

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Janova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si*



Visokošolski strokovni študij
gradbeništva, Konstrukcijska smer

Kandidat:

Mirsad Rizvić

**DIMENZIONIRANJE
ARMIRANOBETONSKIH PLOSKOVNIH
ELEMENTOV PO STANDARDIH EVROKOD
2**

Diplomska naloga št.: 406

Mentor:
doc. dr. Jože Lopatič

Ljubljana, 2010

Rizvić, M. 2010. Dimenzioniranje armiranobetonskih ploskovnih elementov po standardih Evrokod 2. Dipl. nal. – VSŠ Ljubljana. UL. FGG. Odd. za gradbeništvo. Konstrukcijska smer.

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **MIRSAD RIZVIĆ** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:

**»DIMENZIONIRANJE ARMIRANOBETONSKIH
PLOSKOVNIH ELEMENTOV PO STANDARDIH
EVROKOD 2«.**

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske separatoteke FGG.

Ljubljana, 19. oktober 2010

BIBLIOGRAFSKO - DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 006:624.012.4:624.073(043.2)
Avtor: Mirsad Rizvić
Mentor: Doc.dr. Jože Lopatič
Naslov: Dimenzioniranje armiranobetonskih ploskovnih elementov po standardih Evrokod 2
Obseg in oprema: 172 str., 172 pregl., 25 sl., 133 en.
Ključne besede: AB ploskovni elementi, EC2-2 Annex LL, EC2-2 Annex F

Izveček

Diplomsko delo obravnava dimenzioniranje armiranobetonskih ploskovnih elementov po Evrokodu 2 oziroma pravilih iz standardov SIST EN 1992-1-1 in SIST EN 1992-2. Drugo poglavje obravnava obremenitve ploskovnih elementov. Obsega ploskovne elemente pod vplivom obremenitve v ravnini, kakor tudi ploskovne elemente pod vplivom kombinirane obremenitve v ravnini in izven ravnine. Tretje poglavje obravnava kontrole mejnih stanj nosilnosti ploskovnih elementov, glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2. Obravnava dimenzioniranje notranje plasti in dimenzioniranje zunanjih plasti ploskovnega elementa. Četrto poglavje obravnava kontrolo mejnega stanja nosilnosti membranskih elementov, glede na točko 6.109 in dodatek F standarda SIST EN 1992-1-1 oziroma SIST EN 1992-2. Obsega pravila dimenzioniranja membranskih elementov in njihovo uporabo v različnih primerih. V petem poglavju so predstavljeni računski primeri dimenzioniranja armiranobetonskih ploskovnih elementov po pravilih iz Evrokoda 2. Prvi primer predstavlja dimenzioniranje armiranobetonske plošče po dodatku LL, kjer je za račun notranjih sil po metodi končnih elementov uporabljen računalniški program AMSES Plate in kjer je izvedena primerjava potrebne količine armature izračunane po dodatku LL in s AMSES Plate. V drugem primeru pa je uporabljen računalniški program SAP 2000, kjer je poleg primerjave armature izračunane po dodatku LL in s SAP 2000, izvedena še primerjava z armaturo iz prvega primera. Tretji primer predstavlja dimenzioniranje armiranobetonske plošče direktno po dodatku F, na mestih kjer se pojavljajo različni primeri napetosti, za račun notranjih napetosti v plasteh in primerjave pa je uporabljen program SAP 2000. Ostali primeri dimenzioniranja različno podprtih plošč po dodatku LL oziroma F vsebujejo samo primerjavo armature.

BIBLIOGRAPHIC - DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 006:624.012.4:624.073(043.2)
Author: Mirsad Rizvić
Supervisor: Assistant Prof. Ph. D Jože Lopatič
Title: Design of reinforced concrete plate elements according to Eurocode 2
Notes: 172 p., 172 tab., 25 fig., 133 eq.
Key words: RC plate elements, EC2-2 Annex LL, EC2-2 Annex F

Abstract

The graduation work treats design of reinforced concrete plate elements according to rules of Eurocode 2 respectively of SIST EN 1992-1-1 and SIST EN 1992-2. Second chapter treats plate elements subjected to loadings. It contains plate elements subjected to in-plane loading and also plate elements subjected to combined in-plane and out-of-plane loading. Third chapter treats verification of ultimate limit states of plate elements, referring to Annex LL of SIST EN 1992-2. It handles design of the inner layer and design of the outer layers of plate element. Fourth chapter treats verification of ultimate limit states of membrane elements, referring to clause 6.109 and Annex F of SIST EN 1992-1-1 or SIST EN 1992-2. It contains rules for design of membrane elements and their use in different cases. Fifth chapter presents calculated examples of design of reinforced concrete plate elements according to Eurocode 2. First example presents design of reinforced concrete slab according to Annex LL, where computer programme AMSES Plate is used for calculation of internal forces with finite-element model, and where comparison of required amount of reinforcement calculated according to Annex LL and with AMSES Plate is made. In second example is used computer programme SAP 2000, next to comparison of reinforcement calculated according to Annex LL and with SAP 2000, comparison with reinforcement from first example is made too. Third example presents design of slab according to Annex F directly, on locations where different stress cases happens, with programme SAP 2000 used for calculation of internal stresses of layers and comparisons. Other examples of design of differently supported slabs, according to Annex LL and Annex F contain only comparison of reinforcement.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	PLOSKOVNI ARMIRANOBETONSKI NOSILNI ELEMENTI	3
2.1	Namen	3
2.2	Ploskovni elementi pod vplivom obremenitve v ravnini	3
2.3	Ploskovni elementi pod vplivom kombinirane obremenitve v ravnini in izven ravnine	11
3	KONTROLA MEJNEGA STANJA NOSILNOSTI PLOSKOVNIH ELEMENTOV V SKLADU S STANDARDOM SIST EN 1992-2	19
3.1	Namen	19
3.2	Kontrola razpokanosti ploskovnega elementa	20
3.3	Dimenzioniranje notranje plasti	22
3.4	Dimenzioniranje zunanjih plasti	24
4	KONTROLA MEJNEGA STANJA NOSILNOSTI MEMBRANSKIH ELEMENTOV	31
4.1	Namen	31
4.2	Dimenzioniranje membranskih elementov	32
4.3	Uporaba pravil dimenzioniranja membranskih elementov	36
4.3.1	Dvoosni tlak in strig	36
4.3.2	Enoosni tlak in strig	37
4.3.3	Enoosni tlak	40
4.3.4	Enoosni nateg	41
4.4	Dimenzioniranje poševne armature v membranskih elementih	43

5	PRIMERI	45
5.1	Primer A; Dimenzioniranje armiranobetonske plošče glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2, z izračunom notranjih sil z uporabo računalniškega programa AMSES Plate	45
5.2	Primer A; Dimenzioniranje armiranobetonske plošče glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2, z izračunom notranjih sil z uporabo računalniškega programa SAP 2000	54
5.3	Primer A; Dimenzioniranje armiranobetonske plošče po dodatku F standarda SIST EN 1992-1-1 oziroma SIST EN 1992-2, z izračunom notranjih napetosti z uporabo računalniškega programa SAP 2000	58
5.4	Primeri B-L; Dimenzioniranje armiranobetonske plošče glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2, z izračunom notranjih sil z uporabo računalniškega programa AMSES Plate in SAP 2000	77
5.5	Primeri B-L; Dimenzioniranje armiranobetonske plošče po dodatku F standarda SIST EN 1992-1-1 oziroma SIST EN 1992-2, z izračunom notranjih napetosti z uporabo računalniškega programa SAP 2000	110
6	ZAKLJUČKI	154
7	POVZETEK*	
8	SUMMARY*	
VIRI		156

* Obvezno pri magistrskih delih in doktorskih disertacijah.

KAZALO PREGLEDNIC

- Preglednica 5-1: Notranje sile pridobljene z MKE s programom AMSES Plate, Primer A (5.1)
- Preglednica 5-2: Dimenzioniranje srednje plasti, Primer A (5.1)
- Preglednica 5-3: Dimenzioniranje zunanjih plasti, Primer A (5.1)
- Preglednica 5-4: Kontrola napetosti v betonu in potrebna količina armature, Primer A (5.1)
- Preglednica 5-5: Primerjava med izračunano armaturo glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program AMSES Plate, Primer A (5.1)
- Preglednica 5-6: Primerjava med izračunom armature glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program SAP 2000, Primer A (5.1)
- Preglednica 5-7: Notranje sile pridobljene z MKE s programom SAP 2000, Primer A (5.2)
- Preglednica 5-8: Dimenzioniranje srednje plasti, Primer A (5.2)
- Preglednica 5-9: Dimenzioniranje zunanjih plasti, Primer A (5.2)
- Preglednica 5-10: Kontrola napetosti v betonu in potrebna količina armature, Primer A (5.2)
- Preglednica 5-11: Primerjava med izračunano armaturo glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program SAP 2000, Primer A (5.2)
- Preglednica 5-12: Primerjava med izračunano armaturo glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program AMSES Plate, Primer A (5.2)
- Preglednica 5-13: Notranje napetosti iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer A (5.3)
- Preglednica 5-14: Dvoosni tlak in strig v zgornji plasti, Primer A (5.3.1)
- Preglednica 5-15: Dimenzioniranje in primerjava izračunane armature zgoraj po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer A (5.3.1)
- Preglednica 5-16: Dvoosni nateg in strig v spodnji plasti, Primer A (5.3.1)
- Preglednica 5-17: Dimenzioniranje in primerjava izračunane armature spodaj po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer A (5.3.1)
- Preglednica 5-18: Enosni tlak in strig v zgornji plasti, Primer A (5.3.2)
- Preglednica 5-19: Dimenzioniranje in primerjava izračunane armature zgoraj po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer A (5.3.2)
- Preglednica 5-20: Enosni nateg in strig v spodnji plasti, Primer A (5.3.2)

- Preglednica 5-21: Dimenzioniranje in primerjava izračunane armature spodaj po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer A (5.3.2)
- Preglednica 5-22: Enosni tlak v zgornji plasti, Primer A (5.3.3)
- Preglednica 5-23: Dimenzioniranje in primerjava izračunane armature zgoraj po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer A (5.3.3)
- Preglednica 5-24: Enosni nateg v spodnji plasti, Primer A (5.3.3)
- Preglednica 5-25: Dimenzioniranje in primerjava izračunane armature spodaj po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer A (5.3.3)
- Preglednica 5-26: Enosni nateg v zgornji plasti, Primer A (5.3.4)
- Preglednica 5-27: Dimenzioniranje in primerjava izračunane armature zgoraj po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer A (5.3.4)
- Preglednica 5-28: Enosni tlak v spodnji plasti, Primer A (5.3.4)
- Preglednica 5-29: Dimenzioniranje in primerjava izračunane armature spodaj po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer A (5.3.4)
- Preglednica 5-30: Notranje sile iz programa AMSES Plate (po MKE), Primer B (5.4)
- Preglednica 5-31: Notranje sile iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer B (5.4)
- Preglednica 5-32: Primerjava med izračunano armaturo glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program AMSES Plate, Primer B (5.4)
- Preglednica 5-33: Primerjava med izračunom armature glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program SAP 2000, Primer B (5.4)
- Preglednica 5-34: Notranje sile iz programa AMSES Plate (po MKE), Primer C (5.4)
- Preglednica 5-35: Notranje sile iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer C (5.4)
- Preglednica 5-36: Primerjava med izračunano armaturo glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program AMSES Plate, Primer C (5.4)
- Preglednica 5-37: Primerjava med izračunom armature glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program SAP 2000, Primer C (5.4)
- Preglednica 5-38: Notranje sile iz programa AMSES Plate (po MKE), Primer D (5.4)
- Preglednica 5-39: Notranje sile iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer D (5.4)
- Preglednica 5-40: Primerjava med izračunano armaturo glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program AMSES Plate, Primer D (5.4)
- Preglednica 5-41: Primerjava med izračunom armature glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program SAP 2000, Primer D (5.4)

- Preglednica 5-42: Notranje sile iz programa AMSES Plate (po MKE), Primer E (5.4)
- Preglednica 5-43: Notranje sile iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer E (5.4)
- Preglednica 5-44: Primerjava med izračunano armaturo glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program AMSES Plate, Primer E (5.4)
- Preglednica 5-45: Primerjava med izračunom armature glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program SAP 2000, Primer E (5.4)
- Preglednica 5-46: Notranje sile iz programa AMSES Plate (po MKE), Primer F (5.4)
- Preglednica 5-47: Notranje sile iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer F (5.4)
- Preglednica 5-48: Primerjava med izračunano armaturo glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program AMSES Plate, Primer F (5.4)
- Preglednica 5-49: Primerjava med izračunom armature glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program SAP 2000, Primer F (5.4)
- Preglednica 5-50: Notranje sile iz programa AMSES Plate (po MKE), Primer G (5.4)
- Preglednica 5-51: Notranje sile iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer G (5.4)
- Preglednica 5-52: Primerjava med izračunano armaturo glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program AMSES Plate, Primer G (5.4)
- Preglednica 5-53: Primerjava med izračunom armature glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program SAP 2000, Primer G (5.4)
- Preglednica 5-54: Notranje sile iz programa AMSES Plate (po MKE), Primer H (5.4)
- Preglednica 5-55: Notranje sile iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer H (5.4)
- Preglednica 5-56: Primerjava med izračunano armaturo glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program AMSES Plate, Primer H (5.4)
- Preglednica 5-57: Primerjava med izračunom armature glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program SAP 2000, Primer H (5.4)
- Preglednica 5-58: Notranje sile iz programa AMSES Plate (po MKE), Primer I (5.4)
- Preglednica 5-59: Notranje sile iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer I (5.4)
- Preglednica 5-60: Primerjava med izračunano armaturo glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program AMSES Plate, Primer I (5.4)
- Preglednica 5-61: Primerjava med izračunom armature glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program SAP 2000, Primer I (5.4)
- Preglednica 5-62: Notranje sile iz programa AMSES Plate (po MKE), Primer J (5.4)
- Preglednica 5-63: Notranje sile iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer J (5.4)

- Preglednica 5-64: Primerjava med izračunano armaturo glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program AMSES Plate, Primer J (5.4)
- Preglednica 5-65: Primerjava med izračunom armature glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program SAP 2000, Primer J (5.4)
- Preglednica 5-66: Notranje sile iz programa AMSES Plate (po MKE), Primer K (5.4)
- Preglednica 5-67: Notranje sile iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer K (5.4)
- Preglednica 5-68: Primerjava med izračunano armaturo glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program AMSES Plate, Primer K (5.4)
- Preglednica 5-69: Primerjava med izračunom armature glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program SAP 2000, Primer K (5.4)
- Preglednica 5-70: Notranje sile iz programa AMSES Plate (po MKE), Primer L (5.4)
- Preglednica 5-71: Notranje sile iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer L (5.4)
- Preglednica 5-72: Primerjava med izračunano armaturo glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program AMSES Plate, Primer L (5.4)
- Preglednica 5-73: Primerjava med izračunom armature glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program SAP 2000, Primer L (5.4)
- Preglednica 5-74: Notranje napetosti iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer B (5.5)
- Preglednica 5-75: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer B (5.5.1)
- Preglednica 5-76: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer B (5.5.1)
- Preglednica 5-77: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer B (5.5.2)
- Preglednica 5-78: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer B (5.5.2)
- Preglednica 5-79: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer B (5.5.3)
- Preglednica 5-80: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer B (5.5.3)
- Preglednica 5-81: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer B (5.5.4)

- Preglednica 5-82: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer B (5.5.4)
- Preglednica 5-83: Notranje napetosti iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer C (5.5)
- Preglednica 5-84: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer C (5.5.1)
- Preglednica 5-85: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer C (5.5.1)
- Preglednica 5-86: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer C (5.5.2)
- Preglednica 5-87: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer C (5.5.2)
- Preglednica 5-88: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer C (5.5.3)
- Preglednica 5-89: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer C (5.5.3)
- Preglednica 5-90: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer C (5.5.4)
- Preglednica 5-91: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer C (5.5.4)
- Preglednica 5-92: Notranje napetosti iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer D (5.5)
- Preglednica 5-93: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer D (5.5.1)
- Preglednica 5-94: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer D (5.5.1)
- Preglednica 5-95: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer D (5.5.2)
- Preglednica 5-96: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer D (5.5.2)
- Preglednica 5-97: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer D (5.5.3)
- Preglednica 5-98: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer D (5.5.3)

- Preglednica 5-99: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer D (5.5.4)
- Preglednica 5-100: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer D (5.5.4)
- Preglednica 5-101: Notranje napetosti iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer E (5.5)
- Preglednica 5-102: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer E (5.5.1)
- Preglednica 5-103: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer E (5.5.1)
- Preglednica 5-104: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer E (5.5.2)
- Preglednica 5-105: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer E (5.5.2)
- Preglednica 5-106: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer E (5.5.3)
- Preglednica 5-107: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer E (5.5.3)
- Preglednica 5-108: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer E (5.5.4)
- Preglednica 5-109: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer E (5.5.4)
- Preglednica 5-110: Notranje napetosti iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer F (5.5)
- Preglednica 5-111: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer F (5.5.1)
- Preglednica 5-112: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer F (5.5.1)
- Preglednica 5-113: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer F (5.5.2)
- Preglednica 5-114: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer F (5.5.2)
- Preglednica 5-115: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer F (5.5.3)

- Preglednica 5-116: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer F (5.5.3)
- Preglednica 5-117: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer F (5.5.4)
- Preglednica 5-118: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer F (5.5.4)
- Preglednica 5-119: Notranje napetosti iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer G (5.5)
- Preglednica 5-120: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer G (5.5.1)
- Preglednica 5-121: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer G (5.5.1)
- Preglednica 5-122: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer G (5.5.2)
- Preglednica 5-123: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer G (5.5.2)
- Preglednica 5-124: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer G (5.5.3)
- Preglednica 5-125: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer G (5.5.3)
- Preglednica 5-126: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer G (5.5.4)
- Preglednica 5-127: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer G (5.5.4)
- Preglednica 5-128: Notranje napetosti iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer H (5.5)
- Preglednica 5-129: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer H (5.5.1)
- Preglednica 5-130: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer H (5.5.1)
- Preglednica 5-131: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer H (5.5.2)
- Preglednica 5-132: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer H (5.5.2)

- Preglednica 5-133: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer H (5.5.3)
- Preglednica 5-134: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer H (5.5.3)
- Preglednica 5-135: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer H (5.5.4)
- Preglednica 5-136: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer H (5.5.4)
- Preglednica 5-137: Notranje napetosti iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer I (5.5)
- Preglednica 5-138: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer I (5.5.1)
- Preglednica 5-139: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer I (5.5.1)
- Preglednica 5-140: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer I (5.5.2)
- Preglednica 5-141: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer I (5.5.2)
- Preglednica 5-142: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer I (5.5.3)
- Preglednica 5-143: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer I (5.5.3)
- Preglednica 5-144: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer I (5.5.4)
- Preglednica 5-145: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer I (5.5.4)
- Preglednica 5-146: Notranje napetosti iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer J (5.5)
- Preglednica 5-147: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer J (5.5.1)
- Preglednica 5-148: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer J (5.5.1)
- Preglednica 5-149: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer J (5.5.2)

- Preglednica 5-150: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer J (5.5.2)
- Preglednica 5-151: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer J (5.5.3)
- Preglednica 5-152: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer J (5.5.3)
- Preglednica 5-153: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer J (5.5.4)
- Preglednica 5-154: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer J (5.5.4)
- Preglednica 5-155: Notranje napetosti iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer K (5.5)
- Preglednica 5-156: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer K (5.5.1)
- Preglednica 5-157: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer K (5.5.1)
- Preglednica 5-158: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer K (5.5.2)
- Preglednica 5-159: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer K (5.5.2)
- Preglednica 5-160: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer K (5.5.3)
- Preglednica 5-161: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer K (5.5.3)
- Preglednica 5-162: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer K (5.5.4)
- Preglednica 5-163: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer K (5.5.4)
- Preglednica 5-164: Notranje napetosti iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer L (5.5)
- Preglednica 5-165: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer L (5.5.1)
- Preglednica 5-166: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer L (5.5.1)

Rizvić, M. 2010. Dimenzioniranje armiranobetonskih ploskovnih elementov po standardih Evrokod 2. Dipl. nal. – VSŠ Ljubljana. UL. FGG. Odd. za gradbeništvo. Konstrukcijska smer.

- Preglednica 5-167: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer L (5.5.2)
- Preglednica 5-168: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer L (5.5.2)
- Preglednica 5-169: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer L (5.5.3)
- Preglednica 5-170: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer L (5.5.3)
- Preglednica 5-171: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer L (5.5.4)
- Preglednica 5-172: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer L (5.5.4)

KAZALO SLIK

Slika 5-1:	Primer A (5.1)
Slika 5-2:	Primer A (5.2)
Slika 5-3:	Primer A (5.3)
Slika 5-4:	Primer B (5.4)
Slika 5-5:	Primer C (5.4)
Slika 5-6:	Primer D (5.4)
Slika 5-7:	Primer E (5.4)
Slika 5-8:	Primer F (5.4)
Slika 5-9:	Primer G (5.4)
Slika 5-10:	Primer H (5.4)
Slika 5-11:	Primer I (5.4)
Slika 5-12:	Primer J (5.4)
Slika 5-13:	Primer K (5.4)
Slika 5-14:	Primer L (5.4)
Slika 5-15:	Primer B (5.5)
Slika 5-16:	Primer C (5.5)
Slika 5-17:	Primer D (5.5)
Slika 5-18:	Primer E (5.5)
Slika 5-19:	Primer F (5.5)
Slika 5-20:	Primer G (5.5)
Slika 5-21:	Primer H (5.5)
Slika 5-22:	Primer I (5.5)
Slika 5-23:	Primer J (5.5)
Slika 5-24:	Primer K (5.5)
Slika 5-25:	Primer L (5.5)

1 UVOD

Diplomsko delo obravnava dimenzioniranje armiranobetonskih ploskovnih elementov po Evrokodu 2 oziroma po pravilih iz standardov SIST EN 1992-1-1 in SIST EN 1992-2.

Drugo poglavje obravnava dva primera obremenitev ploskovnih elementov. Predstavljene so njihove značilnosti in kontrole za potrebe dimenzioniranja. V prvem primeru so obravnavani ploskovni elementi pod vplivom obremenitve v ravnini. V drugem primeru so obdelani ploskovni elementi pod vplivom kombinirane obremenitve v ravnini in izven ravnine.

Tretje poglavje obravnava kontrole v mejnih stanjih nosilnosti ploskovnih elementov, kjer je za dimenzioniranje uporabljen tro-plastni model ploskovnega elementa oziroma sendvič model. Predstavljena so pravila za dimenzioniranje s slojevitim modelom ploskovnih elementov, glede na dodatek LL iz standarda SIST EN 1992-2. Obravnavano je dimenzioniranje notranje plasti in dimenzioniranje zunanjih plasti ploskovnega elementa.

Četrto poglavje obravnava kontrolo mejnih stanj nosilnosti membranskih elementov, pri dimenzioniranju direktno z rezultati pridobljenimi iz analize. Predstavljena so pravila za dimenzioniranje membranskih elementov, glede na točko 6.109 (iz standarda SIST EN 1992-2) in dodatek F (iz standarda SIST EN 1992-1-1 oziroma SIST EN 1992-2). Predstavljena je tudi uporaba pravil dimenzioniranja v različnih primerih.

V petem poglavju so predstavljeni računski primeri dimenzioniranja armiranobetonskih ploskovnih elementov oziroma različno podprtih armiranobetonskih plošč po pravilih iz Evrokoda 2. Prvi primer predstavlja dimenzioniranje armiranobetonske plošče po dodatku LL standarda SIST EN 1992-2, kjer je za račun notranjih sil po metodi končnih elementov uporabljen računalniški program AMSES Plate. Potrebna količina armature je izračunana na dva načina, z uporabo pravil iz dodatka LL in z uporabo računalniškega programa AMSES Plate. Izvedena je še primerjava potrebne količine armature izračunane po dodatku LL in AMSES Plate, ter primerjava z armaturo iz drugega primera. Drugi primer prav tako

predstavlja dimenzioniranje enake plošče kot v prvem primeru, kjer je za račun notranjih sil uporabljen računalniški program SAP 2000, poleg primerjave armature izračunane po dodatku LL standarda SIST EN 1992-2 in po programu SAP 2000, je izvedena še primerjava z armaturo iz prvega primera. Tretji primer predstavlja dimenzioniranje armiranobetonske plošče direktno po pravilih iz točke 6.109 in dodatka F standarda SIST EN 1992-2, na mestih kjer se pojavljajo različni primeri napetosti. Predvsem gre za primere dvoosnega tlaka in striga, enoosnega tlaka in striga, enoosnega tlaka in enoosnega natega. Za račun notranjih napetosti v plasteh je uporabljen računalniški program SAP 2000. Izvedena je tudi primerjava potrebne količine armature izračunane po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in armature izračunane s programom SAP 2000. Ostali primeri dimenzioniranja po dodatku LL vsebujejo samo rezultate notranjih napetosti, izračunanih po metodi končnih elementov s programom AMSES Plate in SAP 2000, ter primerjavo potrebne količine armature, izračunane po dodatku LL standarda SIST EN 1992-2 in armature izračunane s programoma AMSES Plate oziroma SAP 2000. Ostali primeri dimenzioniranja direktno po pravilih iz točke 6.109 in dodatka F standarda SIST EN 1992-2 vsebujejo samo rezultate notranjih napetosti v plasteh, izračunanih po metodi končnih elementov s programom SAP 2000, in primerjavo potrebne količine armature, izračunane po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in armature določene s programom SAP 2000.

2 PLOSKOVNI ARMIRANOBETONSKI NOSILNI ELEMENTI

2.1 Namen

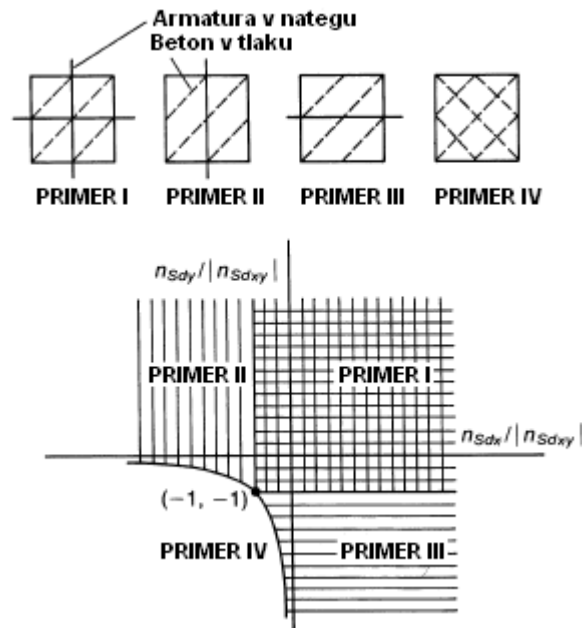
Ploskovni sistemi armiranobetonskih konstrukcij vključujejo strižne stene obremenjene v ravnini, plošče obremenjene izven ravnine in zaprte ploskovne elemente, sestavljene iz plošč ter sten (elemente zaklonskih, silosov, itd.), kateri so podvrženi obremenitvi v ravnini in obremenitvi izven ravnine. V splošnem jih analiziramo z metodami kot je metoda končnih elementov, katera daje razporeditve rezultant napetosti, ki variirajo skozi območja, kjer je včasih težko uporabiti modele vezi in razpor. V takšnih primerih se kontrole mejnih stanj nosilnosti izvede na lokalnem nivoju z upoštevanjem sistemov tlačnih napetosti v betonu in nateznih napetosti v armaturi, ki upoštevajo mejne napetosti in izpolnjujejo lokalne zahteve ravnotežja v izbranem številu točk.

2.2 Ploskovni elementi pod vplivom obremenitve v ravnini

Po predlogu iz modelnih predpisov CEB-FIP Model Code 1990, je obremenitev v ravnini ploskovnega elementa lahko opisana z izrazi, ki predstavljajo sile na enoto širine;

$$n_{Sdx}, n_{Sdy} \text{ in } n_{Sdxy}.$$

Z izbranimi osmi x in y , ki sovpadajo s smermi pravokotno postavljene armature.



Sistemi odpornosti (CEB-FIP Model Code 1990, 1993, str.189)

Kot θ je kot med x osjo in smerjo tlačne napetosti. V primerih od I do III, je kot θ lahko izbran poljubno, vse dokler je smer tlačne napetosti nagnjena vsaj 15° glede na smeri postavljene armature. Minimalno lokalno količino armature dobimo pri kotu $\theta = 45^\circ$.

Notranji sistem, ki zagotavlja odpornost ploskovnega elementa v ravnini je lahko štirih vrst:

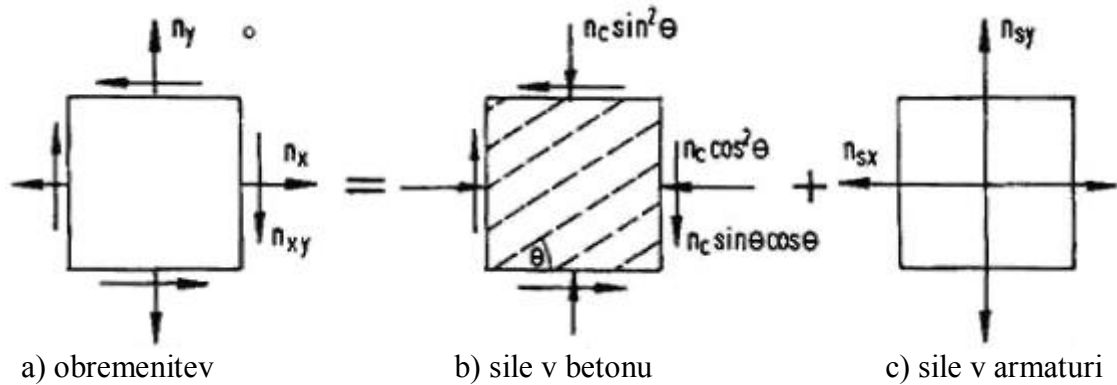
- primer I; nateg v armaturi v dveh smereh in poševna smer tlačnih napetosti v betonu,
- primer II; nateg v armaturi v y smeri in poševna smer tlačnih napetosti v betonu,
- primer III; nateg v armaturi v x smeri in poševna smer tlačnih napetosti v betonu,
- primer IV; dvoosni tlak v betonu.

Načini zagotavljanja odpornosti so prikazani na sliki Sistemi odpornosti (CEB-FIP Model Code 1990, 1993, str.189).

Odpornosti za mejno stanje nosilnosti so določene z naslednjimi parametri:

- pri armaturi z f_{ytd} ali $f_{pyd,net}$,

- pri betonu v primerih od I do III z f_{cd2} ,
- pri betonu v primeru IV z f_{cd1} ali $h f_{cd1}$, kjer je koeficient h razmerje med dvoosno in enoosno tlačno trdnostjo betona.



Zunanje in notranje sile na ploskovni element (Structural concrete - Textbook on Behaviour, Design and Performance, Volume 2: Basis of Design; 1999, str. 197)

Slika Zunanje in notranje sile na ploskovni element (Structural concrete - Textbook on Behaviour, Design and Performance, Volume 2: Basis of Design; 1999, str. 197) v točki a) prikazuje ploskovni element zasnovanih dimenzij, pod vplivom normalnih (n_x , n_y) in strižnih sil (n_{xy}) na enoto širine. Normalne sile se gleda kot pozitivne, če so natezne. V točki b) prikazuje sile, ki ustrezajo enoosnemu tlaku v betonu (n_c na enoto širine), pod kotom θ glede na x os. V točki c) pa prikazuje sile v armaturi (n_{sx} in n_{sy} na enoto širine).

Ravnotežje sil z oznakami s slike Zunanje in notranje sile na ploskovni element (Structural concrete - Textbook on Behaviour, Design and Performance, Volume 2: Basis of Design; 1999, str. 197):

$$n_{xy} = n_c \sin \theta \cos \theta, \quad (2-1)$$

$$n_x = n_{sx} - n_c \cos^2 \theta, \quad (2-2)$$

$$n_y = n_{sy} - n_c \sin^2 \theta, \quad (2-3)$$

Z eliminiranjem n_c iz teh enačb dobimo:

$$n_{sx} = n_x + n_{xy} \cot \theta, \quad (2-4)$$

$$n_{sy} = n_y + n_{xy} \tan \theta. \quad (2-5)$$

Ti izrazi omogočajo dimenzioniranje armature za izbrano vrednost kota θ , pod pogojem:

$$n_{xy} \leq f_{cd2} t \sin \theta \cos \theta \quad (2-6)$$

oziroma:

$$\frac{n_{xy}}{f_{cd2} t} \leq \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta}, \quad (2-7)$$

kjer sta:

f_{cd2} računska tlačna trdnost razpokanega betona, in
 t debelina ploskve.

Pri tem računsko tlačno trdnost nerazpokanega betona pri pretežno enoosnem tlaku, lahko upoštevamo kot:

$$f_{cd1} = 0.85 f_{cd} [1 - f_{ck} / 250], \quad (2-8)$$

računsko tlačno trdnost razpokanega betona pa kot:

$$f_{cd2} = 0.6 f_{cd} [1 - f_{ck} / 250]. \quad (2-9)$$

Minimum skupne količine armature je dosežen pri kotu $\theta = 45^\circ$ in $\tan \theta = \cot \theta = 1$, ki tudi vodi do največje možne vrednosti $n_{xy} = 0.5 f_{cd2} t$.

Če se smer striga spremeni glede na smer s slike Zunanje in notranje sile na ploskovni element (Structural concrete - Textbook on Behaviour, Design and Performance, Volume 2: Basis of Design; 1999, str. 197), to ne pomeni zmanjšanja zahtevane armature glede na enačbi (2-4) in (2-5), ampak se spremeni smer tlačnih napetosti, tako da je kot $\theta > 90^\circ$; $\tan \theta$, kakor tudi $\cot \theta$ sta v tem primeru negativna.

Če je nanešena obremenitev taka, da je n_{sx} glede na enačbo (2-4) nič, potem za armaturo v smeri x , ni zahtevana večja od minimalne količine armature. Do tega pride kjer je n_x dovolj velika tlačna sila. Pri $n_{sx} = 0$ velja:

$$n_x = -n_c \cos^2 \theta, \quad (2-10)$$

$$n_y = n_{sy} - n_c \sin^2 \theta, \quad (2-11)$$

$$n_{xy} = n_c \sin \theta \cos \theta. \quad (2-12)$$

Iz (2-10) in (2-12) sledi:

$$n_c = \frac{n_{xy}}{\sin \theta \cos \theta}, \quad (2-13)$$

$$n_x = \frac{-n_{xy} \cos \theta}{\sin \theta}, \quad (2-14)$$

$$\cot \theta = \frac{-n_x}{n_{xy}}. \quad (2-15)$$

Medtem ko iz (2-11) dobimo:

$$n_{sy} = n_y + \frac{n_{xy} \sin \theta}{\cos \theta}, \quad (2-16)$$

$$n_{sy} = n_y + \frac{n_{xy}^2}{|n_x|}. \quad (2-17)$$

Mejne napetosti v betonu ostanejo te iz enačbe (2-6) oziroma (2-7), toda upoštevati je treba, da je kot θ sedaj določen na osnovi obremenitve in ne more biti poljubno izbran.

Izrazi pri $n_{sy} = 0$ so naslednji:

$$\tan \theta = \frac{-n_y}{n_{xy}}, \quad (2-18)$$

$$n_{sx} = n_x + \frac{n_{xy}^2}{|n_x|}. \quad (2-19)$$

Če sta n_x in n_y dovolj veliki tlačni sili, je ploskovni element pod vplivom dvoosnega tlaka, z glavnima silama na enoto širine:

$$n_{I,II} = \frac{n_x + n_y}{2} \pm \sqrt{\left[\frac{1}{4} (n_x - n_y)^2 + n_{xy}^2\right]}, \quad (2-20)$$

kar zahteva $n_x n_y \geq n_{xy}^2$.

Za računsko mejo, za višjo med vrednostmi tlačnih trdnosti betona se lahko upravičeno vzame f_{cd1} , čeprav se lahko v smislu dvoosnega tlaka upošteva tudi nekoliko višjo vrednost.

Če sta armaturi enaki v x in y smeri, potem iz enačb (2-4) in (2-5) sledi:

$$n_{sx} = n_{sy} = n_x + n_{xy} \cot \theta = n_y + n_{xy} \tan \theta, \quad (2-21)$$

$$n_{xy} = n_{sx} = n_{sy}, \quad (2-22)$$

z uporabo vrednosti tečenja v silah armature, z upoštevanjem zgornje meje odpornosti iz enačbe (2-6), sledi:

$$(n_{xy})_u = (n_{sx})_y = (n_{sy})_x \leq 0.5 f_{c2} t, \quad (2-23)$$

kjer indeks u zunaj oklepaja pomeni 'mejno', indeks y zunaj oklepaja pomeni 'tečenje' in f_{c2} predstavlja nefakturirano tlačno trdnost v nerazpokanemu betonu:

$$f_{c2} = 0.6 f_c [1 - f_c / 250]. \quad (2-24)$$

Če ima armatura v eni smeri nižjo odpornost od armature v drugi smeri, potem je odpornost presežena pri plastifikaciji armature z nižjo odpornostjo, brez plastifikacije armature z višjo odpornostjo. Medtem ko se smer tlačnih napetosti prilagaja potrebni vrednosti za plastifikacijo armature v obeh smereh.

