nga autorja përvetësohet $N_{Ed} = 607.5kN$. Forca e epjes së pilotës (p-p), diametër, $D = 30cm$, gjatësi, $L = 25m$, klasë të betonit C25/30 dhe që është e ngulur plotësisht në dhera me shtangësi të sustave të dhënë në (Tab.4.1) është $P_{krit(p-p)} = 4095.54kN$ (Fig. 4.21), derisa gjatësia e epjes së pilotës është:

$$L_0 = 5.4m \quad (4.12)$$

Llogarisim faktorin e epjes së pilotës, λ dhe pastaj atë e krahasojmë me llastrinë kufitare, λ_{lim} :

$$\lambda = \frac{4L_0}{D} = 71.99 > \lambda_{lim} = 20 \cdot A \cdot B \cdot C / \sqrt{n} = 33.6 \quad (4.13)$$

atëherë gjatë dimensionimit të kësaj pilote sipas EN1992-1:2004, është e domosdoshme që të merret parasysh epja.

Efekti i imperfeksionit do të merret parasysh përmes momentit nga jashtëqendërsia nga imperfeksioni e që është:

$$e_i = \theta_i \cdot L_0 / 2 = 13.5mm \quad (4.14)$$

Të gjitha elementet që punojnë në shtypje, sipas EC-2 i nënshtrohen jashtëqendërsisë minimale:

$$e_0 = \max \{e_i; D/30; 20mm\} \rightarrow e_0 = 20mm \quad (4.15)$$

Në vazhdim është dhënë diagrami i zhvendosjes horizontale të pilotës, (p-p) nën veprimin e forcës aksiale $N_{Ed}=607.5kN$ (Fig. 4.33), diagrami i momenteve përkulëse M_{Ed} (Fig. 4.34) dhe diagrami i forcës transversale V_{Ed} (Fig. 4.35).

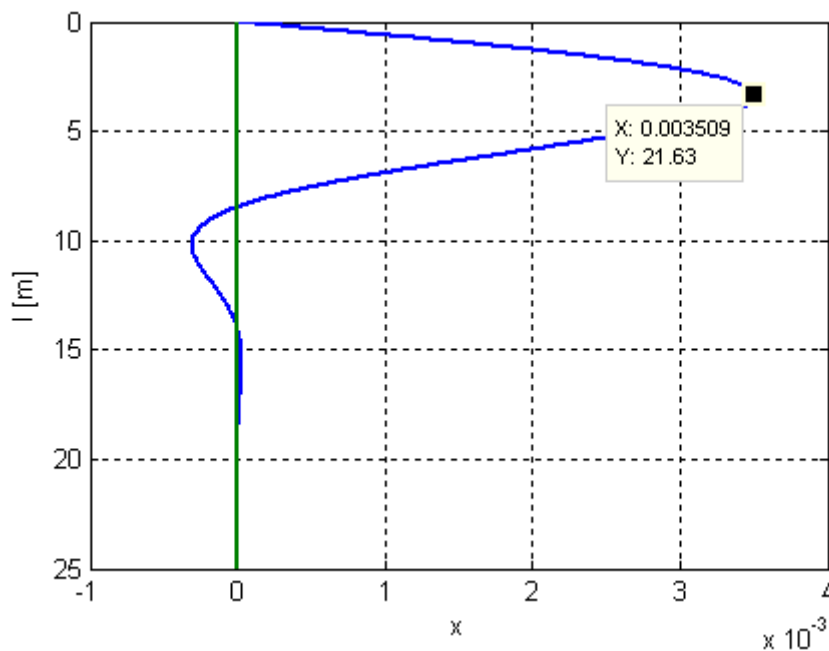


Fig. 4.33 – Diagrami i zhvendosjes horizontale të pilotës (p-p), diametër, $D=30cm$ gjatësi, $L=25m$ klasë të betonit, C25/30 nën veprimin e forcës aksiale në shtypje $N_{Ed}=607,5kN$ duke marrë parasysh efektin e imperfeksionit (llogaritur sipas softwarit MATLAB)

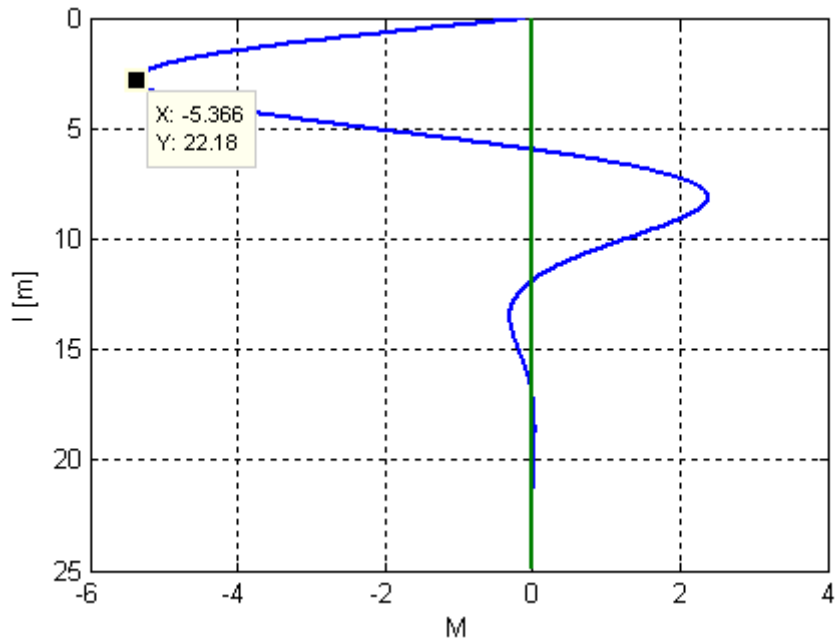


Fig. 4.34 – Diagrami i momenteve përkulëse të pilotës (p-p), diametër, $D=30\text{cm}$ gjatësi, $L=25\text{m}$ klasë të betonit, C25/30 nën veprimin e forcës aksiale, $N_{Ed}=607,5\text{kN}$ duke marrë parasysh efektin e imperfeksionit (llogaritur sipas softwarit MATLAB)

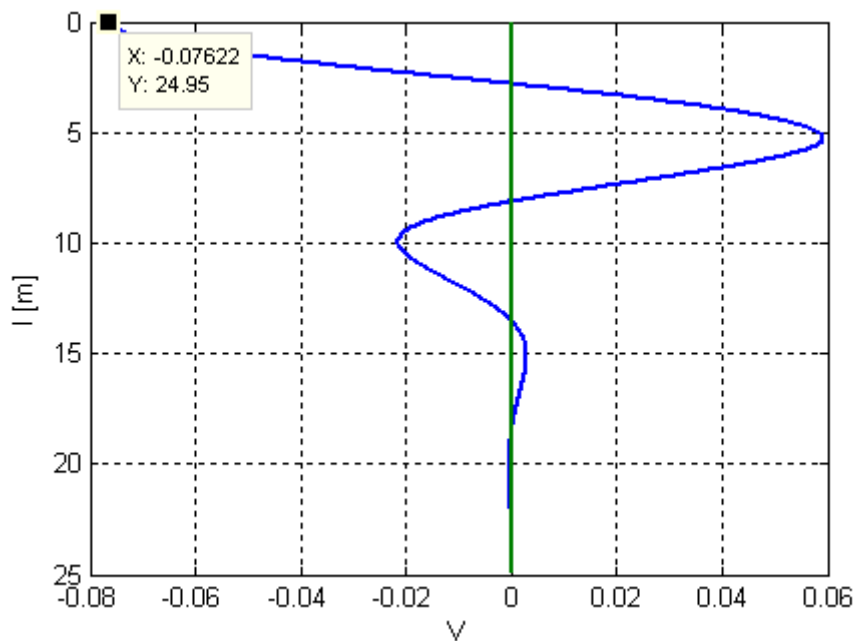


Fig. 4.35 – Diagrami i forcave transversale të pilotës (p-p), diametër, $D=30\text{cm}$ gjatësi, $L=25\text{m}$ klasë të betonit, C25/30 nën veprimin e forcës aksiale, $N_{Ed}=607,5\text{kN}$ duke marrë parasysh efektin e imperfeksionit (llogaritur sipas softwarit MATLAB)

Momenti llogaritës i rendit të parë, duke marrë parasysh efektin e imperfeksionin do të jetë:

$$M_{0Ed} = \max \{ M_0; e_0 \cdot N_{Ed} \} \quad (4.16)$$

$$M_{0Ed} = 12.15 \text{ kNm}$$

Efektet e rendit të dytë:

$$M_{Ed} = M_{0Ed} + M_2 \quad (4.17)$$

Momenti i rendit të dytë:

$$M_2 = N_{Ed} \cdot e_2 \quad (4.18)$$

ku sipas EN1992-1:2004 është:

$$e_2 = (1/r) L_0^2 / c$$

$$1/r = K_r \cdot K_\phi / r_0$$

$$K_r = (n_u - n) / (n_u - n_{bal}) \leq 1$$

$$n = N_{Ed} / (A_c \cdot f_{cd})$$

$$n_u = 1 + \omega$$

$$\omega = A_s \cdot f_{yd} / (A_c \cdot f_{cd})$$

$$n_{bal} = 0.4$$

$$K_r = 1$$

$$K_\phi = \max(1 + \beta \cdot \phi_{ef}; 1)$$

$$\beta = 0.35 + f_{ck} / 200 - \lambda / 150$$

$$\beta = 0.35 + 25 / 200 - 68.60 / 150 = 0.0177$$

$$\phi_{ef} = \phi_0 = \phi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0)$$

