

Hidraulički proračun retencije

Buntić, Iva

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:

University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy / Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:123:024328>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-27**



Repository / Repozitorij:

[FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

ZAVRŠNI RAD

Iva Buntić

Split, 2019.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Hidraulički proračun retencije

Završni rad

Split, 2019.

Sažetak:

Tema završnog rada je hidraulički proračun funkcioniranja retencije za zadane hidrograme dotoka u retenciju za tri povratna perioda. Zadani su hidrogrami za povratne periode od 25, 50 i 100 godina. Retencija ima temeljni ispust i preljev. Hidraulička analiza rada sustava provedena je za 3 varijante promjera cijevi temeljnog ispusta. Rad je podijeljen u tri faze: proračun krivulja protoka temeljnog ispusta i preljeva, proračun rada retencije korištenjem fortranskog programa, te sporedba izračunatih rezultata.

Ključne riječi: retencijski bazen, temeljni ispust, preljev

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Split, Matice hrvatske 15

STUDIJ: PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ
 GRAĐEVINARSTVA

KANDIDAT: Iva Buntić

BROJ INDEKSA: 4270

KATEDRA: **Hidromehanika i hidraulika**

PREDMET: Hidromehanika

ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

TEMA:

OPIS ZADATKA: Tema završnog rada je hidraulički proračun funkcioniranja retencije koja ima temeljni ispust i preljev, za zadane hidrograme dotoka u retenciju. Proračune provesti za 3 varijante promjera cijevi temeljnog ispusta. Zadani su hidrogrami dotoka za tri povratna perioda i to za PP=25 godina, PP=50 godina i PP=100 godina. Dobivene rezultate iz ove tri varijante treba međusobno usporediti.

Rad treba izraditi u 1 primjerku, spiralno uvezan u A4 formatu. Uvezanom primjerku prilaže se CD ili DVD s cjelokupnim tekstom rada u PDF formatu.

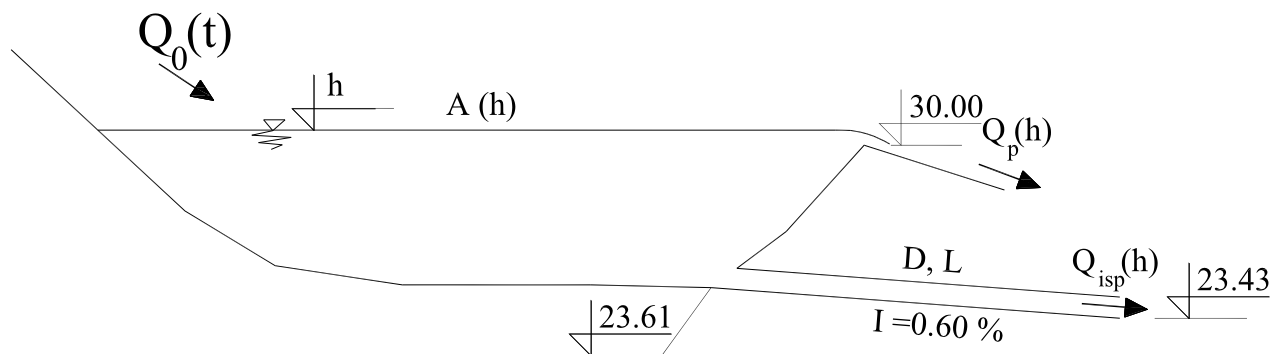
Split, 25.9.2019.

SADRŽAJ

| | |
|---|----|
| 1. ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD: HIDRAULIČKI PRORAČUN FUNKCIONIRANJA RETENCIJE | 2 |
| 2. TEHNIČKI OPIS..... | 4 |
| 3. UVOD..... | 5 |
| 4. Proračun | 6 |
| 4.1. Prva faza - ULAZNI PODACI | 6 |
| 4.2. Druga faza - Fortranski proračun..... | 20 |
| 4.3. Dijagrami izlaznih podataka..... | 26 |
| 5. Zaključak | 38 |
| 6. Literatura | 38 |
| 7. Popis slika..... | 39 |
| 8. Popis tablica..... | 40 |

1. ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD: HIDRAULIČKI PRORAČUN FUNKCIONIRANJA RETENCIJE

Zadana je retencija prema slici 1. Na slici je shematski prikazan hidraulički model funkcioniranja retencije.



Slika 1 - Hidraulički model funkcioniranja retencije

Zadano je sljedeće:

Cijev temeljnog ispusta je promjera 1,00 (m). Dužina cijevi je 30 (m). Apsolutna pogonska hidraulička hrapavost iznosi 1 (mm).

Preljev je dimenzioniran po WES standardu s nagibom uzvodnog pokosa 1:1. Širina preljeva iznosi 17 (m).

Dotok u akumulaciju zadan je tablično u funkciji vremena za 3 povratna perioda: PP=25 (god.) (tablica 1.), PP=50 (god.) (tablica 2.) i PP=100 (god.) (tablica 3.).