Z uporabo armature z manjšo odpornostjo v x smeri, iz enačbe (2-2) sledi:

$$n_x = 0 = (n_{sx})_y - n_c \cos^2 \theta \quad (2-25)$$

oziroma:

$$n_c = \frac{(n_{sx})_y}{\cos^2 \theta}, \quad (2-26)$$

potem iz enačbe (2-1) sledi:

$$(n_{xy})_u = n_c \sin \theta \cos \theta = (n_{sx})_y \tan \theta, \quad (2-27)$$

kjer sta:

$$n_c = f_{c2} t, \quad (2-28)$$

$$\cos \theta = \sqrt{\left[\frac{(n_{sx})_y}{f_{c2} t} \right]}. \quad (2-29)$$

Na koncu lahko zapišemo:

$$(n_{xy})_u = f_{c2} t \sqrt{\left[\frac{(n_{sx})_y}{f_{c2} t}\right]} \sqrt{\left[1 - \frac{(n_{sx})_y}{f_{c2} t}\right]}, \quad (2-30)$$

kar je enako mejnemu strigu pri odpovedi stojine, s stremeni v tečenju in pokanjem betona.

Če je armatura v obeh smereh plastificirana, potem iz enačb (2-2) in (2-3) sledi:

$$\sin \theta = \sqrt{\left[\frac{(n_{sy})_y}{n_c}\right]} \quad (2-31)$$

$$\text{in } \cos \theta = \sqrt{\left[\frac{(n_{sx})_y}{n_c}\right]}, \quad (2-32)$$

zato velja:

$$(n_{xy})_u = \sqrt{[(n_{sx})_y (n_{sy})_y]}. \quad (2-33)$$

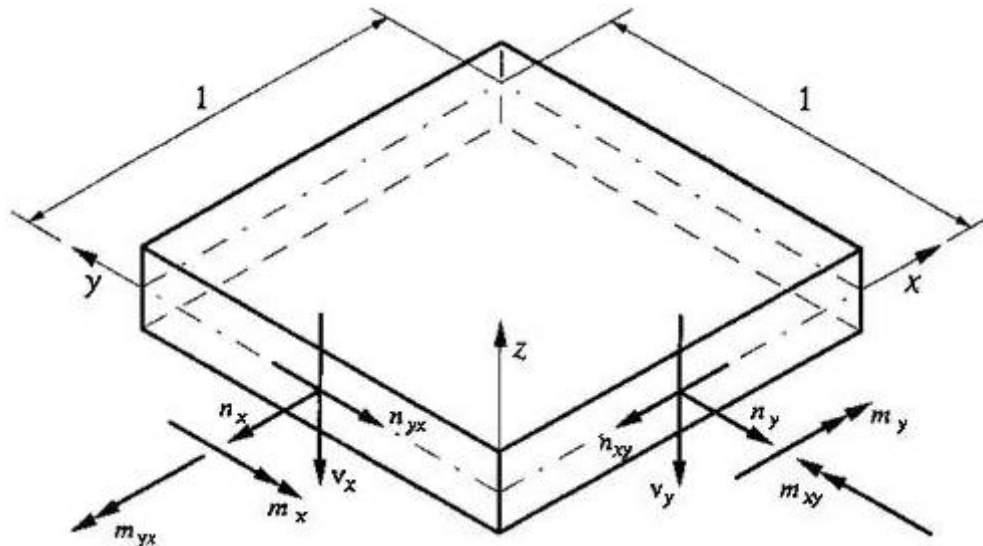
Učinek osne obremenitve skupaj s strigom lahko obravnavamo z osnovnimi enačbami. V posebnem primeru enakovrednih dvoosnih sil ($n_x = n_y = \lambda n_{xy}$, kjer je λ pozitiven pri nategu), pri plastifikaciji armature v obeh smereh:

$$(1 - \lambda^2) \left(\frac{n_{xy}}{f_{c2} t}\right)^2 + \lambda \frac{(n_{sx,y} + n_{sy,y})}{(f_{c2} t)} \frac{(n_{xy})}{(f_{c2} t)} - \frac{(n_{sx,y})}{(f_{c2} t)} \frac{(n_{sy,y})}{(f_{c2} t)} = 0. \quad (2-34)$$

Če je plastificirana samo armatura v x smeri:

$$(1 - \lambda^2) \left(\frac{n_{xy}}{f_{c2} t}\right)^2 + \lambda \left(1 - \frac{(n_{sx,y})}{(f_{c2} t)}\right) \frac{(n_{xy})}{(f_{c2} t)} - \frac{(n_{sx,y})}{(f_{c2} t)} \left(1 - \frac{(n_{sx,y})}{(f_{c2} t)}\right) = 0. \quad (2-35)$$

2.3 Ploskovni elementi pod vplivom kombinirane obremenitve v ravnini in izven ravnine

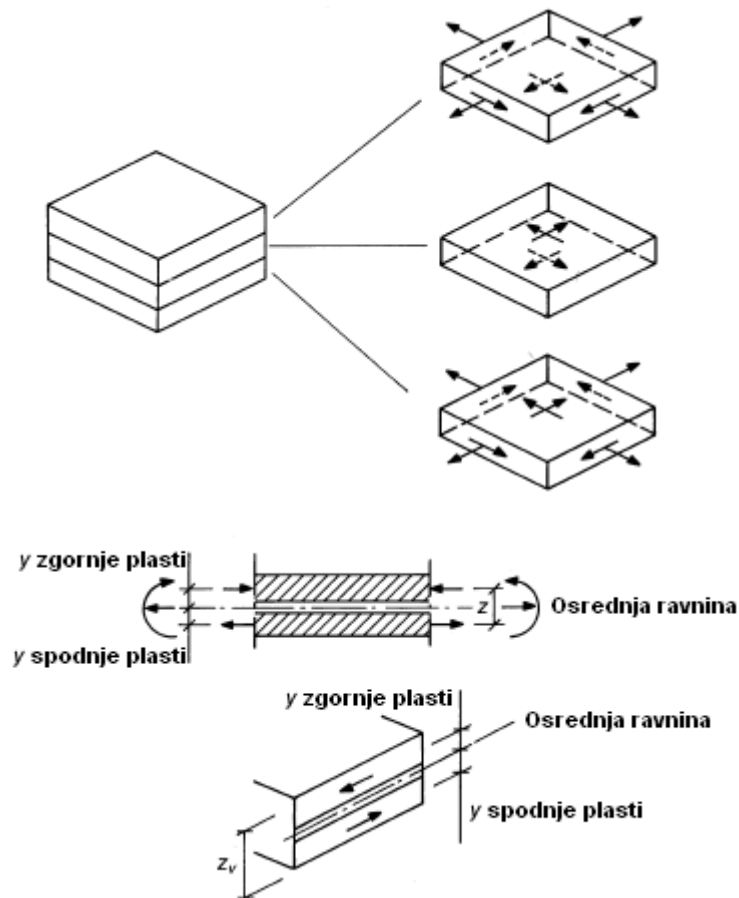


Notranji vplivi na ploskovnem elementu (Structural Concrete - Textbook on Behaviour, Design and Performance, Volume 3: Durability - Design for Fire Resistance - Member Design - Maintenance, Assessment and Repair - Practical Aspects; 1999, str. 131)

Po predlogu iz modelnih predpisov CEB-FIP Model Code 1990, lahko ploskovni element modeliramo z uporabo treh vključenih plasti. Zunanji plasti nudita odpor upogibu in obremenitvi v ravnini ter učinkom notranje plasti, medtem ko notranja plast zagotavlja prenos striga med zunanjima plastema. To je prikazano na sliki Tro-plastni model ploskovnega elementa (CEB-FIP Model Code 1990, 1993, str. 190).

Učinki vplivov (obremenitve) so izraženi kot momenti in sile na enoto širine s smermi vzporednimi pravokotno postavljeni armaturi:

$$m_{Sdx}, m_{Sdy}, m_{Sdxy}, n_{Sdx}, n_{Sdy}, n_{Sdxy}.$$



Tro-plastni model ploskovnega elementa (CEB-FIP Model Code 1990, 1993, str. 190)

Natančna določitev vrednosti z in y je kompleksna in običajno zahteva iteracije v odvisnosti od števila nivojev armature in debeline betonskih plasti. Primerno je, za z vzeti vrednost enako $2h/3$, kjer je h celotna debelina ploskovnega elementa, in upoštevati poenostavitev da velja $(z - y) / z = 1/2$.

To pripelje k naslednjim silam na enoto širine ploskovnega elementa:

$$n_{pSdx} = n_{Sdx} \frac{(z_x - y)}{z_x} \pm \frac{m_{Sdx}}{z_x}, \quad (2-36)$$

$$n_{pSdy} = n_{Sdy} \frac{(z_y - y)}{z_y} \pm \frac{m_{Sdy}}{z_y}, \quad (2-37)$$

$$v_{pSd} = n_{Sdxy} \frac{(z_v - y)}{z_v} \pm \frac{m_{Sdxy}}{z_v}, \quad (2-38)$$

Rizvić, M. 2010. Dimenzioniranje armiranobetonskih ploskovnih elementov po standardih Evrokod 2. Dipl. nal. – VSŠ Ljubljana. UL. FGG. Odd. za gradbeništvo. Konstrukcijska smer.

kjer so z_x oziroma z_y ročice normalnih sil v x oziroma y smeri, z_v ročice med strižnimi silami, y pa je razdalja od osrednje ravnine plošče do obravnavane sile.

Nobena od uporabljenih ročic naj ne bi bila večja od razdalje osrednjih ravnin armature na med seboj nasprotnih straneh.

Kontrola zunanjih plasti se lahko izvede kot za ploskovne elemente pod vplivom obremenitve v ravnini, v skladu s točko 2.2.

Vsaka od plasti je lahko dimenzionirana z uporabo naslednjih enačb:

kontrola varnosti betona:

$$\sigma_c t = \frac{n_p S_{dxy}}{\sin \theta \cos \theta} \leq f_{cd2} t, \quad (2-39)$$

potrebni odpornosti v x in y smeri:

$$n_{Rdx} = n_{pSdx} + n_{pSdxy} \cot \theta, \quad (2-40)$$

$$n_{Rdy} = n_{pSdy} + \frac{n_{pSdxy}}{\cot \theta}. \quad (2-41)$$

Če je pogoju (2-39) zadovoljeno, lahko izračunamo površine armature kot:

$$A_{Sx} = \frac{n_{Rdx}}{f_{yd}}, \quad (2-42)$$

$$A_{Sy} = \frac{n_{Rdy}}{f_{yd}}. \quad (2-43)$$

Lahko opazimo, da če je vrednost n_{Rdx} ali n_{Rdy} negativna, je v tej smeri prisotna tlačna sila in armatura ni potrebna; če sta obe vrednosti n_{Rdx} in n_{Rdy} negativni je možno v obeh smereh

izpustiti armaturo, toda v tem primeru je potrebno izvesti kontrolo v smeri glavne tlačne sile, v betonu pod vplivom dvoosnega tlaka; in kontrolni izraz je:

$$\sigma_c t = \frac{n_{pSdx} + n_{pSdy}}{2} + \sqrt{\frac{(n_{pSdx} - n_{pSdy})^2}{4} + n_{pSdxy}^2} \leq f_{cd1} t. \quad (2-44)$$

Kontrola notranje plasti se lahko izvede glede na prečni strig razporejen po širini ploskovnega elementa.

Pri dimenzioniranju notranje plasti, najprej preverimo ali je potrebna posebna strižna armatura ali ne. Pri tem izračunamo glavno strižno silo $v_0^2 = v_x^2 + v_y^2$, v smeri φ_0 (kjer je $\tan \varphi_0 = v_y / v_x$), in preverimo ali velja:

$$v_0 < v_{Rd1}, \quad (2-45)$$

kjer je v_{Rd1} strižna odpornost elementa brez posebne strižne armature navedena v poglavju 6.4.2.3 v CEB-FIP MC 90.

Če je pogoj (2-45) izpolnjen posebna strižna armatura ni potrebna.

Kjer ni izvedena bolj natančna analiza, se lahko za v_{Rd1} uporabi naslednji empirični izraz:

$$v_{Rd1} = 0.12 \xi (100 \rho f_{ck})^{\frac{1}{3}} d, \quad (2-46)$$

kjer sta:

$$\xi = 1 + \sqrt{(200 / d)} \text{ pri } d \text{ v mm;}$$

ρ koeficient sprijete upogibne natezne armature $A_s / (b_w d)$ podaljšane za vsaj razdaljo d od upoštevanega prereza, razen pri krajnih podporah kjer je lahko

podaljšek upoštevan primerno, če je dolžina palice od sredine podpore vsaj 12 kratni premer palic.

Razen, če je z eksperimentalnimi preiskavami dokazano drugače, je f_{ck} omejena na 50 MPa, pri izračunu odpornosti po enačbi (2-46).

Če pogoju (2-45) ni zadovoljeno, potem je treba razporediti posebno strižno armaturo v obliki navpičnih stremen in preveriti tlačne sile v betonskih diagonalah:

$$F_{Scw} \leq F_{Rcw}, \quad (2-47)$$

pri tem sta:

$$F_{Scw} = \frac{V_{Sd}}{\sin \theta_{sh}} \frac{\cot \theta_{sh}}{\cot \theta_{sh} + \cot \alpha}, \quad (2-48)$$

$$F_{Rcw} = f_{cd2} b_w z \cos \theta_{sh}. \quad (2-49)$$

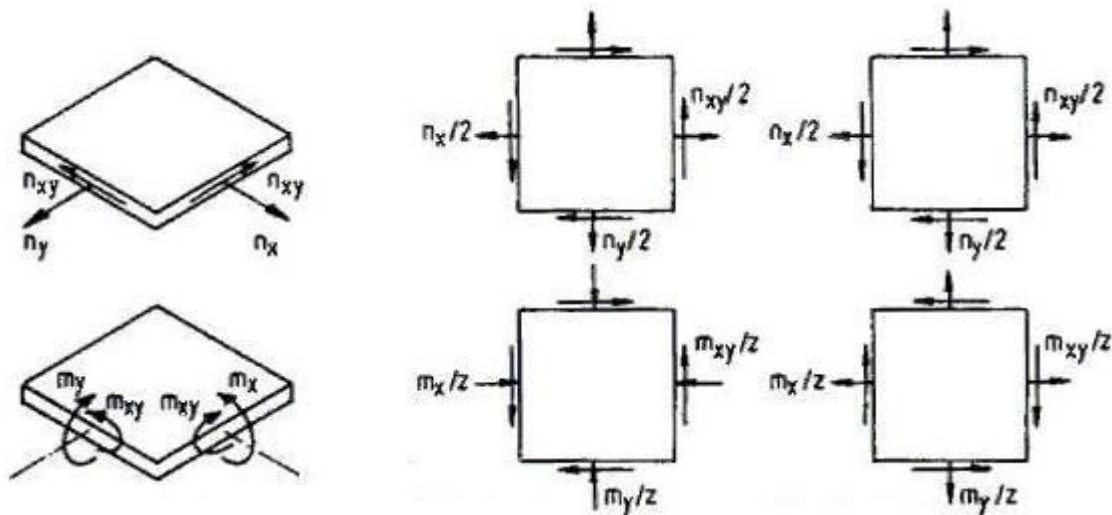
S pogojem (2-47) v bistvu preverimo ustreznost tlačnih diagonal, saj z upoštevanjem izrazov (2-47) do (2-49) lahko zapišemo:

$$V_{Sd} \leq f_{cd2} b_w z \sin^2 \theta (\cot \theta_{sh} + \cot \alpha) = f_{cd2} b_w z \sin^2 \theta_{sh} \frac{\cot \theta_{sh} + \cot \alpha}{(1 + \cot^2 \theta_{sh})}. \quad (2-50)$$

Ob tem pa moramo namestiti še minimalno vzdolžno in prečno armaturo v spodnjo in zgornjo plast.

Prav tako po predlogu iz literature Structural concrete - Textbook on Behaviour, Design and Performance, Volume 2: Basis of Design; lahko učinke obremenitve izven ravnine, ki deluje samostojno ali v kombinaciji z obremenitvijo v ravnini, obravnavamo v smislu ploskovnega elementa oziroma plošče kot slojeviti model v katerem se zunanji plasti upirata silam v ravnini, medtem ko jedro prenaša prečno silo.

Vplivi na zunanji plasti s predpostavljenima enakima debelinama in predpostavljeno enako vrednostjo (z) za vse ročice so prikazani na naslednji sliki Vplivi zgoraj in spodaj (Structural concrete - Textbook on Behaviour, Design and Performance, Volume 2: Basis of Design; 1999, str. 201).



a) notranje sile ploskovnega elementa b) zgornja plast c) spodnja plast

Vplivi zgoraj in spodaj (Structural concrete - Textbook on Behaviour, Design and Performance, Volume 2: Basis of Design; 1999, str. 201)

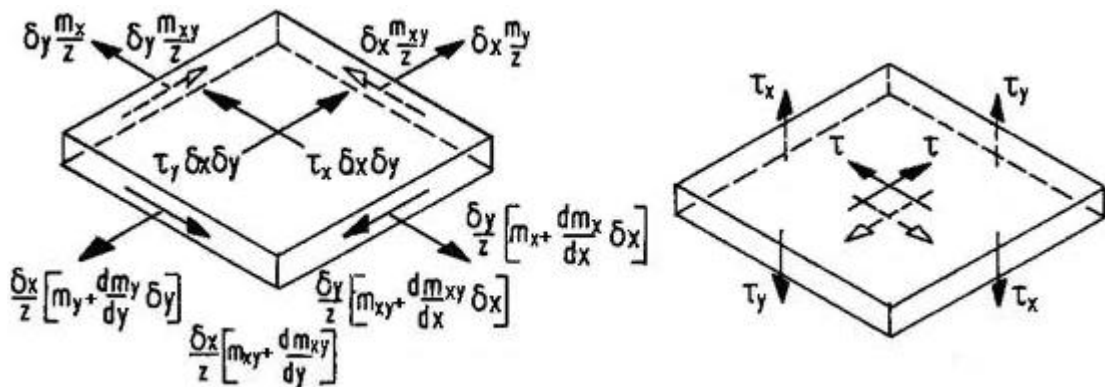
Za začetek sta za debelini zunanjih plasti lahko upoštevani približni vrednosti enaki $1/3$ debeline ploskve t , za vrednost ročice z pa lahko vzamemo $2t/3$.

Zunanji plasti lahko dimenzioniramo kot ploskvi pod vplivom obremenitve v ravnini s silami s slike Vplivi zgoraj in spodaj (Structural concrete - Textbook on Behaviour, Design and Performance, Volume 2: Basis of Design; 1999, str. 201). Če je potrebno se kasneje vrednost ročic lahko prilagodi glede na začetne izračune, kontrole napetosti v betonu in preverjene globine do armature.

Pri izbiranju vrednosti za kot θ bi bilo treba upoštevati, da je lokalni minimum za skupno količino zahtevane armature vedno dosežen pri $\theta = 45^\circ$. Ostale vrednosti se lahko uporabijo za zadržanje glavnih tlačnih napetosti v smereh blizu vrednostim v nerazpokanem ploskovnem elementu ali praktičnega razporejanja armature, razumno območje pa je

$$15^\circ \leq \theta \leq 75^\circ.$$

Jedro slojevitega modela prevzame strig izven ravnine hkrati s spremembami v m_x , m_y ali m_{xy} . Za ravnotežje plasti z naslednje slike Prečna sila v ploščah nosilnih v dveh smereh (Structural concrete - Textbook on Behaviour, Design and Performance, Volume 2: Basis of Design; 1999, str. 201) velja:



Prečna sila v ploščah nosilnih v dveh smereh (Structural concrete - Textbook on Behaviour, Design and Performance, Volume 2: Basis of Design; 1999, str. 201)

$$\tau_x = \frac{1}{z} \left[\frac{\partial m_x}{\partial x} + \frac{\partial m_{xy}}{\partial y} \right], \quad (2-51)$$

$$\tau_y = \frac{1}{z} \left[\frac{\partial m_y}{\partial y} + \frac{\partial m_{xy}}{\partial x} \right]. \quad (2-52)$$

Rezultanta strižnih napetosti na element dimenzij $\delta_x \cdot \delta_y$:

$$V = \delta_x \delta_y \sqrt{(\tau_x^2 + \tau_y^2)}, \quad (2-53)$$

pri čemer je rezultirajoča strižna napetost:

$$\tau = \sqrt{(\tau_x^2 + \tau_y^2)}. \quad (2-54)$$

Ta rezultirajoča strižna napetost je enakovredna vrednosti $\tau = V / (b z)$ za element nosilen v eni smeri, s strižno trdnostjo elementa nosilnega v dveh smereh, ob upoštevanju pojava razpok. Tako sledi, da je za dimenzioniranje potrebna kontrola, ki zahteva primerjavo te napetosti:

$$\sqrt{(v_x^2 + v_y^2)} \leq 0.12 \zeta^3 \sqrt{\left(\frac{100 A_s}{b d} f_{ck}\right)}, \quad (2-55)$$

kjer sta:

v_x, v_y projektni strižni sili na enoto širine.

Za določitev vrednosti $100 A_s / (b d)$ v primeru armature v dveh smereh se lahko uporabi poenostavljen izraz (Structural concrete - Textbook on Behaviour, Design and Performance, Volume 2: Basis of Design; 1999, str. 202):

$$\frac{100 A_s}{b d} = \frac{v_x^2 \left(\frac{100 A_s}{b d}\right)_x + v_y^2 \left(\frac{100 A_s}{b d}\right)_y}{v_x^2 + v_y^2} \quad (2-56)$$

3 KONTROLA MEJNEGA STANJA NOSILNOSTI PLOSKOVNIH ELEMENTOV V SKLADU S STANDARDOM SIST EN 1992-2

3.1 Namen

Kontrole mejnih stanj nosilnosti obsegajo preverjanja na nivoju konstrukcije kot celote in tudi njenih sestavnih delov, z analiziranjem odpornosti kritičnih delov.

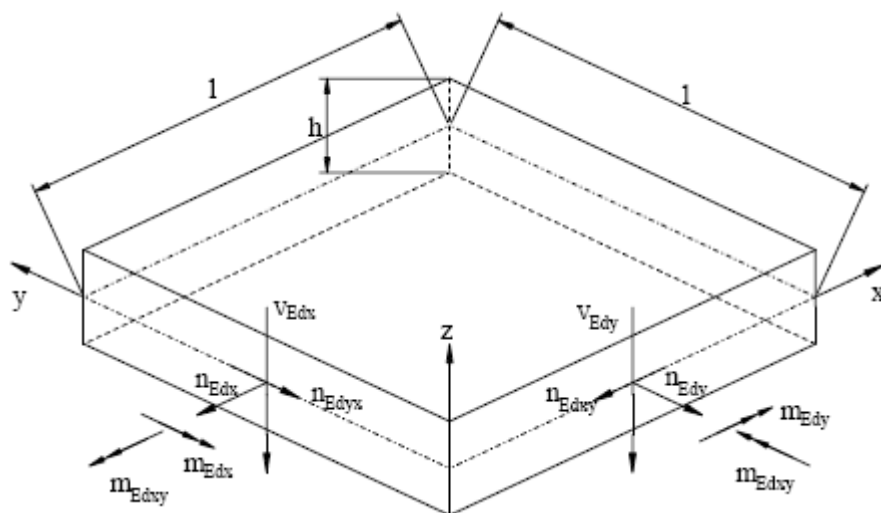
Kontrola mejnih stanj nosilnosti se za splošne ploskovne elemente lahko izvede na privzetem slojevitem (sendvič) modelu.

Notranje sile posameznih elementov se pridobi z analizo s programi, ki temeljijo na metodi končnih elementov.

Pravila za dimenzioniranje armiranobetonskih ploskovnih elementov lupin so podana v dodatku LL standarda SIST EN 1992-2.

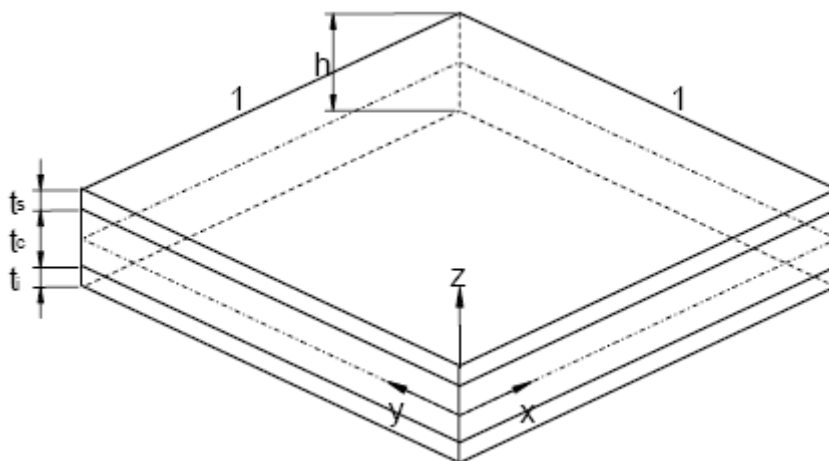
Dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 se nanaša na elemente lupin, ki vsebujejo običajno osem komponent vektorja notranjih sil. Vseh osem komponent vektorja notranjih sil je navedeno spodaj, prikazane pa so na naslednji sliki Ploskovni element z obremenitvijo (SIST EN 1992-2, 2005, str. 67):

- 3 komponente, osne sile n_{Edx} , n_{Edy} , $n_{Edxy} = n_{Edyx}$,
- 3 komponente, momenti m_{Edx} , m_{Edy} , $m_{Edxy} = m_{Edyx}$,
- 2 komponenti, prečni sili v_{Edx} , v_{Edy} .



Ploskovni element z obremenitvijo (SIST EN 1992-2, 2005, str. 67)

Slojeviti model vsebuje tri plasti, kot na sliki Slojeviti model-geometrija (SIST EN 1992-2, 2005, str. 67): dve zunanji plasti se upirata membranskim vplivom izvirajočim iz n_{Edx} , n_{Edy} , n_{Edyx} , m_{Edx} , m_{Edy} , m_{Edxy} ; notranja plast pa prenaša strižni sili v_{Edx} , v_{Edy} . Debeline različnih plasti se načeloma določi z iterativnim postopkom.



Slojeviti model-geometrija (SIST EN 1992-2, 2005, str. 67)

3.2 Kontrola razpokanosti ploskovnega elementa

Prva stopnja v proceduri kontrole je ugotavljanje ali je element lupine razpokan ali ne.

V nerazpokanih elementih je edina zahtevana kontrola, preveriti ali je minimalna glavna napetost manjša od računske tlačne trdnosti f_{cd} . Primerno je vzeti v poštev večosno napetostno stanje v definiciji f_{cd} .

V razpokanih elementih se lahko slojeviti model uporabi za dimenzioniranje oziroma kontrolo splošnega ploskovnega elementa.

V postopku dokazovanja ali so elementi lupin razpokani, je potrebno preveriti glavne napetosti na različnih višinah znotraj debeline elementa. V postopku kontroliramo izpolnjevanje naslednjega pogoja:

$$\Phi = \alpha \frac{J_2}{f_{cm}^2} + \lambda \frac{\sqrt{J_2}}{f_{cm}} + \beta \frac{I_1}{f_{cm}} - 1 \leq 0, \quad (3-1)$$

kjer velja:

$$J_2 = \frac{1}{6} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2], \quad (3-2)$$

$$J_3 = (\sigma_1 - \sigma_m) (\sigma_2 - \sigma_m) (\sigma_3 - \sigma_m), \quad (3-3)$$

$$I_1 = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3, \quad (3-4)$$

$$\sigma_m = \frac{(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)}{3}, \quad (3-5)$$

$$\alpha = \frac{1}{9 k^{1.4}}, \quad (3-6)$$

$$\lambda = c_1 \cos \left[\frac{1}{3} \arccos (C_2 \cos(3 \theta)) \right] \text{ za } \cos(3 \theta) \geq 0, \quad (3-7)$$

$$\lambda = c_1 \cos \left[\frac{\pi}{3} - \frac{1}{3} \arccos (-C_2 \cos(3 \theta)) \right] \text{ za } \cos(3 \theta) < 0, \quad (3-8)$$

$$\beta = \frac{1}{3.7 k^{1.1}}, \quad (3-9)$$

$$\cos(3\theta) = \frac{3\sqrt{3}}{2} \frac{J_3}{(J_2)^{3/2}}, \quad (3-10)$$

$$c_1 = \frac{1}{0.7 k^{0.9}}, \quad (3-11)$$

$$C_2 = 1 - 6.8 (k - 0.07)^2, \quad (3-12)$$

$$k = \frac{f_{ctm}}{f_{cm}}. \quad (3-13)$$

Če je neenakosti (3-1) zadovoljeno, potem se element obravnava kot nerazpokan, sicer se obravnava kot razpokan.

3.3 Dimenzioniranje notranje plasti

Notranja plast mora biti preverjena glede na dodatni strig izven ravnine, kateri ustreza sili, ki se prenaša med plastema armature.

Notranja plast prevzame strižni sili izven ravnine v_{Edx} in v_{Edy} z ročico z_c , določeno glede na središče ustreznih plasti armature.

Notranjo plast se dimenzionira glede na strig po pravilih iz Evrokoda 2, z upoštevanjem glavne strižne sile, njene smeri in komponent vzdolžne armature v tej smeri.

Pri dimenzioniranju notranje plasti najprej preverimo, če je potrebna posebna strižna armatura ali ne. Pri tem izračunamo glavno strižno silo $v_{Ed0}^2 = v_{Edx}^2 + v_{Edy}^2$, v smeri φ_0 (kjer je $\tan \varphi_0 = v_{Edy} / v_{Edx}$), in preverimo ali velja:

$$v_{Ed0} < \frac{V_{Rd,c}}{b}, \quad (3-14)$$

Rizvić, M. 2010. Dimenzioniranje armiranobetonskih ploskovnih elementov po standardih Evrokod 2. Dipl. nal. – VSŠ Ljubljana. UL. FGG. Odd. za gradbeništvo. Konstrukcijska smer.

kjer je $V_{Rd,c}$ računaska vrednost strižne odpornosti elementa brez posebne strižne armature navedena v poglavju 6.2.2 standarda SIST EN 1992-1-1 oziroma SIST EN 1992-2.

Če je pogoj (3-14) izpolnjen posebna strižna armatura ni potrebna.

V smeri glavne strižne sile se ploskovni element obravnava kot nosilec, zato lahko uporabimo temu primerna pravila dimenzioniranja. Pravila v točki 6.2.2 standarda SIST EN 1992-1-1 oziroma SIST EN 1992-2, se uporabijo za elemente brez zahteve po posebni strižni armaturi, pravila iz točke 6.2.3 pa se uporabijo za elemente z zahtevo po strižni armaturi. V izrazu 6.2.a iz SIST EN 1992-1-1 oziroma SIST EN 1992-2 se za ρ_1 vzame:

$$\rho_1 = \rho_x \cos^2 \varphi_0 + \rho_y \sin^2 \varphi_0, \quad (3-15)$$

kjer sta ρ_x in ρ_y koeficienta armiranja za vzdolžno armaturo v smereh x in y .

Če pogoj (3-14) ni zadovoljeno, potem je treba razporediti posebno strižno armaturo v obliki navpičnih stremen:

$$A_{sw} = \frac{V_{Rd,s} s}{z f_{ywd} \cot \theta_{sh}}, \quad (3-16)$$

in preveriti tlačne sile v betonskih diagonalah:

$$v_{Ed0} \leq v f_{cd} t_c \sin \theta_{sh} \cos \theta_{sh}. \quad (3-17)$$

Ob tem pa moramo namestiti še minimalno vzdolžno armaturo:

$$A_{s,min} = 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_t d \geq 0.0013 b_t d, 0.08 \sqrt{f_{ck}}, \quad (3-18)$$

in minimalno prečno armaturo:

$$\rho_{w,\min} = \frac{0.08 \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}, \quad (3-19)$$

v spodnjo in zgornjo plast.

3.4 Dimenzioniranje zunanjih plasti

Zunanji plasti v prvem koraku dimenzioniramo s prvotno predpostavljeno debelino za obe plasti, ki pa ni manjša od dvakratne oddaljenosti težišča armature od zunanjih ploskev.

Če je splošni ploskovni element potrebno upoštevati kot razpokan, potem se lahko notranje sile v zunanjih plasteh slojevitega modela določi glede na naslednje enačbe, glej naslednji sliki Obremenitev ploskovnega elementa in pripadajoče osne sile v zunanjih plasteh (SIST EN 1992-2, 2005, str. 70) in Obremenitev ploskovnega elementa (strižne sile v ravnini in torzijski momenti) in pripadajoče osne sile v zunanjih plasteh (SIST EN 1992-2, 2005, str. 70):

$$n_{Edx,s} = n_{Edx} \frac{z_x - y_{xs}}{z_x} + \frac{m_{Edx}}{z_x}, \quad (3-20)$$

$$n_{Edx,i} = n_{Edx} \frac{z_x - y_{xi}}{z_x} - \frac{m_{Edx}}{z_x}, \quad (3-21)$$

$$n_{Edy,s} = n_{Edy} \frac{z_y - y_{ys}}{z_y} + \frac{m_{Edy}}{z_y}, \quad (3-22)$$

$$n_{Edy,i} = n_{Edy} \frac{z_y - y_{yi}}{z_y} - \frac{m_{Edy}}{z_y}, \quad (3-23)$$

$$n_{Edyx,s} = n_{Edyx} \frac{z_{yx} - y_{yxs}}{z_{yx}} - \frac{m_{Edyx}}{z_{yx}}, \quad (3-24)$$

$$n_{Edyx,i} = n_{Edyx} \frac{z_{yx} - y_{yxi}}{z_{yx}} + \frac{m_{Edyx}}{z_{yx}}, \quad (3-25)$$

$$n_{E_{dxy,s}} = n_{E_{dxy}} \frac{z_{xy} - y_{xys}}{z_{xy}} - \frac{m_{E_{dxy}}}{z_{xy}}, \quad (3-26)$$

$$n_{E_{dxy,i}} = n_{E_{dxy}} \frac{z_{xy} - y_{xyi}}{z_{xy}} + \frac{m_{E_{dxy}}}{z_{xy}}, \quad (3-27)$$

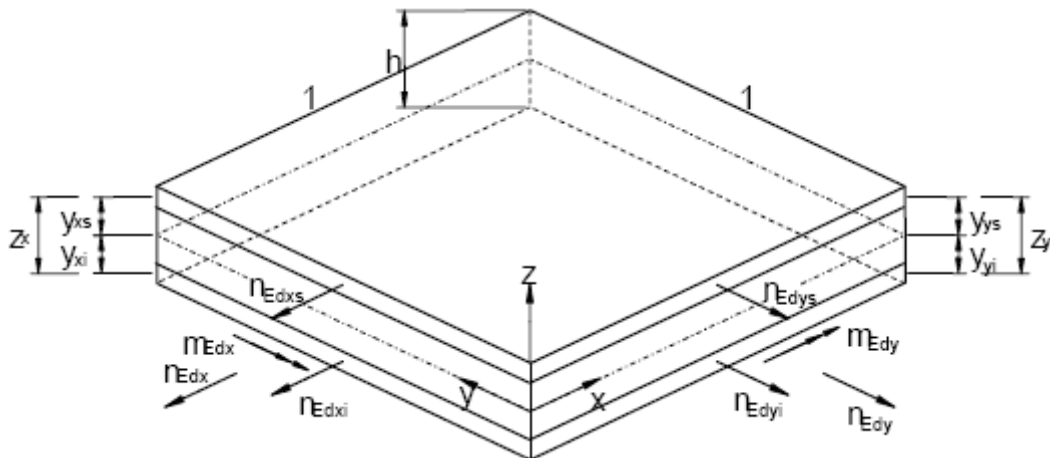
kjer so:

- z_x in z_y ročici sil, ki pripadata upogibnim momentom in membranskim osnim silam;
- y_{xs} , y_{xi} , y_{ys} , y_{yi} razdalje od središča armature do osrednje ravnine elementa v x in y smereh v povezavi s prevzemom upogiba in membranskih osnih sil; velja še:

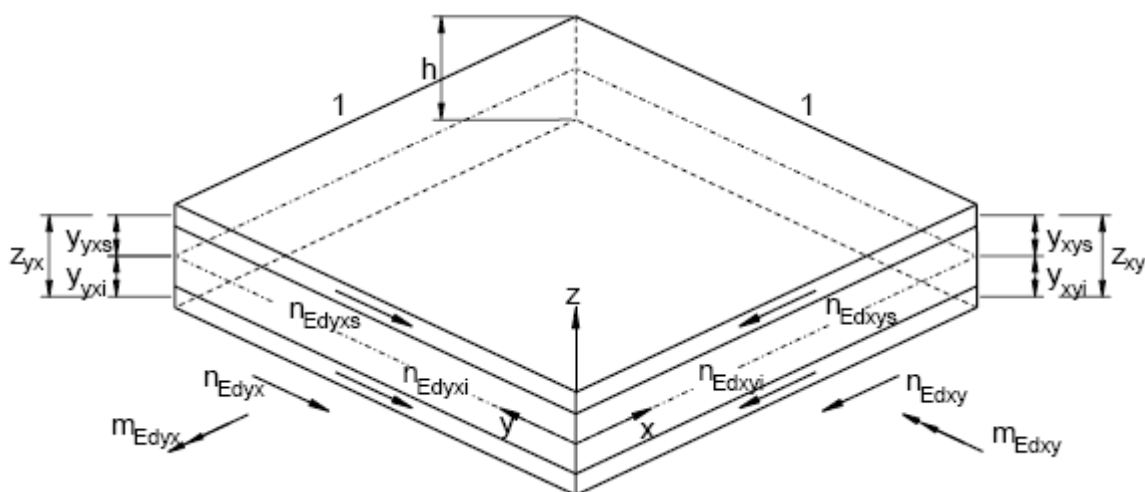
$$z_x = y_{xs} + y_{xi} \quad \text{in} \quad z_y = y_{ys} + y_{yi};$$

- y_{yxs} , y_{yxi} , y_{xys} , y_{xyi} razdalje od središča armature do osrednje ravnine elementa v povezavi s prevzemom torzijskih momentov in strižnih sil v ravnini; velja torej

$$z_{yx} = y_{yxs} + y_{yxi} \quad \text{in} \quad z_{xy} = y_{xys} + y_{xyi}.$$



Obremenitev ploskovnega elementa in pripadajoče osne sile v zunanjih plasteh (SIST EN 1992-2, 2005, str. 70)



Obremenitev ploskovnega elementa (strižne sile v ravnini in torzijski momenti) ter pripadajoče osne sile v zunanjih plasteh (SIST EN 1992-2, 2005, str. 70)

Tam kjer je strižna armatura potrebna, se zaradi vzdolžne sile rezultirajoče iz modela grede ($v_{Ed0} \cot \theta$) pojavijo naslednje dodatne membranske sile v x in y smereh:

$$n_{Edxc} = \frac{v_{Edx}^2 \cot \theta_{sh}}{v_{Ed0}}, \quad (3-28)$$

$$n_{Edxyc} = \frac{v_{Edx} v_{Edy} \cot \theta_{sh}}{v_{Ed0}}, \quad (3-29)$$

$$n_{Edyc} = \frac{v_{Edy}^2 \cot \theta_{sh}}{v_{Ed0}}, \quad (3-30)$$

$$n_{Edyxc} = n_{Edxyc} = \frac{v_{Edx} v_{Edy} \cot \theta_{sh}}{v_{Ed0}}. \quad (3-31)$$

Zunanji plasti se dimenzionira kot membranska elementa, z uporabo pravil za dimenzioniranje po točki 6.109 standarda SIST EN 1992-2 in dodatka F standarda SIST EN 1992-1-1 oziroma SIST EN 1992-2.