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 33 \text{ MPa}$$

$$\phi_{RH} = 1 + \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} \quad \text{për } f_{cm} \leq 35 \text{ Mpa}$$

Për lagështi të ambientin RH=80% llogarisim:

$$h_0 = \frac{2 \cdot A_c}{u}$$

$$h_0 = \frac{2 \cdot 70650}{942} = 150 \text{ mm}$$

$$\beta(f_{cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}}$$

$$\beta(f_{cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{33}} = 2.9245$$

$$t_0 = 28 \text{ ditë}$$

$$\beta(t_0) = \frac{1}{(0.1 + t_0^2)}$$

$$\beta(t_0) = 0.4884$$

$$\phi_{RH} = 1.3764 \quad \text{për } f_{cm} < 35 \text{ Mpa}$$

$$\phi_{ef} = \phi_0 = 1.3764 \cdot 2.9245 \cdot 0.4884 = 2$$

$$\phi_{ef} = \phi_{(\infty, t_0)} = \phi_0$$

$$K_\phi = \max(1.035; 1) \Rightarrow K_\phi = 1.035$$

Për pilotën, shtresa mbrojtëse nominale përvetësohet:

$$c_{0nom} = 40 \text{ mm}$$

$$d_1 = c_{nom} + \varphi_s + \varphi / 2 = 40 + 5 + 16 / 2 = 53 \text{ mm}$$

$$d = D - d_1 = 247 \text{ mm}$$

$$1 / r_0 = \varepsilon_{yd} / (0.45d)$$

$$\varepsilon_{yd} = f_{yd} / E_s$$

S-500

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1.15} = 434.782 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{yd} = 434.782 / 200 \cdot 10^3 = 2.174 \cdot 10^{-3}$$

$$1 / r_0 = 2.174 \cdot 10^{-3} / (0.45 \cdot 247) = 0.0196 \cdot 10^{-3} \text{ 1 / mm}$$

$$1 / r = K_r \cdot K_\phi / r_0 = 1 \cdot 1.035 \cdot 0.0196 \cdot 10^{-3} = 0.02 \cdot 10^{-3} \text{ 1 / mm}$$

$$e_2 = (1 / r) \cdot L_0^2 / c = 58.32 \text{ mm}$$

$$M_2 = N_{Ed} \cdot e_2 = 35.43 \text{ kNm}$$

Momenti përkulës sipas Teorisë së rendit të dytë është:

$$M_{Ed} = M_{0Ed} + M_2 = 12.15 + 35.43 = 47.58 \text{ kNm}$$

Dimensionimi i pilotës:

$$N_{Ed} = -607.5 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 47.58 \text{ kNm}$$

$$d_1 / D = 58 / 300 = 0.1933 \approx 0.2$$

$$\nu_{Eds} = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{-607.5 \cdot 10^3}{70650 \cdot 14.166} = -0.607$$

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{47.58 \cdot 10^6}{70650 \cdot 300 \cdot 14.166} = 0.158$$

Nga diagrami për C12/15-C50/60 me $d_1/h=0.2$ (Interaktionsdiagramm für Kreisquerschnitt mit symmetrischer Bewehrung-Grafische Bemessungshilfsmittel nach EC 2) lexojmë:

$$\omega_{tot} = 0.5$$

$$A_{s,tot} = A_{s,req} = \omega_{tot} \frac{A_c}{f_{yd} / f_{cd}} = 0.50 \frac{70650}{434.782 / 14.166} = 1150.95 \text{ mm}^2$$

Në EC 2 specifikohet sipërfaqja minimale e armaturës gjatësore për pilotën me prerje tërthore rrethore prej $8\phi 16$ ($A_{s,min} = 1608 \text{ mm}^2$) por jo më e vogël se:

$$A_{s,\min} \geq 0.005A_c \quad \text{për} \quad A_c \leq 0.5m^2$$

$$A_{s,\min} = 1608mm^2 \geq A_{s,req} = 1150.95mm^2$$

$$A_{s,\min} = 1205.76mm^2 \geq 0.005 \cdot 70650 = 353.25mm^2$$

$$A_{s,\min} = 1205.76mm^2 \leq A_{s,\max} = 0.04 \cdot A_c = 2826mm^2$$

Autorja përvetëson 8φ16mm me $A_{s,prov} = 1608mm^2$ dhe stafë spirale të përvetësuar në formë konstruktive φ8mm/10cm/(5cm).

4.6 Modeli dy dimensional (2D) i epjes së pilotës betonarme të ngulur plotësisht në dhera dhe të ngarkuar me forcë aksiale në shtypje sipas Metodës së Elementeve të Fundëm (bazuar në softwarin ABAQUS)

Për të analizuar epjen e pilotës sipas Metodës së Elementeve të Fundëm bazuar në softwarin ABAQUS, përpos modelit një dimensional të epjes së pilotës (1D-FE) është ndërtuar edhe modeli dy dimensional i epjes së pilotës (2D-FE). Modeli 2D-FE i epjes së pilotës është ndërtuar për pilotën betonarme me diametër, $D=0.3m$ gjatësi të pilotës, $L=25m$ klasë të betonit, C25/30 me kushte të mbërthimit sharnjerë në kokë dhe inkastrim në maje, (p-F) dhe të ngulur plotësisht në dhera shumë të buta me shtangësi të sustave elastike të dhëna në Tab.4.3.

Tab.4.3 Shtangësitë e sustave elastike

height(m)	Spring K, N/m	Individual Spring K
0	0	0 K1
2.5	158.8545084	39.71363 K2
5	677.1152319	169.2788 K3
7.5	2529.855115	632.4638 K4
10	6024.738707	1506.185 K5
12.5	7364.197896	1841.049 K6
15	8652.084235	2163.021 K7
17.5	10556.22815	2639.057 K8
20	13127.35843	3281.84 K9
22.5	16109.13014	4027.283 K10
25	9674.409814	2418.602 K11

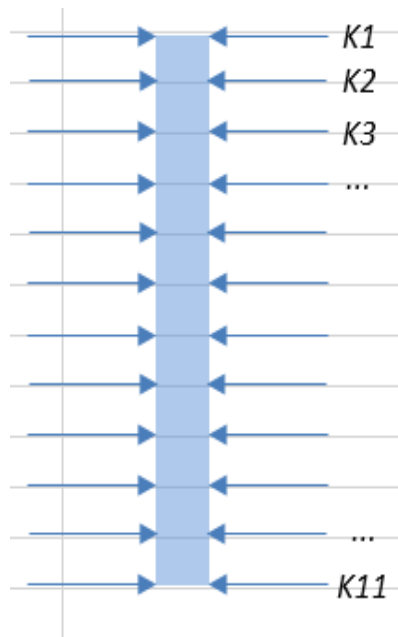


Fig. 4.36 – Elementet e sustës në lartësi me shtangësie $K_i=K/4$

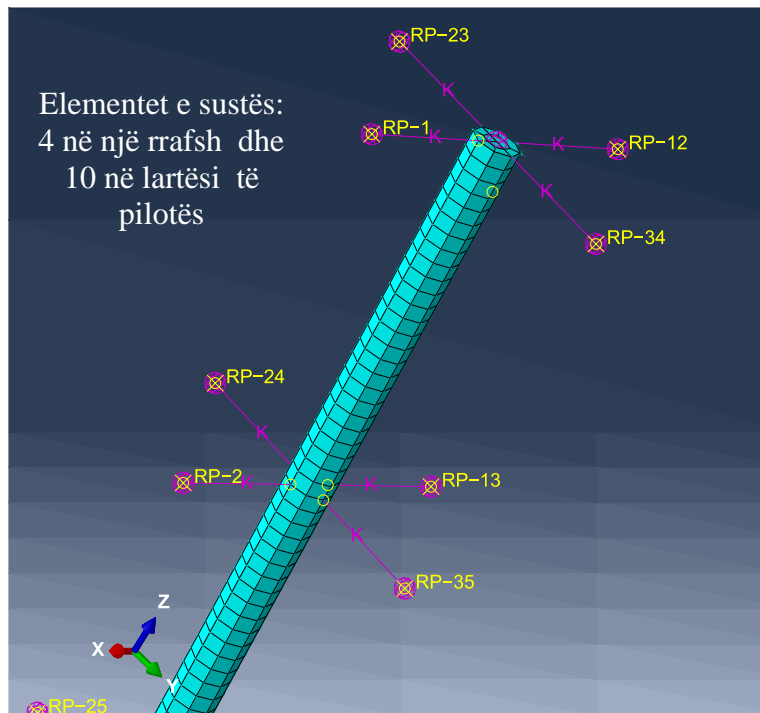


Fig. 4.37 – Modeli dy-dimensional (2D) i epjes së pilotës sipas ABAQUS - diskretizimi i interaksionit pilotë-tokë (pamja anësore)

Më qëllim të diskretizimit të interakcionit pilotë-tokë janë supozuar sustat elastike në të katër anët e pilotës (gjithsejtë 10 rreshte). Shtangësia e çdo suste individuale është marrë $K_i=K/4$ (Fig. 4.36). Elementet e sustës janë 4 në një rrafsh dhe 10 në lartësi të pilotës (Fig. 4.37 dhe Fig. 4.38).