Tablica 1 - Dotok u retenciju za PP = 25 god

| t (min) | Q (m ³ /s) | t (min) | Q (m ³ /s) | t (min) | Q (m ³ /s) | t (min) | Q (m ³ /s) |
|---------|-----------------------|---------|-----------------------|---------|-----------------------|----------|-----------------------|
| 0,000 | 0,000 | 239,834 | 22,088 | 483,479 | 24,436 | 860,769 | 9,779 |
| 38,169 | 0,001 | 248,375 | 22,851 | 493,283 | 24,050 | 879,012 | 9,273 |
| 55,457 | 0,118 | 255,674 | 23,447 | 506,612 | 23,461 | 898,773 | 8,741 |
| 64,005 | 0,244 | 263,062 | 24,044 | 516,836 | 23,044 | 918,788 | 8,234 |
| 68,161 | 0,360 | 272,630 | 24,650 | 528,922 | 22,548 | 939,823 | 7,652 |
| 74,688 | 0,586 | 279,450 | 25,204 | 539,459 | 22,146 | 965,155 | 7,120 |
| 80,495 | 1,076 | 287,259 | 25,512 | 553,093 | 21,573 | 984,163 | 6,716 |
| 91,822 | 2,018 | 295,737 | 25,959 | 566,683 | 20,946 | 1010,763 | 6,260 |
| 102,461 | 3,023 | 305,062 | 26,339 | 583,410 | 20,097 | 1039,396 | 5,739 |
| 110,473 | 4,004 | 316,204 | 26,615 | 594,399 | 19,748 | 1072,243 | 5,204 |
| 118,677 | 5,029 | 325,339 | 26,872 | 608,384 | 19,150 | 1096,427 | 4,721 |
| 129,373 | 6,639 | 335,436 | 27,015 | 624,613 | 18,451 | 1125,201 | 4,391 |
| 140,363 | 8,323 | 345,048 | 27,119 | 639,096 | 17,802 | 1152,700 | 3,983 |
| 149,095 | 9,659 | 356,375 | 27,196 | 652,832 | 17,203 | 1180,199 | 3,678 |
| 158,274 | 11,260 | 365,707 | 27,196 | 667,315 | 16,579 | 1202,095 | 3,474 |
| 163,323 | 12,138 | 378,080 | 27,157 | 681,797 | 15,956 | 1240,774 | 2,988 |
| 170,322 | 13,150 | 388,177 | 27,071 | 698,275 | 15,332 | 1277,203 | 2,701 |
| 177,181 | 14,163 | 398,191 | 26,928 | 715,951 | 14,673 | 1311,593 | 2,415 |
| 184,033 | 15,205 | 408,740 | 26,718 | 732,498 | 14,074 | 1345,976 | 2,047 |
| 190,739 | 16,203 | 419,711 | 26,491 | 751,723 | 13,318 | 1389,372 | 1,842 |
| 197,744 | 17,141 | 430,075 | 26,257 | 768,584 | 12,751 | 1435,630 | 1,515 |
| 204,896 | 18,183 | 442,429 | 25,803 | 784,188 | 12,248 | 1440,000 | 1,515 |
| 212,373 | 19,099 | 453,125 | 25,485 | 799,473 | 11,696 | 2880,000 | 1,200 |
| 221,119 | 20,152 | 462,667 | 25,139 | 817,698 | 11,171 | | |
| 230,903 | 21,157 | 472,496 | 24,811 | 837,962 | 10,462 | | |