V splošnem se lahko za količine s prejšnjih dveh slik Obremenitev ploskovnega elementa in pripadajoče osne sile v zunanjih plasteh (SIST EN 1992-2, 2005, str. 70) in Obremenitev

ploskovnega elementa (strižne sile v ravnini in torzijski momenti) in pripadajoče osne sile v zunanjih plasteh (SIST EN 1992-2, 2005, str. 70) privzame naslednje poenostavljene vrednosti:

$$y_{ns} = y_{xs} = y_{ys}, \quad (3-32)$$

$$y_{ni} = y_{xi} = y_{yi}, \quad (3-33)$$

$$y_{ts} = y_{xys} = y_{yxs}, \quad (3-34)$$

$$y_{ti} = y_{xyi} = y_{yxi}, \quad (3-35)$$

$$z_x = z_y = z_n = y_{ns} + y_{ni}, \quad (3-36)$$

$$z_{xy} = z_{yx} = z_t = y_{ts} + y_{ti}. \quad (3-37)$$

Razlika med z_n in z_t se v splošnem lahko zanemari ob predpostavki, da je debelina zunanjih plasti enaka dvakratnemu kritju betona, torej velja:

$$y_{ns} = y_{ts} = y_s, \quad (3-38)$$

$$y_{ni} = y_{ti} = y_i, \quad (3-39)$$

$$z_n = z_t = z. \quad (3-40)$$

Na osnovi zgornjih poenostavitev, lahko sile v zunanjih plasteh določimo na naslednji način:

V primeru, ko posebna strižna armatura ni potrebna za prevzem strižne obremenitve izven ravnine v_{Edx} in v_{Edy} :

$$n_{Edx,s} = n_{Edx} \frac{z - y_s}{z} + \frac{m_{Edx}}{z}, \quad (3-41)$$

$$n_{\text{Edx},i} = n_{\text{Edx}} \frac{z - y_i}{z} - \frac{m_{\text{Edx}}}{z}, \quad (3-42)$$

$$n_{\text{Edy},s} = n_{\text{Edy}} \frac{z - y_s}{z} + \frac{m_{\text{Edy}}}{z}, \quad (3-43)$$

$$n_{\text{Edy},i} = n_{\text{Edy}} \frac{z - y_i}{z} - \frac{m_{\text{Edy}}}{z}, \quad (3-44)$$

$$n_{\text{Edxy},s} = n_{\text{Edxy}} \frac{z - y_s}{z} - \frac{m_{\text{Edxy}}}{z}, \quad (3-45)$$

$$n_{\text{Edxy},i} = n_{\text{Edxy}} \frac{z - y_i}{z} + \frac{m_{\text{Edxy}}}{z}. \quad (3-46)$$

V primeru, ko je za prevzem strižne obremenitve izven ravnine v_{Edx} in v_{Edy} potrebna posebna strižna armatura:

$$n_{\text{Edx},s} = n_{\text{Edx}} \frac{z - y_s}{z} + \frac{m_{\text{Edx}}}{z} + \frac{1}{2} \frac{v_{\text{Edx}}^2}{v_{\text{Ed0}}} \cot \theta_{\text{sh}}, \quad (3-47)$$

$$n_{\text{Edx},i} = n_{\text{Edx}} \frac{z - y_i}{z} - \frac{m_{\text{Edx}}}{z} + \frac{1}{2} \frac{v_{\text{Edx}}^2}{v_{\text{Ed0}}} \cot \theta_{\text{sh}}, \quad (3-48)$$

$$n_{\text{Edy},s} = n_{\text{Edy}} \frac{z - y_s}{z} + \frac{m_{\text{Edy}}}{z} + \frac{1}{2} \frac{v_{\text{Edy}}^2}{v_{\text{Ed0}}} \cot \theta_{\text{sh}}, \quad (3-49)$$

$$n_{\text{Edy},i} = n_{\text{Edy}} \frac{z - y_i}{z} - \frac{m_{\text{Edy}}}{z} + \frac{1}{2} \frac{v_{\text{Edy}}^2}{v_{\text{Ed0}}} \cot \theta_{\text{sh}}, \quad (3-50)$$

$$n_{\text{Edxy},s} = n_{\text{Edxy}} \frac{z - y_s}{z} - \frac{m_{\text{Edxy}}}{z} + \frac{1}{2} \frac{v_{\text{Edx}} v_{\text{Edy}}}{v_{\text{Ed0}}} \cot \theta_{\text{sh}}, \quad (3-51)$$

$$n_{\text{Edxy},i} = n_{\text{Edxy}} \frac{z - y_i}{z} + \frac{m_{\text{Edxy}}}{z} + \frac{1}{2} \frac{v_{\text{Edx}} v_{\text{Edy}}}{v_{\text{Ed0}}} \cot \theta_{\text{sh}}. \quad (3-52)$$

Vsaka od plasti je lahko dimenzionirana z uporabo naslednjih enačb:

kontrola varnosti betona:

$$\sigma_{cd} t = - |n_{Edxy}| (\tan \theta + \cot \theta) \geq -\sigma_{cd,max} t, \quad (3-53)$$

potrebni odpornosti v x in y smeri:

$$n_{Rdx} = n_{Edx} + n_{Edxy} \cot \theta, \quad (3-54)$$

$$n_{Rdy} = n_{Edy} + \frac{n_{Edxy}}{\cot \theta}. \quad (3-55)$$

Če je rezultatu (3-53) zadovoljeno, lahko izračunamo površine armature kot:

$$A_{Sx} = \frac{n_{Rdx}}{f_{yd}}, \quad (3-56)$$

$$A_{Sy} = \frac{n_{Rdy}}{f_{yd}}. \quad (3-57)$$

Če zahtevi glede napetosti betona ni zadovoljeno, potem je treba ukrepati na enega od naslednjih načinov:

- povečanje betonskega kritja in posledično zmanjšanje ročic notranjih sil;
- uporaba različnih vrednosti ročic z_n in z_t pri $z_n > z_t$; notranje napetosti v betonu se potem upošteva vektorsko;
- povečanje debeline plasti za zadovoljitev kontrole glede betona, brez spreminjanja lege armature. To povzroči ekscentričnost armature v plasti in posledično pojav dveh notranjih upogibnih momentov, katera morata biti v ravnotežju znotraj elementa lupine. V teh okoliščinah, notranje sile v armaturi korigiramo:

$$n_{E ds}^* = \left[n_{E ds} \left(h - \frac{t_s}{2} - b'_i \right) + n_{E di} \left(\frac{t_i}{2} - b'_i \right) \right] / (h - 2 b'_i) \quad (3-58)$$

$$n_{E di}^* = n_{E ds} + n_{E di} - n_{E ds}^* \quad (3-59)$$

kjer so:

t_s in t_i debelini zgornje in spodnje plasti, z upoštevanjem;

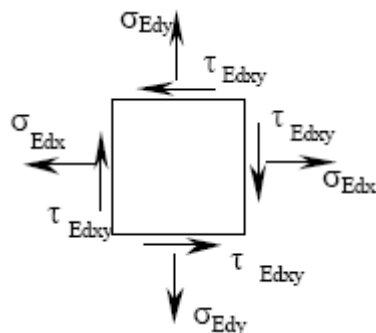
b'_i in b'_s razdalja od zunanje površine plasti do osi armature znotraj plasti.

4 KONTROLA MEJNEGA STANJA NOSILNOSTI MEMBRANSKIH ELEMENTOV

4.1 Namen

Težava s katero se srečamo pri uporabi linearno elastičnih analiz po metodi končnih elementov pri analizi betonskih mostov je, da so pridobljeni rezultati ponavadi v obliki napetosti, medtem ko so pravila določanja odpornosti v standardih predstavljena z izrazi rezultant napetosti, kot sta strižna sila in upogibni moment. To se nanaša na pravila za upogib in strig podana v standardih SIST EN 1992-1-1 in SIST EN 1992-2, v poglavjih 6.1 in 6.2. Pravila za dimenzioniranje membranskih elementov predstavljena v točki 6.109 standarda SIST EN 1992-2 določajo način dimenzioniranja direktno iz napetosti pridobljenih z dvodimenzionalnim linearno elastičnim modelom končnih elementov. Dogovorjen način označevanja napetosti v točki 6.109 standarda SIST EN 1992-2 je prikazan na naslednji sliki. Dogovor označevanja uporabljen v membranskih pravilih (SIST EN 1992-2, 2005, str. 34). Podana so pravila za uporabo pri elementih pod vplivom upogiba izven ravnine in torzije, v povezavi s slojevitim modelom iz dodatka LL. Dodatek MM standarda SIST EN 1992-2 podaja posebna priporočila za dimenzioniranje stojin škatlastih nosilcev pod vplivom striga in prečnega upogiba.

Zavedati se je treba, da uporaba teh pravil za dimenzioniranje membranskih elementov, kjer bi lahko bile uporabljene ostale enačbe odpornosti elementov (kakor v modelu striga, v standardu SIST EN 1992-1-1 oziroma SIST EN 1992-2, v odstavku 6.2), običajno vodi do izračunane manjše odpornosti. To je zato, ker membranska pravila ne upoštevajo plastične prerazporeditve znotraj prereza oziroma ne dovolijo uporabe rezultatov eksperimentalnih preizkusov, uporabljenih pri izpeljavi ostalih posebnih pravil odpornosti elementov.



Dogovor označevanja uporabljen v membranskih pravilih (SIST EN 1992-2, 2005, str. 34)

4.2 Dimenzioniranje membranskih elementov

Za dimenzioniranje armature in kontrolo tlačnih napetosti betona, standard SIST EN 1992-2, v točki 6.109, dovoljuje uporabo metod, zasnovanih na teoremu plastičnosti spodnje meje.

Dodatek F standarda SIST EN 1992-2 daje enačbe za dimenzioniranje armature. Toda dogovor označevanja za neposredne napetosti v dodatku F, se razlikuje od dogovora v točki 6.109 in s prejšnje slike Dogovor označevanja uporabljen v membranskih pravilih (SIST EN 1992-2, 2005, str. 34), (za tlak je uporabljena pozitivna vrednost v dodatku F, v točki 6.109 negativna). Glavne enačbe (F.8) do (F.10) dodatka F standarda SIST EN 1992-2:

$$f_{tdx} = |\tau_{Edxy}| \cot \theta - \sigma_{Edx}, \quad (4-1)$$

$$f_{tdy} = |\tau_{Edxy}| / \cot \theta - \sigma_{Edy}, \quad (4-2)$$

$$\sigma_{cd} = |\tau_{Edxy}| (\cot \theta + 1/\cot \theta), \quad (4-3)$$

so zato spodaj prirejene s spremembami, kar jih združuje s prejšnjo sliko Dogovor označevanja uporabljen v membranskih pravilih (SIST EN 1992-2, 2005, str. 34):

$$\rho_x \sigma_{sx} = |\tau_{Edxy}| \cot \theta + \sigma_{Edx} \leq \rho_x f_{yd,x}, \quad (4-4)$$

$$\rho_y \sigma_{sy} = |\tau_{Edxy}| \tan \theta + \sigma_{Edy} \leq \rho_y f_{yd,y}, \quad (4-5)$$

$$\sigma_{cd} = - |\tau_{Edxy}| (\tan \theta + \cot \theta) \geq -\sigma_{cd,max}, \quad (4-6)$$

kjer so ρ , σ_s in f_{yd} koeficient armiranja, napetost v armaturi in računsko meja tečenja, v vsaki obravnavani smeri. Kot θ je kot predpostavljenega plastičnega tlačnega polja, glede na x os. Napetost $\sigma_{cd,max}$ je maksimalna tlačna napetost v napetostnem polju betona.

Značilne omejitve dodatka F standarda SIST EN 1992-2 in zgornjih izrazov so, da mora biti armatura poravnana z X in Y smerjo v modelu analize (čeprav je z uporabo Mohr-ovih krogov možno rotirati pridobljeno napetostno polje za poravnavo z armaturo) in armatura ne sme biti poševno postavljena. V omenjenem primeru, je treba ali prilagoditi izraze, ali uporabiti podobne metode spodnje meje. Modificiran niz enačb za poševno armaturo je predstavljen v pod poglavju Dimenzioniranje poševne armature membranskih elementov.

Dodatek F standarda SIST EN 1992-2 podaja izraze (F.2) do (F.7), kateri so optimirani za zagotavljanje minimalne količine armature (uporabiti je treba $\tan \theta = 1$, če je vrednost največje tlačne napetosti manjša ali enaka strižni napetosti; drugače je $\tan \theta = |\tau_{Edxy} / \sigma_{Edx}|$). Enačbe (F.2) do (F.7) dodatka F standarda SIST EN 1992-2 so spodaj prirejene tako, da so združljive s prejšnjo sliko Dogovor označevanja uporabljen v membranskih pravilih (SIST EN 1992-2, 2005, str. 34):

za $-\sigma_{Edx} \leq |\tau_{Edxy}|$:

$$(\rho_x \sigma_{sx})' = |\tau_{Edxy}| + \sigma_{Edx} \leq \rho_x f_{yd,x}, \quad (4-7)$$

$$(\rho_y \sigma_{sy})' = |\tau_{Edxy}| + \sigma_{Edy} \leq \rho_y f_{yd,y}, \quad (4-8)$$

$$\sigma_{cd} = -2 |\tau_{Edxy}| \geq -\sigma_{cd,max}, \quad (4-9)$$

za $-\sigma_{Edx} > |\tau_{Edxy}|$:

$$(\rho_x \sigma_{sx})' = 0, \quad (4-10)$$

$$(\rho_y \sigma_{sy})' = \frac{\tau_{Edxy}^2}{\sigma_{Edx}} + \sigma_{Edy} \leq \rho_y f_{yd,y}, \quad (4-11)$$

$$\sigma_{cd} = \sigma_{Edx} \left(1 + \left(\frac{\tau_{Edxy}}{\sigma_{Edx}} \right)^2 \right) \geq -\sigma_{cd,max}. \quad (4-12)$$

Optimirane enačbe pri $\theta = 45^\circ$, pogosto niso veljavne glede na pravila v točki 6.109 standarda SIST EN 1992-2, kadar optimirani kot lahko leži izven dovoljenih mej, navedenih v nadaljevanju.

Ker ima beton omejeno duktilnost, ni možno na slepo uporabiti plastične analize z metodami spodnje meje, zato so v točki 6.109 standarda SIST EN 1992-2, v odstavku (103) postavljene meje glede na odklon predpostavljenega plastičnega tlačnega polja definirane s kotom θ , od kota θ_{el} glavne tlačne napetosti po teoriji elastičnosti v nerazpokanem stanju (to je podobno zahtevam idealizacije pri modelu z vezmi in razporami).

Oba kota sta merjena od x osi. Če sta obe glavni napetosti natezni, se izbere za določitev θ_{el} manj natezna od glavnih napetosti. θ_{el} se lahko izračuna s pomočjo enačb ali z Mohr-ovimi krogi. V mejnem stanju nosilnosti je razlika $|\theta - \theta_{el}|$ omejena na 15° po zahtevi standarda SIST EN 1992-2, v točki 6.109, v odstavku (103).

Dovoljena napetost v betonu se zmanjša glede na odklon smeri predpostavljenega plastičnega tlačnega polja od smeri elastične glavne tlačne napetosti. To je vglavnem, skladno z mnogimi od različnih dostopnih virov z napotki za modeliranje z vezmi in razporami.

Izračunana tlačna trdnost iz enačbe (4-6), naj ne preseže meje, katera zavisi od izračunanih elastičnih glavnih tlačnih napetosti in domnevne smeri tlačnega napetostnega polja.

Standard SIST EN 1992-2 podaja vrednosti $\sigma_{cd,max}$ za tri mejne situacije. V vseh situacijah velja $\alpha_{cc} = 1,0$ v definiciji f_{cd} , v primeru tlačne meje podane v standardu SIST EN 1992-1-1 oziroma SIST EN 1992-2 v točki 3.1.6, in v primeru porušne strižne meje v točki 6.2:

- Če sta pri enoosnem ali dvoosnem tlaku in strigu, maksimalna in minimalna glavna napetost po elastični analizi σ_1 in σ_2 tlačni, je maksimalna dovoljena tlačna napetost v napetostnem polju betona:

$$\sigma_{cd,max} = 0.85 f_{cd} \frac{1 + 3.80 \alpha}{(1 + \alpha)^2}, \quad (4-13)$$

kjer je $\alpha = \sigma_2 / \sigma_1 \leq 1$, razmerje med glavnima napetostima. To velja, če sta obe napetosti σ_{Edx} in σ_{Edy} tlačni in $\sigma_{Edx} \sigma_{Edy} \geq \tau_{Edxy}^2$. V tem primeru armatura ni potrebna, kot je podano v dodatku F standarda SIST EN 1992-1-1, v odstavku (3). Računska tlačna trdnost betona je v tem primeru maksimalna glavna tlačna napetost, in izraza (4-6) tukaj ni primerno uporabiti.

- Če je vsaj ena glavna napetost natezna, in če sta napetosti v armaturi določeni pri kotu $\theta = \theta_{el}$ iz enačb (4-4) in (4-5), manjši ali enaki meji tečenja, potem maksimalni dovoljeni tlak v napetostnem polju betona variira z napetostjo armature kot sledi:

$$\sigma_{cd,max} = f_{cd} \left[0.85 f_{cd} - \frac{\sigma_s}{f_{yd}} (0.85 - \nu) \right], \quad (4-14)$$

kjer je σ_s maksimalna natezna napetost v armaturi in $\nu = 0.6 (1 - f_{ck} / 250)$. Dovoljena tlačna napetost torej variira od $0.85 f_{cd}$ (katera je skladna z dovoljeno napetostjo $0.85 f_{ck} / 1.5$ pri dimenzioniranju elementov pri upogibu in osni obremenitvi) do νf_{cd} za elemente, kjer je prisotna napetost tečenja v armaturi (katera je skladna z dovoljeno tlačno napetostjo νf_{cd} pri dimenzioniranju elementov v strigu).

- Če je armatura določena z uporabo enačb (4-4) in (4-5), in je prisotna napetost tečenja v armaturi katerekoli smeri, potem je maksimalni dovoljeni tlak v napetostnem polju betona:

$$\sigma_{cd,max} = \nu f_{cd} (1 - 0.032 |\theta - \theta_{el}|). \quad (4-15)$$

Ta redukcija je zelo natančna in daje bolj konzervativne rezultate kot armaturni model v standardu SIST EN 1992-2, v točki 6.2, kjer za dovoljeno tlačno napetost lahko vedno upoštevamo vrednost $v f_{cd}$, ne glede na kot razpore. Z odklonom kota tlačne razpore po elastični analizi, si ne priskrbimo povečanja tlačne meje v izrazu (4-15), ko armatura ni polno izkoriščena.

V povzetku je treba omeniti, da pri dimenzioniranju armature z uporabo $\theta = \theta_{el}$, ki je polno napeta, ima tlačna meja vrednost $v f_{cd}$. Če je potreben odklon od $\theta = \theta_{el}$ za pridobitev željenega razporeda armature, potem ima tlačna meja vrednost manjšo od $v f_{cd}$. Zato je vedno potrebno izračunati θ_{el} , da se določi katera tlačna meja je primerna. Uporaba in omejitve teh membranskih pravil so ponazorjene v podpoglavju Uporaba pravil dimenzioniranja membranskih elementov. Njihova uporaba pri dimenzioniranju ploskovnih elementov v strigu in prečnem upogibu je obdelana v dodatku MM standarda SIST EN 1992-2.

4.3 Uporaba pravil dimenzioniranja membranskih elementov

V spodnjih primerih povzetih iz literature (Designers' Guide to EN 1992-2, Eurocode 2: Design of Concrete Structures, Part 2: Concrete bridges) je uporabljen dogovor označevanja napetosti s prejšnje slike Dogovor označevanja uporabljen v membranskih pravilih (SIST EN 1992-2, 2005, str. 34)-tlačna napetost je negativna. Betonski element je iz betona C40/50 in je debeline 400 mm. Armatura ima računsko vrednost meje tečenja $f_{yd} = 435$ MPa. Izračunana je potrebna armatura v x in y smereh za določeno število napetostnih polj, preverjena pa je tudi primernost betona v tlaku.

4.3.1 Dvoosni tlak in strig

V primeru upoštevamo naslednje napetosti:

$$\sigma_{Edx} = - 20 \text{ MPa,}$$

$$\sigma_{Edy} = - 4 \text{ MPa,}$$

$$\tau_{\text{Edxy}} = 7 \text{ MPa.}$$

Z uporabo enačbe (2-20) lahko pridobimo maksimalno in minimalno glavno napetost, z vrednostjo $\sigma_1 = -22.6 \text{ MPa}$ in $\sigma_2 = -1.4 \text{ MPa}$, tako da je beton v celoti v tlaku (to ponazarja tudi $\sigma_{\text{Edx}} \sigma_{\text{Edy}} \geq \tau_{\text{Edxy}}^2 \rightarrow 20 \times 4 = 80 \geq 7^2 = 49$).

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{cd,max}} &= 0.85 f_{\text{cd}} \frac{1 + 3.80 \alpha}{(1 + \alpha)^2} \\ &= 0.85 \times 1.0 \times \frac{40}{1.5} \times \frac{1 + 3.80 \times 0.06}{(1 + 0.06)^2} = 24.8 \text{ MPa} > \sigma_1 = 22.6 \text{ MPa.} \end{aligned}$$

V tem primeru je za α_{cc} upoštevana vrednost $\alpha_{\text{cc}} = 1.0$, kot je omenjeno v podpoglavju Dimenzioniranje membranskih elementov.

Beton ustreza, armatura pa ni potrebna.

4.3.2 Enosni tlak in strig

V primeru upoštevamo naslednje napetosti:

$$\sigma_{\text{Edx}} = -20 \text{ MPa,}$$

$$\sigma_{\text{Edy}} = 0 \text{ MPa,}$$

$$\tau_{\text{Edxy}} = 6.72 \text{ MPa.}$$

Zgornja strižna napetost je maksimalna dovoljena strižna napetost, glede na pravila striga stojine in pasnice v standardu SIST EN 1992-1-1, v točki 6.2.4:

$$v_{\text{Edy}} < v f_{\text{cd}} \sin \theta_f \cos \theta_f$$

s kotom razpore $\theta_f = 45^\circ$, uporabljenim za pridobitev maksimalne porušne odpornosti.

Iz enačbe (6.21), v točki 6.2.4, standarda SIST EN 1992-1-1 sledi:

$$\frac{A_s f_{yd}}{s_f h_f} = \rho_y f_{yd} = \tau_{Edxy} = 6.72 \text{ MPa},$$

tako, da je koeficient armiranja $\rho_y = 6.72 / 435 = 0.0154$. Potrebna prečna armatura je torej:

$$0.0154 \times 40 \text{ cm} = 61.6 \text{ cm}^2/\text{m}.$$

Iz enačbe (6.22), v točki 6.2.4, standarda SIST EN 1992-1-1 sledi, da ima odpornost betona na strižno napetost pri kotu $\theta_f = 45^\circ$ vrednost:

$$v f_{cd} / 2 = \frac{0.6 (1 - 40 / 250) \times 40 / 1.5}{2} = 6.72 \text{ MPa},$$

kar je enakovredno uporabljeni strižni napetosti, tako da je napetost v betonu ravno primerna. Za koeficient α_{cc} v primeru striga je uporabljena vrednost $\alpha_{cc} = 1.0$, glede na točko 3.1.6. standarda SIST EN 1992-1-1 oziroma SIST EN 1992-2.

Odkloni od kota bodo zmanjšali prečno strižno armaturo, toda zmanjšali bodo tudi porušno odpornost, tako da bo beton preobremenjen.

Kontrola je sedaj ponovljena, z uporabo membranskih pravil in z uravnavanjem kota predpostavljenega plastičnega tlačnega polja na njegovo pripadajočo vrednost iz elastične analize.

Z uporabo enačbe (2-20) sta maksimalna in minimalna glavna napetost vrednosti

$$\sigma_1 = -22.0 \text{ MPa} \text{ in } \sigma_2 = 2.0 \text{ MPa}:$$

$$2 \theta_{el} = \tan^{-1} \left(\frac{6.72}{\frac{1}{2}(20 - 0)} \right) = 33.90^\circ \text{ tako da je } \theta_{el} = 16.95^\circ,$$

$$\rho_x \sigma_{sx} = |\tau_{Edxy}| \cot \theta + \sigma_{Edx} = 6.72 \times \cot 16.95^\circ - 20 = 2.05 \text{ MPa},$$

$$\rho_y \sigma_{sy} = |\tau_{Edxy}| \tan \theta + \sigma_{Edy} = 6.72 \times \tan 16.95^\circ + 0 = 2.05 \text{ MPa}.$$

Ob predpostavki, da je armatura polno izkoriščena, ima koeficient armiranja v vsaki smeri vrednost $\rho = 2.05 / 435 = 0.00475$, kar je enakovredno količini armature $0.00475 \times 40 \text{ cm} = 19.0 \text{ cm}^2/\text{m}$. Torej, potrebno je manj prečne armature, kakor iz pravil v točki 6.2.4 standarda SIST EN 1992-1-1, toda potrebno je tudi nekaj vzdolžne armature:

$$\sigma_{cd} = - |\tau_{Edxy}| (\tan \theta + \cot \theta) = - 6.72 \times (\tan 16.95^\circ + \cot 16.95^\circ) = - 24.1 \text{ MPa}.$$

Ob predpostavki, da bo dimenzionirana armatura polno napeta in z upoštevanjem koeficienta armiranja določenega zgoraj, dovoljena napetost v betonu sledi iz enačbe (4-14):

$$\sigma_{cd,max} = v f_{cd} = 0.6 (1 - 40 / 250) \times \frac{40}{1.5} = 13.44 \text{ MPa} \ll 24.1 \text{ MPa}$$

tako, da tlačna odpornost betona ni primerna. Tukaj so tri možnosti nadaljnjega ukrepanja:

- Če koeficient armiranja povečamo, in se napetost v armaturi zmanjša ter se odpornost betona iz enačbe (4-14) sicer poveča, toda ne more se povečati nad:

$$\sigma_{cd,max} = 0.85 f_{cd} = 0.85 \times \frac{40}{1.5} = 22.67 \text{ MPa} < 24.1 \text{ MPa},$$

tako, da rešitev z uporabo kota tlačnega polja enakovrednega kotu elastične glavne napetosti, rezultira v premajhni vrednosti maksimalnega dovoljenega tlaka v napetostnem polju betona.

- Če vzamemo vrednost 45° za kot predpostavljenega plastičnega tlačnega polja, kakor pri dimenzioniranju glede na pravila striga stojine in pasnice v točki 6.2.4, standarda SIST EN 1992-1-1 oziroma SIST EN 1992-2; kontrola rezultira osnovno količino armature in uporabljeno tlačno napetost betona, torej v primeren rezultat kontrole. Toda ta rešitev ni dovoljena glede na pravila membranskih elementov iz odstavka (103), točki 6.109, standarda SIST EN 1992-2, zaradi odklona smeri plastičnega tlačnega polja od smeri elastične glavne tlačne napetosti v vrednosti $|\theta - \theta_{el}| = 45 - 16.95 = 28.05 > 15^\circ$, ki je večja od maksimalne dovoljene.

- Če je odklon smeri plastičnega tlačnega polja od smeri elastične glavne tlačne napetosti povečan za maksimalno dovoljenih 15° tako, da je $\theta = 15 + 16.95 = 31.95^\circ$, potem je:

$$\begin{aligned}\sigma_{cd} &= -|\tau_{Edxy}| (\tan \theta + \cot \theta) \\ &= -6.72 \times (\tan 31.95^\circ + \cot 31.95^\circ) = -14.97 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

kar je velika redukcija. Vrednost maksimalne dovoljene tlačne napetosti v napetostnem polju betona je tudi zmanjšana glede na enačbo (4-15), tako da dobimo:

$$\begin{aligned}\sigma_{cd,max} &= v f_{cd} (1 - 0.032 |\theta - \theta_{el}|) \\ &= 0.6 (1 - 40 / 250) \times \frac{40}{1.5} \times (1 - 0.032 \times 15) \\ &= 6.99 \text{ MPa} \ll 14.97 \text{ MPa.}\end{aligned}$$

Torej, primernost betona ne more biti dokazana z uporabo membranskih pravil, čeprav je bil beton dokazan kot primeren z uporabo pravil v točki 6.4.2, standarda SIST EN 1992-1-1 oziroma SIST EN 1992-2. To ponazarja, da je ponavadi bolj smiselno uporabiti ostale formule odpornosti iz standardov, kjer je možno.

4.3.3 Enosni tlak

V primeru upoštevamo naslednje napetosti:

$$\sigma_{Edx} = -20 \text{ MPa,}$$

$$\sigma_{Edy} = 0 \text{ MPa,}$$

$$\tau_{Edxy} = 0 \text{ MPa.}$$

Kot predpostavljenega plastičnega tlačnega polja je nastavljen na kot elastične glavne tlačne napetosti, in izrazi za armaturo so izpeljani za majhno strižno napetost:

Rizvić, M. 2010. Dimenzioniranje armiranobetonskih ploskovnih elementov po standardih Evrokod 2. Dipl. nal. – VSŠ Ljubljana. UL. FGG. Odd. za gradbeništvo. Konstrukcijska smer.

$$\tan(2 \theta_{el}) = \frac{2 \tau_{Edxy}}{-\sigma_{Edx}}$$

tako, da je pri $\tau_{Edxy} \rightarrow 0$ MPa:

$$\tan \theta_{el} = \frac{\tau_{Edxy}}{-\sigma_{Edx}} = 0$$

(kjer je treba upoštevati pozitivno vrednost za $\tan \theta$). Armatura je potem določena iz enačb (4-4) in (4-5), kot sledi:

$$\rho_x \sigma_{sx} = |\tau_{Edxy}| \cot \theta + \sigma_{Edx} = |\tau_{Edxy}| \frac{-\sigma_{Edx}}{\tau_{Edxy}} + \sigma_{Edx} = 0,$$

$$\rho_y \sigma_{sy} = |\tau_{Edxy}| \tan \theta + \sigma_{Edy} = |\tau_{Edxy}| \frac{\tau_{Edxy}}{-\sigma_{Edx}} + \sigma_{Edy} = \sigma_{Edy} = 0 \text{ za } \tau_{Edxy} = 0 \text{ MPa,}$$

pri $\tau_{Edxy} = 0$ MPa. Tlačna napetost v betonu je potem:

$$\sigma_{cd} = -|\tau_{Edxy}| (\tan \theta + \cot \theta) = -|\tau_{Edxy}| \left(\frac{\tau_{Edxy}}{-\sigma_{Edx}} + \frac{-\sigma_{Edx}}{\tau_{Edxy}} \right) = -\sigma_{Edx} = -20 \text{ MPa.}$$

Ker ni potrebe po armaturi, je lahko vrednost maksimalnega dovoljenega tlaka v napetostnem polju betona kontrolirana z uporabo enačbe (4-14):

$$\begin{aligned} \sigma_{cd,max} &= f_{cd} \left[0.85 f_{cd} - \frac{\sigma_s}{f_{yd}} (0.85 - \nu) \right] \\ &= 0.85 f_{cd} = 0.85 \times \frac{40}{1.5} = 22.67 \text{ MPa} > 20 \text{ MPa.} \end{aligned}$$

4.3.4 Enoosni nateg

V primeru upoštevamo naslednje napetosti:

$$\sigma_{Edx} = 5 \text{ MPa},$$

$$\sigma_{Edy} = 0 \text{ MPa},$$

$$\tau_{Edxy} = 0 \text{ MPa}.$$

Kot predpostavljenega plastičnega tlačnega polja je nastavljen na kot elastične glavne napetosti, in upoštevana je majhna strižna napetost:

$$\tan(2 \theta_{el}) = \tan\left(\pi - \frac{2 \tau_{Edxy}}{\sigma_{Edx}}\right)$$

pri $\tau_{Edxy} \rightarrow 0 \text{ MPa}$, je:

$$\tan \theta_{el} = \tan\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\tau_{Edxy}}{\sigma_{Edx}}\right) \rightarrow \infty,$$

kar ponazarja težavo pri zbiru predpostavljenega kota $\theta = \theta_{el}$.

Kot predpostavljenega plastičnega tlačnega polja lahko nastavimo na kot 45° , kot priporoča dodatek F standarda SIST EN 1992-2, za pridobitev optimizirane količine armature.

Armatura je potem določena iz enačb (4-7) in (4-8), kot sledi:

$$(\rho_x \sigma_{sx})' = |\tau_{Edxy}| + \sigma_{Edx} = \sigma_{Edx} = 5 \text{ MPa},$$

$$(\rho_y \sigma_{sy})' = |\tau_{Edxy}| + \sigma_{Edy} = 0.$$

Potrebna količina armature v x smeri je torej $5.0 / 435 \times 40 \text{ cm} = 46.0 \text{ cm}^2/\text{m}$, medtem ko v y smeri armatura ni potrebna. Tlačna napetost v betonu je določena z izrazom (4-9), kot sledi:

$$\sigma_{cd} = 2 |\tau_{Edxy}| = 0.$$

Toda v tem primeru kot θ odstopa od dovoljenega odklona kota predpostavljenega plastičnega tlačnega polja od kota elastične glavne napetosti, ki ima dovoljeno mejo 15° . To ni skladno s pravili membranskih elementov v odstavku (103), v točki 6.109, standarda SIST EN 1992-2.