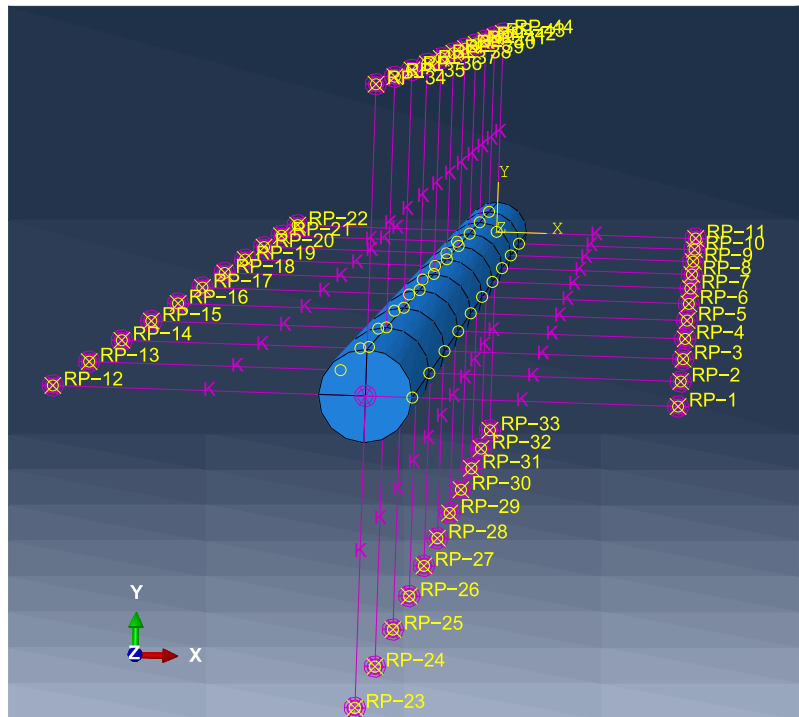


Fig. 4.38 – Modeli ABAQUS (2D) - (pamja nga lartë)

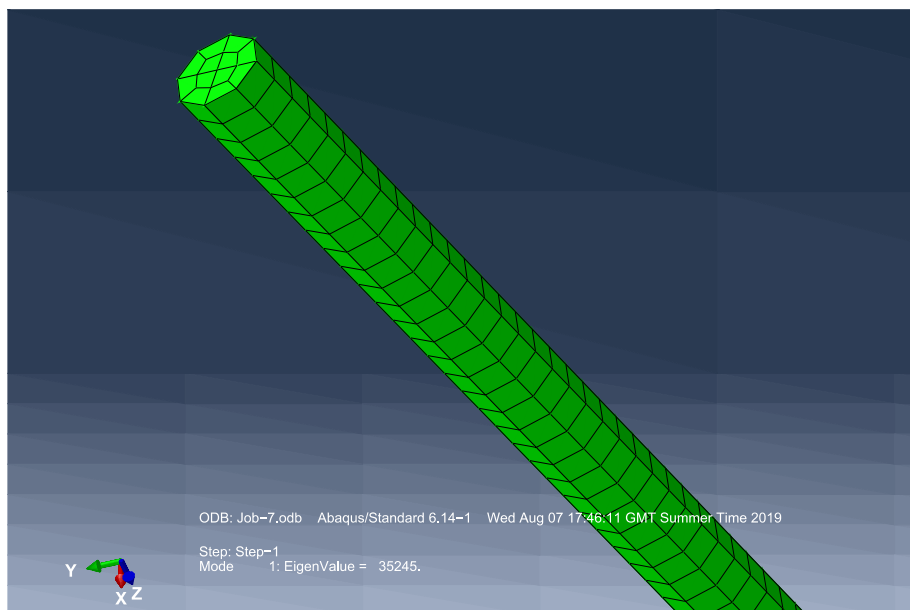


Fig. 4.39 – Rrjetëzimi i pilotës me Elemente tra të tipit linear hexahedral C3D8R

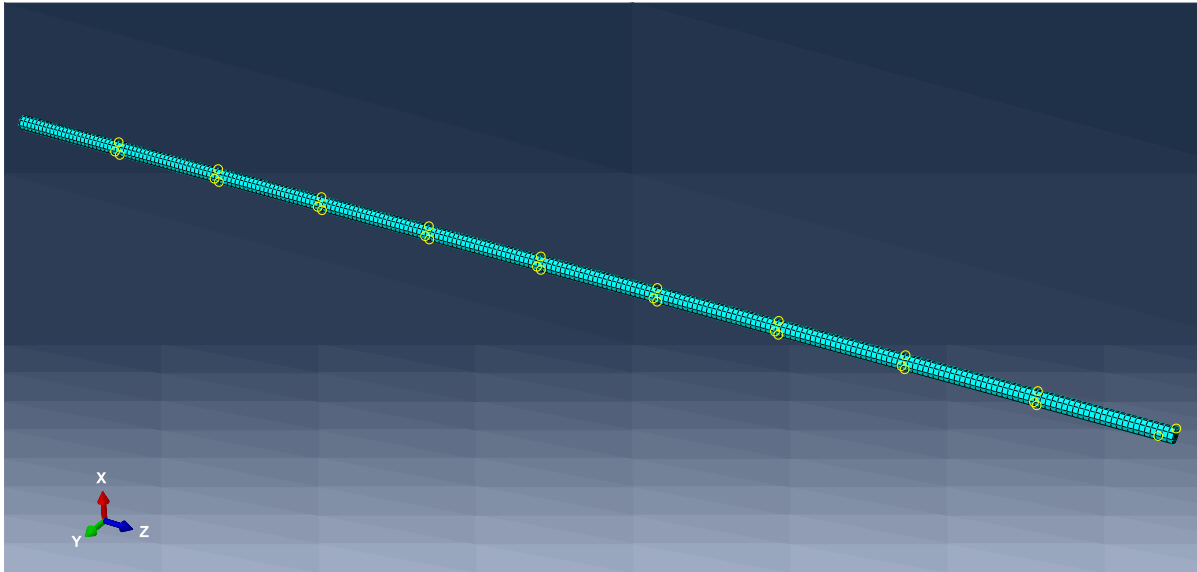
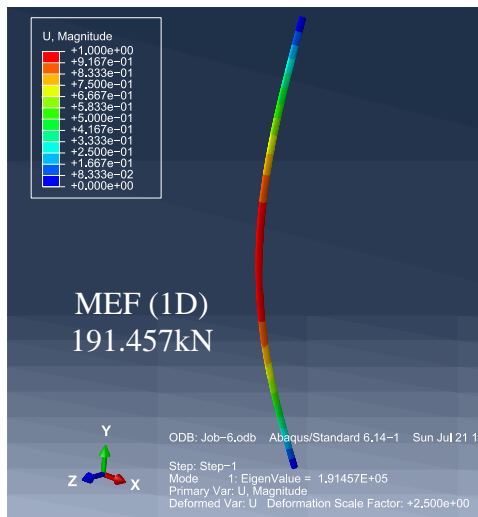


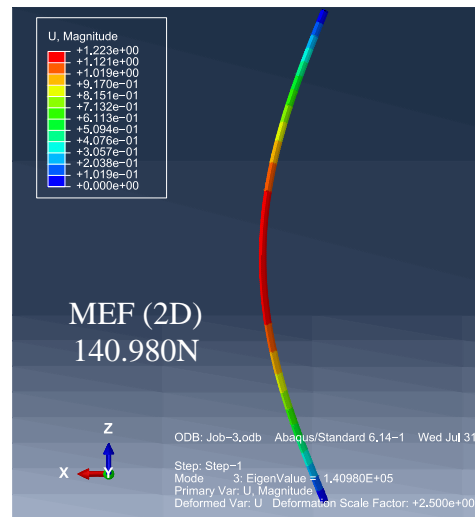
Fig. 4.40 – Rrjetëzimi i pilotës në Elemente tra – gjithsej 3000 element linear hexahedral të llojit C3D8R

Pilota është rrjetëzuar me Element tra të tipit linear hexahedral C3D8R (Fig. 4.39) duke u ndarë në 3000 elemente (Fig. 4.40). Çdo element tra (linear hexahedral C3D8R) ka gjatësi prej 2.5m dhe janë të lidhura me elementet e sustave elastike.