Tablica 2 - Dotok u retenciju za PP = 50 god

| t (min) | Q (m ³ /s) | t (min) | Q (m ³ /s) | t (min) | Q (m ³ /s) | t (min) | Q (m ³ /s) | t (min) | Q (m ³ /s) |
|---------|-----------------------|---------|-----------------------|---------|-----------------------|----------|-----------------------|----------|-----------------------|
| 0,000 | 0,000 | 200,109 | 23,088 | 440,727 | 32,785 | 759,812 | 17,661 | 1084,750 | 7,396 |
| 37,436 | 0,000 | 207,261 | 24,141 | 451,773 | 32,400 | 771,031 | 17,180 | 1104,032 | 7,007 |
| 52,148 | 0,150 | 214,075 | 25,151 | 460,538 | 32,067 | 781,791 | 16,723 | 1118,119 | 6,729 |
| 59,874 | 0,342 | 220,998 | 26,066 | 474,390 | 31,541 | 794,495 | 16,174 | 1133,501 | 6,396 |
| 67,434 | 0,710 | 227,021 | 26,889 | 484,557 | 31,086 | 805,484 | 15,751 | 1147,964 | 6,155 |
| 74,235 | 1,230 | 233,969 | 27,787 | 497,006 | 30,525 | 816,697 | 15,339 | 1163,721 | 5,858 |
| 83,803 | 2,140 | 241,134 | 28,652 | 505,426 | 30,153 | 829,516 | 14,801 | 1191,985 | 5,420 |
| 91,905 | 3,161 | 250,441 | 29,518 | 517,104 | 29,647 | 840,964 | 14,355 | 1213,275 | 5,103 |
| 104,348 | 5,044 | 257,867 | 30,168 | 527,086 | 29,100 | 852,412 | 13,967 | 1233,998 | 4,785 |
| 116,440 | 7,089 | 266,600 | 30,922 | 539,624 | 28,519 | 862,369 | 13,635 | 1248,755 | 4,580 |
| 121,654 | 8,058 | 277,691 | 31,772 | 548,778 | 28,058 | 876,539 | 13,097 | 1264,996 | 4,356 |
| 126,817 | 9,091 | 285,448 | 32,257 | 558,129 | 27,556 | 891,812 | 12,545 | 1281,429 | 4,226 |
| 132,484 | 10,156 | 297,407 | 32,967 | 568,220 | 27,084 | 904,140 | 12,159 | 1297,671 | 4,020 |
| 137,316 | 11,172 | 308,543 | 33,472 | 578,909 | 26,501 | 914,995 | 11,809 | 1315,972 | 3,741 |
| 142,147 | 12,188 | 318,225 | 33,732 | 589,886 | 25,974 | 927,878 | 11,368 | 1332,405 | 3,610 |
| 146,482 | 13,087 | 326,059 | 33,972 | 603,457 | 25,299 | 941,315 | 10,963 | 1345,287 | 3,461 |
| 151,479 | 14,169 | 334,652 | 34,124 | 614,752 | 24,698 | 953,828 | 10,614 | 1359,668 | 3,367 |
| 156,311 | 15,201 | 345,533 | 34,254 | 625,282 | 24,161 | 966,340 | 10,283 | 1374,042 | 3,199 |
| 161,474 | 16,134 | 355,324 | 34,374 | 638,994 | 23,469 | 980,510 | 9,860 | 1397,786 | 2,997 |
| 166,306 | 17,082 | 367,072 | 34,352 | 662,375 | 22,274 | 994,285 | 9,452 | 1419,414 | 2,791 |
| 172,011 | 18,145 | 377,296 | 34,287 | 680,439 | 21,389 | 1009,303 | 9,100 | 1440,000 | 2,565 |
| 177,563 | 19,121 | 388,069 | 34,178 | 700,550 | 20,333 | 1021,536 | 8,767 | 2880,000 | 2,000 |
| 182,949 | 20,163 | 400,256 | 33,961 | 718,507 | 19,538 | 1035,438 | 8,470 | | |
| 188,839 | 21,188 | 411,462 | 33,700 | 733,729 | 18,880 | 1052,126 | 8,063 | | |
| 194,557 | 22,163 | 427,226 | 33,223 | 746,076 | 18,313 | 1068,992 | 7,711 | | |

Tablica 3 - Dotok u retenciju za PP = 100 god

| t (min) | Q (m ³ /s) | t (min) | Q (m ³ /s) | t (min) | Q (m ³ /s) |
|---------|-----------------------|---------|-----------------------|---------|-----------------------|
| 0,00 | 0,00 | 253,05 | 36,83 | 857,75 | 18,23 |
| 37,60 | 0,00 | 273,27 | 38,72 | 890,08 | 16,84 |
| 49,35 | 0,17 | 292,50 | 40,09 | 921,73 | 15,64 |
| 56,08 | 0,47 | 313,69 | 41,26 | 956,39 | 14,44 |
| 65,20 | 1,08 | 338,15 | 41,85 | 987,38 | 13,34 |
| 71,08 | 1,59 | 356,40 | 41,98 | 1035,04 | 11,71 |
| 76,65 | 2,20 | 382,49 | 41,85 | 1071,36 | 10,71 |
| 82,97 | 3,20 | 411,18 | 41,26 | 1107,68 | 9,74 |
| 91,17 | 4,68 | 437,58 | 40,45 | 1140,00 | 8,91 |
| 98,51 | 6,07 | 474,75 | 38,89 | 1177,66 | 8,08 |
| 106,46 | 7,79 | 506,04 | 37,22 | 1212,97 | 7,36 |
| 114,50 | 9,69 | 536,37 | 35,60 | 1244,52 | 6,79 |
| 123,94 | 11,94 | 572,55 | 33,51 | 1280,77 | 6,15 |
| 132,57 | 14,07 | 594,32 | 32,16 | 1314,68 | 5,58 |
| 140,38 | 15,92 | 617,39 | 30,80 | 1347,91 | 5,11 |
| 151,38 | 18,74 | 645,23 | 29,23 | 1382,82 | 4,68 |
| 162,06 | 21,26 | 674,08 | 27,60 | 1410,34 | 4,31 |
| 171,77 | 23,43 | 701,38 | 26,09 | 1432,16 | 4,04 |
| 185,04 | 26,27 | 727,64 | 24,67 | 1440,00 | 3,97 |
| 200,25 | 29,15 | 758,65 | 22,97 | 2880,00 | 3,00 |
| 216,87 | 31,98 | 787,44 | 21,56 | | |
| 234,80 | 34,55 | 827,09 | 19,60 | | |

Površina retencije u funkciji nadmorske visine data je u tablici 4.