V tem posebnem primeru, lahko zgornji problem premagamo z variiranjem kota θ znotraj 15° meje dovoljenega odklona kota predpostavljenega plastičnega tlačnega polja od kota elastične glavne napetosti. Če je $\theta = 85^\circ$, potem dobimo:

$$\rho_x \sigma_{sx} = |\tau_{Edxy}| \cot \theta + \sigma_{Edx} = 0 + 5 = 5 \text{ MPa}$$

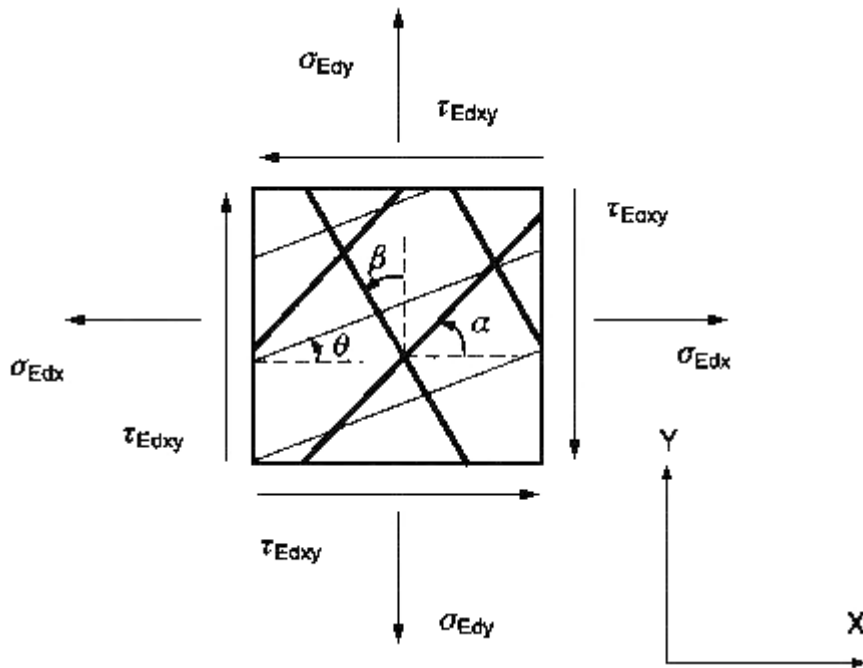
$$\rho_y \sigma_{sy} = |\tau_{Edxy}| \tan \theta + \sigma_{Edy} = 0 + 0 = 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cd} = -|\tau_{Edxy}| (\tan \theta + \cot \theta) = 0 \text{ MPa}$$

Ta primer je prikazan samo kot poudarek glede problemov, ki se lahko pojavijo s strogim upoštevanjem kota tlačne razpore iz elastične analize.

4.4 Dimenzioniranje poševne armature v membranskih elementih

Možno je izpeljati izraze podobne izrazom (4-4) do (4-6) za primere s poševno armaturo. Takšni izrazi so bili predstavljeni s strani avtorjev Bertagnoli G., Carbone V.I., Giordano L. in Mancini G. Na žalost, njihovi izrazi predstavljeni na C.I. Premier Congress-u od 1 do 2 Julija 2003 v Milanu z naslovom '2nd International Speciality Conference on the Conceptual Approach to Structural Design', vsebujejo tiskarsko napako in zato niso direktno uporabni. V nadaljevanju so prirejeni s spremembami, za korigiranje napake in glede zapisa, združljivega z Evrokodom 2. Dogovor označevanja je prikazan na naslednji sliki Dogovor označevanja za membranska pravila pri poševni armaturi (Designers' Guide to EN 1992-2, Eurocode 2: Design of Concrete Structures, Part 2: Concrete bridges; 2007, str. 222).



Dogovor označevanja za membranska pravila pri poševni armaturi (Designers' Guide to EN 1992-2, Eurocode 2: Design of Concrete Structures, Part 2: Concrete bridges; 2007, str. 222)

$$\rho_{\alpha} \sigma_{s\alpha} = \frac{\sigma_{Edx} \sin \theta \cos \beta - \sigma_{Edy} \cos \theta \sin \beta + \tau_{Edxy} \cos(\theta + \beta)}{\sin(\theta - \alpha) \cos(\alpha - \beta)} \quad (4-16)$$

$$\rho_{\beta} \sigma_{s\beta} = \frac{\sigma_{Edx} \sin \theta \sin \alpha + \sigma_{Edy} \cos \theta \cos \alpha + \tau_{Edxy} \cos(\theta + \alpha)}{\cos(\theta - \beta) \cos(\alpha - \beta)} \quad (4-17)$$

$$\sigma_{cd} = \sigma_{Edx} - \tau_{Edxy} \tan \theta - \rho_{\alpha} \sigma_{s\alpha} \cos(\theta - \alpha) \frac{\cos \alpha}{\cos \theta} + \rho_{\beta} \sigma_{s\beta} \sin(\theta - \beta) \frac{\sin \beta}{\cos \theta} \quad (4-18)$$

Pri uporabi zgornjih enačb, je bistveno, držati se dogovora označevanja za kote in napetosti s prejšnje slike (Dogovor označevanja za membranska pravila s poševno armaturo), (pozitivna smer je v nasprotni smeri urinega kazalca), in da je uporabljena smer plastičnega tlačnega polja θ , v istem kvadrantu, kakor kot θ_{el} smeri elastične glavne tlačne napetosti v nerazpokanem stanju. To ni potrebno v osnovnih enačbah od (4-4) do (4-6), kjer je kot θ vedno uporabljen kot pozitiven.

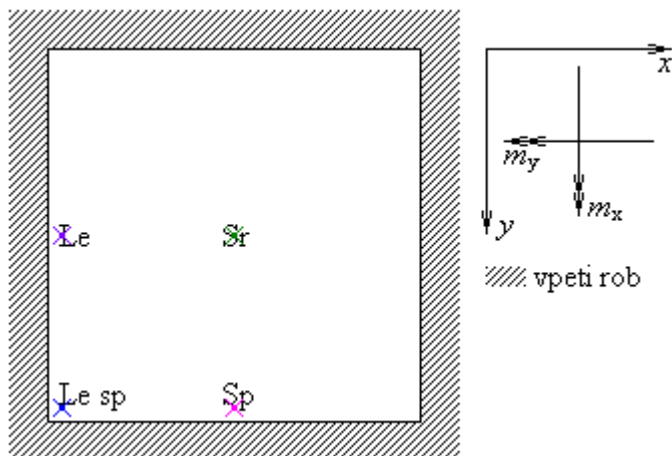
5 PRIMERI

5.1 Primer A; Dimenzioniranje armiranobetonske plošče glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2, z izračunom notranjih sil z uporabo računalniškega programa AMSES Plate

Naslednji primer predstavlja dimenzioniranje armiranobetonske plošče glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2, kjer je za račun notranjih sil po metodi končnih elementov uporabljen računalniški program AMSES Plate. Za armiranobetonsko ploščo je uporabljen beton C25/30 in armatura S500. Armiranobetonska plošča pravokotne oblike, vpeta z vseh štirih strani je tlorisnih dimenzij $l_x = 5 \text{ m} \times l_y = 5 \text{ m}$, debeline $h = 20 \text{ cm}$ in z betonskim kritjem armature $a = 2.5 \text{ cm}$. Obtežba plošče je vertikalna porazdeljena obtežba $q_{zd} = 10 \text{ kN/m}^2$, razporejena po njenem celotnem tlorisu.

Armiranobetonska plošča je dimenzionirana v štirih točkah, v katerih je pričakovano, da se bodo pojavile največje vrednosti potrebne količine armature. To so točka z oznako Sr na sredini plošče, točka Le na enem robu, točka Sp na sosednjem robu in točka Le sp v kotu plošče. Za ploščo je predpostavljeno, da je v razpokanem stanju. Notranje sile so izračunane po metodi končnih elementov z računalniškim programom AMSES Plate v vseh štirih točkah. Za dimenzioniranje armiranobetonske plošče so uporabljeni izrazi predstavljeni v poglavju 3 (KONTROLA MEJNEGA STANJA NOSILNOSTI PLOSKOVNIH ELEMENTOV V SKLADU S STANDARDOM SIST EN 1992-2).

Najprej je dimenzionirana srednja plast ploskovnega elementa, kjer je preverjena potreba po prečni armaturi v vseh štirih točkah plošče. Nato sta dimenzionirani zunanji plasti ploskovnega elementa, kjer je izračunana potrebna količina vzdolžne armature in preverjena varnost betona, v vseh štirih točkah. Nato je izvedena primerjava potrebnih količin armature izračunanih z uporabo pravil iz dodatka LL standarda SIST EN 1992-2 in z uporabo računalniškega programa AMSES Plate. Na koncu je poleg primerjave potrebne količine armature izračunane po dodatku LL in AMSES Plate, izvedena še primerjava z armaturo iz drugega primera (5.2).

Podatki:

Slika 5-1: Primer A (5.1)

Beton: C25/30

Armatura: S500

Dimenzije plošče: $l_x = 5$ m $l_y = 5$ m $h = 20$ cm $a = 2.5$ cmObtežba: $q_{zd} = 10$ kN/m²**Notranje sile pridobljene z MKE (metoda končnih elementov) z računalniškim programom AMSES Plate:**

Preglednica 5-1: Notranje sile pridobljene z MKE s programom AMSES Plate, Primer A (5.1)

El.	h [m]	$n_{Ed,y}$ (n_{22}) [kN/m]	$n_{Ed,x}$ (n_{11}) [kN/m]	$n_{Ed,xy}$ (n_{12}) [kN/m]	$m_{Ed,y}$ (m_{22}) [kNm/m]	$m_{Ed,x}$ (m_{11}) [kNm/m]	$m_{Ed,xy}$ (m_{12}) [kNm/m]	$v_{Ed,y}$ (v_{32}) [kN/m]	$v_{Ed,x}$ (v_{31}) [kN/m]
Sr	0.2	0	0	0	5.294	5.34	-0.003	-0.009	-0.518
Le	0.2	0	0	0	-3.069	-12.488	0.013	-0.474	-21.003
Sp	0.2	0	0	0	-12.508	-3.322	-0.014	21.11	-0.442
Le sp	0.2	0	0	0	0.55	0.479	2.442	3.77	-3.641

Dimenzioniranje srednje plasti:

Preglednica 5-2: Dimenzioniranje srednje plasti, Primer A (5.1)

El.	h [m]	φ_0 [°]	ρ_l [-]	v_{Ed0} [kN/m]	$V_{Rd,c}/b$ [kN/m]	θ [°]	$v f_{cd} t_c / 2$ [kN/m]	A_s / s^2 [cm ² /m ²]	n_{xc} [kN/m]	n_{yc} [kN/m]	n_{xyc} [kN/m]
Sr	0.2	0.99538	0.0026	0.51807	78.3827	45					
Le	0.2	1.29284	0.0026	21.0083	78.3827	45					
Sp	0.2	-88.800	0.0026	21.1146	78.3827	45					
Le sp	0.2	-45.997	0.0026	5.24116	78.3827	45					

$$d = h - a = 0.175 \text{ m}$$

$$h = 0.2 \text{ m}$$

$$a = 0.025 \text{ m}$$

$$\tan \varphi_0 = v_y / v_x$$

$$\rho_l = \rho_x \cos^2 \varphi_0 + \rho_y \sin^2 \varphi_0$$

$$\rho_x = A_{s,x} / (b_w d)$$

$$\rho_y = A_{s,y} / (b_w d)$$

$$v_{Ed0}^2 = v_{Edx}^2 + v_{Edy}^2$$

$$v_{Ed0} < V_{Rd,c} / b \rightarrow A_{sw} = 0$$

$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \sigma_{cp} \right] b_w d$$

$$k = 1 + \sqrt{(200 / d)} \leq 2.0 \text{ pri } d \text{ v mm}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$b_w = 1 \text{ m}$$

$$d = 0.175 \text{ m}$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c < 0.2 f_{cd}$$

$$C_{Rd,c} = 0.18 / \gamma_c$$

$$k_1 = 1.0$$

$$v_{Ed0} < v f_{cd} t_c \sin \theta_{sh} \cos \theta_{sh}$$

$$v = 0.6 [1 - f_{ck} / 250]$$

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} \cot \theta_{sh}$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$A_{sw} = \frac{V_{Rd,s} s}{z f_{ywd} \cot \theta_{sh}}$$

$$s = 10 \text{ cm}$$

$$n_{Edxc} = \frac{v_{Edx}^2 \cot \theta_{sh}}{v_{Ed0}}$$

$$n_{Edyc} = \frac{v_{Edy}^2 \cot \theta_{sh}}{v_{Ed0}}$$

$$n_{Edyxc} = n_{Edyxc} = \frac{v_{Edx} v_{Edy} \cot \theta_{sh}}{v_{Ed0}}$$

Dimenzioniranje zunanjih plasti:

Preglednica 5-3: Dimenzioniranje zunanjih plasti, Primer A (5.1)

El.	h [m]	t_s [m]	t_i [m]	t_c [m]	y_s [m]	y_i [m]	z [m]	$n_{E_{dy,s}}$ [kN/m]	$n_{E_{dx,s}}$ [kN/m]	$n_{E_{dxy,s}}$ [kN/m]	$n_{E_{dy,i}}$ [kN/m]	$n_{E_{dx,i}}$ [kN/m]	$n_{E_{dxy,i}}$ [kN/m]
Sr	0.2	0.05	0.05	0.1	0.075	0.075	0.15	-35.293	-35.600	0.020	35.293	35.600	-0.020
Le	0.2	0.05	0.05	0.1	0.075	0.075	0.15	20.460	83.253	-0.087	-20.460	-83.253	0.087
Sp	0.2	0.05	0.05	0.1	0.075	0.075	0.15	83.387	22.147	0.093	-83.387	-22.147	-0.093
Le sp	0.2	0.05	0.05	0.1	0.075	0.075	0.15	-3.667	-3.193	-16.280	3.667	3.193	16.280

$$t_s = 2 a$$

$$t_i = 2 a$$

$$t_c = h - t_s - t_i$$

$$y_s = y_{ns} = y_{ts}$$

$$y_{ns} = y_{xs} = y_{ys} = h / 2 - a$$

$$y_i = y_{ni} = y_{ti}$$

$$y_{ni} = y_{xi} = y_{yi} = h / 2 - a$$

$$z = z_n = z_t$$

$$z_n = z_x = z_y = y_{ns} + y_{ni}$$

$$z_t = z_{xy} = z_{yx} = y_{ts} + y_{ti}$$

$$n_{E_{dy,s}} = n_{E_{dy}} \frac{z - y_s}{z} + \frac{m_{E_{dy}}}{z} \text{ za } A_{sw} = 0$$

$$n_{E_{dx,s}} = n_{E_{dx}} \frac{z - y_s}{z} + \frac{m_{E_{dx}}}{z} \text{ za } A_{sw} = 0$$

$$n_{\text{Edy,s}} = n_{\text{Edy}} \frac{z - y_s}{z} + \frac{m_{\text{Edy}}}{z} + \frac{1}{2} \frac{v_{\text{Edy}}^2}{v_{\text{Edo}}} \cot \theta_{\text{sh}} \text{ za } A_{\text{sw}} > 0$$

$$n_{\text{Edx,s}} = n_{\text{Edx}} \frac{z - y_s}{z} + \frac{m_{\text{Edx}}}{z} + \frac{1}{2} \frac{v_{\text{Edx}}^2}{v_{\text{Edo}}} \cot \theta_{\text{sh}} \text{ za } A_{\text{sw}} > 0$$

$$n_{\text{Edxy,s}} = n_{\text{Edxy}} \frac{z - y_s}{z} - \frac{m_{\text{Edxy}}}{z} \text{ za } A_{\text{sw}} = 0$$

$$n_{\text{Edxy,s}} = n_{\text{Edxy}} \frac{z - y_s}{z} - \frac{m_{\text{Edxy}}}{z} + \frac{1}{2} \frac{v_{\text{Edx}} v_{\text{Edy}}}{v_{\text{Edo}}} \cot \theta_{\text{sh}} \text{ za } A_{\text{sw}} > 0$$

$$n_{\text{Edy,i}} = n_{\text{Edy}} \frac{z - y_i}{z} - \frac{m_{\text{Edy}}}{z} \text{ za } A_{\text{sw}} = 0$$

$$n_{\text{Edx,i}} = n_{\text{Edx}} \frac{z - y_i}{z} - \frac{m_{\text{Edx}}}{z} \text{ za } A_{\text{sw}} = 0$$

$$n_{\text{Edy,i}} = n_{\text{Edy}} \frac{z - y_i}{z} - \frac{m_{\text{Edy}}}{z} + \frac{1}{2} \frac{v_{\text{Edy}}^2}{v_{\text{Edo}}} \cot \theta_{\text{sh}} \text{ za } A_{\text{sw}} > 0$$

$$n_{\text{Edx,i}} = n_{\text{Edx}} \frac{z - y_i}{z} - \frac{m_{\text{Edx}}}{z} + \frac{1}{2} \frac{v_{\text{Edx}}^2}{v_{\text{Edo}}} \cot \theta_{\text{sh}} \text{ za } A_{\text{sw}} > 0$$

$$n_{\text{Edxy,i}} = n_{\text{Edxy}} \frac{z - y_i}{z} + \frac{m_{\text{Edxy}}}{z} \text{ za } A_{\text{sw}} = 0$$

$$n_{\text{Edxy,i}} = n_{\text{Edxy}} \frac{z - y_i}{z} + \frac{m_{\text{Edxy}}}{z} + \frac{1}{2} \frac{v_{\text{Edx}} v_{\text{Edy}}}{v_{\text{Edo}}} \cot \theta_{\text{sh}} \text{ za } A_{\text{sw}} > 0$$

Kontrola napetosti v betonu in izračun potrebne količine armature v zunanjih plasteh:

Preglednica 5-4: Kontrola napetosti v betonu in potrebna količina armature, Primer A (5.1)

El.	Dimenzioniranje zgornje plasti				Dimenzioniranje spodnje plasti			
	σ_{cd} [MPa]	$-\sigma_{cd,max}$ [MPa]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	σ_{cd} [MPa]	$-\sigma_{cd,max}$ [MPa]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sr	-0.7120	-17.0307	0	0	-0.0016	-4.6847	0.8119	0.8205
Le	-0.0069	-4.6887	0.4711	1.9223	-1.6651	-17.6534	0	0
Sp	-0.0075	-4.7165	1.9185	0.5174	-1.6677	-17.7711	0	0
Le sp	-0.6512	-7.4354	0.2901	0.3010	-0.6512	-7.4354	0.4588	0.4479

$$\sigma_{cd,t} = \frac{n_{Edx} + n_{Edy}}{2} \pm \sqrt{\frac{(n_{Edx} - n_{Edy})^2}{4} + n_{Edxy}^2} \geq -\sigma_{cd,max} \quad t \text{ za } \sigma_1 < 0 \text{ in } \sigma_2 < 0$$

$$\sigma_{cd,s} = \left[\frac{n_{Edx,s} + n_{Edy,s}}{2} \pm \sqrt{\frac{(n_{Edx,s} - n_{Edy,s})^2}{4} + n_{Edxy,s}^2} \right] / t_s \geq -\sigma_{cd,max} \text{ za } \sigma_1 < 0 \text{ in } \sigma_2 < 0$$

$$\sigma_{cd,t} = -|n_{Edxy}| (\tan \theta + \cot \theta) \geq -\sigma_{cd,max} \quad t \text{ za } \sigma_1 \geq 0 \text{ ali } \sigma_2 \geq 0$$

$$\sigma_{cd,s} = [-|n_{Edxy}| (\tan \theta + \cot \theta)] / t_s \geq -\sigma_{cd,max} \text{ za } \sigma_1 \geq 0 \text{ ali } \sigma_2 \geq 0$$

$$\sigma_{cd,max} = \sigma_{cd,max} = 0.85 f_{cd} \frac{1 + 3.80 \alpha}{(1 + \alpha)^2} \text{ za } \sigma_1 < 0 \text{ in } \sigma_2 < 0$$

$$\alpha = \sigma_2 / \sigma_1$$

$$\sigma_{cd,max} = v f_{cd} (1 - 0.032 |\theta - \theta_{el}|) \text{ za } \sigma_1 > 0 \text{ ali } \sigma_2 > 0$$

$$v = 0.6 f_{cd} [1 - f_{ck} / 250]$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cd,i} = \left[\frac{n_{Edx,i} + n_{Edy,i}}{2} \pm \sqrt{\frac{(n_{Edx,i} - n_{Edy,i})^2}{4} + n_{Edxy,i}^2} \right] / t_i \geq -\sigma_{cd,max} \text{ za } \sigma_1 < 0 \text{ in } \sigma_2 < 0$$

$$\sigma_{cd,i} = [- |n_{Edxy}| (\tan \theta + \cot \theta)] / t_i \geq -\sigma_{cd,max} \text{ za } \sigma_1 \geq 0 \text{ ali } \sigma_2 \geq 0$$

$$A_{Sy} = \frac{n_{Rdy}}{f_{yd}}$$

$$A_{Sy,s} = \frac{n_{Rdy,s}}{f_{yd}}$$

$$f_{yd} = 435 \text{ MPa}$$

$$n_{Rdy} = n_{Edy} + \frac{n_{Edxy}}{\cot \theta}$$

$$n_{Rdy,s} = n_{Edy,s} + \frac{n_{Edxy,s}}{\cot \theta}$$

$$A_{Sx} = \frac{n_{Rdx}}{f_{yd}}$$

$$A_{Sx,s} = \frac{n_{Rdx,s}}{f_{yd}}$$

$$n_{Rdx} = n_{Edx} + n_{Edxy} \cot \theta$$

$$n_{Rdx,s} = n_{Edx,s} + n_{Edxy,s} \cot \theta$$

$$A_{Sy,i} = \frac{n_{Rdy,i}}{f_{yd}}$$

$$n_{Rdy,i} = n_{Edy,i} + \frac{n_{Edxy,i}}{\cot \theta}$$

$$A_{Sx,i} = \frac{n_{Rdx,i}}{f_{yd}}$$

Rizvić, M. 2010. Dimenzioniranje armiranobetonskih ploskovnih elementov po standardih Evrokod 2. Dipl. nal. – VSŠ Ljubljana. UL. FGG. Odd. za gradbeništvo. Konstrukcijska smer.

$$n_{Rdx,i} = n_{Edx,i} + n_{Edxy,i} \cot \theta$$

Primerjava med izračunano armaturo glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in računalniški program AMSES Plate:

Preglednica 5-5: Primerjava med izračunano armaturo glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program AMSES Plate, Primer A (5.1)

	Annex LL				AMES Plate			
	Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti		Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti	
El.	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sr	0	0	0.8119	0.8205	0	0	0.701	0.71
Le	0.4711	1.9223	0	0	0.441	1.668	0	0
Sp	1.9185	0.5174	0	0	1.671	0.441	0	0
Le sp	0.2901	0.3010	0.4588	0.4479	0.251	0.259	0.393	0.385

Primerjava z armaturo izračunano glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in računalniški program SAP 2000, pri izračunu notranjih sil z uporabo računalniškega programa SAP 2000:

Preglednica 5-6: Primerjava med izračunom armature glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program SAP 2000, Primer A (5.1)

	Annex LL				SAP 2000 (brez [$\phi_s = 0.9$])			
	Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti		Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti	
El.	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sr	0	0	0.8113	0.8113	0	0	0.8114	0.8114
Le	0.3754	1.8785	0	0	0.3726	1.8837	0	0
Sp	1.8786	0.3765	0	0	1.8837	0.3757	0	0
Le sp	0.3128	0.3126	0.4241	0.4243	0.3126	0.3126	0.4244	0.4244

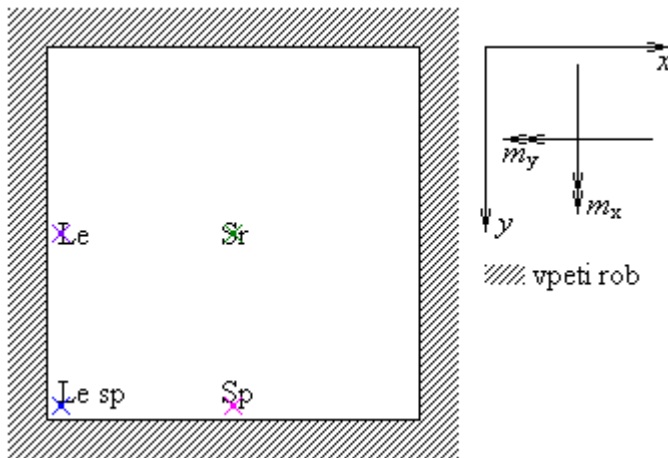
5.2 Primer A; Dimenzioniranje armiranobetonske plošče glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2, z izračunom notranjih sil z uporabo računalniškega programa SAP 2000

Naslednji primer predstavlja dimenzioniranje armiranobetonske plošče po dodatku LL standarda SIST EN 1992-2, kjer je za račun notranjih sil po metodi končnih elementov uporabljen računalniški program SAP 2000. Za armiranobetonsko ploščo je uporabljen beton C25/30 in armatura S500. Armiranobetonska plošča pravokotne oblike, vpeta z vseh štirih strani je tlorisnih dimenzij $l_x = 5 \text{ m} \times l_y = 5 \text{ m}$, debeline $h = 20 \text{ cm}$ in z betonskim kritjem armature $a = 2.5 \text{ cm}$. Obtežba plošče je vertikalna porazdeljena obtežba $q_{zd} = 10 \text{ kN/m}^2$ razporejena po njenem celotnem tlorisu.

Armiranobetonska plošča je dimenzionirana v štirih točkah, v katerih je pričakovano, da se bodo pojavile največje vrednosti potrebne količine armature. To so točka z oznako Sr na sredini plošče, točka Le na enem robu, točka Sp na sosednjem robu in točka Le sp v kotu plošče. Za ploščo je predpostavljeno, da je v razpokanem stanju. Notranje sile so izračunane po metodi končnih elementov z računalniškim programom SAP 2000 v vseh štirih točkah. Za dimenzioniranje armiranobetonske plošče so uporabljeni izrazi predstavljeni v poglavju 3 (KONTROLA MEJNEGA STANJA NOSILNOSTI PLOSKOVNIH ELEMENTOV V SKLADU S STANDARDOM SIST EN 1992-2).

Najprej je dimenzionirana srednja plast ploskovnega elementa, kjer je preverjena potreba po prečni armaturi v vseh štirih točkah plošče. Nato sta dimenzionirani zunanji plasti ploskovnega elementa, kjer je izračunana potrebna količina vzdolžne armature in preverjena varnost betona, v vseh štirih točkah. Nato je izvedena primerjava potrebnih količin armature izračunanih z uporabo pravil iz dodatka LL standarda SIST EN 1992-2 in z uporabo računalniškega programa SAP 2000. Na koncu je poleg primerjave potrebne količine armature izračunane po dodatku LL in SAP 2000, izvedena še primerjava z armaturo iz prvega primera (5.1).

Podatki:



Slika 5-2: Primer A (5.2)

Beton: C25/30

Armatura: S500

Dimenzije plošče: $l_x = 5$ m

$l_y = 5$ m

$h = 20$ cm

$a = 2.5$ cm

Obtežba: $q_{zd} = 10$ kN/m²

Notranje sile pridobljene z MKE (metoda končnih elementov) z računalniškim programom SAP 2000:

Preglednica 5-7: Notranje sile pridobljene z MKE s programom SAP 2000, Primer A (5.2)

El.	h [m]	$n_{Ed,y}$ (n_{22}) [kN/m]	$n_{Ed,x}$ (n_{11}) [kN/m]	$n_{Ed,xy}$ (n_{12}) [kN/m]	$m_{Ed,y}$ (m_{22}) [kNm/m]	$m_{Ed,x}$ (m_{11}) [kNm/m]	$m_{Ed,xy}$ (m_{12}) [kNm/m]	$v_{Ed,y}$ (v_{32}) [kN/m]	$v_{Ed,x}$ (v_{31}) [kN/m]
Sr	0.2	0	0	0	5.291	5.291	0	0	-0.205
Le	0.2	0	0	0	-2.448	-12.251	0	0	-18.988
Sp	0.2	0	0	0	-12.251	-2.448	-0.002	18.913	-0.011
Le sp	0.2	0	0	0	0.363	0.364	2.403	4.061	-4.022

Dimenzioniranje srednje plasti:

Preglednica 5-8: Dimenzioniranje srednje plasti, Primer A (5.2)

El.	h [m]	φ_0 [°]	ρ_1 [-]	v_{Ed0} [kN/m]	$V_{Rd,c}/b$ [kN/m]	θ [°]	$v f_{cd} t_c / 2$ [kN/m]	A_s / s^2 [cm ² /m ²]	n_{xc} [kN/m]	n_{yc} [kN/m]	n_{xyc} [kN/m]
Sr	0.2	0	0.0026	0.2050	78.3827	45					
Le	0.2	0	0.0026	18.9880	78.3827	45					
Sp	0.2	-89.967	0.0026	18.9130	78.3827	45					
Le sp	0.2	-45.276	0.0026	5.7156	78.3827	45					

Dimenzioniranje zunanjih plasti:

Preglednica 5-9: Dimenzioniranje zunanjih plasti, Primer A (5.2)

El.	h [m]	t_s [m]	t_i [m]	t_c [m]	y_s [m]	y_i [m]	z [m]	$n_{Edy,s}$ [kN/m]	$n_{Edx,s}$ [kN/m]	$n_{Edxy,s}$ [kN/m]	$n_{Edy,i}$ [kN/m]	$n_{Edx,i}$ [kN/m]	$n_{Edxy,i}$ [kN/m]
Sr	0.2	0.05	0.05	0.1	0.075	0.075	0.15	-35.273	-35.273	0	35.2733	35.2733	0
Le	0.2	0.05	0.05	0.1	0.075	0.075	0.15	16.3200	81.6733	0	-16.32	-81.673	0
Sp	0.2	0.05	0.05	0.1	0.075	0.075	0.15	81.6733	16.3200	0.0133	-81.673	-16.32	-0.0133
Le sp	0.2	0.05	0.05	0.1	0.075	0.075	0.15	-2.4200	-2.4267	-16.02	2.4200	2.4267	16.02

Kontrola napetosti v betonu in izračun potrebne količine armature v zunanjih plasteh:

Preglednica 5-10: Kontrola napetosti v betonu in potrebna količina armature, Primer A (5.2)

El.	Dimenzioniranje zgornje plasti				Dimenzioniranje spodnje plasti			
	σ_{cd} [MPa]	$-\sigma_{cd,max}$ [MPa]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	σ_{cd} [MPa]	$-\sigma_{cd,max}$ [MPa]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sr	-0.7055	-17.0	0	0	0.0	-4.6800	0.8113	0.8113
Le	0.0	-4.680	0.3754	1.8785	-1.6335	-17.3133	0	0
Sp	-0.0011	-4.6872	1.8786	0.3765	-1.6335	-17.3133	0	0
Le sp	-0.6408	-7.7841	0.3128	0.3126	-0.6408	-7.7841	0.4241	0.4243

Primerjava med izračunano armaturo glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in računalniški program SAP 2000:

Preglednica 5-11: Primerjava med izračunano armaturo glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program SAP 2000, Primer A (5.2)

El.	Annex LL				SAP 2000 (brez [$\Phi_s = 0.9$])			
	Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti		Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti	
	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sr	0	0	0.8113	0.8113	0	0	0.8114	0.8114
Le	0.3754	1.8785	0	0	0.3726	1.8837	0	0
Sp	1.8786	0.3765	0	0	1.8837	0.3757	0	0
Le sp	0.3128	0.3126	0.4241	0.4243	0.3126	0.3126	0.4244	0.4244

Primerjava z armaturo izračunano glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in računalniški program AMSES Plate, pri izračunu notranjih sil z uporabo računalniškega programa AMSES Plate:

Preglednica 5-12: Primerjava med izračunom armature po dodatku EC2 Annex LL in program AMSES Plate, Primer A

El.	Annex LL				AMES Plate			
	Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti		Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti	
	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sr	0	0	0.8119	0.8205	0	0	0.701	0.71
Le	0.4711	1.9223	0	0	0.441	1.668	0	0
Sp	1.9185	0.5174	0	0	1.671	0.441	0	0
Le sp	0.2901	0.3010	0.4588	0.4479	0.251	0.259	0.393	0.385

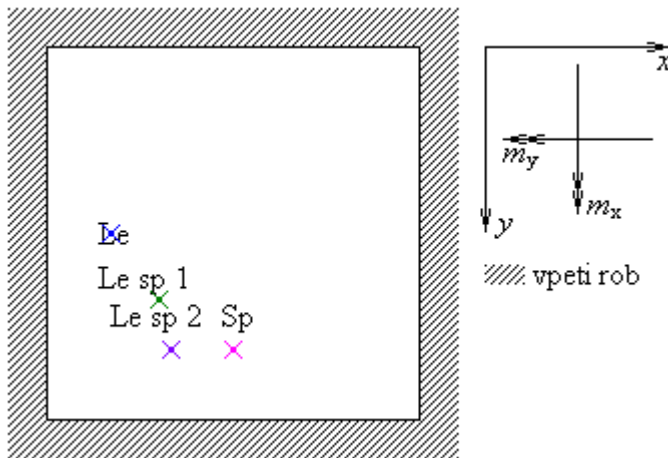
5.3 Primer A; Dimenzioniranje armiranobetonske plošče po dodatku F standarda SIST EN 1992-1-1 oziroma SIST EN 1992-2, z izračunom notranjih napetosti z uporabo računalniškega programa SAP 2000

Naslednji primer predstavlja dimenzioniranje armiranobetonske plošče direktno po pravilih iz točke 6.109 in dodatka F standarda SIST EN 1992-2, na mestih kjer se pojavljajo različni primeri napetosti. Predvsem gre za primere dvoosnega tlaka in striga, enoosnega tlaka in striga, enoosnega tlaka in enoosnega natega. Za armiranobetonsko ploščo je uporabljen beton C25/30 in armatura S500. Armiranobetonska plošča pravokotne oblike, vpeta z vseh štirih strani je tlorisnih dimenzij $l_x = 5 \text{ m} \times l_y = 5 \text{ m}$, debeline $h = 20 \text{ cm}$ in z betonskim kritjem armature $a = 5 \text{ cm}$. Obtežba plošče je vertikalna porazdeljena obtežba $q_{zd} = 10 \text{ kN/m}^2$ razporejena po njenem celotnem tlorisu.

Armiranobetonska plošča je dimenzionirana v štirih točkah, v katerih kjer se pojavijo različni primeri napetosti. To so točka z oznako Le sp 1, točka Le sp 2, točka Sp in točka Le. Prikazano je dimenzioniranje na mestih, kjer se pojavijo različni primeri napetosti, za razliko od primerov 5.1 in 5.2, kjer je prikazano dimenzioniranje na mestih, kjer je pričakovana največja potrebna količina armature. Notranje napetosti v plasteh so izračunane po metodi končnih elementov z računalniškim programom SAP 2000 v vseh štirih točkah. Za dimenzioniranje armiranobetonske plošče so uporabljeni izrazi predstavljeni v poglavju 4 (KONTROLA MEJNEGA STANJA NOSILNOSTI MEMBRANSKIH ELEMENTOV).

V vseh štirih točkah je najprej dimenzionirana zgornja (zunanja) plast ploskovnega elementa, kjer sta v prvem koraku izračunani glavni napetosti in tlačni kot razpore iz elastične analize, nato pa je izračunana potrebna količina vzdolžne armature, preverjena varnost betona ter izvedena primerjava s potrebno količino armature izračunano s programom SAP 2000. Enaka procedura je izvedena tudi za spodnjo (zunanjo) plast ploskovnega elementa.