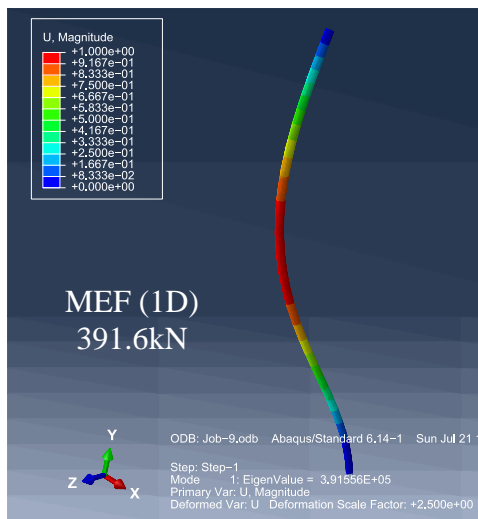
Në vazhdim është dhënë forma e parë themelore modale dhe forca e epjes së pilotës-shtyllë (p-p) dhe (p-F), pa ndikim të reaksionit horizontal të dheut në (1D) dhe (2D) (Fig. 4.41a, Fig. 4.41b, Fig. 4.41c dhe Fig. 4.41d). Forca e epjes së pilotës-shtyllë me kushte të mbërthimit sharnjerë në kokë dhe inkastrim në maje, (p-F) sipas Metodës së Elementeve të Fundëm (1D) (duke u bazuar në softwarin ABAQUS) është $P_{krit(p-F)(1D)}=391,6kN$ (Fig. 4.41c) dhe është identike me vlerën e forcës së epjes së pilotës (p-F) të llogaritur sipas Metodës analitike-teorike (Tab.4.2 - $P_{krit(p-F)}=391,6217kN$), por kur problemi i epjes së pilotës-shtyllë analizohet në (2D) atëherë vlera e forcës së epjes së të njëjtës pilotë është për 26.35% më e vogël se $P_{krit(p-F)(1D)}=391,6kN$ ($P_{krit(p-F)(2D)}=288,42kN$, Fig. 4.41d). Të njëjtën dukuri e kemi edhe tek pilota me kushte të mbërthimit (p-p), ($P_{krit(p-p)(2D)}=140,98,42kN$ është për 26.36% më e vogël se $P_{krit(p-p)(1D)}=191,6kN$). Ky ndryshim rezulton për shkak të imperfeksionit gjeometrik si dhe jo gjithmonë është e mundur realizimi i sharnjerës dhe inkastrimit ideal. Kjo bënë që gjatësia e epjes së pilotës-shtyllë (p-F) në 2D-MEF, $L_0=\beta \cdot L=20,37m$ të jetë më e madhe krahasuar me gjatësinë e epjes së pilotës (p-F) në 1D-MEF, $L_0=\beta \cdot L=0,707 \cdot 25=17,675m$, pra faktori i gjatësisë së epjes së pilotës (p-F) në (2D), $\beta \approx 0.8$ i afrohet vlerës llogaritëse të rekomanduar kur kushtet ideale përafrohen.



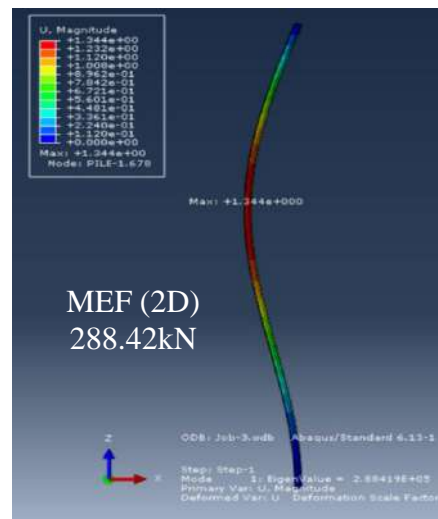
a)



b)



c)



d)

Fig. 4.41 – Forma e parë modale e epjes së pilotës-shtyllë me kushte të mbërthimit: a) sharnjerë në kokë dhe sharnjerë në maje, (p-p) - MEF (1D); b) sharnjerë në kokë dhe sharnjerë në maje, (p-p) - MEF (2D); c) sharnjerë në kokë dhe inkastrim në maje, (p-F) - MEF (1D); d) sharnjerë në kokë dhe inkastrim në maje, (p-F) - MEF (2D); (ABAQUS).

Në Fig. 4.42 është dhënë modeli ABAQUS i epjes së pilotës (p-p) në (2D), të ngulur plotësisht në dhera me shtangësi të sustave elastike të dhëna në Tab. 4.3. Tri format e para themelore modale të epjes së pilotës (p-p) janë dhënë në Fig. 4.43, Fig. 4.44 dhe Fig. 4.45 ndërsa vlerat vetjake të formave themelore modale të epjes së pilotës janë dhënë në (Tab.4.4) që sipas Metodës së Elementeve të Fundëm paraqesin forcat e epjes së pilotës (p-p).

Për shkak se pilota (p-p) është e ngulur në dhera shumë të buta me një shtangësi shumë të vogël të sustave elastike (Tab.4.3), forca e epjes së saj është $P_{krit (p-p)(2D)}=342kN$ (Fig. 4.43) dhe është 2,5 herë më e madhe se forca e epjes së pilotës - shtyllë (p-p), për rastin kur nuk merret parasysh rezistenca e dheut, $k=0.0kN/m^2$ ($P_{krit(p-p)(2D)}=140,98kN$, Fig. 4.41b).

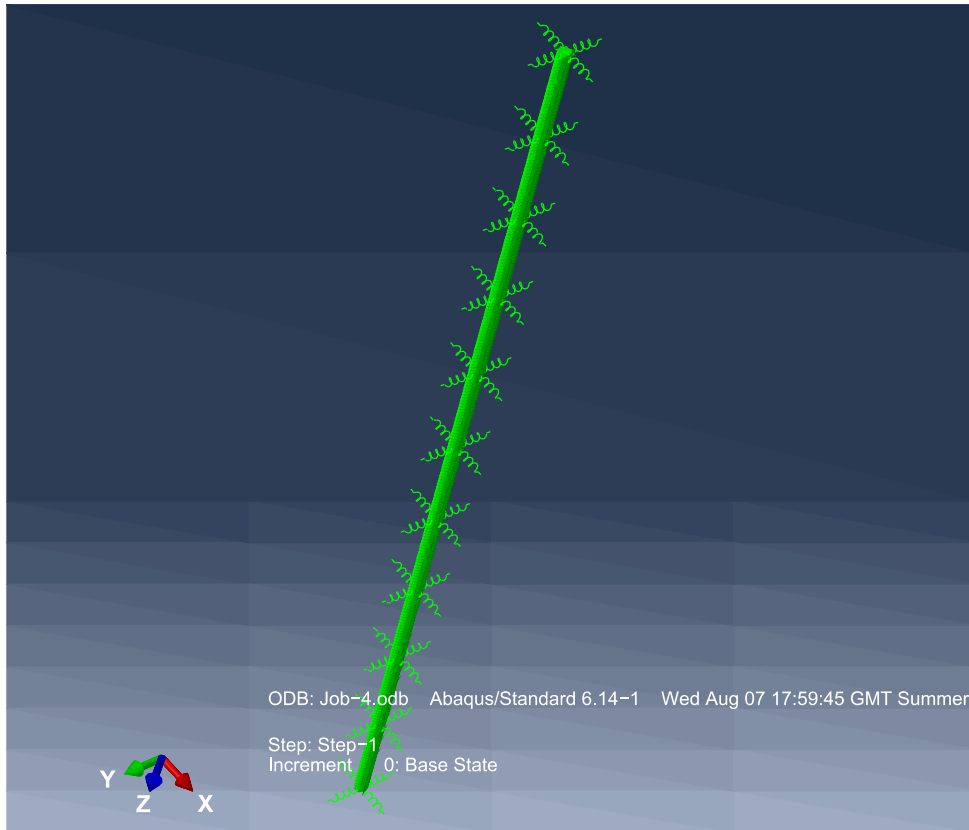


Fig. 4.42 – Modeli ABAQUS i pilotës (p-F), në (2D) (pamja anësore)

Tab. 4.4 Vlerat vetjake të formave themelore modale të epjes së pilotës (p-F)
(MEF-ABAQUS)

Frame	
Index	Description
0	Increment 0: Base State
1	Mode 1: EigenValue = 3.42804E+05
2	Mode 2: EigenValue = 3.42805E+05
3	Mode 3: EigenValue = 8.82115E+05
4	Mode 4: EigenValue = 8.82116E+05
5	Mode 5: EigenValue = 1.71166E+06

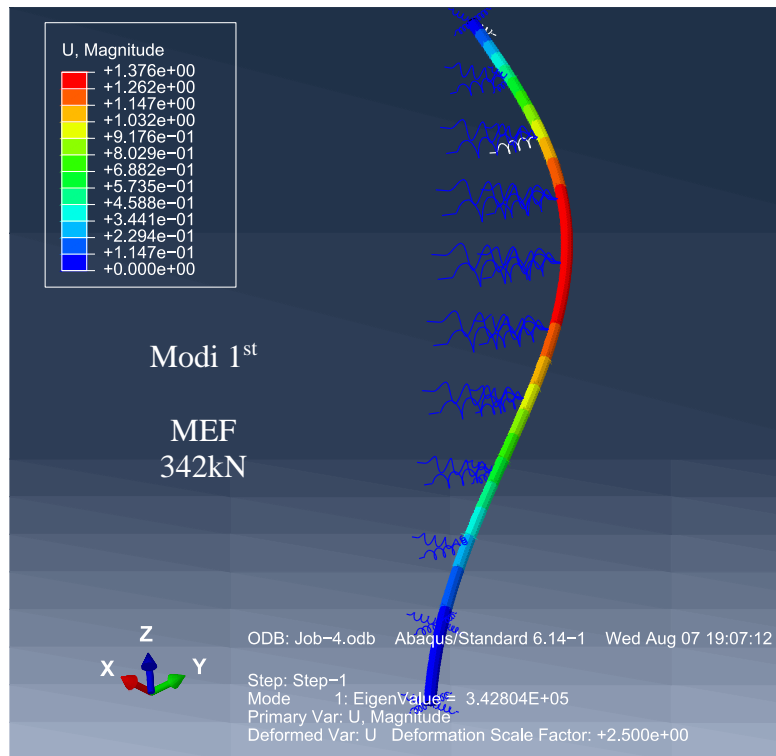


Fig. 4.43 – Forma e parë themelore modale e epjes së pilotës (p-p), sipas MEF (ABAQUS)