Tablica 4 - Ovisnost površine retencije o nadmorskoj visini

| h (m n.m.) | A (m ²) |
|------------|---------------------|
| 23,61 | 100 |
| 25,00 | 7906 |
| 27,50 | 82555 |
| 30,00 | 224813 |
| 31,00 | 303259 |

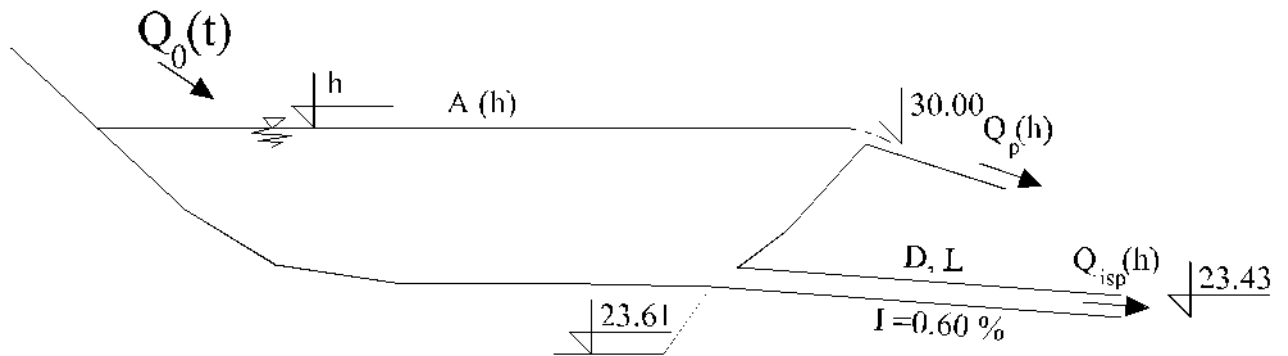
Potrebno je izračunati funkcioniranje retencije za zadana 3 hidrograma dotoka u retenciju.

Split, 14. svibnja 2019. godine

Mentor: doc. dr. sc. Davor Bojanić, dipl.ing.građ.

2. TEHNIČKI OPIS

Zadan je hidraulički model funkcioniranja retencije bazena s temeljnim ispustom. Proračuni su provedeni za 3 promjera cijevi temeljnog ispusta: 0,75 (m), 1,00 (m) i 1,25 (m). Dužina cijevi je 30 (m). Apsolutna pogonska hidraulička hrapavost iznosi 1 (mm). Zadan je preljev s kotom krune na 30.00 (m n.m.). Preljev je dimenzioniran po WES standardu s nagibom uzvodnog pokosa 1:1. Širina ovog preljeva iznosi 17 (m). Dotok u akumulaciji je zadan tablično u funkciji vremena za 3 povratna perioda: 25 god, 50 god i 100 god. Površina retencije je zadana u funkciji nadmorske visine.



Slika 2 - Prikaz retencije s temeljnim ispustom

3. UVOD

Retencija u vodogradnji ili hidrotehnici, predstavlja uređeno područje u slivu vodotoka predviđeno za vremenski kraće zadržavanje vode u svrhu zaštite od poplava. Retencijama se regulira vodni režim vodotoka na način da se puštanjem vode u retenciju smanjuje najveći (maksimalni) protok na nizvodnom području, pa se time količina vode koja bi inače poplavila to područje propušta u vodotok dulje vrijeme. Retencija može biti izvedena tako da se puni nekontrolirano, a kontrolira se samo izlaz vode iz retencijskog prostora ili se može puniti i praziniti kontrolirano. Razlikuju se čelne i bočne retencije. Punjenje i pražnjenje bočnih retencija se odvija pomoću: preljeva, otvora u nasipima, rušenja privremenih nasipa te ustavama. Veličina retencije ovisi o hidrološkim zanačajkama, raspoloživom prostoru retencije i kapacitetu korita nizvodno.

Rad se sastoji od tri dijela: proračun krivulja protoka temeljnog ispusta i preljeva u Excelu, programa u Fortranu kojim se računaju protoci na preljevu i kroz temeljni ispust, kao i vodostaji u retenciji, te usporedbe rezultata proračuna.