Podatki:



Slika 5-3: Primer A (5.3)

Beton: C25/30

Armatura: S500

Dimenzije plošče: $l_x = 5$ m

$l_y = 5$ m

$h = 20$ cm

$a = 5$ cm

Obtežba: $q_{zd} = 10$ kN/m²

Notranje napetosti pridobljene z MKE (metoda končnih elementov) z računalniškim programom SAP 2000:

Preglednica 5-13: Notranje napetosti iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer A (5.3)

El.	h [m]	Zg. plast			Sp. plast		
		$\sigma_{Ed,y}$ (σ_{22}) [MPa]	$\sigma_{Ed,x}$ (σ_{11}) [MPa]	$\sigma_{Ed,xy}$ (σ_{12}) [MPa]	$\sigma_{Ed,y}$ (σ_{22}) [MPa]	$\sigma_{Ed,x}$ (σ_{11}) [MPa]	$\sigma_{Ed,xy}$ (σ_{12}) [MPa]
Le sp 1	0.2	-0.2262	-0.2262	0.1396	0.2262	0.2262	-0.1396
Le sp 2	0.2	0	-0.1710	0.1480	0	0.1710	-0.1480
Sp	0.2	0	-0.1377	0	0	0.1377	0
Le	0.2	0	0.3089	0	0	-0.3089	0

(1) Dvoosni tlak in strig; Dvoosni nateg in strig:**(1a) Dvoosni tlak in strig; Zgornja plast:**

Preglednica 5-14: Dvoosni tlak in strig v zgornji plasti, Primer A (5.3.1)

El.	h [m]	Zg. plast					
		$\sigma_{Ed,y}$ (σ_{22}) [MPa]	$\sigma_{Ed,x}$ (σ_{11}) [MPa]	$\sigma_{Ed,xy}$ (σ_{12}) [MPa]	σ_I (σ_1) [MPa]	σ_{II} (σ_2) [MPa]	θ_{el} [°]
Le sp 1	0.2	-0.2262	-0.2262	0.1396	-0.3658	-0.0867	44.9938

Preglednica 5-15: Dimenzioniranje in primerjava izračunane armature zgoraj po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer A (5.3.1)

El.	h [m]	Zg. plast			Arm. zg. plasti			
		$\sigma_{xy,Rd}$ [MPa]	σ_{cd} [MPa]	$-\sigma_{cd,max}$ [MPa]	Annex F		SAP 2000	
					A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Le sp 1	0.2	4.5	-0.2791	-17.5956	0	0	0	0

$$\sigma_{I,II} = \frac{\sigma_{Edx} + \sigma_{Edy}}{2} \pm \sqrt{\left[\frac{1}{4} (\sigma_{Edx} - \sigma_{Edy})^2 + \sigma_{Edxy}^2 \right]}$$

$$\sigma_{Edx} \sigma_{Edy} \geq \tau_{Edxy}^2 \rightarrow \text{beton v celoti v tlaku}$$

$$\sigma_{Edx} \sigma_{Edy} = 0.0512 \text{ MPa}^2 > \tau_{Edxy}^2 = 0.0195 \text{ MPa}^2$$

$$\tan(2 \theta_{el}) = \frac{\tau_{Edxy}}{-(\sigma_1 - \sigma_2)/2 - (\sigma_1 - \sigma_{Ed,x})} = 4593.7358$$

$$\theta_{el} = 44.9938^\circ$$

$$\theta = 45^\circ$$

$$\sigma_{cd,max} = 0.85 f_{cd} \frac{1 + 3.80 \alpha}{(1 + \alpha)^2} = 17.5956 \text{ MPa}$$

Rizvić, M. 2010. Dimenzioniranje armiranobetonskih ploskovnih elementov po standardih Evrokod 2. Dipl. nal. – VSŠ Ljubljana. UL. FGG. Odd. za gradbeništvo. Konstrukcijska smer.

$$\alpha = \sigma_2 / \sigma_1 = 0.2369 \leq 1$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cd,max} = 17.59557 \text{ MPa} > |\sigma_I| = 0.3658 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{xy,Rd} = v f_{cd} \sin \theta_f \cos \theta_f = 1.9742 \text{ MPa} \geq |\sigma_{Ed,xy}| = 0.1396 \text{ MPa}$$

$$\rho_y \sigma_{sy} = 0 \text{ MPa za } \sigma_{Ed,y} < \tau_{Ed,xy}$$

$$\rho_y = \frac{\sigma_{sy}}{f_{yd}} = 0$$

$$f_{yd} = 435 \text{ MPa}$$

$$A_{sy} = \rho_y h = 0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\rho_x \sigma_{sx} = 0 \text{ MPa za } \sigma_{Ed,x} < \tau_{Ed,xy}$$

$$\rho_x = \frac{\sigma_{sx}}{f_{yd}} = 0$$

$$A_{sx} = \rho_x h = 0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\sigma_{cd} = \sigma_I = -0.3658 \text{ MPa}$$

$$|\sigma_{cd}| = 0.3658 \text{ MPa} < \sigma_{cd,max} = 17.5956 \text{ MPa}$$

(1b) Dvoosni nateg in strig; Spodnja plast:

Preglednica 5-16: Dvoosni nateg in strig v spodnji plasti, Primer A (5.3.1)

El.	h [m]	Sp. plast					
		$\sigma_{Ed,y}$ (σ_{22}) [MPa]	$\sigma_{Ed,x}$ (σ_{11}) [MPa]	$\sigma_{Ed,xy}$ (σ_{12}) [MPa]	σ_I (σ_1) [MPa]	σ_{II} (σ_2) [MPa]	θ_{el} [°]
Le sp 1	0.2	0.2262	0.2262	-0.1396	0.3658	0.0867	45.0062

Preglednica 5-17: Dimenzioniranje in primerjava izračunane armature spodaj po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer A (5.3.1)

		Sp. plast			Arm. sp. plasti			
					Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	$\sigma_{xy,Rd}$ [MPa]	σ_{cd} [MPa]	$-\sigma_{cd,max}$ [MPa]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Le sp 1	0.2	4.5	-0.2791	-8.9983	0.8412	0.8414	0.975	0.975

$$\tan(2 \theta_{el}) = \frac{\tau_{Edxy}}{((\sigma_I - \sigma_{II})/2 - (\sigma_I - \sigma_{Ed,x}))} = -4593.736$$

$$\theta_{el} = 45.0062^\circ$$

$$\theta = 45^\circ$$

$$\sigma_{cd,max} = v f_{cd} (1 - 0.032 |\theta - \theta_{el}|) = 8.9983 \text{ MPa}$$

$$v = 0.6 f_{cd} [1 - f_{ck} / 250] = 0.54$$

$$f_{cd} = 16.667 \text{ MPa}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cd,max} = 8.9983 \text{ MPa} > |\sigma_I| = 0.3658 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{xy,Rd} = v f_{cd} \sin \theta_f \cos \theta_f = 4.5 \text{ MPa} \geq |\sigma_{Ed,xy}| = 0.1396 \text{ MPa}$$

$$\rho_y \sigma_{sy} = |\tau_{Edxy}| \tan \theta + \sigma_{Edy} = 0.36575 \text{ MPa}$$

$$\rho_y = \frac{\sigma_{sy}}{f_{yd}} = 0.00084$$

$$f_{yd} = 435 \text{ MPa}$$

$$A_{sy} = \rho_y h = 0.8412 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Rizvić, M. 2010. Dimenzioniranje armiranobetonskih ploskovnih elementov po standardih Evrokod 2. Dipl. nal. – VSŠ Ljubljana. UL. FGG. Odd. za gradbeništvo. Konstrukcijska smer.

$$\rho_x \sigma_{sx} = |\tau_{Edxy}| \cot \theta + \sigma_{Edx} = 0.3658$$

$$\rho_x = \frac{\sigma_{sx}}{f_{yd}} = 0.00084$$

$$A_{sx} = \rho_x h = 0.8414 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\sigma_{cd} = -|\tau_{Edxy}| (\tan \theta + \cot \theta) = -0.2791$$

$$|\sigma_{cd}| = 0.2791 \text{ MPa} < \sigma_{cd,max} = 8.9983 \text{ MPa}$$

$$(\rho_y \sigma_{sy})' = |\tau_{Edxy}| + \sigma_{Edy} = 0,3658 \text{ MPa za } \sigma_{Edy} \geq |\tau_{Edxy}|, \sigma_{Edx} \geq |\tau_{Edxy}| \text{ in } \theta = 45^\circ$$

$$\frac{1}{2} (\rho_y \sigma_{sy})' = 0.1829 \text{ MPa} \leq \rho_y \sigma_{sy} = 0.3658 \text{ MPa} \leq 2 (\rho_y \sigma_{sy})' = 0.7315 \text{ MPa}$$

$$(\rho_x \sigma_{sx})' = |\tau_{Edxy}| + \sigma_{Edx} = 0.3658 \text{ MPa za } \sigma_{Edy} \geq |\tau_{Edxy}|, \sigma_{Edx} \geq |\tau_{Edxy}| \text{ in } \theta = 45^\circ$$

$$\frac{1}{2} (\rho_x \sigma_{sx})' = 0.1829 \text{ MPa} \leq \rho_x \sigma_{sx} = 0.2658 \text{ MPa} \leq 2 (\rho_x \sigma_{sx})' = 0.7316 \text{ MPa}$$

(2) Enoosni tlak in strig; Enoosni nateg in strig:

(2a) Enoosni tlak in strig; Zgornja plast:

Preglednica 5-18: Enoosni tlak in strig v zgornji plasti, Primer A (5.3.2)

		Zg. plast					
El.	h	$\sigma_{Ed,y}$ (σ_{22})	$\sigma_{Ed,x}$ (σ_{11})	$\sigma_{Ed,xy}$ (σ_{12})	σ_I (σ_1)	σ_{II} (σ_2)	θ_{el}
	[m]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]
Le sp 2	0.2	0	-0.1710	0.1480	-0.2564	0.0854	29.9956

Preglednica 5-19: Dimenzioniranje in primerjava izračunane armature zgoraj po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer A (5.3.2)

El.	h [m]	Zg. plast				Arm. zg. plasti			
		$\sigma_{xy,Rd}$ [MPa]	σ_{cd} [MPa]	$-\sigma_{cd,max}$ [MPa]	A_{sv} [cm ² /m]	Annex F A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	SAP 2000 A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Le sp 2	0.2	4.5	-0.3192	-7.9188	0.2296	0.2296	0.1115	0.3105	0.1346

$$\frac{A_s f_{yd}}{s_f h_f} = \rho_y f_{yd} = \frac{\tau_{Edxy}}{\cot \theta_f} = 0.0998 \text{ MPa}$$

$$\frac{A_s}{s_f h_f} = 0.00023$$

$$A_{sv} = \frac{A_s}{s_f h_f} h = 0.2296 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\sigma_{xy,Rd} = v f_{cd} \sin \theta_f \cos \theta_f = 4.5 \text{ MPa} \geq |\sigma_{Ed,xy}| = 0.148 \text{ MPa}$$

$$v = 0.6 f_{cd} [1 - f_{ck} / 250] = 0.54$$

$$f_{cd} = 16.667 \text{ MPa}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{I,II} = \frac{\sigma_{Edx} + \sigma_{Edy}}{2} \pm \sqrt{\left[\frac{1}{4} (\sigma_{Edx} - \sigma_{Edy})^2 + \sigma_{Edxy}^2 \right]}$$

$$\tan(2 \theta_{el}) = \frac{\tau_{Edxy}}{((- \sigma_I - \sigma_{II})/2 - (\sigma_I - \sigma_{Ed,x}))} = 1.7314$$

$$\theta_{el} = 29.9956^\circ$$

$$\theta = 35^\circ$$

$$\rho_y \sigma_{sy} = |\tau_{Edxy}| \tan \theta + \sigma_{Edy} = 0.0998 \text{ MPa}$$

Rizvić, M. 2010. Dimenzioniranje armiranobetonskih ploskovnih elementov po standardih Evrokod 2. Dipl. nal. – VSŠ Ljubljana. UL. FGG. Odd. za gradbeništvo. Konstrukcijska smer.

$$\rho_y = \frac{\sigma_{sy}}{f_{yd}} = 0.00022$$

$$f_{yd} = 435 \text{ MPa}$$

$$A_{sy} = \rho_y h = 0.2296 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\rho_x \sigma_{sx} = |\tau_{Edxy}| \cot \theta + \sigma_{Edx} = 0.0485$$

$$\rho_x = \frac{\sigma_{sx}}{f_{yd}} = 0.00011$$

$$A_{sx} = \rho_x h = 0.1115 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\sigma_{cd} = -|\tau_{Edxy}| (\tan \theta + \cot \theta) = -0.3192$$

$$|\sigma_{cd}| = 0.3192 \text{ MPa} < \sigma_{cd,max} = 7.9188 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cd,max} = v f_{cd} (1 - 0.032 |\theta - \theta_{el}|) = 7.9188 \text{ MPa}$$

(2b) Enoosni nateg in strig; Spodnja plast:

Preglednica 5-20: Enoosni nateg in strig v spodnji plasti, Primer A (5.3.2)

El.	h [m]	Sp. plast					
		$\sigma_{Ed,y}$ (σ_{22}) [MPa]	$\sigma_{Ed,x}$ (σ_{11}) [MPa]	$\sigma_{Ed,xy}$ (σ_{12}) [MPa]	σ_I (σ_1) [MPa]	σ_{II} (σ_2) [MPa]	θ_{el} [°]
Le sp 2	0.2	0	0.1710	-0.1480	0.2564	-0.0854	60.0044

Preglednica 5-21: Dimenzioniranje in primerjava izračunane armature spodaj po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer A (5.3.2)

El.	h [m]	Sp. plast				Arm. sp. plasti			
		$\sigma_{xy,Rd}$ [MPa]	σ_{cd} [MPa]	$-\sigma_{cd,max}$ [MPa]	A_{sv} [cm ² /m]	Annex F		SAP 2000	
						A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Le sp 2	0.2	4.5	-0.2962	-5.2188	0.3525	0.3525	0.7219	0.414	0.7556

$$\frac{A_s f_{yd}}{s_f h_f} = \rho_y f_{yd} = \frac{\tau_{Edxy}}{\cot \theta_f} = -0.1533 \text{ MPa}$$

$$\frac{A_s}{s_f h_f} = 0.00035$$

$$A_{sv} = \frac{A_s}{s_f h_f} h = 0.3525 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\sigma_{xy,Rd} = v f_{cd} \sin \theta_f \cos \theta_f = 4.5 \text{ MPa} \geq |\sigma_{Ed,xy}| = 0.148 \text{ MPa}$$

$$v = 0.6 f_{cd} [1 - f_{ck} / 250] = 0.54$$

$$f_{cd} = 16.667 \text{ MPa}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{I,II} = \frac{\sigma_{Edx} + \sigma_{Edy}}{2} \pm \sqrt{\left[\frac{1}{4} (\sigma_{Edx} - \sigma_{Edy})^2 + \sigma_{Edxy}^2 \right]}$$

$$\tan(2 \theta_{el}) = \frac{\tau_{Edxy}}{(\sigma_I - \sigma_{II})/2 - (\sigma_I - \sigma_{Ed,x})} = -1.7314$$

$$\theta_{el} = 60.0014^\circ$$

$$\theta = 46^\circ$$

$$\rho_y \sigma_{sy} = |\tau_{Edxy}| \tan \theta + \sigma_{Edy} = 0.1533 \text{ MPa}$$

$$\rho_y = \frac{\sigma_{sy}}{f_{yd}} = 0.00035$$

$$f_{yd} = 435 \text{ MPa}$$

$$A_{sy} = \rho_y h = 0.3525 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\rho_x \sigma_{sx} = |\tau_{Edxy}| \cot \theta + \sigma_{Edx} = 0.3139$$

Rizvić, M. 2010. Dimenzioniranje armiranobetonskih ploskovnih elementov po standardih Evrokod 2. Dipl. nal. – VSŠ Ljubljana. UL. FGG. Odd. za gradbeništvo. Konstrukcijska smer.

$$\rho_x = \frac{\sigma_{sx}}{f_{yd}} = 0.00072$$

$$A_{sx} = \rho_x h = 0.7219 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\sigma_{cd} = -|\tau_{Edxy}| (\tan \theta + \cot \theta) = -0.2962 \text{ MPa}$$

$$|\sigma_{cd}| = 0.2962 \text{ MPa} < \sigma_{cd,max} = 5.2188 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cd,max} = v f_{cd} (1 - 0.032 |\theta - \theta_{el}|) = 5.2188 \text{ MPa}$$

$$(\rho_y \sigma_{sy})' = |\tau_{Edxy}| + \sigma_{Edy} = 0.148 \text{ MPa za } \sigma_{Edy} < |\tau_{Edxy}|, \sigma_{Edx} \geq |\tau_{Edxy}| \text{ in } \theta = 45^\circ$$

$$\frac{1}{2} (\rho_y \sigma_{sy})' = 0.074 \text{ MPa} \leq \rho_y \sigma_{sy} = 0.1533 \text{ MPa} \leq 2 (\rho_y \sigma_{sy})' = 0.296 \text{ MPa}$$

$$(\rho_x \sigma_{sx})' = |\tau_{Edxy}| + \sigma_{Edx} = 0.319 \text{ MPa za } \sigma_{Edy} < |\tau_{Edxy}|, \sigma_{Edx} \geq |\tau_{Edxy}| \text{ in } \theta = 45^\circ$$

$$\frac{1}{2} (\rho_x \sigma_{sx})' = 0.1595 \text{ MPa} \leq \rho_x \sigma_{sx} = 0.3139 \text{ MPa} \leq 2 (\rho_x \sigma_{sx})' = 0.6379 \text{ MPa}$$

(3) Enoosni tlak; Enoosni nateg:

(3a) Enoosni tlak; Zgornja plast:

Preglednica 5-22: Enoosni tlak v zgornji plasti, Primer A (5.3.3)

El.	h [m]	Zg. plast					
		$\sigma_{Ed,y}$ (σ_{22}) [MPa]	$\sigma_{Ed,x}$ (σ_{11}) [MPa]	$\sigma_{Ed,xy}$ (σ_{12}) [MPa]	σ_I (σ_1) [MPa]	σ_{II} (σ_2) [MPa]	θ_{el} [°]
Sp	0.2	0	-0.1377	0	-0.1377	0	0

Preglednica 5-23: Dimenzioniranje in primerjava izračunane armature zgoraj po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer A (5.3.3)

		Zg. plast		Arm. zg. plasti			
				Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	σ_{cd} [MPa]	$-\sigma_{cd,max}$ [MPa]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sp	0.2	-0.1377	-9	0	0	0	0

$$\tan(2 \theta_{el}) = \frac{2 \tau_{Edxy}}{-\sigma_{Edx}} \text{ za } \sigma_{Ed,y} = 0, \sigma_{Edx} < 0 \text{ in } \tau_{Ed,xy} = 0$$

$$\tan \theta_{el} = \frac{\tau_{Edxy}}{-\sigma_{Edx}} \text{ za } \sigma_{Ed,y} = 0, \sigma_{Edx} < 0 \text{ in } \tau_{Ed,xy} = 0$$

$$\theta_{el} = 0^\circ$$

$$\theta = 15^\circ$$

$$\rho_y \sigma_{sy} = \left| \tau_{Edxy} \right| \frac{\tau_{Edxy}}{-\sigma_{Edx}} + \sigma_{Edy} = 0 \text{ MPa za } \theta = \theta_{el}$$

$$\rho_y = \frac{\sigma_{sy}}{f_{yd}} = 0$$

$$f_{yd} = 435 \text{ MPa}$$

$$A_{sy} = \rho_y h = 0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\rho_x \sigma_{sx} = \left| \tau_{Edxy} \right| \frac{-\sigma_{Edx}}{\tau_{Edxy}} + \sigma_{Edx} = 0 \text{ MPa za } \theta = \theta_{el}$$

$$\rho_x = \frac{\sigma_{sx}}{f_{yd}} = 0$$

$$A_{sx} = \rho_x h = 0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\sigma_{cd} = - \left| \tau_{Edxy} \right| \left(\frac{\tau_{Edxy}}{-\sigma_{Edx}} + \frac{-\sigma_{Edx}}{\tau_{Edxy}} \right) = -\sigma_{Edx} = -0.1377 \text{ MPa za } \theta = \theta_{el}$$

$$|\sigma_{cd}| = 0.1377 < \sigma_{cd,max} = 9 \text{ MPa za } \theta = \theta_{el}$$

$$\sigma_{cd,max} = f_{cd} \left[0.85 f_{cd} - \frac{\sigma_s}{f_{yd}} (0.85 - \nu) \right] = \nu f_{cd} = 9 \text{ MPa za } \sigma_s = f_{yd}$$

$$\nu = 0.6 f_{cd} [1 - f_{ck} / 250] = 0.54$$

$$f_{cd} = 16.667 \text{ MPa}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$\rho_y \sigma_{sy} = |\tau_{Edxy}| \tan \theta + \sigma_{Edy} = 0 \text{ MPa}$$

$$\rho_y = \frac{\sigma_{sy}}{f_{yd}} = 0$$

$$A_{sy} = \rho_y h = 0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\rho_x \sigma_{sx} = |\tau_{Edxy}| \cot \theta + \sigma_{Edx} = 0$$

$$\rho_x = \frac{\sigma_{sx}}{f_{yd}} = 0$$

$$A_{sx} = \rho_x h = 0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\sigma_{cd} = -|\tau_{Edxy}| (\tan \theta + \cot \theta) = 0 \text{ MPa}$$

$$|\sigma_{cd}| = 0 \text{ MPa} < \sigma_{cd,max} = 9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cd,max} = f_{cd} \left[0.85 f_{cd} - \frac{\sigma_s}{f_{yd}} (0.85 - \nu) \right] = \nu f_{cd} = 9 \text{ MPa za } \sigma_s = f_{yd}$$

(3b) Enoosni nateg; Spodnja plast:

Preglednica 5-24: Enoosni nateg v spodnji plasti, Primer A (5.3.3)

		Sp. plast					
El.	h	$\sigma_{Ed,y}$ (σ_{22})	$\sigma_{Ed,x}$ (σ_{11})	$\sigma_{Ed,xy}$ (σ_{12})	σ_I (σ_1)	σ_{II} (σ_2)	θ_{el}
	[m]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]
Sp	0.2	0	0.1377	0	0.1377	0	90

Preglednica 5-25: Dimenzioniranje in primerjava izračunane armature spodaj po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer A (5.3.3)

		Sp. plast		Arm. sp. plasti			
El.	h	σ_{cd}	$-\sigma_{cd,max}$	Annex F		SAP 2000	
	[m]	[MPa]	[MPa]	A_{sy}	A_{sx}	A_{sy}	A_{sx}
		[MPa]	[MPa]	[cm ² /m]	[cm ² /m]	[cm ² /m]	[cm ² /m]
Sp	0.2	0	4.95	0	0.3168	0	0.4037

$$\tan(2 \theta_{el}) = \tan\left(\pi - \frac{2 \tau_{Edxy}}{\sigma_{Edx}}\right) \text{ za } \sigma_{Ed,y} = 0, \sigma_{Edx} > 0 \text{ in } \tau_{Ed,xy} = 0$$

$$\tan \theta_{el} = \tan\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\tau_{Edxy}}{\sigma_{Edx}}\right) = 0 \text{ za } \sigma_{Ed,y} = 0, \sigma_{Edx} > 0 \text{ in } \tau_{Ed,xy} = 0$$

$$\theta_{el} = 90^\circ$$

$$\theta = 75^\circ$$

$$\rho_y \sigma_{sy} = 0 \text{ MPa za } \theta = \theta_{el}$$

$$\rho_y = \frac{\sigma_{sy}}{f_{yd}} = 0$$

$$f_{yd} = 435 \text{ MPa}$$

$$A_{sy} = \rho_y h = 0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\rho_x \sigma_{sx} = \sigma_{Edx} = 0.1377 \text{ MPa za } \theta = \theta_{el}$$

Rizvić, M. 2010. Dimenzioniranje armiranobetonskih ploskovnih elementov po standardih Evrokod 2. Dipl. nal. – VSŠ Ljubljana. UL. FGG. Odd. za gradbeništvo. Konstrukcijska smer.

$$\rho_x = \frac{\sigma_{sx}}{f_{yd}} = 0.00036$$

$$A_{sx} = \rho_x h = 0.35505 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\sigma_{cd} = 0 \text{ MPa za } \theta = \theta_{el}$$

$$|\sigma_{cd}| = 0 < \sigma_{cd,max} = 9 \text{ MPa za } \theta = \theta_{el}$$

$$\sigma_{cd,max} = f_{cd} \left[0.85 f_{cd} - \frac{\sigma_s}{f_{yd}} (0.85 - \nu) \right] = \nu f_{cd} = 9 \text{ MPa za } \sigma_s = f_{yd}$$

$$\nu = 0.6 f_{cd} [1 - f_{ck} / 250] = 0.54$$

$$f_{cd} = 16.667 \text{ MPa}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$\rho_y \sigma_{sy} = |\tau_{Edxy}| \tan \theta + \sigma_{Edy} = 0 \text{ MPa}$$

$$\rho_y = \frac{\sigma_{sy}}{f_{yd}} = 0$$

$$A_{sy} = \rho_y h = 0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\rho_x \sigma_{sx} = |\tau_{Edxy}| \cot \theta + \sigma_{Edx} = 0.1377 \text{ MPa}$$

$$\rho_x = \frac{\sigma_{sx}}{f_{yd}} = 0.00032$$

$$A_{sx} = \rho_x h = 0.3168 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\sigma_{cd} = -|\tau_{Edxy}| (\tan \theta + \cot \theta) = 0 \text{ MPa}$$

$$|\sigma_{cd}| = 0 \text{ MPa} < \sigma_{cd,max} = 4.95 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cd,max} = \nu f_{cd} (1 - 0.032 |\theta - \theta_{el}|) = 4.95 \text{ MPa za } \sigma_s = f_{yd}$$

$$(\rho_y \sigma_{sy})' = |\tau_{Edxy}| + \sigma_{Edy} = 0 \text{ MPa za } \sigma_{Edy} < |\tau_{Edxy}|, \sigma_{Edx} \geq |\tau_{Edxy}| \text{ in } \theta = 45^\circ$$

$$\frac{1}{2} (\rho_y \sigma_{sy})' = 0 \text{ MPa} \leq \rho_y \sigma_{sy} = 0 \text{ MPa} \leq 2 (\rho_y \sigma_{sy})' = 0 \text{ MPa}$$

$$(\rho_x \sigma_{sx})' = |\tau_{Edxy}| + \sigma_{Edx} = 0.1377 \text{ MPa za } \sigma_{Edy} < |\tau_{Edxy}|, \sigma_{Edx} \geq |\tau_{Edxy}| \text{ in } \theta = 45^\circ$$

$$\frac{1}{2} (\rho_x \sigma_{sx})' = 0.0689 \text{ MPa} \leq \rho_x \sigma_{sx} = 0.1377 \text{ MPa} \leq 2 (\rho_x \sigma_{sx})' = 0.2755 \text{ MPa}$$

(4) Enosni nateg; Enosni tlak:

(4a) Enosni nateg; Zgornja plast:

Preglednica 5-26: Enosni nateg v zgornji plasti, Primer A (5.3.4)

		Zg. plast					
El.	h	$\sigma_{Ed,y}$ (σ_{22})	$\sigma_{Ed,x}$ (σ_{11})	$\sigma_{Ed,xy}$ (σ_{12})	σ_I (σ_1)	σ_{II} (σ_2)	θ_{el}
	[m]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[°]
Le	0.2	0	0.3089	0	0.3089	0	90

Preglednica 5-27: Dimenzioniranje in primerjava izračunane armature zgoraj po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer A (5.3.4)

		Zg. plast		Arm. zg. plasti			
El.	h	σ_{cd}	$-\sigma_{cd,max}$	Annex F		SAP 2000	
	[m]	[MPa]	[MPa]	A_{sy}	A_{sx}	A_{sy}	A_{sx}
		[MPa]	[MPa]	[cm ² /m]	[cm ² /m]	[cm ² /m]	[cm ² /m]
Le	0.2	0	-4.95	0	0.7104	0	0.8487

$$\tan(2 \theta_{el}) = \tan\left(\pi - \frac{2 \tau_{Edxy}}{\sigma_{Edx}}\right) \text{ za } \sigma_{Ed,y} = 0, \sigma_{Edx} > 0 \text{ in } \tau_{Ed,xy} = 0$$

$$\tan \theta_{el} = \tan\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\tau_{Edxy}}{\sigma_{Edx}}\right) = 0 \text{ za } \sigma_{Ed,y} = 0, \sigma_{Edx} > 0 \text{ in } \tau_{Ed,xy} = 0$$

$$\theta_{el} = 90^\circ$$

$$\theta = 75^\circ$$

$$\rho_y \sigma_{sy} = 0 \text{ MPa za } \theta = \theta_{el}$$

$$\rho_y = \frac{\sigma_{sy}}{f_{yd}} = 0$$

$$f_{yd} = 435 \text{ MPa}$$

$$A_{sy} = \rho_y h = 0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\rho_x \sigma_{sx} = \sigma_{Edx} = 0.3089 \text{ MPa za } \theta = \theta_{el}$$

$$\rho_x = \frac{\sigma_{sx}}{f_{yd}} = 0.00071$$

$$A_{sx} = \rho_x h = 0.7104 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\sigma_{cd} = 0 \text{ MPa za } \theta = \theta_{el}$$

$$|\sigma_{cd}| = 0.3089 < \sigma_{cd,max} = 9 \text{ MPa za } \theta = \theta_{el}$$

$$\sigma_{cd,max} = f_{cd} \left[0.85 f_{cd} - \frac{\sigma_s}{f_{yd}} (0.85 - \nu) \right] = \nu f_{cd} = 9 \text{ MPa za } \sigma_s = f_{yd}$$

$$\nu = 0.6 f_{cd} [1 - f_{ck} / 250] = 0.54$$

$$f_{cd} = 16.667 \text{ MPa}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$\rho_y \sigma_{sy} = |\tau_{Edxy}| \tan \theta + \sigma_{Edy} = 0 \text{ MPa}$$

$$\rho_y = \frac{\sigma_{sy}}{f_{yd}} = 0$$

$$A_{sy} = \rho_y h = 0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\rho_x \sigma_{sx} = |\tau_{Edxy}| \cot \theta + \sigma_{Edx} = 0.3089 \text{ MPa}$$

$$\rho_x = \frac{\sigma_{sx}}{f_{yd}} = 0.00071$$

$$A_{sx} = \rho_x h = 0.7104 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\sigma_{cd} = -|\tau_{Edxy}| (\tan \theta + \cot \theta) = 0 \text{ MPa}$$

$$|\sigma_{cd}| = 0 \text{ MPa} < \sigma_{cd,max} = 4.95 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cd,max} = \nu f_{cd} (1 - 0.032 |\theta - \theta_{el}|) = 4.95 \text{ MPa za } \sigma_s = f_{yd}$$

$$(\rho_y \sigma_{sy})' = |\tau_{Edxy}| + \sigma_{Edy} = 0 \text{ MPa za } \sigma_{Edy} < |\tau_{Edxy}|, \sigma_{Edx} \geq |\tau_{Edxy}| \text{ in } \theta = 45^\circ$$

$$\frac{1}{2} (\rho_y \sigma_{sy})' = 0 \text{ MPa} \leq \rho_y \sigma_{sy} = 0 \text{ MPa} \leq 2 (\rho_y \sigma_{sy})' = 0 \text{ MPa}$$

$$(\rho_x \sigma_{sx})' = |\tau_{Edxy}| + \sigma_{Edx} = 0.3089 \text{ MPa za } \sigma_{Edy} < |\tau_{Edxy}|, \sigma_{Edx} \geq |\tau_{Edxy}| \text{ in } \theta = 45^\circ$$

$$\frac{1}{2} (\rho_x \sigma_{sx})' = 0.1544 \text{ MPa} \leq \rho_x \sigma_{sx} = 0.3089 \text{ MPa} \leq 2 (\rho_x \sigma_{sx})' = 0.6177 \text{ MPa}$$

(4b) Enosni tlak; Spodnja plast:

Preglednica 5-28: Enosni tlak v spodnji plasti, Primer A (5.3.4)

El.	h [m]	Sp. plast					θ_{el} [°]
		$\sigma_{Ed,y}$ (σ_{22}) [MPa]	$\sigma_{Ed,x}$ (σ_{11}) [MPa]	$\sigma_{Ed,xy}$ (σ_{12}) [MPa]	σ_I (σ_1) [MPa]	σ_{II} (σ_2) [MPa]	
Le	0.2	0	-0.3089	0	-0.3089	0	0

Preglednica 5-29: Dimenzioniranje in primerjava izračunane armature spodaj po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer A (5.3.4)

El.	h [m]	Sp. plast		Arm. sp. plasti			
		σ_{cd} [MPa]	$\sigma_{cd,max}$ [MPa]	Annex F		SAP 2000	
				A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Le	0.2	-0.3089	-9	0	0	0	0

$$\tan(2 \theta_{el}) = \frac{2 \tau_{Edxy}}{-\sigma_{Edx}} \text{ za } \sigma_{Ed,y} = 0, \sigma_{Edx} < 0 \text{ in } \tau_{Ed,xy} = 0$$

$$\tan \theta_{el} = \frac{\tau_{Edxy}}{-\sigma_{Edx}} \text{ za } \sigma_{Ed,y} = 0, \sigma_{Edx} < 0 \text{ in } \tau_{Ed,xy} = 0$$

$$\theta_{el} = 0^\circ$$

$$\theta = 15^\circ$$

$$\rho_y \sigma_{sy} = \left| \tau_{Edxy} \right| \frac{\tau_{Edxy}}{-\sigma_{Edx}} + \sigma_{Edy} = 0 \text{ MPa za } \theta = \theta_{el}$$

$$\rho_y = \frac{\sigma_{sy}}{f_{yd}} = 0$$

$$f_{yd} = 435 \text{ MPa}$$

$$A_{sy} = \rho_y h = 0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\rho_x \sigma_{sx} = \left| \tau_{Edxy} \right| \frac{-\sigma_{Edx}}{\tau_{Edxy}} + \sigma_{Edx} = 0 \text{ MPa za } \theta = \theta_{el}$$

$$\rho_x = \frac{\sigma_{sx}}{f_{yd}} = 0$$

$$A_{sx} = \rho_x h = 0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\sigma_{cd} = - \left| \tau_{Edxy} \right| \left(\frac{\tau_{Edxy}}{-\sigma_{Edx}} + \frac{-\sigma_{Edx}}{\tau_{Edxy}} \right) = -\sigma_{Edx} = -0.3089 \text{ MPa za } \theta = \theta_{el}$$

$$|\sigma_{cd}| = 0.3089 < \sigma_{cd,max} = 9 \text{ MPa za } \theta = \theta_{el}$$

$$\sigma_{cd,max} = f_{cd} \left[0.85 f_{cd} - \frac{\sigma_s}{f_{yd}} (0.85 - \nu) \right] = \nu f_{cd} = 9 \text{ MPa za } \sigma_s = f_{yd}$$

$$\nu = 0.6 f_{cd} [1 - f_{ck} / 250] = 0.54$$

$$f_{cd} = 16.667 \text{ MPa}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$\rho_y \sigma_{sy} = |\tau_{Edxy}| \tan \theta + \sigma_{Edy} = 0 \text{ MPa}$$

$$\rho_y = \frac{\sigma_{sy}}{f_{yd}} = 0$$

$$A_{sy} = \rho_y h = 0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\rho_x \sigma_{sx} = |\tau_{Edxy}| \cot \theta + \sigma_{Edx} = 0 \text{ MPa}$$

$$\rho_x = \frac{\sigma_{sx}}{f_{yd}} = 0$$

$$A_{sx} = \rho_x h = 0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\sigma_{cd} = -|\tau_{Edxy}| (\tan \theta + \cot \theta) = 0 \text{ MPa}$$

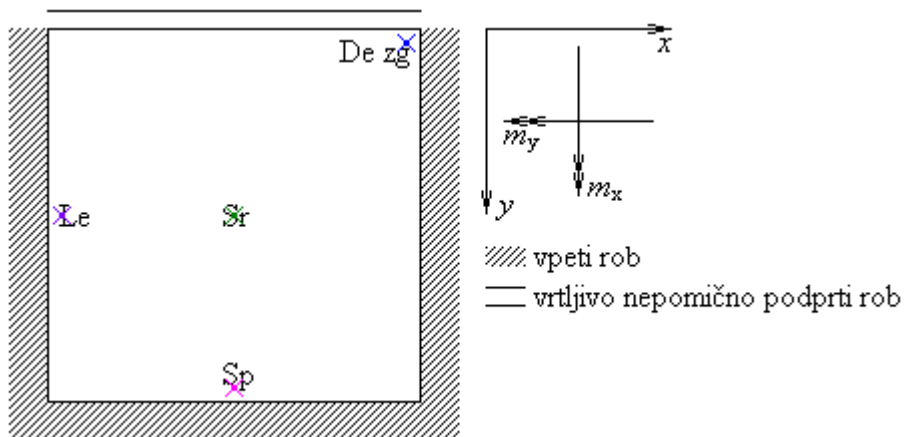
$$|\sigma_{cd}| = 0 \text{ MPa} < \sigma_{cd,max} = 9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cd,max} = f_{cd} \left[0.85 f_{cd} - \frac{\sigma_s}{f_{yd}} (0.85 - \nu) \right] = \nu f_{cd} = 9 \text{ MPa za } \sigma_s = f_{yd}$$

5.4 Primeri B-L; Dimenzioniranje armiranobetonske plošče glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2, z izračunom notranjih sil z uporabo računalniškega programa AMSES Plate in SAP 2000

Primer B; Dimenzioniranje armiranobetonske plošče po dodatku LL standarda SIST EN 1992-2, z izračunom notranjih sil z uporabo računalniškega programa AMSES Plate in SAP 2000:

Podatki:



Slika 5-4: Primer B (5.4)

Beton:	C25/30
Armatura:	S500
Dimenzije plošče:	$l_x = 5 \text{ m}$
	$l_y = 5 \text{ m}$
	$h = 20 \text{ cm}$
	$a = 2.5 \text{ cm}$
Obtežba:	$q_{zd} = 10 \text{ kN/m}^2$

Notranje sile pridobljene z MKE (metoda končnih elementov) z računalniškim programom AMSES Plate in SAP 2000:

Preglednica 5-30: Notranje sile iz programa AMSES Plate (po MKE), Primer B (5.4)

		AMSES Plate							
El.	h [m]	$n_{Ed,y}$ (n_{22}) [kN/m]	$n_{Ed,x}$ (n_{11}) [kN/m]	$n_{Ed,xy}$ (n_{12}) [kN/m]	$m_{Ed,y}$ (m_{22}) [kNm/m]	$m_{Ed,x}$ (m_{11}) [kNm/m]	$m_{Ed,xy}$ (m_{12}) [kNm/m]	$v_{Ed,y}$ (v_{32}) [kN/m]	$v_{Ed,x}$ (v_{31}) [kN/m]
Sr	0.2	0	0	0	5.6	6.69	-0.108	0.456	0.726
Le	0.2	0	0	0	-3.901	-14.868	0.004	-0.084	-23.456
Sp	0.2	0	0	0	-13.41	-3.529	-0.016	21.912	-0.501
De zg	0.2	0	0	0	0.036	-0.21	3.762	-2.352	0.996

Preglednica 5-31: Notranje sile iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer B (5.4)

		SAP 2000							
El.	h [m]	$n_{Ed,y}$ (n_{22}) [kN/m]	$n_{Ed,x}$ (n_{11}) [kN/m]	$n_{Ed,xy}$ (n_{12}) [kN/m]	$m_{Ed,y}$ (m_{22}) [kNm/m]	$m_{Ed,x}$ (m_{11}) [kNm/m]	$m_{Ed,xy}$ (m_{12}) [kNm/m]	$v_{Ed,y}$ (v_{32}) [kN/m]	$v_{Ed,x}$ (v_{31}) [kN/m]
Sr	0.2	0	0	0	5.578	6.671	0	-0.243	-0.142
Le	0.2	0	0	0	-2.933	-14.664	0.003	-0.029	-21.33
Sp	0.2	0	0	0	-13.157	-2.629	-0.002	19.484	-0.01
De zg	0.2	0	0	0	0.111	-0.002	3.768	-4.435	0.765

Primerjava armature izračunane glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in računalniški program AMSES Plate, pri izračunu notranjih sil z uporabo računalniškega programa AMSES Plate; s primerjavo armature izračunane glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in računalniški program SAP 2000, pri izračunu notranjih sil z uporabo SAP računalniškega programa 2000:

Preglednica 5-32: Primerjava med izračunano armaturo glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program AMSES Plate, Primer B (5.4)

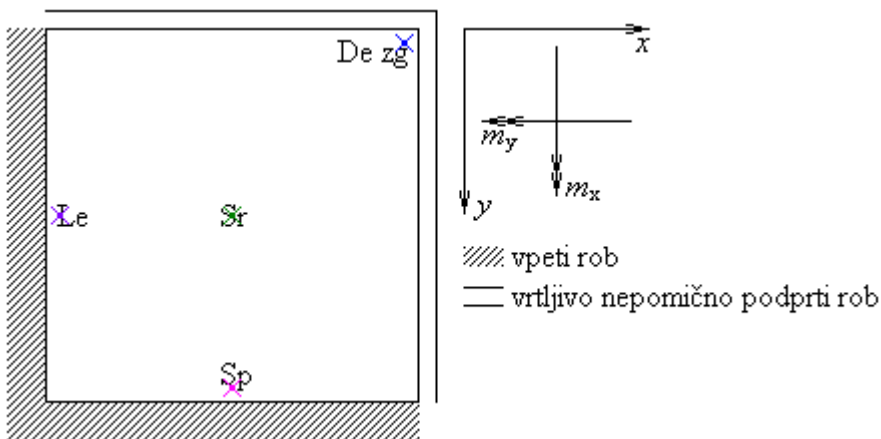
	AMSES Plate							
	Annex LL				AMSES Plate			
	Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti		Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti	
El.	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sr	0	0	0.8631	1.0876	0	0	0.75	0.89
Le	0.5983	2.2820	0	0	0.518	1.991	0	0
Sp	2.0569	0.5503	0	0	1.794	0.469	0	0
De zg	0.5713	0.6090	0.5824	0.5446	0.327	0.318	0.399	0.407

Preglednica 5-33: Primerjava med izračunom armature glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program SAP 2000, Primer B (5.4)

	SAP 2000 (brez upoštevanja redukcijskega faktorja [$\Phi_s = 0.9$])							
	Annex LL				SAP 2000			
	Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti		Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti	
El.	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sr	0	0	0.8553	1.0229	0	0	0.855945	1.023615
Le	0.4498	2.2502	0	0	0.44505	2.24595	0	0
Sp	2.0175	0.4043	0	0	2.01825	0.40365	0	0
De zg	0.5607	0.5781	0.5948	0.5775	0.5589	0.5796	0.58995	0.5796

Primer C; Dimenzioniranje armiranobetonske plošče po dodatku LL standarda SIST EN 1992-2, z izračunom notranjih sil z uporabo računalniškega programa AMSES Plate in SAP 2000:

Podatki:



Slika 5-5: Primer C (5.4)

Beton: C25/30

Armatura: S500

Dimenzije plošče: $l_x = 5$ m

$l_y = 5$ m

$h = 20$ cm

$a = 2.5$ cm

Obtežba: $q_{zd} = 10$ kN/m²

Rizvić, M. 2010. Dimenzioniranje armiranobetonskih ploskovnih elementov po standardih Evrokod 2. Dipl. nal. – VSŠ Ljubljana. UL. FGG. Odd. za gradbeništvo. Konstrukcijska smer.