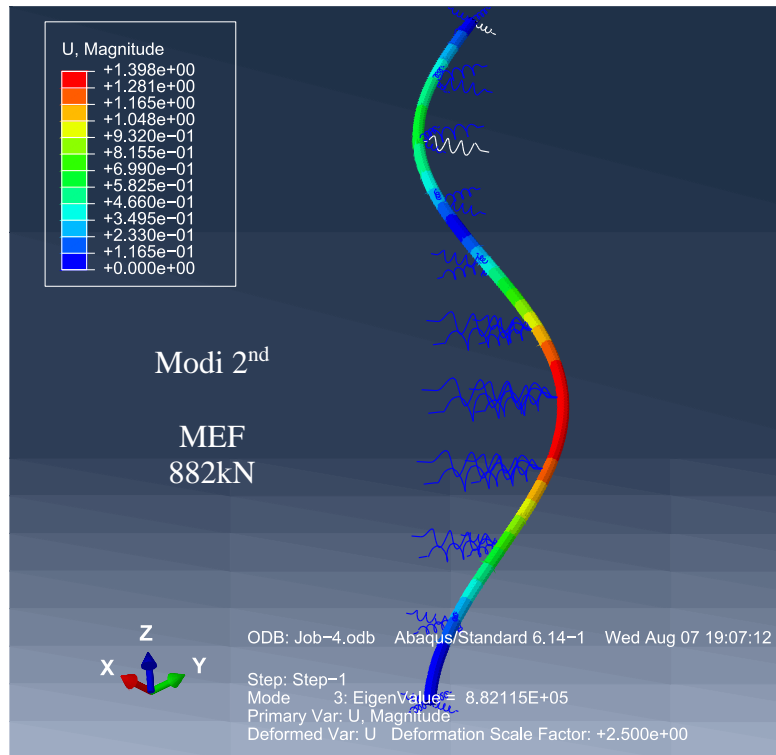


Fig. 4.44 – Forma e dytë themelore modale e epjes së pilotës (p-p), sipas MEF (ABAQUS)

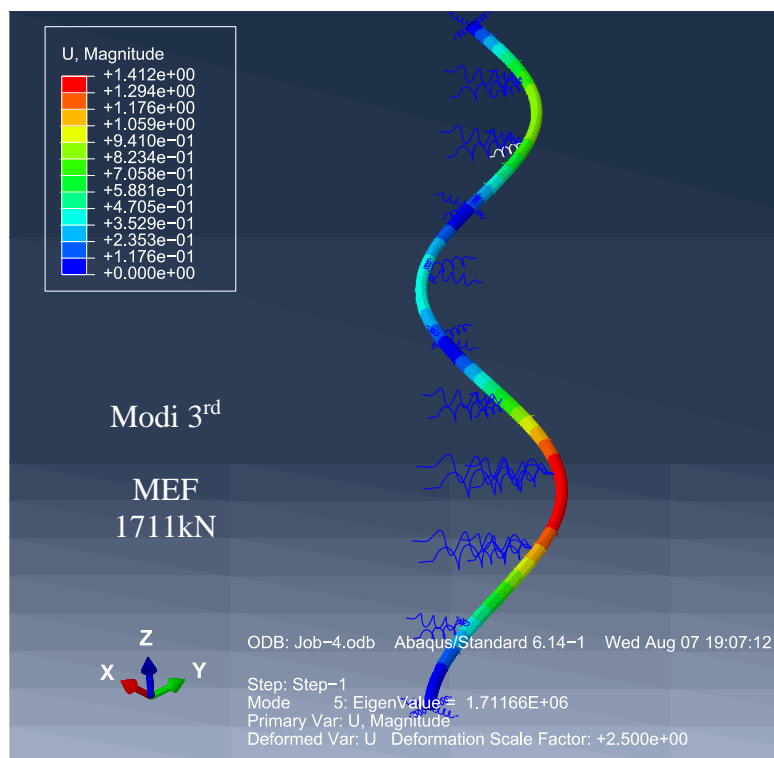


Fig. 4.45 – Forma e tretë themelore modale e epjes së pilotës (p-p), sipas MEF (ABAQUS)

Duke krahasuar rezultatet e Modelit 1D-MEF dhe 2D-MEF të epjes së pilotës bazuar në softwarin ABAQUS, autorja konkludon:

- Forcat e epjes së pilotave në (2D) me kushte të mbërthimit sharnjerë në kokë dhe sharnjerë në maje (p-p), sharnjerë në kokë dhe inkastrim në maje (p-F), inkastrim në kokë inkastrim në maje (F-F), e lirë në kokë inkastrim në maje (f-F), inkastrim me mundësi të zhvendosjes translatore në kokë dhe inkastrim në maje (f_t -F), janë më të vogla për nga madhësia krahasuar me ato në (1D) për shkak të imperfeksionit gjeometrik dhe jo gjithmonë është e mundur realizimi i sharnjerës dhe inkastrimit ideal, mu për këtë faktori i gjatësisë së epjes, β në (2D) i afrohet vlerës llogaritëse të rekomanduar të rasteve përkatëse.

Kapitulli 5

PËRMbledhje, PËRFUNDIME DHE REKOMANDIME

Qëllimi i punimit të paraqitur është studimi i sjelljes së pilotave si struktura mbajtëse gjeoteknike që punojnë në epje, të ngarkuara vetëm me forcë aksiale në shtypje dhe të ngulura plotësisht në tokë të shkrifur apo të lidhur.

Punimi i temës është paraqitur i ndarë në pesë pjesë kryesore:

1. Njohuri të përgjithshme. Historiku i zhvillimit të themeleve me pilota.
2. Epja e pilotave të ngulura plotësisht në tokë dhe të ngarkuara me forcë aksiale në shtypje. Forca e epjes së pilotës për rastet kur moduli i reaksionit horizontal të dheut është $k=0$; $k=\text{konstant}$; $k=n_h \cdot x$ dhe $k=k_0+n_h \cdot x$. Llogaritja e forcës së epjes sipas Metodës analitike, Metodës së Energjisë, Metodës së Elementeve të Fundëm dhe Metodës së Diferencave të Fundme. Ndikimi i shtangësisë së tokës, ndikimi i shtangësisë në përkulje, gjatësisë si dhe kushteve të mbërthimit të pilotës në forcën e epjes së saj.

3. Evoluimi i teorive për përcaktimin e koeficientit të sustës “K”. Koeficienti i reaksionit të dheut në funksion të përqindjes së pluhurit. Varësia në mes Modullit të deformimit, E dhe këndit të fërkimit të brendshëm, φ .
4. Modeli një-dimensional (1D) dhe dy-dimensional (2D) i epjes së pilotës betonarme të ngulur plotësisht në dhera dhe të ngarkuar me forcë aksiale në shtypje sipas Metodës së Elementeve të Fundëm (bazuar në softwarin ABAQUS) duke shfrytëzuar raportin gjeologjik të autostradës së Kosovës R7 Morinë – Merdare, Seksioni 7 të përpiluar nga "A.L.T.E.A & Geostudio 2000" (Prof. Doc. Luljeta BOZO. Civil engineer and Laboratory Manager (ALTEA)).
5. Ky kapitull përmban përfundimet e punës së realizuar në këtë tezë disertacioni dhe rekomandimet për hulumtime të mëtejme.

Pilota e ngarkuar në shtypje është modeluar si tra në bazament elastik, pra bazamenti elastik në të cilin mbështetet pilota në gjatësinë e saj është modeluar si sustë elastike. Për të studiuar epjen e pilotës, në këtë punim janë përvetësuar këto variante të modullit të reaksionit të dheut (koeficienti i sustës):

- Zero përgjatë gjatësisë së pilotës $k_0=k=0$ për rastin e pilotës të ngulur në dhera lymore ose në ujë.
- Konstant përgjatë gjatësisë së pilotës $k_0=k_L=\text{konstant}$ për rastin e pilotës të ngulur në dhera me kohezion- argjila të buta.
- Rritet linearisht me gjatësi të pilotës, me vlerë zero në sipërfaqe, $k=n_h \cdot x$ për rastin e pilotës të ngulur në dhera pa-kohezion (rëra) dhe për dhera argjilore normalisht të konsoliduara dhe
- Rritet linearisht përgjatë gjatësisë së pilotës, $k=k_0+n_h \cdot x$ me vlerë të ndryshme nga zero në sipërfaqe, $k_0 \neq 0$ për rastin e pilotës të ngulur në dhera argjilore të thata normalisht të ngarkuara.

si dhe këto kushte të mbërthim të pilotës:

- Pilota e mbërthyer në kokë me sharnjerë dhe në maje sharnjerë, (p-p),
- Pilota e inkastruar në kokë dhe e inkastruar në maje, (F-F),
- Pilota e lire në kokë dhe e inkastruar në maje, (f-F),
- Pilota e mbërthyer me sharnjerë në kokë dhe inkastruar në maje, (p-F),

- Pilota e lirë në kokë dhe e lirë në maje, (f-f),
- Pilota me mundësi të zhvendosjes horizontale në kokë dhe e inkastruar në maje, (f_t -F),
- Pilota me mundësi të zhvendosjes horizontale në kokë dhe e mbërthyer me sharnjerë në maje, (f_t -p).

Llogaritja e forcës së epjes së pilotës është bërë përmes softwareve komerciale SAP 2000, MATLAB dhe ABAQUS, po ashtu përmes këtyre softwareve është analizuar ndikimi i shtangësisë së tokës, shtangësisë në përkulje të pilotës, kushteve të mbërthimit si dhe gjatësisë së pilotës në forcën e epjes së saj me qëllim që të caktohet se cili nga këta faktorë është mbizotërues.