4. Proračun

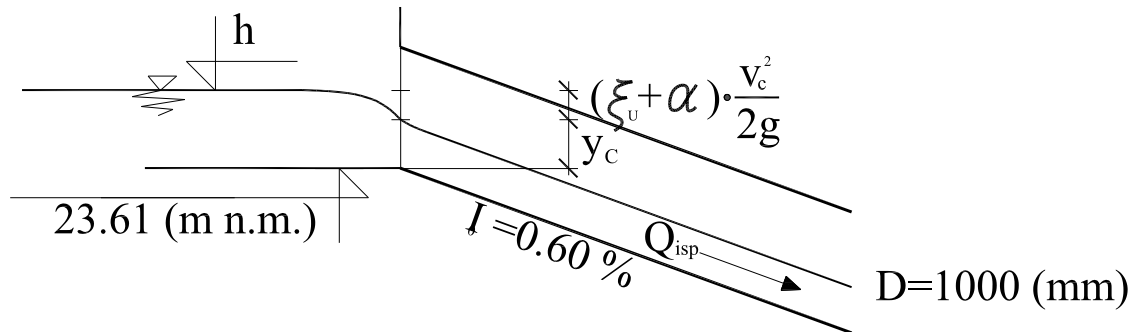
4.1. Prva faza - ULAZNI PODACI

Izlaz vode iz retencije sam po sebi dijelimo na tri vrste tečenja: tečenje sa slobodnim vodnim licem, tečenje pod tlakom i prelijevanje, pa se tako se i proračun dijeli u tri dijela.

Krivulja protoka temeljnog ispusta

Na slici 3. prikazana je hidraulička shema funkcioniranja temeljnog ispusta.

DETALJ POČETKA TEMELNOG ISPUSTA



Slika 3 - Hidraulička shema funkcioniranja temeljnog ispusta

Za nepotopljeno ulijevanje u cijev temeljnog ispusta vrijedi:

$$h = z_1 + y_c + (\xi_{ulaz} + \alpha) \cdot \frac{v_c^2}{2g}$$

- Za zadani protok Q iz gornje jednadžbe može se izračunati kritična dubina y_c .
Preko jednadžbe za Freudeov broj postavlja se nova funkcija F koja glasi :

$$Fr = \frac{\alpha Q^2 B}{g A^3} = 1 \rightarrow F = Fr - 1 = \frac{\alpha Q^2 B}{g A^3} - 1 = 0$$

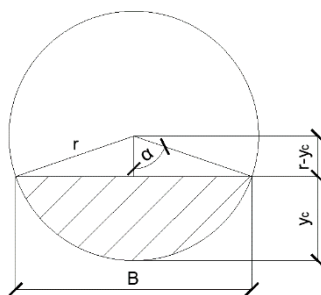
Radi proračuna koji slijedi potrebna je parcijalna derivacija nove funkcije F :

$$\frac{\partial F}{\partial y} = \frac{\alpha Q^2}{g} \cdot \frac{\frac{\partial B}{\partial y} \cdot A^3 - B \cdot 3A^2 \cdot \frac{\partial A}{\partial y}}{A^6}$$

Kako se y_c može izračunati jedino iteracijom jer je gornja jednadžba nelinearna, primijenit će se Newtonova metoda za rješavanje nelinearnih jednadžbi:

$$y_{Novi} = y_{Stari} - \frac{F(y_{Stari})}{\frac{\partial F}{\partial y} |_{y = y_{Stari}}}$$

- S obzirom da je temeljni ispušt kružnog poprečnog presjeka slijedeće varijable izražavaju se preko priložene skice:



Slika 4 - Kružni poprečni presjek temeljnog ispusta

$$A = r^2 \pi \cdot \frac{2\alpha}{2\pi} - B \cdot \frac{r - y_c}{2} = r^2 \alpha - 2r \sin \alpha \cdot \frac{r - y_c}{2} = r^2 \alpha - r(r - y_c) \sin \alpha$$

$$B = 2r \sin \alpha$$

$$\cos \alpha = \frac{r - y_c}{r} \rightarrow \alpha = \arccos\left(\frac{r - y_c}{r}\right)$$

Za potrebe rješavanja gore navedene parcijalne derivacije $\frac{\partial F}{\partial y}$ raspisuju se i slijedeće parcijalne derivacije:

$$\frac{\partial A}{\partial y} = r^2 \frac{d\alpha}{dy} - r^2 \cos \alpha \frac{d\alpha}{dy} + r \sin \alpha + r y \cos \alpha \frac{d\alpha}{dy} = r \sin \alpha + \frac{d\alpha}{dy} (r^2 - r^2 \cos \alpha + r y \cos \alpha)$$

$$\frac{\partial B}{\partial y} = 2r \cos \alpha \frac{d\alpha}{dy}$$

$$\frac{d\alpha}{dy} = \frac{d}{dy} \left[\arccos \left(\frac{r-y}{r} \right) \right] = - \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{r-y}{r} \right)^2}} \left(- \frac{1}{r} \right) = \frac{1}{r \sqrt{1 - \left(\frac{r-y}{r} \right)^2}}$$

Nakon ovoga proračuna i unošenja formula u excel počinje proračun tj. prva faza rada.

Kako je tema rada usporedba funkcioniranja retencije za zadane hidrograme dotoka u retenciju za tri slučaja tako se ovaj proračun radi tri puta za tri različita promjera temeljnog ispusta.