Notranje sile pridobljene z MKE (metoda končnih elementov) z računalniškim programom AMSES Plate in SAP 2000:

Preglednica 5-34: Notranje sile iz programa AMSES Plate (po MKE), Primer C (5.4)

AMSES Plate									
El.	h	$n_{Ed,y}$ (n_{22})	$n_{Ed,x}$ (n_{11})	$n_{Ed,xy}$ (n_{12})	$m_{Ed,y}$ (m_{22})	$m_{Ed,x}$ (m_{11})	$m_{Ed,xy}$ (m_{12})	$v_{Ed,y}$ (v_{32})	$v_{Ed,x}$ (v_{31})
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]
Sr	0.2	0	0	0	7.583	7.653	-0.06	0.118	0.387
Le	0.2	0	0	0	-4.361	-16.89	0.022	-0.203	-25.395
Sp	0.2	0	0	0	-16.88	-4.384	-0.03	25.614	-0.851
De zg	0.2	0	0	0	-0.083	0.006	6.334	0.012	0.013

Preglednica 5-35: Notranje sile iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer C (5.4)

SAP 2000									
El.	h	$n_{Ed,y}$ (n_{22})	$n_{Ed,x}$ (n_{11})	$n_{Ed,xy}$ (n_{12})	$m_{Ed,y}$ (m_{22})	$m_{Ed,x}$ (m_{11})	$m_{Ed,xy}$ (m_{12})	$v_{Ed,y}$ (v_{32})	$v_{Ed,x}$ (v_{31})
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]
Sr	0.2	0	0	0	7.534	7.66	-0.003	0.319	0.477
Le	0.2	0	0	0	-3.331	-16.669	0.001	-0.039	-22.783
Sp	0.2	0	0	0	-16.669	-3.331	-0.003	22.712	-0.023
De zg	0.2	0	0	0	0.164	0.799	5.902	5.969	-11.222

Primerjava armature izračunane glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in računalniški program AMSES Plate, pri izračunu notranjih sil z uporabo računalniškega programa AMSES Plate; s primerjavo armature izračunane glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in računalniški program SAP 2000, pri izračunu notranjih sil z uporabo SAP računalniškega programa 2000:

Preglednica 5-36: Primerjava med izračunano armaturo glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program AMSES Plate, Primer C (5.4)

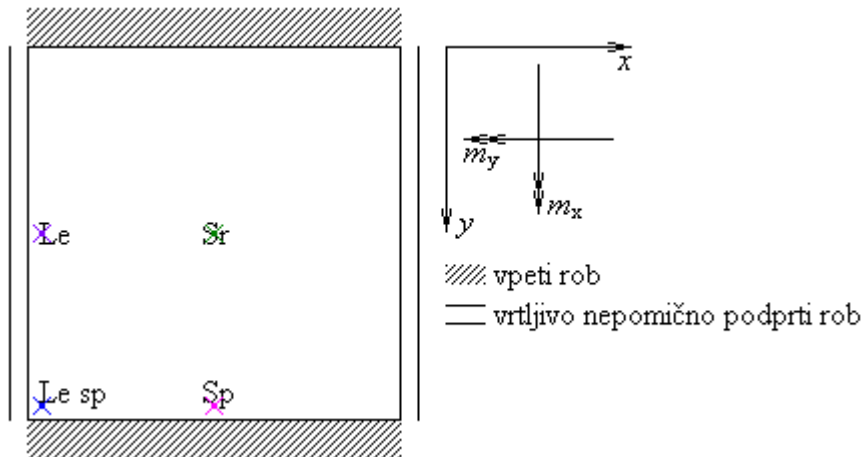
AMSES Plate								
Annex LL					AMSES Plate			
Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti		Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti		
El.	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sr	0	0	1.1652	1.2078	0	0	1.01	1.022
Le	0.6696	2.6024	0	0	0.579	2.26	0	0
Sp	2.5895	0.6894	0	0	2.266	0.578	0	0
De zg	0.9839	0.9703	0.9585	0.9721	0.844	0.844	0.844	0.844

Preglednica 5-37: Primerjava med izračunom armature glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program SAP 2000, Primer C (5.4)

SAP 2000 (brez upoštevanja redukcijskega faktorja [$\phi_s = 0.9$])								
Annex LL					SAP 2000			
Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti		Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti		
El.	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sr	0	0	1.1553	1.1763	0	0	1.1592	1.1799
Le	0.5108	2.5565	0	0	0.5072	2.5565	0	0
Sp	2.5560	0.5125	0	0	2.5565	0.5072	0	0
De zg	0.8798	0.7825	0.9301	1.0275	0.8798	0.7825	0.9305	1.0278

Primer D; Dimenzioniranje armiranobetonske plošče po dodatku LL standarda SIST EN 1992-2, z izračunom notranjih sil z uporabo računalniškega programa AMSES Plate in SAP 2000:

Podatki:



Slika 5-6: Primer D (5.4)

Beton: C25/30

Armatura: S500

Dimenzije plošče: $l_x = 5$ m

$l_y = 5$ m

$h = 20$ cm

$a = 2.5$ cm

Obtežba: $q_{zd} = 10$ kN/m²

Notranje sile pridobljene z MKE (metoda končnih elementov) z računalniškim programom AMSES Plate in SAP 2000:

Preglednica 5-38: Notranje sile iz programa AMSES Plate (po MKE), Primer D (5.4)

		AMSES Plate							
El.	h [m]	$n_{Ed,y}$ (n_{22}) [kN/m]	$n_{Ed,x}$ (n_{11}) [kN/m]	$n_{Ed,xy}$ (n_{12}) [kN/m]	$m_{Ed,y}$ (m_{22}) [kNm/m]	$m_{Ed,x}$ (m_{11}) [kNm/m]	$m_{Ed,xy}$ (m_{12}) [kNm/m]	$v_{Ed,y}$ (v_{32}) [kN/m]	$v_{Ed,x}$ (v_{31}) [kN/m]
Sr	0.2	0	0	0	7.889	5.475	-0.01	-0.005	-0.209
Le	0.2	0	0	0	0.214	0.29	-0.002	-0.02	-11.3
Sp	0.2	0	0	0	-17.009	-4.418	0.01	25.579	-0.331
Le sp	0.2	0	0	0	-0.217	0.062	3.992	1.01	-1.968

Preglednica 5-39: Notranje sile iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer D (5.4)

		SAP 2000							
El.	h [m]	$n_{Ed,y}$ (n_{22}) [kN/m]	$n_{Ed,x}$ (n_{11}) [kN/m]	$n_{Ed,xy}$ (n_{12}) [kN/m]	$m_{Ed,y}$ (m_{22}) [kNm/m]	$m_{Ed,x}$ (m_{11}) [kNm/m]	$m_{Ed,xy}$ (m_{12}) [kNm/m]	$v_{Ed,y}$ (v_{32}) [kN/m]	$v_{Ed,x}$ (v_{31}) [kN/m]
Sr	0.2	0	0	0	7.917	5.429	0	0	-0.191
Le	0.2	0	0	0	0.156	0.193	0	0	-14.468
Sp	0.2	0	0	0	-16.787	-3.356	0.002	23.179	-0.012
Le sp	0.2	0	0	0	0.036	0.222	4.027	-0.394	-4.674

Primerjava armature izračunane glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in računalniški program AMSES Plate, pri izračunu notranjih sil z uporabo računalniškega programa AMSES Plate; s primerjavo armature izračunane glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in računalniški program SAP 2000, pri izračunu notranjih sil z uporabo SAP računalniškega programa 2000:

Preglednica 5-40: Primerjava med izračunano armaturo glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program AMSES Plate, Primer D (5.4)

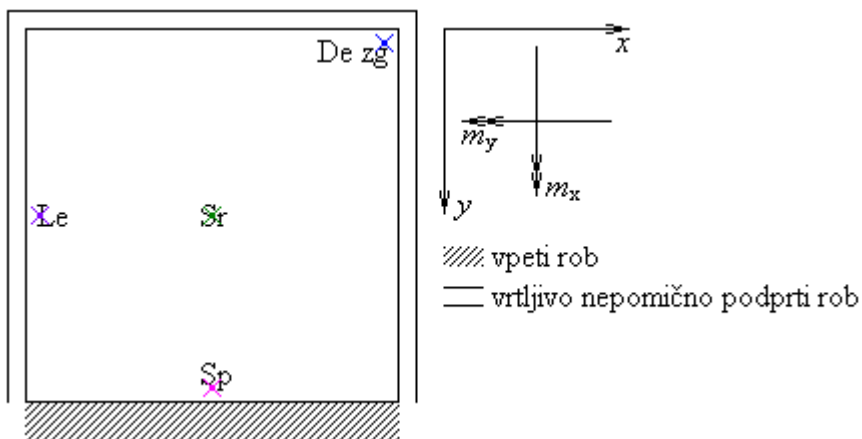
El.	AMSES Plate							
	Annex LL				AMSES Plate			
	Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti		Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti	
	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sr	0	0	1.2101	0.8452	0	0	1.049	0.728
Le	0	0	0.0329	0.0456	0	0	0.06	0.06
Sp	2.6085	0.6831	0	0	2.283	0.585	0	0
Le sp	0.6454	0.6026	0.5788	0.6216	0.556	0.519	0.498	0.535

Preglednica 5-41: Primerjava med izračunom armature glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program SAP 2000, Primer D (5.4)

El.	SAP 2000 (brez upoštevanja redukcijskega faktorja [$\Phi_s = 0.9$])							
	Annex LL				SAP 2000			
	Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti		Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti	
	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sr	0	0	1.2139	0.8324	0	0	1.2110	0.8321
Le	0	0	0.0239	0.0296	0	0	0.0311	0.0414
Sp	2.5741	0.5157	0	0	2.5772	0.5144	0	0
Le sp	0.6120	0.5834	0.6230	0.6515	0.6107	0.5796	0.6210	0.6521

Primer E; Dimenzioniranje armiranobetonske plošče po dodatku LL standarda SIST EN 1992-2, z izračunom notranjih sil z uporabo računalniškega programa AMSES Plate in SAP 2000:

Podatki:



Slika 5-7: Primer E (5.4)

Beton: C25/30

Armatura: S500

Dimenzije plošče: $l_x = 5$ m

$l_y = 5$ m

$h = 20$ cm

$a = 2.5$ cm

Obtežba: $q_{zd} = 10$ kN/m²

Notranje sile pridobljene z MKE (metoda končnih elementov) z računalniškim programom AMSES Plate in SAP 2000:

Preglednica 5-42: Notranje sile iz programa AMSES Plate (po MKE), Primer E (5.4)

AMSES Plate									
El.	h	$n_{Ed,y}$ (n_{22})	$n_{Ed,x}$ (n_{11})	$n_{Ed,xy}$ (n_{12})	$m_{Ed,y}$ (m_{22})	$m_{Ed,x}$ (m_{11})	$m_{Ed,xy}$ (m_{12})	$v_{Ed,y}$ (v_{32})	$v_{Ed,x}$ (v_{31})
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]
Sr	0.2	0	0	0	9.672	7.945	-0.034	0.32	-0.417
Le	0.2	0	0	0	0.182	0.311	-0.178	-0.03	-13.72
Sp	0.2	0	0	0	-20.435	-5.198	-0.012	28.774	-0.442
De zg	0.2	0	0	0	0	0	7.27	0.061	0.066

Preglednica 5-43: Notranje sile iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer E (5.4)

SAP 2000									
El.	h	$n_{Ed,y}$ (n_{22})	$n_{Ed,x}$ (n_{11})	$n_{Ed,xy}$ (n_{12})	$m_{Ed,y}$ (m_{22})	$m_{Ed,x}$ (m_{11})	$m_{Ed,xy}$ (m_{12})	$v_{Ed,y}$ (v_{32})	$v_{Ed,x}$ (v_{31})
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]
Sr	0.2	0	0	0	9.766	7.933	0	0.621	-0.16
Le	0.2	0	0	0	0.467	1.04	-0.326	-0.488	-17.159
Sp	0.2	0	0	0	-20.226	-4.043	-0.002	25.74	-0.012
De zg	0.2	0	0	0	0.178	0.886	6.775	5.777	32.746

Primerjava armature izračunane glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in računalniški program AMSES Plate, pri izračunu notranjih sil z uporabo računalniškega programa AMSES Plate; s primerjavo armature izračunane glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in računalniški program SAP 2000, pri izračunu notranjih sil z uporabo SAP računalniškega programa 2000:

Preglednica 5-44: Primerjava med izračunano armaturo glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program AMSES Plate, Primer E (5.4)

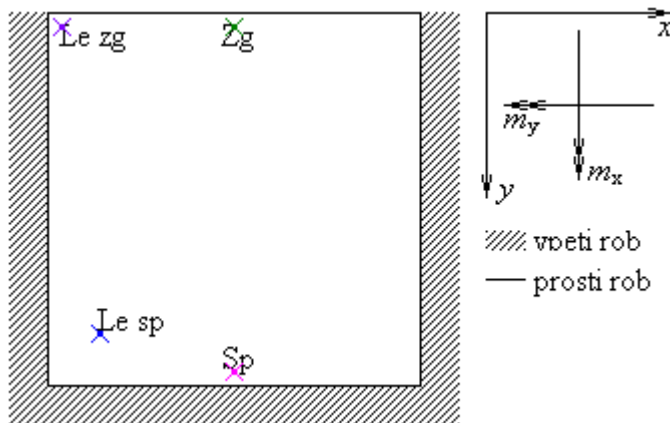
AMSES Plate								
Annex LL					AMSES Plate			
Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti			Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti	
El.	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sr	0	0	1.4844	1.2377	0	0	1.289	1.065
Le	0	0	0.0352	0.1495	0	0	0.06	0.07
Sp	3.1339	0.8039	0	0	2.74	0.693	0	0
De zg	1.1147	1.1147	1.1147	1.1147	0.963	0.963	0.963	0.963

Preglednica 5-45: Primerjava med izračunom armature glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program SAP 2000, Primer E (5.4)

SAP 2000 (brez upoštevanja redukcijskega faktorja [$\Phi_s = 0.9$])								
Annex LL					SAP 2000			
Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti			Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti	
El.	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sr	0	0	1.4975	1.2164	0	0	1.5008	1.2213
Le	0	0	0.0850	0.3460	0	0	0.1273	0.2153
Sp	3.1014	0.6211	0	0	3.1050	0.6200	0	0
De zg	1.0115	0.9030	1.0661	1.1747	1.0143	0.9005	1.0661	1.1799

Primer F; Dimenzioniranje armiranobetonske plošče po dodatku LL standarda SIST EN 1992-2, z izračunom notranjih sil z uporabo računalniškega programa AMSES Plate in SAP 2000:

Podatki:



Slika 5-8: Primer F (5.4)

Beton: C25/30

Armatura: S500

Dimenzije plošče: $l_x = 5$ m

$l_y = 5$ m

$h = 20$ cm

$a = 2.5$ cm

Obtežba: $q_{zd} = 10$ kN/m²

Notranje sile pridobljene z MKE (metoda končnih elementov) z računalniškim programom AMSES Plate in SAP 2000:

Preglednica 5-46: Notranje sile iz programa AMSES Plate (po MKE), Primer F (5.4)

		AMSES Plate							
El.	h [m]	$n_{Ed,y}$ (n_{22}) [kN/m]	$n_{Ed,x}$ (n_{11}) [kN/m]	$n_{Ed,xy}$ (n_{12}) [kN/m]	$m_{Ed,y}$ (m_{22}) [kNm/m]	$m_{Ed,x}$ (m_{11}) [kNm/m]	$m_{Ed,xy}$ (m_{12}) [kNm/m]	$v_{Ed,y}$ (v_{32}) [kN/m]	$v_{Ed,x}$ (v_{31}) [kN/m]
Zg	0.2	0	0	0	0.307	10.571	0.172	-1.593	-0.959
Le zg	0.2	0	0	0	-4.342	-21.707	-0.369	-1.198	-28.814
Sp	0.2	0	0	0	-13.765	-3.594	-0.016	21.875	-0.536
Le sp	0.2	0	0	0	0.019	0.208	2.991	3.248	-3.517

Preglednica 5-47: Notranje sile iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer F (5.4)

		SAP 2000							
El.	h [m]	$n_{Ed,y}$ (n_{22}) [kN/m]	$n_{Ed,x}$ (n_{11}) [kN/m]	$n_{Ed,xy}$ (n_{12}) [kN/m]	$m_{Ed,y}$ (m_{22}) [kNm/m]	$m_{Ed,x}$ (m_{11}) [kNm/m]	$m_{Ed,xy}$ (m_{12}) [kNm/m]	$v_{Ed,y}$ (v_{32}) [kN/m]	$v_{Ed,x}$ (v_{31}) [kN/m]
Zg	0.2	0	0	0	0.401	10.698	0	-0.084	-0.088
Le zg	0.2	0	0	0	-4.336	-21.747	-0.025	0.071	-26.338
Sp	0.2	0	0	0	-13.511	-2.7	-0.002	19.354	-0.01
Le sp	0.2	0	0	0	0.431	0.192	2.924	3.178	4.719

Rizvić, M. 2010. Dimenzioniranje armiranobetonskih ploskovnih elementov po standardih Evrokod 2. Dipl. nal. – VSŠ Ljubljana. UL. FGG. Odd. za gradbeništvo. Konstrukcijska smer.

Primerjava armature izračunane glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in računalniški program AMSES Plate, pri izračunu notranjih sil z uporabo računalniškega programa AMSES Plate; s primerjavo armature izračunane glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in računalniški program SAP 2000, pri izračunu notranjih sil z uporabo SAP računalniškega programa 2000:

Preglednica 5-48: Primerjava med izračunano armaturo glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program AMSES Plate, Primer F (5.4)

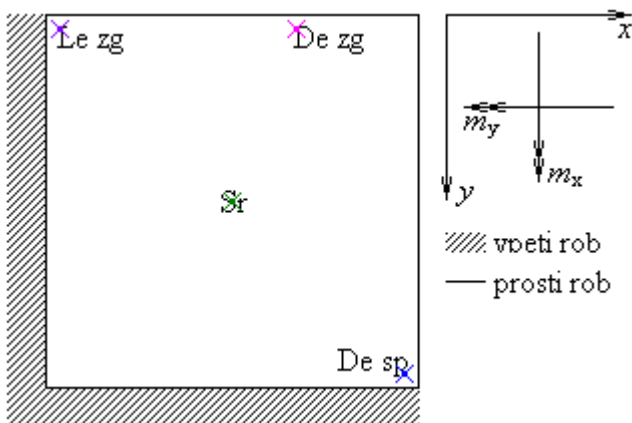
	AMSES Plate							
	Annex LL				AMSES Plate			
	Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti		Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti	
El.	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Zg	0	0	0.0541	1.7193	0	0	0.074	1.428
Le zg	0.6809	3.5396	0	0	0.623	2.979	0	0
Sp	2.1113	0.5602	0	0	1.842	0.478	0	0
Le sp	0.4557	0.4267	0.4615	0.4905	0.395	0.367	0.397	0.422

Preglednica 5-49: Primerjava med izračunom armature glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program SAP 2000, Primer F (5.4)

	SAP 2000 (brez upoštevanja redukcijskega faktorja [$\Phi_s = 0.9$])							
	Annex LL				SAP 2000			
	Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti		Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti	
El.	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Zg	0	0	0.0615	1.6404	0	0	0.0807	1.6560
Le zg	0.6659	3.3488	0	0	0.6728	3.3431	0	0
Sp	2.0718	0.4151	0	0	2.0700	0.4140	0	0
Le sp	0.3823	0.4189	0.5144	0.4778	0.3819	0.4192	0.5144	0.4782

Primer G; Dimenzioniranje armiranobetonske plošče po dodatku LL standarda SIST EN 1992-2, z izračunom notranjih sil z uporabo računalniškega programa AMSES Plate in SAP 2000:

Podatki:



Slika 5-9: Primer G (5.4)

Beton: C25/30

Armatura: S500

Dimenzije plošče: $l_x = 5$ m

$l_y = 5$ m

$h = 20$ cm

$a = 2.5$ cm

Obtežba: $q_{zd} = 10$ kN/m²

Rizvić, M. 2010. Dimenzioniranje armiranobetonskih ploskovnih elementov po standardih Evrokod 2. Dipl. nal. – VSŠ Ljubljana. UL. FGG. Odd. za gradbeništvo. Konstrukcijska smer.

Notranje sile pridobljene z MKE (metoda končnih elementov) z računalniškim programom AMSES Plate in SAP 2000:

Preglednica 5-50: Notranje sile iz programa AMSES Plate (po MKE), Primer G (5.4)

AMSES Plate									
El.	h	$n_{Ed,y}$ (n_{22})	$n_{Ed,x}$ (n_{11})	$n_{Ed,xy}$ (n_{12})	$m_{Ed,y}$ (m_{22})	$m_{Ed,x}$ (m_{11})	$m_{Ed,xy}$ (m_{12})	$v_{Ed,y}$ (v_{32})	$v_{Ed,x}$ (v_{31})
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]
Sr	0.2	0	0	0	-0.898	-0.31	12.558	5.82	-3.633
Le zg	0.2	0	0	0	-14.653	-73.266	-0.73	-3.867	-68.613
De zg	0.2	0	0	0	0.782	8.519	7.682	-3.309	-1.621
De sp	0.2	0	0	0	-73.239	-14.648	-0.855	66.999	3.329

Preglednica 5-51: Notranje sile iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer G (5.4)

SAP 2000									
El.	h	$n_{Ed,y}$ (n_{22})	$n_{Ed,x}$ (n_{11})	$n_{Ed,xy}$ (n_{12})	$m_{Ed,y}$ (m_{22})	$m_{Ed,x}$ (m_{11})	$m_{Ed,xy}$ (m_{12})	$v_{Ed,y}$ (v_{32})	$v_{Ed,x}$ (v_{31})
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]
Sr	0.2	0	0	0	-0.718	-0.717	12.527	4.802	-4.803
Le zg	0.2	0	0	0	-14.303	-72.054	-0.063	0.496	-54.552
De zg	0.2	0	0	0	0.201	8.98	7.239	-0.143	-15.362
De sp	0.2	0	0	0	-72.082	-14.308	-0.083	52.231	-0.023

Primerjava armature izračunane glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in računalniški program AMSES Plate, pri izračunu notranjih sil z uporabo računalniškega programa AMSES Plate; s primerjavo armature izračunane glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in računalniški program SAP 2000, pri izračunu notranjih sil z uporabo SAP računalniškega programa 2000:

Preglednica 5-52: Primerjava med izračunano armaturo glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program AMSES Plate, Primer G (5.4)

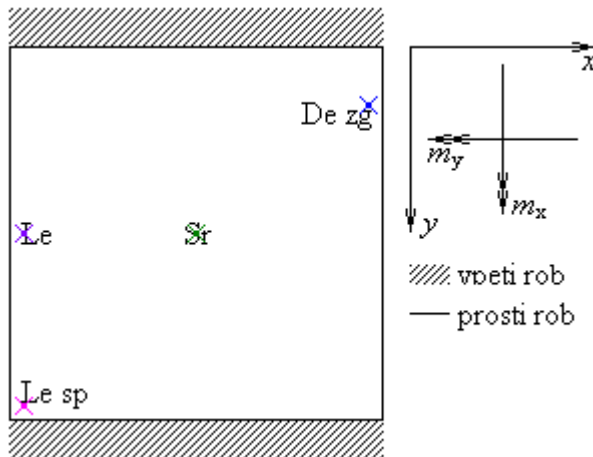
AMSES Plate								
Annex LL					AMSES Plate			
Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti		Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti		
El.	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sr	2.0633	1.9731	1.7879	1.8780	1.798	1.717	1.554	1.633
Le zg	2.2768	11.6519	0	0	2.059	10.736	0	0
De zg	0.7049	0	0.9447	2.9885	0.912	0	1.124	2.171
De sp	11.2651	2.7353	0	0	10.752	2.075	0	0

Preglednica 5-53: Primerjava med izračunom armature glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program SAP 2000, Primer G (5.4)

SAP 2000 (brez upoštevanja redukcijskega faktorja [$\phi_s = 0.9$])								
Annex LL					SAP 2000			
Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti		Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti		
El.	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sr	2.0309	2.0307	1.8107	1.8109	2.0286	2.0286	1.8113	1.8113
Le zg	2.1957	11.0843	0	0	2.2046	11.0642	0	0
De zg	0.7464	0	0.8080	2.9621	0.8642	0	1.1385	2.4840
De sp	11.0560	2.2414	0	0	11.0642	2.2046	0	0

Primer H; Dimenzioniranje armiranobetonske plošče po dodatku LL standarda SIST EN 1992-2, z izračunom notranjih sil z uporabo računalniškega programa AMSES Plate in SAP 2000:

Podatki:



Slika 5-10: Primer H (5.4)

Beton: C25/30

Armatura: S500

Dimenzije plošče: $l_x = 5$ m

$l_y = 5$ m

$h = 20$ cm

$a = 2.5$ cm

Obtežba: $q_{zd} = 10$ kN/m²

Notranje sile pridobljene z MKE (metoda končnih elementov) z računalniškim programom AMSES Plate in SAP 2000:

Preglednica 5-54: Notranje sile iz programa AMSES Plate (po MKE), Primer H (5.4)

		AMSES Plate							
El.	h [m]	$n_{Ed,y}$ (n_{22}) [kN/m]	$n_{Ed,x}$ (n_{11}) [kN/m]	$n_{Ed,xy}$ (n_{12}) [kN/m]	$m_{Ed,y}$ (m_{22}) [kNm/m]	$m_{Ed,x}$ (m_{11}) [kNm/m]	$m_{Ed,xy}$ (m_{12}) [kNm/m]	$v_{Ed,y}$ (v_{32}) [kN/m]	$v_{Ed,x}$ (v_{31}) [kN/m]
Sr	0.2	0	0	0	10.319	1.934	-0.006	0.995	0.03
Le	0.2	0	0	0	10.665	0.226	-0.14	1.014	-1.208
Le sp	0.2	0	0	0	-20.616	-4.123	0.475	25.827	-0.096
De zg	0.2	0	0	0	2.041	-0.029	-1.389	13.168	-0.61

Preglednica 5-55: Notranje sile iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer H (5.4)

		SAP 2000							
El.	h [m]	$n_{Ed,y}$ (n_{22}) [kN/m]	$n_{Ed,x}$ (n_{11}) [kN/m]	$n_{Ed,xy}$ (n_{12}) [kN/m]	$m_{Ed,y}$ (m_{22}) [kNm/m]	$m_{Ed,x}$ (m_{11}) [kNm/m]	$m_{Ed,xy}$ (m_{12}) [kNm/m]	$v_{Ed,y}$ (v_{32}) [kN/m]	$v_{Ed,x}$ (v_{31}) [kN/m]
Sr	0.2	0	0	0	10.246	1.863	0	0	-0.24
Le	0.2	0	0	0	10.71	0.302	0	0	-0.048
Le sp	0.2	0	0	0	-21.244	-4.239	0.018	25.993	0.017
De zg	0.2	0	0	0	2.47	0.023	-1.06	-12.251	-0.027

Primerjava armature izračunane glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in računalniški program AMSES Plate, pri izračunu notranjih sil z uporabo računalniškega programa AMSES Plate; s primerjavo armature izračunane glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in računalniški program SAP 2000, pri izračunu notranjih sil z uporabo SAP računalniškega programa 2000:

Preglednica 5-56: Primerjava med izračunano armaturo glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program AMSES Plate, Primer H (5.4)

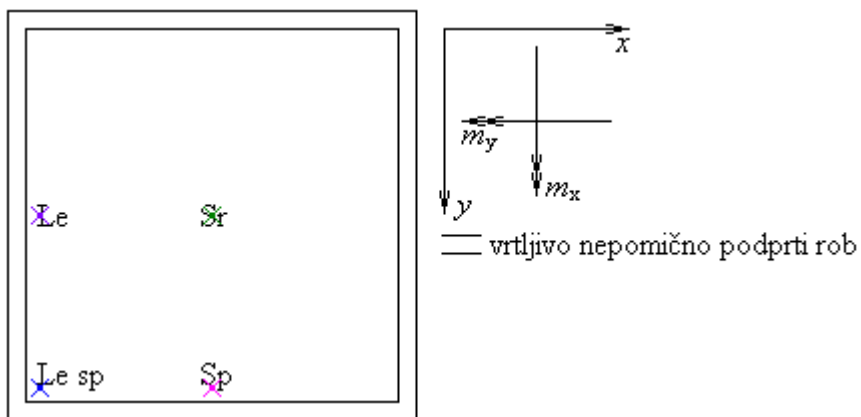
	AMSES Plate							
	Annex LL				AMSES Plate			
	Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti		Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti	
El.	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sr	0	0	1.5825	0.3000	0	0	1.374	0.256
Le	0	0	1.6533	0.0602	0	0	1.447	0.056
Le sp	3.1806	0.9040	0	0	2.843	0.608	0	0
De zg	0	0.1494	0.5259	0.2085	0	0.133	0.453	0.179

Preglednica 5-57: Primerjava med izračunom armature glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program SAP 2000, Primer H (5.4)

	SAP 2000 (brez upoštevanja redukcijskega faktorja [$\Phi_s = 0.9$])							
	Annex LL				SAP 2000			
	Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti		Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti	
El.	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sr	0	0	1.5711	0.2857	0	0	1.5732	0.2857
Le	0	0	1.6422	0.0463	0	0	1.6560	0.0621
Le sp	3.2582	0.6603	0	0	3.2603	0.6521	0	0
De zg	0	0.0662	0.5413	0.1661	0	0.1004	0.5413	0.1656

Primer I; Dimenzioniranje armiranobetonske plošče po dodatku LL standarda SIST EN 1992-2, z izračunom notranjih sil z uporabo računalniškega programa AMSES Plate in SAP 2000:

Podatki:



Slika 5-11: Primer I (5.4)

Beton: C25/30

Armatura: S500

Dimenzije plošče: $l_x = 5$ m

$l_y = 5$ m

$h = 20$ cm

$a = 2.5$ cm

Obtežba: $q_{zd} = 10$ kN/m²

Notranje sile pridobljene z MKE (metoda končnih elementov) z računalniškim programom AMSES Plate in SAP 2000:

Preglednica 5-58: Notranje sile iz programa AMSES Plate (po MKE), Primer I (5.4)

AMSES Plate									
El.	h	$n_{Ed,y}$ (n_{22})	$n_{Ed,x}$ (n_{11})	$n_{Ed,xy}$ (n_{12})	$m_{Ed,y}$ (m_{22})	$m_{Ed,x}$ (m_{11})	$m_{Ed,xy}$ (m_{12})	$v_{Ed,y}$ (v_{32})	$v_{Ed,x}$ (v_{31})
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]
Sr	0.2	0	0	0	10.955	11.04	-0.013	-0.02	-0.48
Le	0.2	0	0	0	0.646	1.192	0.003	-0.011	-16.233
Sp	0.2	0	0	0	1.199	0.646	-0.008	16.44	0.02
Le sp	0.2	0	0	0	0	0	8.879	-0.012	-0.013

Preglednica 5-59: Notranje sile iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer I (5.4)

SAP 2000									
El.	h	$n_{Ed,y}$ (n_{22})	$n_{Ed,x}$ (n_{11})	$n_{Ed,xy}$ (n_{12})	$m_{Ed,y}$ (m_{22})	$m_{Ed,x}$ (m_{11})	$m_{Ed,xy}$ (m_{12})	$v_{Ed,y}$ (v_{32})	$v_{Ed,x}$ (v_{31})
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]
Sr	0.2	0	0	0	11.096	11.096	0	0	-0.115
Le	0.2	0	0	0	0.546	1.288	0	0	-19.935
Sp	0.2	0	0	0	1.288	0.545	-0.001	19.927	0.208
Le sp	0.2	0	0	0	0.981	0.661	8.216	-18.102	6.043

Primerjava armature izračunane glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in računalniški program AMSES Plate, pri izračunu notranjih sil z uporabo računalniškega programa AMSES Plate; s primerjavo armature izračunane glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in računalniški program SAP 2000, pri izračunu notranjih sil z uporabo SAP računalniškega programa 2000:

Preglednica 5-60: Primerjava med izračunano armaturo glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program AMSES Plate, Primer I (5.4)

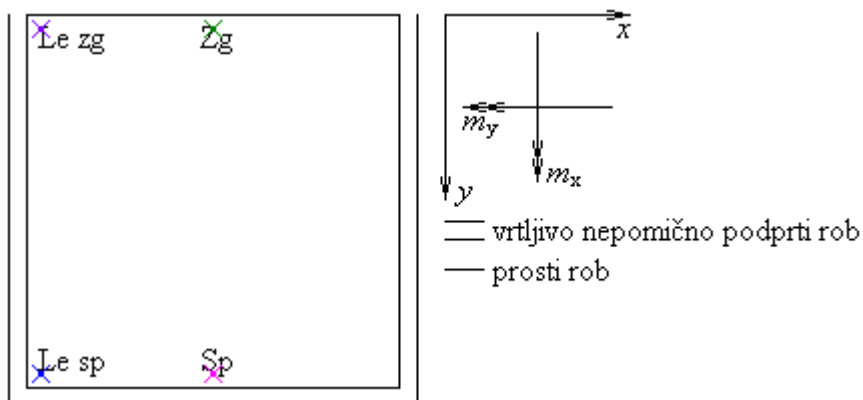
AMSES Plate								
Annex LL					AMSES Plate			
Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti		Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti		
El.	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sr	0	0	1.6803	1.7002	0	0	1.462	1.473
Le	0	0	0.0992	0.1845	0	0	0.096	0.158
Sp	0	0	0.1842	0.1036	0	0	0.156	0.096
Le sp	1.3614	1.3614	1.3614	1.3614	1.179	1.179	1.179	1.179

Preglednica 5-61: Primerjava med izračunom armature glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program SAP 2000, Primer I (5.4)

SAP 2000 (brez upoštevanja redukcijskega faktorja [$\phi_s = 0.9$])								
Annex LL					SAP 2000			
Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti		Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti		
El.	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sr	0	0	1.7014	1.7014	0	0	1.7078	1.7078
Le	0	0	0.0837	0.1975	0	0	0.1449	0.2588
Sp	0	0	0.1975	0.0841	0	0	0.2577	0.1439
Le sp	1.1094	1.1584	1.4102	1.3611	1.1075	1.1592	1.4076	1.3662

Primer J; Dimenzioniranje armiranobetonske plošče po dodatku LL standarda SIST EN 1992-2, z izračunom notranjih sil z uporabo računalniškega programa AMSES Plate in SAP 2000:

Podatki:



Slika 5-12: Primer J (5.4)

Beton: C25/30

Armatura: S500

Dimenzije plošče: $l_x = 5$ m

$l_y = 5$ m

$h = 20$ cm

$a = 2.5$ cm

Obtežba: $q_{zd} = 10$ kN/m²

Notranje sile pridobljene z MKE (metoda končnih elementov) z računalniškim programom AMSES Plate in SAP 2000:

Preglednica 5-62: Notranje sile iz programa AMSES Plate (po MKE), Primer J (5.4)

		AMSES Plate							
El.	h [m]	$n_{Ed,y}$ (n_{22}) [kN/m]	$n_{Ed,x}$ (n_{11}) [kN/m]	$n_{Ed,xy}$ (n_{12}) [kN/m]	$m_{Ed,y}$ (m_{22}) [kNm/m]	$m_{Ed,x}$ (m_{11}) [kNm/m]	$m_{Ed,xy}$ (m_{12}) [kNm/m]	$v_{Ed,y}$ (v_{32}) [kN/m]	$v_{Ed,x}$ (v_{31}) [kN/m]
Zg	0.2	0	0	0	0.706	26.789	0.354	-3.318	-0.756
Le zg	0.2	0	0	0	-0.434	2.517	5.07	-7.231	-31.084
Sp	0.2	0	0	0	1.096	0.76	-0.003	18.107	0.022
Le sp	0.2	0	0	0	0	0	12.672	0.158	0.172

Preglednica 5-63: Notranje sile iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer J (5.4)

		SAP 2000							
El.	h [m]	$n_{Ed,y}$ (n_{22}) [kN/m]	$n_{Ed,x}$ (n_{11}) [kN/m]	$n_{Ed,xy}$ (n_{12}) [kN/m]	$m_{Ed,y}$ (m_{22}) [kNm/m]	$m_{Ed,x}$ (m_{11}) [kNm/m]	$m_{Ed,xy}$ (m_{12}) [kNm/m]	$v_{Ed,y}$ (v_{32}) [kN/m]	$v_{Ed,x}$ (v_{31}) [kN/m]
Zg	0.2	0	0	0	0.854	27.274	0	-0.115	0.004
Le zg	0.2	0	0	0	-0.657	2.569	5.006	-43.682	-67.755
Sp	0.2	0	0	0	1.104	0.661	-0.001	23.182	0.26
Le sp	0.2	0	0	0	1.166	0.237	11.976	-35.71	4.392

Primerjava armature izračunane glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in računalniški program AMSES Plate, pri izračunu notranjih sil z uporabo računalniškega programa AMSES Plate; s primerjavo armature izračunane glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in računalniški program SAP 2000, pri izračunu notranjih sil z uporabo SAP računalniškega programa 2000:

Preglednica 5-64: Primerjava med izračunano armaturo glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program AMSES Plate, Primer J (5.4)

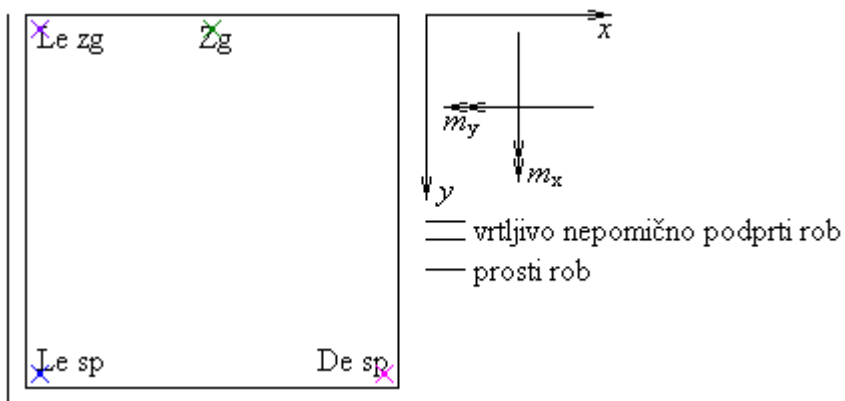
El.	AMSES Plate							
	Annex LL				AMSES Plate			
	Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti		Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti	
A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	
Zg	0	0	0.1228	4.3102	0	0	0.162	3.711
Le zg	0.8439	0.3915	0.7109	1.1633	0.743	0.39	0.627	1.023
Sp	0	0	0.1682	0.1183	0	0	0.15	0.115
Le sp	1.9430	1.9430	1.9430	1.9430	1.691	1.691	1.691	1.691

Preglednica 5-65: Primerjava med izračunom armature glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program SAP 2000, Primer J (5.4)

El.	SAP 2000 (brez upoštevanja redukcijskega faktorja [$\phi_s = 0.9$])							
	Annex LL				SAP 2000			
	Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti		Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti	
A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	
Zg	0	0	0.1309	4.1820	0	0	0.1739	4.2228
Le zg	0.8683	0.3737	0.6668	1.1615	0.7825	0.3736	0.6665	1.1592
Sp	0	0	0.1693	0.1019	0	0	0.2598	0.1925
Le sp	1.6575	1.8000	2.0151	1.8727	1.6560	1.8009	2.0183	1.8734

Primer K; Dimenzioniranje armiranobetonske plošče po dodatku LL standarda SIST EN 1992-2, z izračunom notranjih sil z uporabo računalniškega programa AMSES Plate in SAP 2000:

Podatki:



Slika 5-13: Primer K (5.4)

Beton: C25/30

Armatura: S500

Dimenzije plošče: $l_x = 5$ m

$l_y = 5$ m

$h = 20$ cm

$a = 2.5$ cm

Obtežba: $q_{zd} = 10$ kN/m²

Rizvić, M. 2010. Dimenzioniranje armiranobetonskih ploskovnih elementov po standardih Evrokod 2. Dipl. nal. – VSŠ Ljubljana. UL. FGG. Odd. za gradbeništvo. Konstrukcijska smer.

Notranje sile pridobljene z MKE (metoda končnih elementov) z računalniškim programom AMSES Plate in SAP 2000:

Preglednica 5-66: Notranje sile iz programa AMSES Plate (po MKE), Primer K (5.4)

AMSES Plate									
El.	h	$n_{Ed,y}$ (n_{22})	$n_{Ed,x}$ (n_{11})	$n_{Ed,xy}$ (n_{12})	$m_{Ed,y}$ (m_{22})	$m_{Ed,x}$ (m_{11})	$m_{Ed,xy}$ (m_{12})	$v_{Ed,y}$ (v_{32})	$v_{Ed,x}$ (v_{31})
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]
Zg	0.2	0	0	0	1.291	28.101	25.154	-6.247	-2.347
Le zg	0.2	0	0	0	-0.438	1.51	33.04	-7.188	-31.905
De sp	0.2	0	0	0	1.45	-0.427	33.047	28.688	6.791
Le sp	0.2	0	0	0	0	0	48.326	-0.009	-0.01

Preglednica 5-67: Notranje sile iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer K (5.4)

SAP 2000									
El.	h	$n_{Ed,y}$ (n_{22})	$n_{Ed,x}$ (n_{11})	$n_{Ed,xy}$ (n_{12})	$m_{Ed,y}$ (m_{22})	$m_{Ed,x}$ (m_{11})	$m_{Ed,xy}$ (m_{12})	$v_{Ed,y}$ (v_{32})	$v_{Ed,x}$ (v_{31})
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]
Zg	0.2	0	0	0	1.748	29.1	22.903	-0.238	-17.366
Le zg	0.2	0	0	0	-4.896	1.866	29.722	-249.025	-305.867
De sp	0.2	0	0	0	1.859	-4.899	-29.733	-305.615	249.416
Le sp	0.2	0	0	0	1.253	4.083	47.077	-9.545	52.355

Primerjava armature izračunane glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in računalniški program AMSES Plate, pri izračunu notranjih sil z uporabo računalniškega programa AMSES Plate; s primerjavo armature izračunane glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in računalniški program SAP 2000, pri izračunu notranjih sil z uporabo SAP računalniškega programa 2000:

Preglednica 5-68: Primerjava med izračunano armaturo glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program AMSES Plate, Primer K (5.4)

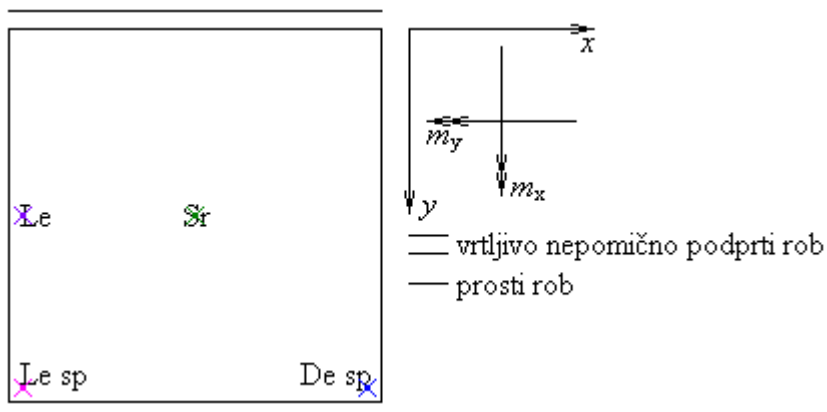
AMSES Plate								
Annex LL					AMSES Plate			
Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti		Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti		
El.	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Zg	2.2195	0	2.8986	9.8171	2.865	0	3.589	7.491
Le zg	4.9085	5.0699	4.7741	5.5329	4.584	4.27	4.459	4.628
De sp	4.8449	5.1327	5.2895	5.0017	4.828	4.584	4.219	4.462
Le sp	7.4100	7.4100	7.4100	7.4100	6.751	6.751	6.751	6.751

Preglednica 5-69: Primerjava med izračunom armature glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program SAP 2000, Primer K (5.4)

SAP 2000 (brez upoštevanja redukcijskega faktorja [$\phi_s = 0.9$])								
Annex LL					SAP 2000			
Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti		Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti		
El.	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Zg	1.5963	0	2.6368	9.6684	2.4944	0	3.7778	7.9695
Le zg	4.1949	5.7786	2.6935	6.3508	5.3096	4.2746	3.8088	4.8438
De sp	4.0741	5.9021	4.6442	4.3998	4.2746	5.3096	4.8438	3.8088
Le sp	7.0263	6.5924	7.4106	7.8445	7.0277	6.5930	7.4106	7.8453

Primer L; Dimenzioniranje armiranobetonske plošče po dodatku LL standarda SIST EN 1992-2, z izračunom notranjih sil z uporabo računalniškega programa AMSES Plate in SAP 2000:

Podatki:



Slika 5-14: Primer L (5.4)

Beton: C25/30

Armatura: S500

Dimenzije plošče: $l_x = 5$ m

$l_y = 5$ m

$h = 20$ cm

$a = 2.5$ cm

Obtežba: $q_{zd} = 10$ kN/m²

Notranje sile pridobljene z MKE (metoda končnih elementov) z računalniškim programom AMSES Plate in SAP 2000:

Preglednica 5-70: Notranje sile iz programa AMSES Plate (po MKE), Primer L (5.4)

		AMSES Plate							
El.	h [m]	$n_{Ed,y}$ (n_{22}) [kN/m]	$n_{Ed,x}$ (n_{11}) [kN/m]	$n_{Ed,xy}$ (n_{12}) [kN/m]	$m_{Ed,y}$ (m_{22}) [kNm/m]	$m_{Ed,x}$ (m_{11}) [kNm/m]	$m_{Ed,xy}$ (m_{12}) [kNm/m]	$v_{Ed,y}$ (v_{32}) [kN/m]	$v_{Ed,x}$ (v_{31}) [kN/m]
Sr	0.2	0	0	0	30.734	4.747	0.002	0.959	0.115
Le	0.2	0	0	0	32.09	0.452	-0.316	0.973	-2.274
Le sp	0.2	0	0	0	3.36	-0.276	-3.115	30.418	-6.768
De sp	0.2	0	0	0	6.285	-0.134	3.332	31.758	5.338

Preglednica 5-71: Notranje sile iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer L (5.4)

		SAP 2000							
El.	h [m]	$n_{Ed,y}$ (n_{22}) [kN/m]	$n_{Ed,x}$ (n_{11}) [kN/m]	$n_{Ed,xy}$ (n_{12}) [kN/m]	$m_{Ed,y}$ (m_{22}) [kNm/m]	$m_{Ed,x}$ (m_{11}) [kNm/m]	$m_{Ed,xy}$ (m_{12}) [kNm/m]	$v_{Ed,y}$ (v_{32}) [kN/m]	$v_{Ed,x}$ (v_{31}) [kN/m]
Sr	0.2	0	0	0	30.755	4.625	0	0	-0.164
Le	0.2	0	0	0	32.288	0.554	0	0	-0.107
Le sp	0.2	0	0	0	3.139	-0.27	-3.087	28.772	-22.59
De sp	0.2	0	0	0	5.944	-0.104	3.387	41.358	5.924

Primerjava armature izračunane glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in računalniški program AMSES Plate, pri izračunu notranjih sil z uporabo računalniškega programa AMSES Plate; s primerjavo armature izračunane glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in računalniški program SAP 2000, pri izračunu notranjih sil z uporabo SAP računalniškega programa 2000:

Preglednica 5-72: Primerjava med izračunano armaturo glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program AMSES Plate, Primer L (5.4)

El.	AMSES Plate							
	Annex LL				AMSES Plate			
	Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti		Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti	
A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	
Sr	0	0	4.7126	0.7290	0	0	4.194	0.628
Le	0	0	4.9689	0.1178	0	0	4.435	0.104
Le sp	0	0.5200	0.9928	0.4353	0	0.465	0.908	0.374
De sp	0	0.5315	1.4746	0.4904	0	0.458	1.36	0.448

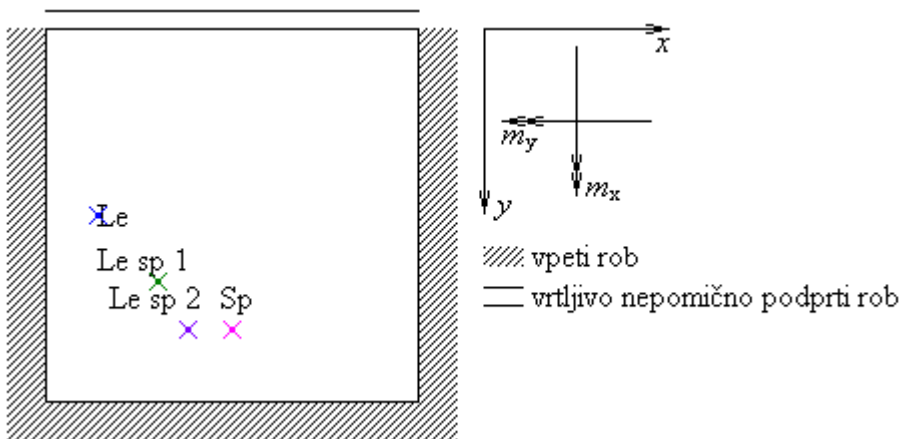
Preglednica 5-73: Primerjava med izračunom armature glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2 in program SAP 2000, Primer L (5.4)

El.	SAP 2000 (brez upoštevanja redukcijskega faktorja [$\Phi_s = 0.9$])							
	Annex LL				SAP 2000			
	Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti		Arm. zg. plasti		Arm. sp. plasti	
A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	
Sr	0	0	4.7158	0.7092	0	0	4.7196	0.7090
Le	0	0	4.9508	0.0849	0	0	4.9784	0.1139
Le sp	0	0.5069	0.9547	0.4319	0	0.4958	0.9543	0.4388
De sp	0	0.3119	1.4308	0.5034	0	0.3736	1.4283	0.5040

5.5 Primeri B-L; Dimenzioniranje armiranobetonske plošče po dodatku F standarda SIST EN 1992-1-1 oziroma SIST EN 1992-2, z izračunom notranjih napetosti z uporabo računalniškega programa SAP 2000

Primer B; Dimenzioniranje armiranobetonske plošče po dodatku F standarda SIST EN 1992-1-1 oziroma SIST EN 1992-2, z izračunom notranjih sil z uporabo računalniškega programa SAP 2000:

Podatki:



Slika 5-15: Primer B (5.5)

Beton: C25/30

Armatura: S500

Dimenzije plošče: $l_x = 5\text{ m}$

$$l_y = 5\text{ m}$$

$$h = 20\text{ cm}$$

$$a = 5\text{ cm}$$

Obtežba: $q_{zd} = 10\text{ kN/m}^2$

Rizvić, M. 2010. Dimenzioniranje armiranobetonskih ploskovnih elementov po standardih Evrokod 2. Dipl. nal. – VSŠ Ljubljana. UL. FGG. Odd. za gradbeništvo. Konstrukcijska smer.

Notranje napetosti pridobljene z MKE (metoda končnih elementov) z računalniškim programom SAP 2000:

Preglednica 5-74: Notranje napetosti iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer B (5.5)

El.	h [m]	Zg. plast			Sp. plast		
		$\sigma_{Ed,y}$ (σ_{22}) [MPa]	$\sigma_{Ed,x}$ (σ_{11}) [MPa]	$\sigma_{Ed,xy}$ (σ_{12}) [MPa]	$\sigma_{Ed,y}$ (σ_{22}) [MPa]	$\sigma_{Ed,x}$ (σ_{11}) [MPa]	$\sigma_{Ed,xy}$ (σ_{12}) [MPa]
Le sp 1	0.2	-0.1980	-0.2385	0.1742	0.1980	0.2385	-0.1742
Le sp 2	0.2	0	-0.1494	0.1290	0	0.1494	-0.1290
Sp	0.2	0	-0.1701	0	0	0.1701	0
Le	0.2	0	0.3373	0	0	-0.3373	0

(1) Dvoosni tlak in strig; Dvoosni nateg in strig:

(1a) Dvoosni tlak in strig; Zgornja plast:

Preglednica 5-75: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer B (5.5.1)

El.	h [m]	Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
		A_{Sy} [cm ² /m]	A_{Sx} [cm ² /m]	A_{Sy} [cm ² /m]	A_{Sx} [cm ² /m]
Le sp 1	0.2	0	0	0	0

(1b) Dvoosni nateg in strig; Spodnja plast:

Preglednica 5-76: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer B (5.5.1)

El.	h [m]	Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
		A_{Sy} [cm ² /m]	A_{Sx} [cm ² /m]	A_{Sy} [cm ² /m]	A_{Sx} [cm ² /m]
Le sp 1	0.2	0.8561	0.9493	0.9926	1.0971

(2) Enoosni tlak in strig; Enoosni nateg in strig:

(2a) Enoosni tlak in strig; Zgornja plast:

Preglednica 5-77: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer B (5.5.2)

		Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Le sp 2	0.2	0.2318	0.0361	0.3002	0.0311

(2b) Enoosni nateg in strig; Spodnja plast:

Preglednica 5-78: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer B (5.5.2)

		Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Le sp 2	0.2	0.2865	0.6508	0.3830	0.7245

(3) Enoosni tlak; Enoosni nateg:

(3a) Enoosni tlak; Zgornja plast:

Preglednica 5-79: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer B (5.5.3)

		Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sp	0.2	0	0	0	0

(3b) Enoosni nateg; Spodnja plast:

Preglednica 5-80: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer B (5.5.3)

		Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sp	0.2	0	0.3912	0	0.4761

(4) Enoosni nateg; Enoosni tlak:

(4a) Enoosni nateg; Zgornja plast:

Preglednica 5-81: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer B (5.5.4)

		Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Le	0.2	0	0.8500	0	0.9936

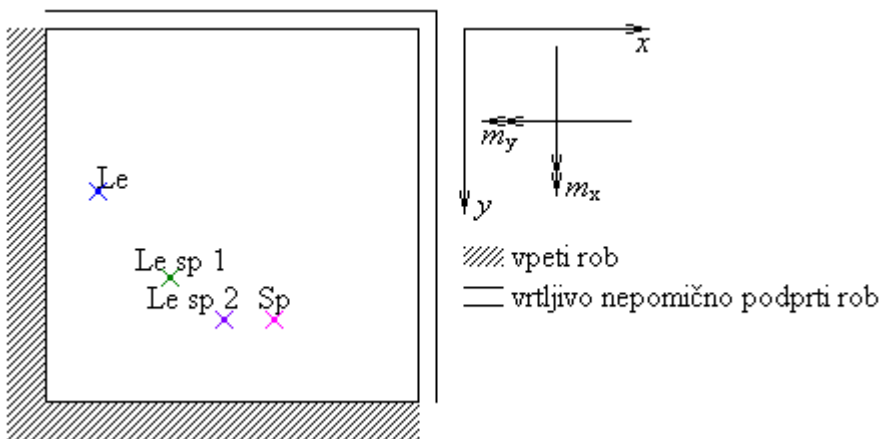
(4b) Enoosni tlak; Spodnja plast:

Preglednica 5-82: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer B (5.5.4)

		Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Le	0.2	0	0	0	0

Primer C; Dimenzioniranje armiranobetonske plošče po dodatku F standarda SIST EN 1992-1-1 oziroma SIST EN 1992-2, z izračunom notranjih sil z uporabo računalniškega programa SAP 2000:

Podatki:



Slika 5-16: Primer C (5.5)

Beton: C25/30

Armatura: S500

Dimenzije plošče: $l_x = 5$ m

$l_y = 5$ m

$h = 20$ cm

$a = 5$ cm

Obtežba: $q_{zd} = 10$ kN/m²

Rizvić, M. 2010. Dimenzioniranje armiranobetonskih ploskovnih elementov po standardih Evrokod 2. Dipl. nal. – VSŠ Ljubljana. UL. FGG. Odd. za gradbeništvo. Konstrukcijska smer.

Notranje napetosti pridobljene z MKE (metoda končnih elementov) z računalniškim programom SAP 2000:

Preglednica 5-83: Notranje napetosti iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer C (5.5)

El.	h [m]	Zg. plast			Sp. plast		
		$\sigma_{Ed,y}$ (σ_{22}) [MPa]	$\sigma_{Ed,x}$ (σ_{11}) [MPa]	$\sigma_{Ed,xy}$ (σ_{12}) [MPa]	$\sigma_{Ed,y}$ (σ_{22}) [MPa]	$\sigma_{Ed,x}$ (σ_{11}) [MPa]	$\sigma_{Ed,xy}$ (σ_{12}) [MPa]
Le sp 1	0.2	-0.3260	-0.3261	0.1784	0.3260	0.3261	-0.1784
Le sp 2	0.2	0	-0.1636	0.1537	0	0.1636	-0.1537
Sp	0.2	0	-0.1922	0	0	0.1922	0
Le	0.2	0	0.4267	0	0	-0.4267	0

(1) Dvoosni tlak in strig; Dvoosni nateg in strig:

(1a) Dvoosni tlak in strig; Zgornja plast:

Preglednica 5-84: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer C (5.5.1)

El.	h [m]	Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
		A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Le sp 1	0.2	0	0	0	0

(1b) Dvoosni nateg in strig; Spodnja plast:

Preglednica 5-85: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer C (5.5.1)

El.	h [m]	Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
		A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Le sp 1	0.2	1.1602	1.1603	1.3455	1.3455

(2) Enoosni tlak in strig; Enoosni nateg in strig:

(2a) Enoosni tlak in strig; Zgornja plast:

Preglednica 5-86: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer C (5.5.2)

		Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Le sp 2	0.2	0.2475	0.1585	0.3105	0.2070

(2b) Enoosni nateg in strig; Spodnja plast:

Preglednica 5-87: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer C (5.5.2)

		Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Le sp 2	0.2	0.3534	0.7297	0.4140	0.6521

(3) Enoosni tlak; Enoosni nateg:

(3a) Enoosni tlak; Zgornja plast:

Preglednica 5-88: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer C (5.5.3)

		Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sp	0.2	0	0	0	0

(3b) Enoosni nateg; Spodnja plast:

Preglednica 5-89: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer C (5.5.3)

		Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sp	0.2	0	0.4821	0	0.5693

(4) Enoosni nateg; Enoosni tlak:

(4a) Enoosni nateg; Zgornja plast:

Preglednica 5-90: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer C (5.5.4)

		Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Le	0.2	0	0.9815	0	1.1903

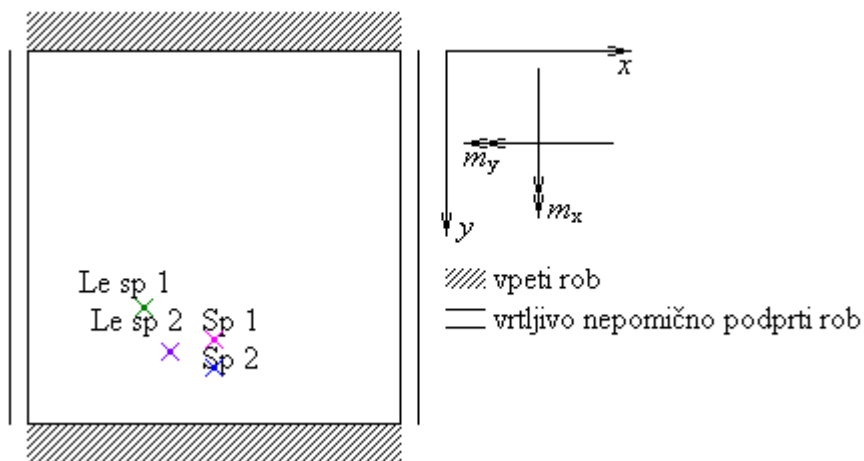
(4b) Enoosni tlak; Spodnja plast:

Preglednica 5-91: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer C (5.5.4)

		Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Le	0.2	0	0	0	0

Primer D; Dimenzioniranje armiranobetonske plošče po dodatku F standarda SIST EN 1992-1-1 oziroma SIST EN 1992-2, z izračunom notranjih sil z uporabo računalniškega programa SAP 2000:

Podatki:



Slika 5-17: Primer D (5.5)

Beton: C25/30

Armatura: S500

Dimenzije plošče: $l_x = 5$ m

$l_y = 5$ m

$h = 20$ cm

$a = 5$ cm

Obtežba: $q_{zd} = 10$ kN/m²

Rizvić, M. 2010. Dimenzioniranje armiranobetonskih ploskovnih elementov po standardih Evrokod 2. Dipl. nal. – VSŠ Ljubljana. UL. FGG. Odd. za gradbeništvo. Konstrukcijska smer.

Notranje napetosti pridobljene z MKE (metoda končnih elementov) z računalniškim programom SAP 2000:

Preglednica 5-92: Notranje napetosti iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer D (5.5)

El.	h [m]	Zg. plast			Sp. plast		
		$\sigma_{Ed,y}$ (σ_{22}) [MPa]	$\sigma_{Ed,x}$ (σ_{11}) [MPa]	$\sigma_{Ed,xy}$ (σ_{12}) [MPa]	$\sigma_{Ed,y}$ (σ_{22}) [MPa]	$\sigma_{Ed,x}$ (σ_{11}) [MPa]	$\sigma_{Ed,xy}$ (σ_{12}) [MPa]
Le sp 1	0.2	-0.3564	-0.3134	0.1482	0.3564	0.3134	-0.1482
Le sp 2	0.2	0	-0.1336	0.1059	0	0.1336	-0.1059
Sp 1	0.2	0	-0.1287	0	0	0.1287	0
Sp 2	0.2	0.3362	0	0	-0.3362	0	0

(1) Dvoosni tlak in strig; Dvoosni nateg in strig:

(1a) Dvoosni tlak in strig; Zgornja plast:

Preglednica 5-93: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer D (5.5.1)

El.	h [m]	Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
		A_{Sy} [cm ² /m]	A_{Sx} [cm ² /m]	A_{Sy} [cm ² /m]	A_{Sx} [cm ² /m]
Le sp 1	0.2	0	0	0	0

(1b) Dvoosni nateg in strig; Spodnja plast:

Preglednica 5-94: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer D (5.5.1)

El.	h [m]	Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
		A_{Sy} [cm ² /m]	A_{Sx} [cm ² /m]	A_{Sy} [cm ² /m]	A_{Sx} [cm ² /m]
Le sp 1	0.2	1.1605	1.0618	1.3455	1.2317

(2) Enoosni tlak in strig; Enoosni nateg in strig:

(2a) Enoosni tlak in strig; Zgornja plast:

Preglednica 5-95: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer D (5.5.2)

		Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Le sp 2	0.2	0.1985	0.0157	0.2381	0.0207

(2b) Enoosni nateg in strig; Spodnja plast:

Preglednica 5-96: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer D (5.5.2)

		Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Le sp 2	0.2	0.2700	0.5685	0.3312	0.6107

(3) Enoosni tlak; Enoosni nateg:

(3a) Enoosni tlak; Zgornja plast:

Preglednica 5-97: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer D (5.5.3)

		Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sp 1	0.2	0	0	0	0

(3b) Enoosni nateg; Spodnja plast:

Preglednica 5-98: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer D (5.5.3)

		Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sp 1	0.2	0	0.2960	0	0.3623

(4) Enoosni nateg; Enoosni tlak:

(4a) Enoosni nateg; Zgornja plast:

Preglednica 5-99: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer D (5.5.4)

		Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sp 2	0.2	0.7732	0	0.9522	0

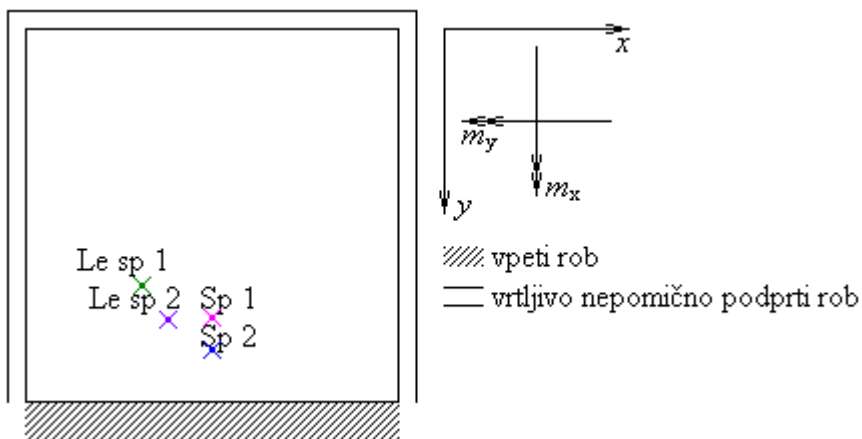
(4b) Enoosni tlak; Spodnja plast:

Preglednica 5-100: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer D (5.5.4)

		Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sp 2	0.2	0	0	0	0

Primer E; Dimenzioniranje armiranobetonske plošče po dodatku F standarda SIST EN 1992-1-1 oziroma SIST EN 1992-2, z izračunom notranjih sil z uporabo računalniškega programa SAP 2000:

Podatki:



Slika 5-18: Primer E (5.5)

Beton: C25/30

Armatura: S500

Dimenzije plošče: $l_x = 5$ m

$l_y = 5$ m

$h = 20$ cm

$a = 5$ cm

Obtežba: $q_{zd} = 10$ kN/m²

Rizvić, M. 2010. Dimenzioniranje armiranobetonskih ploskovnih elementov po standardih Evrokod 2. Dipl. nal. – VSŠ Ljubljana. UL. FGG. Odd. za gradbeništvo. Konstrukcijska smer.

Notranje napetosti pridobljene z MKE (metoda končnih elementov) z računalniškim programom SAP 2000:

Preglednica 5-101: Notranje napetosti iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer E (5.5)

El.	h [m]	Zg. plast			Sp. plast		
		$\sigma_{Ed,y}$ (σ_{22}) [MPa]	$\sigma_{Ed,x}$ (σ_{11}) [MPa]	$\sigma_{Ed,xy}$ (σ_{12}) [MPa]	$\sigma_{Ed,y}$ (σ_{22}) [MPa]	$\sigma_{Ed,x}$ (σ_{11}) [MPa]	$\sigma_{Ed,xy}$ (σ_{12}) [MPa]
Le sp 1	0.2	-0.3258	-0.3764	0.2182	0.3258	0.3764	-0.2182
Le sp 2	0.2	0	-0.2014	0.1450	0	0.2014	-0.1450
Sp 1	0.2	0	-0.2000	0	0	0.2000	0
Sp 2	0.2	0.4799	0	0	-0.4799	0	0

(1) Dvoosni tlak in strig; Dvoosni nateg in strig:

(1a) Dvoosni tlak in strig; Zgornja plast:

Preglednica 5-102: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer E (5.5.1)

El.	h [m]	Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
		A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Le sp 1	0.2	0	0	0	0

(1b) Dvoosni nateg in strig; Spodnja plast:

Preglednica 5-103: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer E (5.5.1)

El.	h [m]	Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
		A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Le Sp 1	0.2	1.2511	1.3675	1.4490	1.5836

(2) Enoosni tlak in strig; Enoosni nateg in strig:

(2a) Enoosni tlak in strig; Zgornja plast:

Preglednica 5-104: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer E (5.5.2)

		Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Le sp 2	0.2	0.2500	0.0131	0.3105	0.0207

(2b) Enoosni nateg in strig; Spodnja plast:

Preglednica 5-105: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer E (5.5.2)

		Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Le sp 2	0.2	0.3003	0.8336	0.4140	0.8901

(3) Enoosni tlak; Enoosni nateg:

(3a) Enoosni tlak; Zgornja plast:

Preglednica 5-106: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer E (5.5.3)

		Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sp 1	0.2	0	0	0	0

(3b) Enoosni nateg; Spodnja plast:

Preglednica 5-107: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer E (5.5.3)

		Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sp 1	0.2	0	0.4600	0	0.5796

(4) Enoosni nateg; Enoosni tlak:

(4a) Enoosni nateg; Zgornja plast:

Preglednica 5-108: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer E (5.5.4)

		Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sp 2	0.2	1.1038	0	1.3145	0

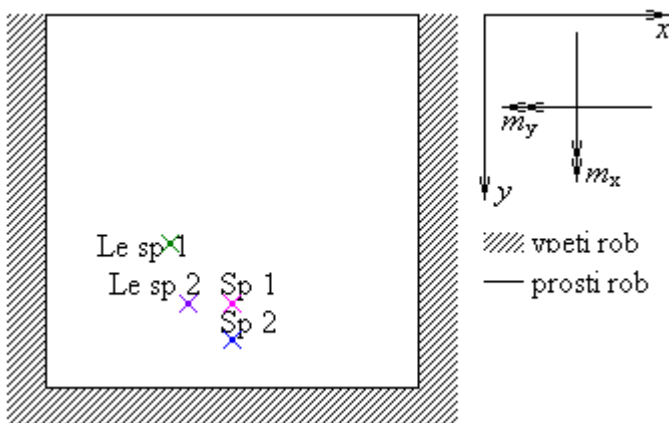
(4b) Enoosni tlak; Spodnja plast:

Preglednica 5-109: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer E (5.5.4)

		Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sp 2	0.2	0	0	0	0

Primer F; Dimenzioniranje armiranobetonske plošče po dodatku F standarda SIST EN 1992-1-1 oziroma SIST EN 1992-2, z izračunom notranjih sil z uporabo računalniškega programa SAP 2000:

Podatki:



Slika 5-19: Primer F (5.5)

Beton: C25/30

Armatura: S500

Dimenzije plošče: $l_x = 5$ m

$l_y = 5$ m

$h = 20$ cm

$a = 5$ cm

Obtežba: $q_{zd} = 10$ kN/m²

Rizvić, M. 2010. Dimenzioniranje armiranobetonskih ploskovnih elementov po standardih Evrokod 2. Dipl. nal. – VSŠ Ljubljana. UL. FGG. Odd. za gradbeništvo. Konstrukcijska smer.