Ilustrimi i epjes së pilotës të ngarkuar vetëm me forcë aksiale në shtypje është bërë përmes ndërtimit të modelit ABAQUS një-dimensional (1D) të epjes dhe dy-dimensional (2D), duke u bazuar në Metodën e Elementeve të Fundëm si dhe duke shfrytëzuar raportin gjeologjik të autostradës së Kosovës R7 Morinë – Merdare, Seksioni 7 të përpiluar nga "A.L.T.E.A & Geostudio 2000" (Prof. Doc. Luljeta BOZO. Civil engineer and Laboratory Manager (ALTEA)) si dhe është bërë dimensionimi i po kësaj pilote sipas Eurokodeve përkatëse duke marrë parasysh edhe epjen e saj.

Nga rastet e analizuara, autorja nxjerrë këto përfundime:

- Është e domosdoshme të shqyrtohet mundësia e paraqitjes së epjes së pilotave të ngarkuara vetëm me forcë aksiale në shtypje, me diametër të vogël dhe gjatësi të madhe, kur ato janë të ngulura plotësisht në dhera argjilore të buta, balta dhe lyme me kohezion pa drenim, $c_u < 15 \text{ kN/m}^2$ ose modul të reaksionit horizontal të dheut, $k \leq 800 \text{ kN/m}^2$ për shkak të zhvendosjeve të mëdha të mundshme anësore të pilotës.
- Për shkak të kufizimeve anësore të shkaktuara nga toka përreth pilotës si dhe për shkak të zhvendosjeve anësore shumë të vogla të pilotës nga veprimi i forcës aksiale në shtypje kur ato janë të ngulura plotësisht në dhera me kohezion pa drenim, $c_u \geq 15 \text{ kN/m}^2$ si dhe po ashtu në përputhshmëri me normat EC 7 (2005) dhe DIN 1054 (2005), nuk është e nevojshme të bëhet kontrolli kundroj epjes.
- Faktorët që ndikojnë në forcën e epjes së pilotës për nga rëndësia, autorja i renditë në këtë mënyrë:
 - Shtangësia e tokës
 - Shtangësia e pilotës (prerja tërthore dhe klasa e betonit)

- Kushtet konturore
- Gjatësia e pilotës
- Shtangësia e tokës është njëri ndër faktorët primar që ndikon në forcë të epjes së pilotës.
- Forcat e epjes së pilotave me kushte të mbërthimit e lirë në kokë dhe e inkastruar në maje, (f-F), e lirë në kokë dhe sharnjerë në maje, (f-p) si dhe e lirë në kokë dhe e lirë në maje, (f-f) rriten si për rastin kur konstanta e reaksionit të dheut, n_h rritet derisa moduli i reaksionit të dheut, k_0 mbahet konstant po ashtu edhe në të kundërtën.
- Ndikim më të madh në vlerën e forcës së epjes së pilotave (f-F), (f-p) dhe (f-f) ka rritja e modulit të reaksionit të dheut, k_0 se sa rritja e konstantës së reaksionit të dheut, n_h derisa në vlerat e forcave të epjes së pilotave (f_t-p), (f_t-F), (p-p), (F-F) më shumë ndikon rritja e konstantës së reaksionit të dheut, n_h se sa rritja e modulit të reaksionit të dheut, k_0 .
- Forcat e epjes së pilotave me gjatësi $L \geq 10m$ dhe kushte të mbërthimit e lirë në kokë dhe e inkastruar në maje, (f-F) janë përafërsisht të njëjta me forcat e epjes së pilotave me kushte të mbërthimit e lirë në kokë dhe e lirë në maje, (f-f).
- Forcat e epjes së pilotave me gjatësi $L \geq 10m$ janë përafërsisht të njëjta për kushtet e mbërthimit sharnjerë në kokë dhe sharnjerë në maje, (p-p) inkastrim me mundësi të zhvendosjes horizontale në kokë dhe sharnjerë në maje, (f_t-p) dhe inkastrim me mundësi të zhvendosjes horizontale ne kokë dhe inkastrim në maje, (f_t-F).
- Për shkak të rritjes së kufizimit që ofron maja e pilotës me inkastrim, krahasuar me majën e lirë, forca e epjes së pilotës e lirë në kokë dhe e inkastruar në maje, (f-F) është pak më e madhe krahasuar me forcën e epjes së pilotës e lirë në kokë dhe e lirë në maje, (f-f).
- Forcat e epjes janë maksimale për pilotat me kushte të mbërthimit inkastrim në kokë dhe inkastrim në maje, (F-F) për shkak të rritjes së kufizimit që ofron inkastrimi i majës dhe i kokës së pilotës.
- Forcat e epjes janë minimale për pilotat me kushte të mbërthimit e lirë në kokë dhe e inkastruar në maje, (f-F) dhe e lirë në kokë dhe e lirë në maje, (f-f) ndërsa forcat e epjes së pilotave me kushte të mbërthimit sharnjerë në kokë dhe sharnjerë në maje, (p-p), inkastrim me mundësi të zhvendosjes horizontale ne kokë dhe sharnjerë në maje, (f_t-p) si dhe inkastrim me mundësi të zhvendosjes horizontale në kokë dhe inkastrim në maje,

(f_t-F) janë për nga vlera më të mëdha se ato të pilotave me kushte të mbërthimit e lirë në kokë dhe e inkastruar në maje, ($f-F$) si dhe e lirë në kokë dhe e lirë në maje, ($f-f$) por më të vogla se forcat e epjes së pilotave me kushte të mbërthimit inkastrim në kokë dhe inkastrim në maje, ($F-F$).

- Varësia e forcës së epjes dhe momentit të inercionit të pilotës ($p-p$) është funksion eksponencial për rastin kur moduli i reaksionit të tokës rritet linearisht me gjatësi të pilotës me vlerë zero në sipërfaqe, $k=n_h \cdot x$ (rasti i dherave ranore dhe për argjila normalisht të konsoliduara) dhe me vlerë të ndryshme nga zero në sipërfaqe, $k=k_0+n_h \cdot x$ (dhera argjilore të thata normalisht të ngarkuara) ndërsa varësia e forcës së epjes dhe e momentit të inercionit të pilotës ($p-p$) është funksion linear me thyerje në pika të caktuara në të cilat kemi ndryshim të formave themelore modale të epjes së pilotës për rastin kur moduli i reaksionit të dheut është konstant përgjatë gjatësisë së pilotës, $k=k_0$ (dhera argjilore).
- Për llogaritje të forcës së epjes së pilotave janë përdorur metoda të ndryshme analitike si - Metoda e Energjisë, Metoda e Davissonit, Metoda e Diferencave të Fundme dhe Metoda e Elementeve të Fundëm, me qëllim të identifikimit të metodës më të përshtatshme për llogaritje.
- Metoda e diferencave të fundme është një teknikë numerike me të cilën caktohen zgjidhjet e përafërta të ekuacioneve diferenciale si dhe një metodë efektive e llogaritjes së forcës kritike të epjes së pilotës. Saktësia e kësaj metode rritet me rritjen e numrit të segmenteve në të cilat ndahet pilota si dhe për llogaritje të forcës kritike të epjes së pilotës sipas kësaj metode është e domosdoshme të përdoret ndonjë softwar.
- Si disavantazh të Metodës së Diferencave të Fundme mund të konsiderohet dhënia e vlerave numerike të funksionit të panjohur në pikat diskrete në vend të një shprehje analitike që do të ishte e vlefshme për tërë sistemin. Nëse është e nevojshme një shprehje analitike, atëherë ajo do të merrej nga përshtatja e një kurbe vlerave diskrete të fituara nga zgjidhja.
- Te kjo metodë, të metat janë më të theksuara kur kemi të bëjmë me problemin e shqyrtimit të ekuilibrit se sa me problemin e vlerave vetjake sepse relacionet janë në përgjithësi të zbatueshme për forcën kritike të epjes përderisa funksionet e përkulshmërisë, si shprehje kontinuale nuk fitohen asnjëherë.