Postavljanjem svih podataka u napravljene formule i tablice u excelu dobiju se djelomični prvi ulazni podaci za 2. fazu rada i to u obliku tablica gdje vidimo promjenu vodostaja h u ovisnosti o veličini protoka Q .

| h | Q |
|----------|---------|
| 0,00000 | 0,00000 |
| 23,69415 | 0,01000 |
| 23,72969 | 0,02000 |
| 23,75725 | 0,03000 |
| 23,78069 | 0,04000 |
| 23,80150 | 0,05000 |
| 23,82046 | 0,06000 |
| 23,83801 | 0,07000 |
| 23,85446 | 0,08000 |
| 23,87000 | 0,09000 |
| 23,88478 | 0,10000 |
| 23,89893 | 0,11000 |
| 23,91252 | 0,12000 |
| 23,92564 | 0,13000 |
| 23,93832 | 0,14000 |
| 23,95063 | 0,15000 |
| 24,00765 | 0,20000 |
| 24,05919 | 0,25000 |
| 24,10697 | 0,30000 |
| 24,15203 | 0,35000 |
| 24,18025 | 0,40000 |
| 24,22440 | 0,45000 |
| 24,26777 | 0,50000 |
| 24,31062 | 0,55000 |
| 24,35318 | 0,60000 |
| 24,39566 | 0,65000 |
| 24,43822 | 0,70000 |
| 24,48105 | 0,75000 |
| 24,52429 | 0,80000 |
| 24,56810 | 0,85000 |
| 24,61263 | 0,90000 |
| 24,65800 | 0,95000 |
| 24,70437 | 1,00000 |
| 24,80057 | 1,10000 |
| 24,90214 | 1,20000 |

Tablica 5 - Vodostaj u ovisnosti o protoku (tečenje sa slobodnim vodnim licem) za $d=0.75$ (m)

| h | Q |
|----------|---------|
| 0,00000 | 0,00000 |
| 23,68800 | 0,01000 |
| 23,72073 | 0,02000 |
| 23,74603 | 0,03000 |
| 23,76748 | 0,04000 |
| 23,78647 | 0,05000 |
| 23,80373 | 0,06000 |
| 23,81966 | 0,07000 |
| 23,83455 | 0,08000 |
| 23,84859 | 0,09000 |
| 23,86192 | 0,10000 |
| 23,87465 | 0,11000 |
| 23,88685 | 0,12000 |
| 23,89859 | 0,13000 |
| 23,90992 | 0,14000 |
| 23,92089 | 0,15000 |
| 23,97139 | 0,20000 |
| 24,01653 | 0,25000 |
| 24,05790 | 0,30000 |
| 24,09644 | 0,35000 |
| 24,13277 | 0,40000 |
| 24,16732 | 0,45000 |
| 24,20040 | 0,50000 |
| 24,23226 | 0,55000 |
| 24,26307 | 0,60000 |
| 24,29298 | 0,65000 |
| 24,32212 | 0,70000 |
| 24,35131 | 0,75000 |
| 24,38168 | 0,80000 |
| 24,41166 | 0,85000 |
| 24,44133 | 0,90000 |
| 24,47073 | 0,95000 |
| 24,49992 | 1,00000 |
| 24,55780 | 1,10000 |
| 24,61529 | 1,20000 |
| 24,67266 | 1,30000 |
| 24,73015 | 1,40000 |
| 24,78799 | 1,50000 |
| 24,84640 | 1,60000 |
| 24,90559 | 1,70000 |
| 24,96574 | 1,80000 |
| 25,02707 | 1,90000 |
| 25,08974 | 2,00000 |
| 25,15396 | 2,10000 |
| 25,21988 | 2,20000 |
| 25,28767 | 2,30000 |
| 25,35746 | 2,40000 |
| 25,42822 | 2,50000 |

Tablica 6 - Vodostaj u ovisnosti o protoku (tečenje sa slobodnim vodnim licem) za $d=1$ (m)

| h | Q |
|----------|---------|
| 0,00000 | 0,00000 |
| 23,68361 | 0,01000 |
| 23,71439 | 0,02000 |
| 23,73814 | 0,03000 |
| 23,75824 | 0,04000 |
| 23,77602 | 0,05000 |
| 23,79215 | 0,06000 |
| 23,80703 | 0,07000 |
| 23,82091 | 0,08000 |
| 23,83399 | 0,09000 |
| 23,84640 | 0,10000 |
| 23,85822 | 0,11000 |
| 23,86955 | 0,12000 |
| 23,88044 | 0,13000 |
| 23,89095 | 0,14000 |
| 23,90110 | 0,15000 |
| 23,94773 | 0,20000 |
| 23,98921 | 0,25000 |
| 24,02706 | 0,30000 |
| 24,06216 | 0,35000 |
| 24,09510 | 0,40000 |
| 24,12629 | 0,45000 |
| 24,15601 | 0,50000 |
| 24,18450 | 0,55000 |
| 24,21192 | 0,60000 |
| 24,23841 | 0,65000 |
| 24,26408 | 0,70000 |
| 24,28903 | 0,75000 |
| 24,31333 | 0,80000 |
| 24,33706 | 0,85000 |
| 24,36025 | 0,90000 |
| 24,38297 | 0,95000 |
| 24,40525 | 1,00000 |
| 24,44865 | 1,10000 |
| 24,49070 | 1,20000 |
| 24,54904 | 1,30000 |
| 24,59340 | 1,40000 |
| 24,63713 | 1,50000 |
| 24,68036 | 1,60000 |
| 24,72318 | 1,70000 |
| 24,76568 | 1,80000 |
| 24,80795 | 1,90000 |
| 24,85005 | 2,00000 |
| 24,89206 | 2,10000 |
| 24,93404 | 2,20000 |
| 24,97605 | 2,30000 |
| 25,01814 | 2,40000 |
| 25,06038 | 2,50000 |