Notranje napetosti pridobljene z MKE (metoda končnih elementov) z računalniškim programom SAP 2000:

Preglednica 5-110: Notranje napetosti iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer F (5.5)

El.	h [m]	Zg. plast			Sp. plast		
		$\sigma_{Ed,y}$ (σ_{22}) [MPa]	$\sigma_{Ed,x}$ (σ_{11}) [MPa]	$\sigma_{Ed,xy}$ (σ_{12}) [MPa]	$\sigma_{Ed,y}$ (σ_{22}) [MPa]	$\sigma_{Ed,x}$ (σ_{11}) [MPa]	$\sigma_{Ed,xy}$ (σ_{12}) [MPa]
Le sp 1	0.2	-0.2120	-0.3640	0.1579	0.2120	0.3640	-0.1579
Le sp 2	0.2	0	-0.1803	0.1442	0	0.1803	-0.1442
Sp 1	0.2	0	-0.2138	0	0	0.2138	0
Sp 2	0.2	0.3884	0	0	-0.3884	0	0

(1) Dvoosni tlak in strig; Dvoosni nateg in strig:

(1a) Dvoosni tlak in strig; Zgornja plast:

Preglednica 5-111: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer F (5.5.1)

El.	h [m]	Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
		A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Le sp 1	0.2	0	0	0	0

(1b) Dvoosni nateg in strig; Spodnja plast:

Preglednica 5-112: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer F (5.5.1)

El.	h [m]	Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
		A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Le sp 1	0.2	0.8507	1.2003	0.9864	1.3973

(2) Enoosni tlak in strig; Enoosni nateg in strig:

(2a) Enoosni tlak in strig; Zgornja plast:

Preglednica 5-113: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer F (5.5.2)

		Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Le sp 2	0.2	0.2500	0.0255	0.3105	0.0207

(2b) Enoosni nateg in strig; Spodnja plast:

Preglednica 5-114: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer F (5.5.2)

		Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Le sp 2	0.2	0.3094	0.7705	0.3830	0.8591

(3) Enoosni tlak; Enoosni nateg:

(3a) Enoosni tlak; Zgornja plast:

Preglednica 5-115: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer F (5.5.3)

		Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sp 1	0.2	0	0	0	0

(3b) Enoosni nateg; Spodnja plast:

Preglednica 5-116: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer F (5.5.3)

		Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sp 1	0.2	0	0.5170	0	0.6003

(4) Enoosni nateg; Enoosni tlak:

(4a) Enoosni nateg; Zgornja plast:

Preglednica 5-117: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer F (5.5.4)

		Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sp 2	0.2	0.8933	0	1.0764	0

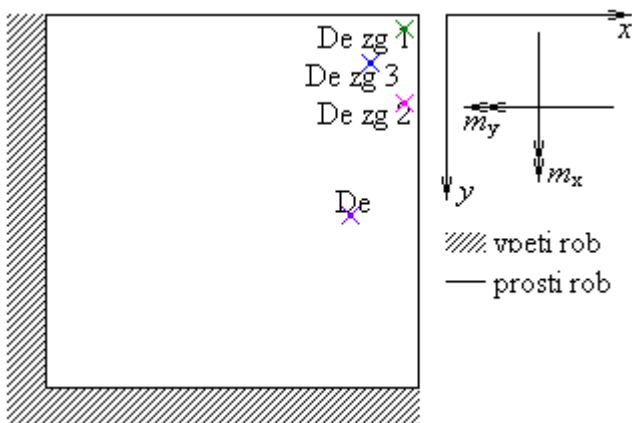
(4b) Enoosni tlak; Spodnja plast:

Preglednica 5-118: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer F (5.5.4)

		Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sp 2	0.2	0	0	0	0

Primer G; Dimenzioniranje armiranobetonske plošče po dodatku F standarda SIST EN 1992-1-1 oziroma SIST EN 1992-2, z izračunom notranjih sil z uporabo računalniškega programa SAP 2000:

Podatki:



Slika 5-20: Primer G (5.5)

Beton: C25/30

Armatura: S500

Dimenzije plošče: $l_x = 5$ m

$l_y = 5$ m

$h = 20$ cm

$a = 5$ cm

Obtežba: $q_{zd} = 10$ kN/m²

Rizvić, M. 2010. Dimenzioniranje armiranobetonskih ploskovnih elementov po standardih Evrokod 2. Dipl. nal. – VSŠ Ljubljana. UL. FGG. Odd. za gradbeništvo. Konstrukcijska smer.

Notranje napetosti pridobljene z MKE (metoda končnih elementov) z računalniškim programom SAP 2000:

Preglednica 5-119: Notranje napetosti iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer G (5.5)

El.	h [m]	Zg. plast			Sp. plast		
		$\sigma_{Ed,y}$ (σ_{22}) [MPa]	$\sigma_{Ed,x}$ (σ_{11}) [MPa]	$\sigma_{Ed,xy}$ (σ_{12}) [MPa]	$\sigma_{Ed,y}$ (σ_{22}) [MPa]	$\sigma_{Ed,x}$ (σ_{11}) [MPa]	$\sigma_{Ed,xy}$ (σ_{12}) [MPa]
De Zg 1	0.2	-0.2173	-0.2173	0.1425	0.2173	0.2173	-0.1425
De	0.2	0	-0.1155	0.9218	0	0.1155	-0.9218
De Zg 2	0.2	-0.7609	-0.0951	0.5324	0.7609	0.0951	-0.5324
De Zg 3	0.2	-0.3821	-0.3821	0.4293	0.3821	0.3821	-0.4293

(1) Dvoosni tlak in strig; Dvoosni nateg in strig:

(1a) Dvoosni tlak in strig; Zgornja plast:

Preglednica 5-120: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer G (5.5.1)

El.	h [m]	Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
		A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
De zg 1	0.2	0	0	0	0

(1b) Dvoosni nateg in strig; Spodnja plast:

Preglednica 5-121: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer G (5.5.1)

El.	h [m]	Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
		A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
De zg 1	0.2	0.8274	0.8274	0.9429	0.9429

(2) Enoosni tlak in strig; Enoosni nateg in strig:

(2a) Enoosni tlak in strig; Zgornja plast:

Preglednica 5-122: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer G (5.5.2)

		Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
De	0.2	2.1202	1.8545	2.4530	2.1528

(2b) Enoosni nateg in strig; Spodnja plast:

Preglednica 5-123: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer G (5.5.2)

		Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
De	0.2	2.1202	2.3859	2.4840	2.7738

(3) Dvoosni tlak in strig; Dvoosni nateg in strig:

(3a) Dvoosni tlak in strig; Zgornja plast:

Preglednica 5-124: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer G (5.5.3)

		Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
De zg 2	0.2	0	1.0945	0	0.9864

(3b) Dvoosni nateg in strig; Spodnja plast:

Preglednica 5-125: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer G (5.5.3)

		Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
De zg 2	0.2	2.9210	1.5320	3.4155	1.6767

(4) Dvoosni tlak in strig; Dvoosni nateg in strig:

(4a) Dvoosni tlak in strig; Zgornja plast:

Preglednica 5-126: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer G (5.5.4)

		Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
De zg 3	0.2	0.1086	0.1086	0.1221	0.1221

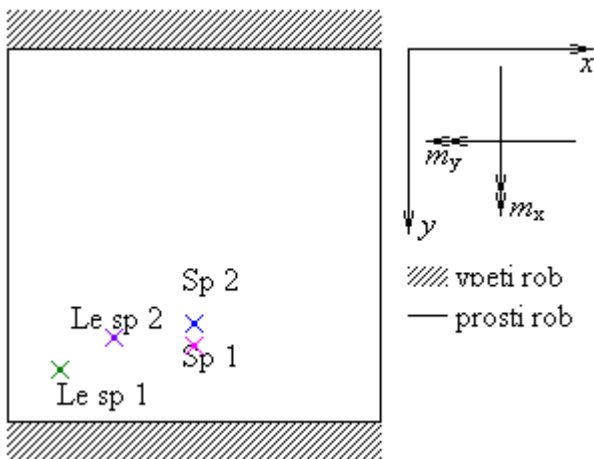
(4b) Dvoosni nateg in strig; Spodnja plast:

Preglednica 5-127: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer G (5.5.4)

		Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
De zg 3	0.2	1.8663	1.8663	2.1839	2.1839

Primer H; Dimenzioniranje armiranobetonske plošče po dodatku F standarda SIST EN 1992-1-1 oziroma SIST EN 1992-2, z izračunom notranjih sil z uporabo računalniškega programa SAP 2000:

Podatki:



Slika 5-21: Primer H (5.5)

Beton: C25/30

Armatura: S500

Dimenzije plošče: $l_x = 5$ m

$l_y = 5$ m

$h = 20$ cm

$a = 5$ cm

Obtežba: $q_{zd} = 10$ kN/m²

Rizvić, M. 2010. Dimenzioniranje armiranobetonskih ploskovnih elementov po standardih Evrokod 2. Dipl. nal. – VSŠ Ljubljana. UL. FGG. Odd. za gradbeništvo. Konstrukcijska smer.

Notranje napetosti pridobljene z MKE (metoda končnih elementov) z računalniškim programom SAP 2000:

Preglednica 5-128: Notranje napetosti iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer H (5.5)

El.	h [m]	Zg. plast			Sp. plast		
		$\sigma_{Ed,y}$ (σ_{22}) [MPa]	$\sigma_{Ed,x}$ (σ_{11}) [MPa]	$\sigma_{Ed,xy}$ (σ_{12}) [MPa]	$\sigma_{Ed,y}$ (σ_{22}) [MPa]	$\sigma_{Ed,x}$ (σ_{11}) [MPa]	$\sigma_{Ed,xy}$ (σ_{12}) [MPa]
Le sp 1	0.2	0.4318	0.0951	-0.0227	-0.4318	-0.0951	0.0227
Le sp 2	0.2	0	0.0164	-0.0119	0	-0.0164	0.0119
Sp 1	0.2	0	0.0058	0	0	-0.0058	0
Sp 2	0.2	-0.0380	0	0	0.0380	0	0

(1) Dvoosni nateg in strig; Dvoosni tlak in strig:

(1a) Dvoosni nateg in strig; Zgornja plast:

Preglednica 5-129: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer H (5.5.1)

El.	h [m]	Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
		A_{Sy} [cm ² /m]	A_{Sx} [cm ² /m]	A_{Sy} [cm ² /m]	A_{Sx} [cm ² /m]
Le sp 1	0.2	1.0101	0.3793	1.2213	0.3830

(1b) Dvoosni tlak in strig; Spodnja plast:

Preglednica 5-130: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer H (5.5.1)

El.	h [m]	Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
		A_{Sy} [cm ² /m]	A_{Sx} [cm ² /m]	A_{Sy} [cm ² /m]	A_{Sx} [cm ² /m]
Le sp 1	0.2	0	0	0	0

(2) Enoosni nateg in strig; Enoosni tlak in strig:

(2a) Enoosni nateg in strig; Zgornja plast:

Preglednica 5-131: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer H (5.5.2)

		Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Le sp 2	0.2	0.0200	0.0817	0.1242	0.0828

(2b) Enoosni tlak in strig; Spodnja plast:

Preglednica 5-132: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer H (5.5.2)

		Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Le sp 2	0.2	0.0172	0.0062	0.1242	0.0207

(3) Enoosni nateg; Enoosni tlak:

(3a) Enoosni nateg; Zgornja plast:

Preglednica 5-133: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer H (5.5.3)

		Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sp 1	0.2	0	0.0133	0	0.0383

(3b) Enoosni tlak; Spodnja plast:

Preglednica 5-134: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer H (5.5.3)

		Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sp 1	0.2	0	0	0	0

(4) Enoosni tlak; Enoosni nateg:

(4a) Enoosni tlak; Zgornja plast:

Preglednica 5-135: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer H (5.5.4)

		Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sp 2	0.2	0	0	0	0

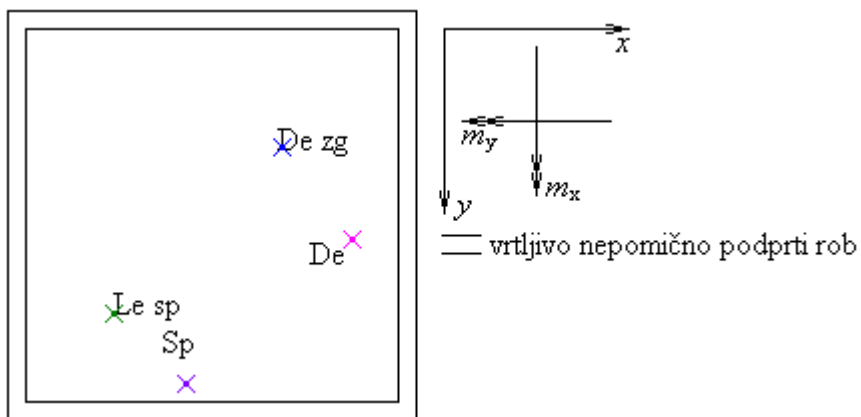
(4b) Enoosni nateg; Spodnja plast:

Preglednica 5-136: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer H (5.5.4)

		Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sp 2	0.2	0.0874	0	0.1760	0

Primer I; Dimenzioniranje armiranobetonske plošče po dodatku F standarda SIST EN 1992-1-1 oziroma SIST EN 1992-2, z izračunom notranjih sil z uporabo računalniškega programa SAP 2000:

Podatki:



Slika 5-22: Primer I (5.5)

Beton: C25/30

Armatura: S500

Dimenzije plošče: $l_x = 5 \text{ m}$

$l_y = 5 \text{ m}$

$h = 20 \text{ cm}$

$a = 5 \text{ cm}$

Obtežba: $q_{zd} = 10 \text{ kN/m}^2$

Rizvić, M. 2010. Dimenzioniranje armiranobetonskih ploskovnih elementov po standardih Evrokod 2. Dipl. nal. – VSŠ Ljubljana. UL. FGG. Odd. za gradbeništvo. Konstrukcijska smer.

Notranje napetosti pridobljene z MKE (metoda končnih elementov) z računalniškim programom SAP 2000:

Preglednica 5-137: Notranje napetosti iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer I (5.5)

El.	h [m]	Zg. plast			Sp. plast		
		$\sigma_{Ed.y}$ (σ_{22}) [MPa]	$\sigma_{Ed.x}$ (σ_{11}) [MPa]	$\sigma_{Ed.xy}$ (σ_{12}) [MPa]	$\sigma_{Ed.y}$ (σ_{22}) [MPa]	$\sigma_{Ed.x}$ (σ_{11}) [MPa]	$\sigma_{Ed.xy}$ (σ_{12}) [MPa]
Le sp	0.2	-0.5889	-0.5889	0.3292	0.5889	0.5889	-0.3292
Sp	0.2	-0.2250	-0.1693	0.0996	0.2250	0.1693	-0.0996
De	0.2	-0.3248	-0.4166	0.0957	0.3248	0.4166	-0.0957
De zg	0.2	-0.7120	-0.7120	0.2215	0.7120	0.7120	-0.2215

(1) Dvoosni tlak in strig; Dvoosni nateg in strig:

(1a) Dvoosni tlak in strig; Zgornja plast:

Preglednica 5-138: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer I (5.5.1)

El.	h [m]	Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
		A_{Sy} [cm ² /m]	A_{Sx} [cm ² /m]	A_{Sy} [cm ² /m]	A_{Sx} [cm ² /m]
Le sp	0.2	0	0	0	0

(1b) Dvoosni nateg in strig; Spodnja plast:

Preglednica 5-139: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer I (5.5.1)

El.	h [m]	Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
		A_{Sy} [cm ² /m]	A_{Sx} [cm ² /m]	A_{Sy} [cm ² /m]	A_{Sx} [cm ² /m]
Le sp	0.2	2.1115	2.1116	2.4530	2.4530

(2) Dvoosni tlak in strig; Dvoosni nateg in strig:

(2a) Dvoosni tlak in strig; Zgornja plast:

Preglednica 5-140: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer I (5.5.2)

		Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sp	0.2	0	0	0	0

(2b) Dvoosni nateg in strig; Spodnja plast:

Preglednica 5-141: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer I (5.5.2)

		Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sp	0.2	0.7466	0.6185	0.8673	0.7183

(3) Dvoosni tlak in strig; Dvoosni nateg in strig:

(3a) Dvoosni tlak in strig; Zgornja plast:

Preglednica 5-142: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer I (5.5.3)

		Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
De	0.2	0	0	0	0

(3b) Dvoosni nateg in strig; Spodnja plast:

Preglednica 5-143: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer I (5.5.3)

		Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
De	0.2	0.9670	1.1783	1.1178	1.3662

(4) Dvoosni tlak in strig; Dvoosni nateg in strig:

(4a) Dvoosni tlak in strig; Zgornja plast:

Preglednica 5-144: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer I (5.5.4)

		Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
De zg	0.2	0	0	0	0

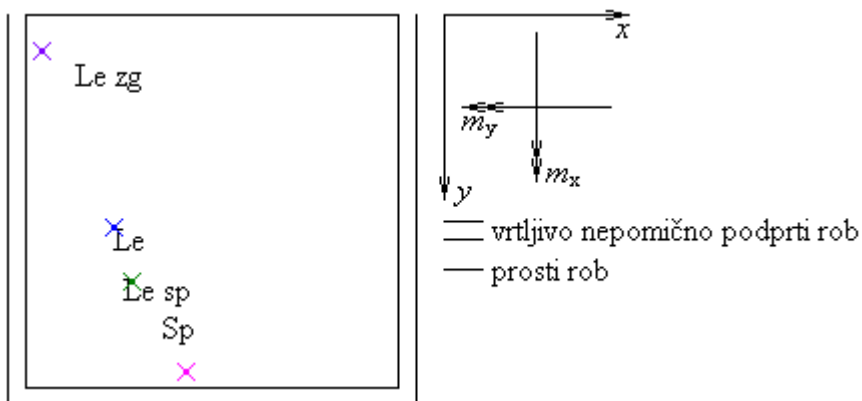
(4b) Dvoosni nateg in strig; Spodnja plast:

Preglednica 5-145: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer I (5.5.4)

		Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
De zg	0.2	2.1471	2.1470	2.4944	2.4944

Primer J; Dimenzioniranje armiranobetonske plošče po dodatku F standarda SIST EN 1992-1-1 oziroma SIST EN 1992-2, z izračunom notranjih sil z uporabo računalniškega programa SAP 2000:

Podatki:



Slika 5-23: Primer J (5.5)

Beton: C25/30

Armatura: S500

Dimenzije plošče: $l_x = 5$ m

$l_y = 5$ m

$h = 20$ cm

$a = 5$ cm

Obtežba: $q_{zd} = 10$ kN/m²

Rizvić, M. 2010. Dimenzioniranje armiranobetonskih ploskovnih elementov po standardih Evrokod 2. Dipl. nal. – VSŠ Ljubljana. UL. FGG. Odd. za gradbeništvo. Konstrukcijska smer.

Notranje napetosti pridobljene z MKE (metoda končnih elementov) z računalniškim programom SAP 2000:

Preglednica 5-146: Notranje napetosti iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer J (5.5)

El.	h [m]	Zg. plast			Sp. plast		
		$\sigma_{Ed.y}$ (σ_{22}) [MPa]	$\sigma_{Ed.x}$ (σ_{11}) [MPa]	$\sigma_{Ed.xy}$ (σ_{12}) [MPa]	$\sigma_{Ed.y}$ (σ_{22}) [MPa]	$\sigma_{Ed.x}$ (σ_{11}) [MPa]	$\sigma_{Ed.xy}$ (σ_{12}) [MPa]
Le sp	0.2	-0.5948	-1.0125	0.4619	0.5948	1.0125	-0.4619
Le zg	0.2	0	-0.4748	0.4276	0	0.4748	-0.4276
Sp	0.2	-0.2018	-0.2273	0.1504	0.2018	0.2273	-0.1504
Le	0.2	-0.5443	-1.2120	0.4357	0.5443	1.2120	-0.4357

(1) Dvoosni tlak in strig; Dvoosni nateg in strig:

(1a) Dvoosni tlak in strig; Zgornja plast:

Preglednica 5-147: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer J (5.5.1)

El.	h [m]	Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
		A_{Sy} [cm ² /m]	A_{Sx} [cm ² /m]	A_{Sy} [cm ² /m]	A_{Sx} [cm ² /m]
Le sp	0.2	0	0	0	0

(1b) Dvoosni nateg in strig; Spodnja plast:

Preglednica 5-148: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer J (5.5.1)

El.	h [m]	Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
		A_{Sy} [cm ² /m]	A_{Sx} [cm ² /m]	A_{Sy} [cm ² /m]	A_{Sx} [cm ² /m]
Le sp	0.2	2.5303	3.4912	2.8256	3.9434

(2) Enoosni tlak in strig; Enoosni nateg in strig:

(2a) Enoosni tlak in strig; Zgornja plast:

Preglednica 5-149: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer J (5.5.2)

		Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Le zg	0.2	0.7410	0.2130	0.9315	0.2381

(2b) Enoosni nateg in strig; Spodnja plast:

Preglednica 5-150: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer J (5.5.2)

		Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Le zg	0.2	0.9170	2.1466	1.1385	2.4219

(3) Dvoosni tlak in strig; Dvoosni nateg in strig:

(3a) Dvoosni tlak in strig; Zgornja plast:

Preglednica 5-151: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer J (5.5.3)

		Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sp	0.2	0	0	0	0

(3b) Dvoosni nateg in strig; Spodnja plast:

Preglednica 5-152: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer J (5.5.3)

		Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sp	0.2	0.8099	0.8687	0.9408	1.0091

(4) Dvoosni tlak in strig; Dvoosni nateg in strig:

(4a) Dvoosni tlak in strig; Zgornja plast:

Preglednica 5-153: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer J (5.5.4)

		Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Le	0.2	0	0	0	0

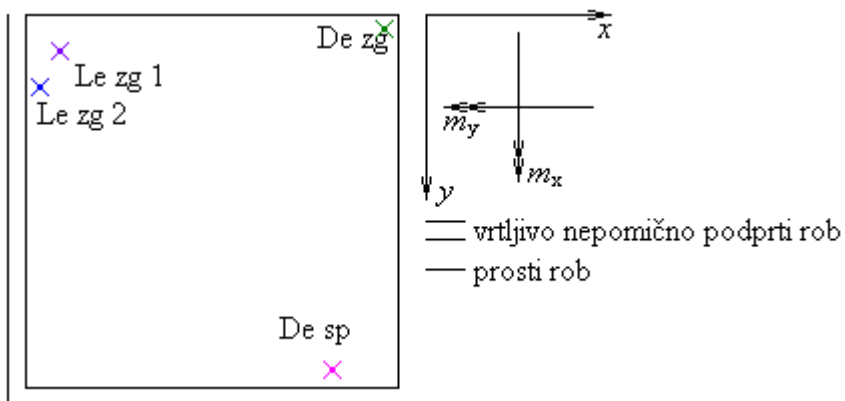
(4b) Dvoosni nateg in strig; Spodnja plast:

Preglednica 5-154: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer J (5.5.4)

		Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Le	0.2	2.0926	3.9817	2.5151	4.5126

Primer K; Dimenzioniranje armiranobetonske plošče po dodatku F standarda SIST EN 1992-1-1 oziroma SIST EN 1992-2, z izračunom notranjih sil z uporabo računalniškega programa SAP 2000:

Podatki:



Slika 5-24: Primer K (5.5)

Beton: C25/30

Armatura: S500

Dimenzije plošče: $l_x = 5$ m

$l_y = 5$ m

$h = 20$ cm

$a = 5$ cm

Obtežba: $q_{zd} = 10$ kN/m²

Rizvić, M. 2010. Dimenzioniranje armiranobetonskih ploskovnih elementov po standardih Evrokod 2. Dipl. nal. – VSŠ Ljubljana. UL. FGG. Odd. za gradbeništvo. Konstrukcijska smer.

Notranje napetosti pridobljene z MKE (metoda končnih elementov) z računalniškim programom SAP 2000:

Preglednica 5-155: Notranje napetosti iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer K (5.5)

El.	h [m]	Zg. plast			Sp. plast		
		$\sigma_{Ed.y}$ (σ_{22}) [MPa]	$\sigma_{Ed.x}$ (σ_{11}) [MPa]	$\sigma_{Ed.xy}$ (σ_{12}) [MPa]	$\sigma_{Ed.y}$ (σ_{22}) [MPa]	$\sigma_{Ed.x}$ (σ_{11}) [MPa]	$\sigma_{Ed.xy}$ (σ_{12}) [MPa]
De zg	0.2	-0.4670	-0.4670	0.2995	0.4670	0.4670	-0.2995
Le zg 1	0.2	0	-0.8744	2.7441	0	0.8744	-2.7441
De sp	0.2	-0.4039	0	2.8504	0.4039	0	-2.8504
Le zg 2	0.2	0	-0.2049	2.8716	0	0.2049	-2.8716

(1) Dvoosni tlak in strig; Dvoosni nateg in strig:

(1a) Dvoosni tlak in strig; Zgornja plast:

Preglednica 5-156: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer K (5.5.1)

El.	h [m]	Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
		A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
De zg	0.2	0	0	0	0

(1b) Dvoosni nateg in strig; Spodnja plast:

Preglednica 5-157: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer K (5.5.1)

El.	h [m]	Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
		A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
De zg	0.2	1.7630	1.7630	2.0079	2.0079

(2) Enoosni tlak in strig; Enoosni nateg in strig:

(2a) Enoosni tlak in strig; Zgornja plast:

Preglednica 5-158: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer K (5.5.2)

		Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Le zg 1	0.2	6.3115	4.3002	7.1100	4.8500

(2b) Enoosni nateg in strig; Spodnja plast:

Preglednica 5-159: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer K (5.5.2)

		Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Le zg 1	0.2	6.3115	8.3227	7.0800	9.0501

(3) Enoosni tlak in strig; Enoosni nateg in strig:

(3a) Enoosni tlak in strig; Zgornja plast:

Preglednica 5-160: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer K (5.5.3)

		Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
De sp	0.2	5.6268	6.5559	6.3100	7.3500

(3b) Enoosni nateg in strig; Spodnja plast:

Preglednica 5-161: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer K (5.5.3)

		Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
De sp	0.2	7.4849	6.5559	8.2614	7.3900

(4) Enoosni tlak in strig; Enoosni nateg in strig:

(4a) Enoosni tlak in strig; Zgornja plast:

Preglednica 5-162: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer K (5.5.4)

		Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Le zg 2	0.2	6.6047	6.1334	7.4100	6.8900

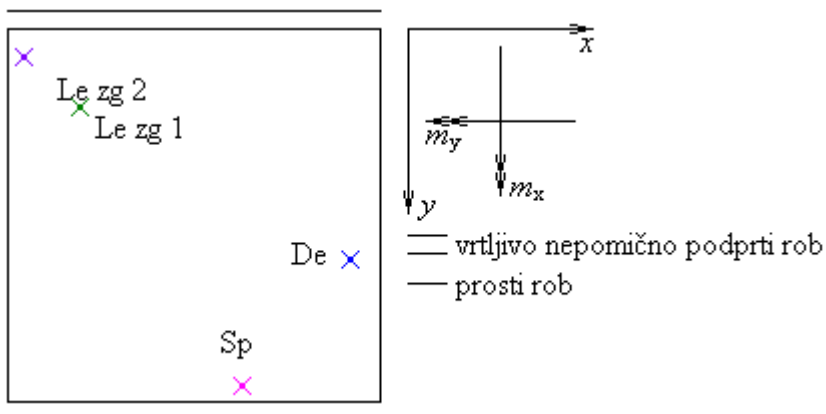
(4b) Enoosni nateg in strig; Spodnja plast:

Preglednica 5-163: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer K (5.5.4)

		Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Le zg 2	0.2	6.6047	7.0760	7.4200	7.9600

Primer L; Dimenzioniranje armiranobetonske plošče po dodatku F standarda SIST EN 1992-1-1 oziroma SIST EN 1992-2, z izračunom notranjih sil z uporabo računalniškega programa SAP 2000:

Podatki:



Slika 5-25: Primer L (5.5)

Beton: C25/30

Armatura: S500

Dimenzije plošče: $l_x = 5$ m

$l_y = 5$ m

$h = 20$ cm

$a = 5$ cm

Obtežba: $q_{zd} = 10$ kN/m²

Rizvić, M. 2010. Dimenzioniranje armiranobetonskih ploskovnih elementov po standardih Evrokod 2. Dipl. nal. – VSŠ Ljubljana. UL. FGG. Odd. za gradbeništvo. Konstrukcijska smer.

Notranje napetosti pridobljene z MKE (metoda končnih elementov) z računalniškim programom SAP 2000:

Preglednica 5-164: Notranje napetosti iz programa SAP 2000 (po MKE), Primer L (5.5)

El.	h [m]	Zg. plast			Sp. plast		
		$\sigma_{Ed.y}$ (σ_{22}) [MPa]	$\sigma_{Ed.x}$ (σ_{11}) [MPa]	$\sigma_{Ed.xy}$ (σ_{12}) [MPa]	$\sigma_{Ed.y}$ (σ_{22}) [MPa]	$\sigma_{Ed.x}$ (σ_{11}) [MPa]	$\sigma_{Ed.xy}$ (σ_{12}) [MPa]
Le zg 1	0.2	-1.7043	-0.1800	0.1082	1.7043	0.1800	-0.1082
Le zg 2	0.2	-0.5467	0	0.2580	0.5467	0	-0.2580
Sp	0.2	-0.4912	-0.0720	0.0538	0.4912	0.0720	-0.0538
De	0.2	-2.6297	-0.0808	0.0789	2.6297	0.0808	-0.0789

(1) Dvoosni tlak in strig; Dvoosni nateg in strig:

(1a) Dvoosni tlak in strig; Zgornja plast:

Preglednica 5-165: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer L (5.5.1)

El.	h [m]	Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
		A_{Sy} [cm ² /m]	A_{Sx} [cm ² /m]	A_{Sy} [cm ² /m]	A_{Sx} [cm ² /m]
Le zg 1	0.2	0	0	0	0

(1b) Dvoosni nateg in strig; Spodnja plast:

Preglednica 5-166: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer L (5.5.1)

El.	h [m]	Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
		A_{Sy} [cm ² /m]	A_{Sx} [cm ² /m]	A_{Sy} [cm ² /m]	A_{Sx} [cm ² /m]
Le zg 1	0.2	4.0054	1.1364	4.8542	0.7721

(2) Enoosni tlak in strig; Enoosni nateg in strig:

(2a) Enoosni tlak in strig; Zgornja plast:

Preglednica 5-167: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer L (5.5.2)

		Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Le zg 2	0.2	0	0.8474	0	0.7970

(2b) Enoosni nateg in strig; Spodnja plast:

Preglednica 5-168: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer L (5.5.2)

		Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Le zg 2	0.2	1.6730	0.8474	2.0804	0.8280

(3) Dvoosni tlak in strig; Dvoosni nateg in strig:

(3a) Dvoosni tlak in strig; Zgornja plast:

Preglednica 5-169: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer L (5.5.3)

		Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sp	0.2	0	0	0	0

(3b) Dvoosni nateg in strig; Spodnja plast:

Preglednica 5-170: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer L (5.5.3)

		Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
Sp	0.2	1.1797	0.4721	1.4594	0.4409

(4) Dvoosni tlak in strig; Dvoosni nateg in strig:

(4a) Dvoosni tlak in strig; Zgornja plast:

Preglednica 5-171: Primerjava izračunane armature v zgornji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer L (5.5.4)

		Arm. zg. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
De	0.2	0	0	0	0

(4b) Dvoosni nateg in strig; Spodnja plast:

Preglednica 5-172: Primerjava izračunane armature v spodnji plasti po dodatku F standarda SIST EN 1992-2 in s programom SAP 2000, Primer L (5.5.4)

		Arm. sp. plasti			
		Annex F		SAP 2000	
El.	h [m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]	A_{sy} [cm ² /m]	A_{sx} [cm ² /m]
De	0.2	6.0970	0.8634	6.9300	0.7422

6 ZAKLJUČKI

Rezultati dimenzioniranja armature oziroma izračunane potrebne količine armature v armiranobetonskih ploskovnih elementih glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2, pri izračunu notranjih sil po metodi končnih elementov z uporabo računalniškega programa AMSES Plate, so približno enakovredni rezultatom pridobljenim v računalniškem programu AMSES Plate. Računalniški program AMSES Plate tudi dokaj dobro dimenzionira armaturo po pravilih iz Evrokoda 2.

Rezultati dimenzioniranja armature armiranobetonskih ploskovnih elementov glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2, pri izračunu notranjih sil po metodi končnih elementov z uporabo računalniškega programa SAP 2000, so tudi približno enakovredni rezultatom dimenzioniranja pridobljenim z uporabljenim računalniškim programom, v tem primeru SAP 2000. Računalniški program SAP 2000 uporablja enake enačbe za izračun potrebne količine armature kot jih vsebuje dodatek LL standarda SIST EN 1992-2. Le uporabljeni simboli za zapis enačb v računalniškem programu SAP 2000 so drugačni, kar je razvidno iz tehnične dokumentacije za dimenzioniranje ploskovnih elementov v računalniškem programu SAP 2000. Računalniški program SAP 2000 v osnovi uporablja tudi redukcijski faktor napetosti Φ_s s konstanto vrednostjo $\Phi_s = 0.9$, s katerim deli napetost v armaturi n_{Rd} oziroma množi mejo tečenja f_{yd} v enačbi za izračun količine armature; $A_s = n_{Rd} / f_{yd}$. Zato bi bile vrednosti izračunane količine armature ob upoštevanju redukcijskega faktorja napetosti višje.

Rezultati izračuna notranjih sil po metodi končnih elementov z uporabo računalniških programov AMSES Plate in SAP 2000 so približno enakovredni, ob uporabi dovolj goste mreže oziroma zadostnega števila elementov v mreži modela ploskovne konstrukcije v računalniškem programu SAP 2000. Zato so tudi rezultati dimenzioniranja armature glede na dodatek LL standarda SIST EN 1992-2, ob uporabi računalniškega programa AMSES Plate in SAP 2000 približno enakovredni.

Rizvić, M. 2010. Dimenzioniranje armiranobetonskih ploskovnih elementov po standardih Evrokod 2. Dipl. nal. – VSŠ Ljubljana. UL. FGG. Odd. za gradbeništvo. Konstrukcijska smer.

Rezultati dimenzioniranja armature armiranobetonskih ploskovnih elementov direktno po dodatku F standarda SIST EN 1992-1-1 oziroma SIST EN 1992-2, pri izračunu notranjih napetosti v plasteh po metodi končnih elementov z uporabo računalniškega programa SAP 2000, so približno enakovredni rezultatom pridobljenim v uporabljenem računalniškem programu. Podobnost je največja na robu elementa mreže modela ploskovne konstrukcije v računalniškem programu SAP 2000, zaradi lažjega odčitavanja napetosti za potrebe izračuna količine armature in lažjega odčitavanja izračunane količine armature v računalniškem programu SAP 2000. Podobnost pa je težje doseči na mestih enoosnih vplivov, ki so običajno znotraj elementov, zaradi težjega odčitavanja vrednosti napetosti v plasteh elementa in težjega odčitavanja količine armature.

VIRI

CEB-FIP Model Code 1990, Design Code, 1993. London, Thomas Telford Services: 437 str.

Eurocode 2, Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings. SIST EN 1992-1-1, 2005.

Eurocode 2, Design of concrete structures - Part 2: Concrete bridges - Design and detailing rules.

SIST EN 1992-2, 2005.

Hendy, C. R., Smith. D. A., 2007. Designers' Guides to EN 1992-2, Designers' Guide to EN 1992-2, Eurocode 2: Design of Concrete Structures, Part 2: Concrete bridges. London, Thomas Telford Publishing: str. 215-223.

Structural Concrete - Textbook on Behaviour, Design and Performance, Updated knowledge of the CEB/FIP Model Code 1990, Volume 2: Basis of Design, 1999. Laussane, International Federation for Structural Concrete FIB: str. 195-202.

Structural Concrete - Textbook on Behaviour, Design and Performance, Updated knowledge of the CEB/FIP Model Code 1990, Volume 3: Durability - Design for Fire Resistance - Member Design – Maintenance, Assessment and Repair - Practical Aspects, 1999. Laussane. International Federation for Structural Concrete FIB: str. 130-135.