- Principi bazë në të cilin bazohet Metoda e Elementeve të Fundëm është ndarja e trupit që shqyrtohet në elemente të fundme ashtu që çdo element duke u analizuar si i veçantë si dhe duke supozuar që ndërmjet tyre ekziston lidhshmëria, analizohet trupi si tërësi.
- Sipas Metodës së Elementëve të Fundëm, mënyra e zakonshme e caktimit të forcës kritike të epjes së pilotës, P_{krit} është caktimi i rrënjëve të polinomit karakteristik të përcaktuar nga determinanta e matricës [K]. Këto rrënjë të polinomit karakteristik nuk mund të caktohen me dorë, por patjetër duhet shfrytëzuar ndonjë softwar komercial për shkak të rendit të lartë të matricës totale të shtangësisë që fitohet nga ndarja e pilotës në "n" elemente dhe "n+1" nyje.
- Po ashtu forcat e epjes së pilotave mund të caktohen sipas Metodës analitike duke u bazuar në Metodën e Energjisë. Caktimi i forcave të epjes së pilotave sipas kësaj metode bëhet duke barazuar energjinë kinetike nga përkulja e pilotës me energjinë potenciale të pilotës dhe forcës aksiale P. Forca e epjes së pilotës, përmes kësaj metode caktohet duke zgjidhur një mori integralesh që shpesh herë kjo është shumë e lodhshme.
- Metoda e Davissonit është një metodë me të cilën mund të caktohen forcat e epjes së pilotave vetëm kur ato janë të ngulura në toka me modul të reaksionit horizontal të dheut, k =konstant dhe $k=n_h \cdot x$.
- Nga të gjitha metodat e përdorura në punim për llogaritje të forcave të epjes së pilotave, si metoda më të përshtatshme për llogaritje autorja propozon Metodën e Diferencave të Fundme dhe Metodën e Elementeve të Fundëm, pasi që me këto metoda mund të caktohen forcat e epjes së pilotave të ngulura në çfarëdo lloj toke.
- Forcat e epjes së pilotave në (2D) me kushte të mbërthimit sharnjerë në kokë dhe sharnjerë në maje (p-p), sharnjerë në kokë dhe inkastrim në maje (p-F), inkastrim në kokë inkastrim në maje (F-F), e lirë në kokë inkastrim në maje (f-F), inkastrim me mundësi të zhvendosjes translatore në kokë dhe inkastrim në maje (f_t -F), janë më të vogla për nga madhësia krahasuar me ato në (1D) për shkak të imperfeksionit gjeometrik si dhe jo gjithmonë është e mundur realizimi i sharnjerës dhe inkastrimit ideal, mu për këtë faktori i gjatësisë së epjes, β në (2D) i afrohet vlerës llogaritëse të rekomanduar të rasteve përkatëse.
- Në vlerën e koeficientit të sustës, K [kg/cm³] përpos që ndikon thellësia, OCR, γ_{sk} , moduli i deformimit, E etj. autorja mendon që ndikon edhe përqindja e pluhurit P [%]. Duke shfrytëzuar rezultatet e analizës në laborator të determinimit të parametrave

mekanik dhe fizik sipas standardeve ASMT të kampioneve (10 kampione me strukturë të prishur dhe 35 kampione me strukturë të paprishur) të marra nga 30 çpime deri në thellësi prej 30m që janë kryer në afërsi të portit të Durrësit, autorja ka nxjerrë varësinë në mes koeficientit të sustës, K [kg/cm^3] dhe përqindjes së pluhurit, P [%].

- Në çdo rast koeficienti i sustës, K [kg/cm^3] varet nga vetitë deformuese të truallit "E". Ky parametër ka varësi nga shumë faktorë si mënyra e ekperimentimit, granulometria, NSPT, OCR, γ_{sk} , φ , c_u , R , etj
- Autorja po ashtu ka nxjerrë varësinë në mes në mes Modulit të deformimit, E dhe këndit të fërkimit të brendshëm, φ përmes polinomit të rendit të parë.

Për të zvogëluar dukurinë e epjes së pilotës, mund të manovrohet me:

- Mënyrën e mbërthimit të kokës dhe majës së pilotës,
- Rritjen e diametrit të pilotës,
- Rritjen e shtangësisë së pilotës,
- Rritjen e gjatësisë së pilotës me qëllim që maja e pilotës të ngulet në shtresa me zhavorre të ngjeshura ose të mbështetet apo të inkastrohet në shkëmb. Në këtë mënyrë mundësohet ndryshimi i kushtit të mbërthimit të majës së pilotës.

Referencat

ABAQUS Standard/Explicit Manuals versions 6.3&6.4

Bergfelt A., (1957). "The axial and lateral load bearing capacity and failure by buckling in soft clay", Proceedings of the 4th Int. Conference on Soil Mechanics and Foundation engineering, Vol. 2.

Biot, M. A. (1937). "Bending of an infinite beam on an elastic foundation", Journal of Applied mechanics, March, pp A1-A7.

Bjerrum, L., (1957). "Norwegian experiences with steel piles to rock", Geotechnique, Vol.7.

Borudon C., (1969). "Flambement des pieux en milieu elastique", Revue Le Génie Civil, Vol. 3.

Bowles J. E., (1966). "Foundation Analysis and Design. 5th ed.", New York: McGraw-Hill.

Brandtzaeg A., Harboe E., (1957). "Buckling tests of slender piles in soft quick clay", Proceedings of the 4th Int. Conference on Soil Mechanics and Foundation engineering, Vol. 2.

Broms B.B., (1964). "Lateral Resistance of Piles in Cohesionless soils", Journ. Soil. Mech. Found. Div., Proc. ASCE, vol.90,SM3, pp.123-156

BS 8110:1 1997

Cadden A., Gómez J., (2002). "Buckling of micropiles; A review of historic research and recent experiences", ADSC-IAF – Micropile Committee.

Carter, D. P. (1984). "A non-linear soil model for predicting lateral pile response." *Report No. 359*, Civ. Engrg. Dept., University of Auckland, New Zealand.

Chandrasekaran, V., (1974). "Analysis of Pile Foundations Under Static and Dinamic Loads", Ph.D. Thesis, University of Roorkee, Roorkee, India.

Chen, Yong-hui; Chen, Long; Xu, Kai; Liu, Lin; Ng, Charles W.W., (2013). "Study on critical buckling load calculation method of piles considering passive and active earth pressure", Ng Structural Engineering and Mechanics, An Int'l Journal Vol. 48 No. 3.

Cook, R. D., Malkus, D. S. & Plesha, M. E., (1989). Concepts and Applications of Finite Element Analysis, 3rd Ed., John Wiley & Sons, Canada, 630.
Copyright, by John Wiley & Sons, Inc.

Davisson, M.T. & S. Prakash, (1963). "Review of Soil-Pole Behavior", Highway Research Board, Bulletin 39.

Davisson M. T., Robinson K. E., (1965). "Bending and Buckling of Partially Embedded

- Piles", Proceedings of the 6th Int. Conference on Soil Mechanics and Foundationengineering, Vol. 2.
- Davisson, M. T. & H.L.Gill, (1963). "Laterally Loaded Piles in a Layered Soil System", ASCE, Proceedings of ASCE (1963) SM3.
- Davisson, M. T., (1963), "Estimating Buckling Loads for Piles", Proceedings, 2nd Pan American Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering.
- Davisson, M. T., (1970). "Laterally Load Capacity of Pile", Highway Reasearch Record No.333, Washington, DC.
- Davisson, M. T., H. L. Gill., (1963). "Laterally Loaded Piles in a Layered Soil System", ASCE, Proceedings of ASCE (1963) SM3.
- De Marco G., (1969). "Calcolo dei pali di Fondazione sottoposti a Carichi Eccentrici ed a Forze Normali all'asse", Journal Ingegneria Ferroviaria, No. 4.
- DIN 1054 (2005)
- Dutta, S.C. & R., ROY (2002). "A critical review on idealization and modeling for interaction among soil– foundation-structure system", Computers and Structures, Vol. 80, p.p. 1579-94.
- Elachachi S. M., Breyse D., Houy L., (2004). "Longitudinal Variability of Soils and Structural Response of Sewer Networks", Computers and Geotechnics, 31(8), 625-641.
- EN 1992-1-1: (2004)
- EN 1997-1: (2004)
- Fleming, W.G.K., Weltman, A.J., Randolph, M.F. & Elson, W.K., (1992). "Piling Engineering". Second edition, John Wiley & Sons.
- Gabr, M. A., Wang, J. J., & Zhao, M., (1997). "Buckling of Piles with General Power Distribution of Lateral Subgrade Reaction", Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, Vol. 123, No. 2, pp
- Georg M., Petra M., Wolfgang O., Rainer V., (2009). "Verfahrenstechnik und Baubetrieb im Grund-und Spezialtiefbau"
- Gouvenot D., (1957). "Essais de Chargement et de Flambement de Pieux Aiguilles", Annales de I.T.B.T.P, No. 12.
- Gouvenot D., (1975). "Essais de Chargement et de Flambement de Pieux Aiguilles", Annales de I.T.B.T.P, No. 12.
- Granhholm, H., (1929). "On the elastic Stability of Piles Surrounded by a Supporting Medium", Ing. Vet. Akad., Hand. 89, Stockholm.
- Heelis M. E., Pavlović M. N., West R. P., (2004). "The Analytical Prediction of the Buckling Loads of Fully and Partially Embedded Piles", Geotechnique, Vol. 54, No. 6.

- Hetenyi, M. I., (1960). "Beam on Elastic Foundation", University of Michigan Press.
- Heubner, K. H., & Thornton, E. A., (1981). "The Finite Element Method for Engineers", 2nd edn, John Wiley & Sons, New York.
- Hoadley P. J., Francis A. J., Stevens L. K., Trollope D. H., (1966). "The Buckling of Slender Piles under Complex Loading", Proceedings of the 3rd Conf. Australian Road Research Board, Sydney.
- Hutton D. V., (2004). "Fundamentals of Finite Element Analysis". McGraw Hill, NY.
- Jerca ŞT., Ungureanu N., Diaconu D., (1997). "Metode numerice în proiectarea construcțiilor." Univ. Tehn. „Gh. Asachi”, Iași.
- Jerca ŞT., Vrabie M., Răileanu P. et al., (2000). "Static Analysis of Beams on Elastic Foundation With Variable Coefficient of Soil Reaction Using the Finite Element Method". Bul. Inst. Politehnic, Iași, XLVI (L), 1-2, s. Constr., Archit., 13-21.
- Joseph E. Bowles., (1998). "Foundation Analysis and Design", 6th edition”, McGraw-Hill International press.
- Kubo, K. (1965). "Experimental study of the behavior of laterally loaded piles. Proceeding, 6th International conference on soil Mechanics and Foundation Engineering, Montreal, QC.
- Law Chi Waia. (2013). "Parametric studies on buckling of piles in cohesionless soils by numerical methods" Housing Department, HKSAR Government, Hong Kong, People's Republic of China.
- Lin, S.S. & Chang, W.K. (2010). "Buckling of piles in a layered elastic medium", Journal of the Chinese Institute of Engineers, 25(2), 157-169
- Luljeta B. (1984). "Teknika e themeleve", Tiranë.
- Luljeta B. (2007). "Gjeoteknika 1- Mekanika e dherave", Tiranë.
- Luljeta B. (2008). "Gjeoteknika – Themele (Pjesa e dytë) ", Tiranë.
- Luljeta B. (2008). "Gjeoteknika – Themele (Pjesa e parë) ", Tiranë.
- Luljeta B. (2008). "11th Baltic Sea Geotechnical Conference", Poland.
- Luljeta B. (2011). "Gjeoteknika eksperimentale", Tiranë.
- Luljeta B. (2011). "Papers from International Conferences in Geotechnics", Tiranë.
- Biot M. A., (1937). "Bending of Infinite Beams on an Elastic Foundation", Journal of Applied Mechanics Trans. Am. Soc. Mech. Eng., Vol. 59, pp. A1-A7.
- Mascardi C., (1968). "Micropali di elevata capacita portante", Revista Italiana Geotecnica, No.4.