| | |
|----------|---------|
| 25,10282 | 2,60000 |
| 25,14550 | 2,70000 |
| 25,18849 | 2,80000 |
| 25,23183 | 2,90000 |
| 25,27557 | 3,00000 |
| 25,31976 | 3,10000 |
| 25,36445 | 3,20000 |
| 25,40968 | 3,30000 |
| 25,45551 | 3,40000 |
| 25,50198 | 3,50000 |
| 25,54913 | 3,60000 |
| 25,59700 | 3,70000 |
| 25,64565 | 3,80000 |
| 25,69509 | 3,90000 |
| 25,74538 | 4,00000 |
| 25,79655 | 4,10000 |
| 25,84862 | 4,20000 |
| 25,90164 | 4,30000 |
| 25,89873 | 4,40000 |
| 25,94814 | 4,50000 |
| 25,99847 | 4,60000 |
| 26,04973 | 4,70000 |
| 26,10195 | 4,80000 |

Tablica 7 - Vodostaj u ovisnosti o protoku (tečenje sa slobodnim vodnim licem) za $d = 1.25$ (m)

Potom slijedi proračun tečenja pod tlakom koje je nastupilo kada je temeljni ispust bio u potpunosti ispunjen vodom te je vodostaj prešao za 1 (m) kotu vrha cijevi temeljnog ispusta na njegovom početku u retenciji.

Tečenje pod tlakom je realizirano na slijedeći način:

- Koristi se ponovo činjenica da su protok Q i promjer temeljnog ispusta d poznate veličine pomoću kojih se dolazi do brzine tečenja v koristeći osnovnu formulu za protok:

$$Q = v \cdot A \rightarrow v = \frac{Q}{A}$$

- Zatim se računa Reynoldsov broj:

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu}$$

- Potom lambda Δ :

$$\lambda = \frac{1}{(1,14 - 2 \cdot \log(\frac{k}{d} + \frac{9,35}{Re \cdot \sqrt{\lambda}}))^2}$$

Pretpostavlja se da je $I_e = I_{pl}$ te se iterativnim postupkom odredi koeficijent otpora trenja λ .

Rezultat proračuna je veličina vodostaja h u ovisnosti o zadanom protoku Q .

Postupak se ponavlja tri puta za tri veličine promjera što rezultira dijelomičnim prvim ulaznim podacima za drugu fazu rada i to opet u obliku tablica gdje se daje ovisnost protoka i vodostaja u retenciji.

| h | Q |
|----------|---------|
| 25,51029 | 1,30000 |
| 25,68269 | 1,40000 |
| 25,86785 | 1,50000 |
| 26,06577 | 1,60000 |
| 26,27644 | 1,70000 |
| 26,49987 | 1,80000 |
| 26,73606 | 1,90000 |
| 26,98500 | 2,00000 |
| 27,24670 | 2,10000 |
| 27,52116 | 2,20000 |
| 27,80838 | 2,30000 |
| 28,10835 | 2,40000 |
| 28,42108 | 2,50000 |
| 28,74657 | 2,60000 |
| 29,08481 | 2,70000 |
| 29,43581 | 2,80000 |
| 29,79957 | 2,90000 |
| 30,17609 | 3,00000 |
| 30,56536 | 3,10000 |
| 30,96739 | 3,20000 |

Tablica 8 - Razina vodostaja u ovisnosti o protoku (tečenje pod tlakom) za $d = 0.75m$

| h | Q |
|----------|----------|
| 25,65421 | 2,60000 |
| 25,75012 | 2,70000 |
| 25,84964 | 2,80000 |
| 25,95278 | 2,90000 |
| 26,05954 | 3,00000 |
| 26,16992 | 3,10000 |
| 26,28391 | 3,20000 |
| 26,40152 | 3,30000 |
| 26,52274 | 3,40000 |
| 26,64758 | 3,50000 |
| 26,77604 | 3,60000 |
| 26,90811 | 3,70000 |
| 27,04380 | 3,80000 |
| 27,18311 | 3,90000 |
| 27,32603 | 4,00000 |
| 27,47257 | 4,10000 |
| 27,62273 | 4,20000 |
| 27,77650 | 4,30000 |
| 27,93389 | 4,40000 |
| 28,09490 | 4,50000 |
| 28,25952 | 4,60000 |
| 28,42776 | 4,70000 |
| 28,59962 | 4,80000 |
| 28,77509 | 4,90000 |
| 28,95418 | 5,00000 |
| 29,13688 | 5,10000 |
| 29,32321 | 5,20000 |
| 29,51314 | 5,30000 |
| 29,70670 | 5,40000 |
| 29,90387 | 5,50000 |
| 30,10466 | 5,60000 |
| 30,30906 | 5,70000 |
| 30,51708 | 5,80000 |
| 30,72872 | 5,90000 |
| 30,94398 | 6,00000 |