- Mascardi C., (1970). "Il Comportamento dei Micropali sottoposti a Sforza Assiale Momento Flettante e Taglio", Verlag Leeman, Zürich.
- Mascardi, C., (1970). "Comportamento dei Micropali sottoposti a Sforza Assiale Momento Flettante e Taglio", Verlag Leeman, Zürich.
- Meek J. W., (1996). "Das Knicken von Verpresspfählen mit kleinen Durchmessern in weichem, bindigem Boden", Bautechnik 73, Heft 3.
- Meek J. W., (1999). II "Sind Kleinverpresspfähle knickgefährdet?", Pfahlsymposium Braunschweig.
- Meier T., Cudmani R. O., (2006). "FE simulation of the Installation of Granular Columns in Soft Soil", Numerical Modelling of Construction Processes in Geotechnical Engineering for Urban Environment, Taylor & Francis Group, London.
- Meyerhof GG, Baikie LD (1963). "Strength of steel sheets bearing against compacted sand backfill". Highway research board proceedings 30.
- Nascimento, V. & Simoe A. (1957). "Relation between C.B.R. and Modulus of Strength". Proc. 4th Int. Conf. on Soil Mechanics and Foundation Engineering, London: 166-168.
- Ofner R., Wimmer H., (2007). "Knickbemessung von Mikropfählen in weichen Böden", Bauingenieur, Vol. 2, No. 5.
- Ofner R., Wimmer H., (2007). "Knicknachweis von Mikropfählen in geschichteten Böden"; Bautechnik, Vol. 84, No. 12.
- Palmer, L.A. & Thompson, J.B. (1948). "The Earth Pressure and Deflection Along the Embedded Lengths of Piles Subjected to Lateral Thrust". Proceedings of the Second Internationale Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering , Rotterdam, vol. 5, pp 156-161.
- Pandrea P., Thurner R., (2007). "Erfahrungen bei der Ausführung von knickgefährdeten Gründungen", 6. Geotechnik-Tag, München.
- Plankl A., (2007). "Planung und Qualitätssicherung bei knickgefährdeten Gründungselementen"; 6. Geotechnik-Tag, München.
- Poulos HG, Davis EH. (1980). "Pile foundation analysis and design". New York: John Wiley & Sons.
- Poulos, H.G. & Mattes, N.S. (1969). "The behaviour of axially loaded end-bearing pile", Geotechnique, 19(2), 285-300.
- Prakash S., (1987). "Buckling Loads of Fully Embedded Vertical Piles", Computers and Geotechnics 4.
- Ramsamooj D. V., (1975). "Buckling Capacity of Piles in Soft Clay"; Journal of Geotechnical Engineering Division ASCE Vol. 101 GT 11.

- Rao, S. S., (1989). "The Finite Element Method in Engineering", Pergamum Press, Oxford, 2nd ed., 643 p.
- Reese L. C. & Matlock H., (1956). "Generalized Solutions for Laterally Loaded Piles", ASCE Transactions Paper No.3370
- Reese, L. C. (1997). "Analysis of laterally loaded piles in weak rock". J. Geotech. Envir. Engrg., ASCE, 123(11), p. 1010-1017.
- Schnell, W., Czerwenka, G., (1970). "Einführung in die Rechenmethoden des Leichtbaus II", Bibliographisches Institut AG, Mannheim.
- Selvadurai, A. P. S. (1979). "Elastic Analysis of Soil-Foundation Interaction". Elsevier Scientific Publishing Company, New York, 1979.
- Selvadurai, A.P.S. (1984). "The flexure of an infinite strip of finite width embedded in an isotropic elastic medium of finite extent". Int. J. Numer. Anal. Meth. Geomech; 8: 157-166.
- Shamshar, P. & Sharma, H. D., (1990). "Pile Foundations in Engineerin Practice"
- Shields D. R., (2007). "Buckling of Micropiles", Journal of Geotechnical and Environmental Engineering, ASCE, Vol. 133, No. 3.
- Siva Reddy, A., & Valsangkar, A.J., (1970). "Buckling of Fully and Partially Embedded Piles," Journal of Soil Mechanics and Foundations Division, Proc. ASCE, Vol. 96, No. SM6, pp. 1951-1965.
- Skempton A.W., (1951). "The Bearing Capacity of Clays", Building Research Congress,Lomndon Instution of Civil Engineers, div.I: pp.180.
- Smith I. M., (1979). "Discrete Element Analysis of Pile Instability", Int. Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics, Vol. 3.
- Sriram Kalaga, (October-December 2001). "Critical buckling loads of concrete piles in clay", Journal of Structural Engineering Vol.28 No.3 pp. 153-156
- Przemeniecki, J., (1984). "Theory of Matrix Structural Analysis", John Wiley & Sons,.
- Teng, W.C., (1962). "Foundation Design", Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.Y.
- Terzaghi K. V., (1955). "Evaluation of coefficient of subgrade reaction", Geotechnique, 5 (4), 297-326.
- Terzaghi K. V., (1943). "Theoretical soil mechanics". New York: Wiley.
- Timoshenko, S. P., J. M. Gere., (1961). "Theory of Elastic Stability", McGraw-Hill Book Company Inc.
- Vesić A. S., (1961). "Bending of beams resting on isotropic solids", Journal of the engineering Mechanics division, ASCE, 87(EM2), 35-53.

- Vesić A. S., (1975a). "Principles of Pile Foundation Design", Soil Mechanics Series No.38, School of Engineering, Duke University, Durham, NC, 48 pp.
- Vesić A. S., (1975b). Chap.3: "Foundation Engineering Handbook", 1st ed., ed. Winterkorn and Fang, Van Nostrand Reinhold, (1975b), 751pp.
- Vik B., (1962). "Über das Knickproblem bei Spitzenpfählen", Der Bauingenieur, Vol. 37, No. 1.
- Vogt N, Vogt S, Kellner C., (2009). "Buckling of slender piles in soft soils", Bautechnik.
- Vogt N., Vogt S., Kellner C., (2005). "Knicken von schlanken Pfählen in weichen Böden"; Bautechnik, Vol. 82, No. 12.
- Walter H., (1951). "Das Knickproblem bei Spitzenpfählen, deren Schaft ganz oder teilweise in nachgiebigen Boden steht", Bautechnik-Archiv, No. 6.
- Wennerstrand J., Fredriksson A., (1988). "Capacity of slender Steel Piles ", 1st Geotechnical Seminar on Deep Foundations and Auger Piles, Gent.
- Wenz K. P., (1972). "Das Knicken von schlanken Pfählen in weichen bindigen Erdstoffen", Institut für Bodenmechanik und Felsmechanik der Universität Fridericiana in Karlsruhe, Vol. 50.
- Widjaja B. (2008). "Parametric Studies for Obtaining the Dimension of Soil Improved Area", Dinamika Teknik Sipil, Volume 8, No. 1, pp. 31–35.
- Winkler E., (1867). "Die Lehre von Elastizität und Festigkeit (on elasticity and fixity)", Dominicus, Prague.
- Yang, W.H. & Song, L. (2000), "Axial buckling analysis for top-free and bottom-fixed pile", Engineering Mechanics, 5, 63-66.
- Z. M. Reza & J. Masoud, (2008). "Foundation Size Effect on Modulus of Subgrade Reaction in Clayey Soil". The Electronic Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 13, pp. 1-8.
- Zhao, M.H. (1990). "Buckling analysis and tests of bridge piles", China Journal of Highway and Transport, 3(4), 47-56.
- Zhaohua F., Cook D. R., (1983). "Beam Elements on Two-Parameter Elastic Foundation". J. of Engng. Mech., 109, 6, 1390-1402.
- Zhu, D.T. (2004). "Stability of friction-bearing piles", Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 12, 2106-2109.

Shtojca A

A.1 Forma e parë modale si dhe forca e epjes së së pilotës (p-p), me klasë të betonit C25/30, diametër $D=30\text{cm}$, gjatësi, $L=5\text{m}$ të ngulur plotësisht në dhera me modul horizontal të reaksionit të dheut $k=1000\text{kN/m}^2$, llogaritur sipas Metodës së Elementeve të Funëdm duke u bazuar në softwarin komercial SAP 2000.