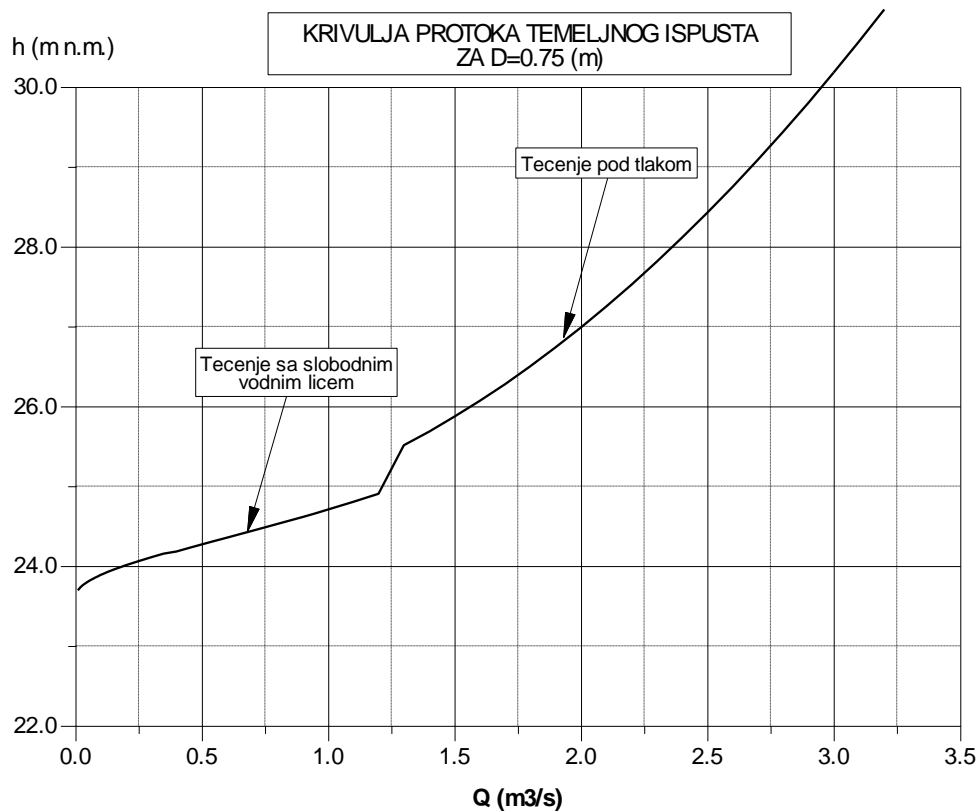
Tablica 9 - Razina vodostaja u ovisnosti o protoku (tečenje pod tlakom) za $d = 1m$

| h | Q |
|----------|---------|
| 26,09441 | 4,90000 |
| 26,16301 | 5,00000 |
| 26,23299 | 5,10000 |
| 26,30435 | 5,20000 |
| 26,37710 | 5,30000 |
| 26,45123 | 5,40000 |
| 26,52675 | 5,50000 |
| 26,60366 | 5,60000 |
| 26,68195 | 5,70000 |
| 26,76162 | 5,80000 |
| 26,84268 | 5,90000 |
| 26,92513 | 6,00000 |
| 27,00896 | 6,10000 |
| 27,09417 | 6,20000 |
| 27,18077 | 6,30000 |
| 27,26875 | 6,40000 |
| 27,35812 | 6,50000 |
| 27,44888 | 6,60000 |
| 27,54102 | 6,70000 |
| 27,63454 | 6,80000 |
| 27,72945 | 6,90000 |
| 27,82575 | 7,00000 |
| 27,92343 | 7,10000 |
| 28,02249 | 7,20000 |
| 28,12294 | 7,30000 |
| 28,22478 | 7,40000 |
| 28,32800 | 7,50000 |
| 28,43260 | 7,60000 |
| 28,53859 | 7,70000 |
| 28,64597 | 7,80000 |
| 28,75473 | 7,90000 |
| 28,86487 | 8,00000 |
| 28,97641 | 8,10000 |
| 29,08932 | 8,20000 |
| 29,20362 | 8,30000 |
| 29,31931 | 8,40000 |
| 29,43638 | 8,50000 |
| 29,55483 | 8,60000 |
| 29,67467 | 8,70000 |
| 29,79590 | 8,80000 |
| 29,91851 | 8,90000 |
| 30,04251 | 9,00000 |
| 30,16789 | 9,10000 |
| 30,29465 | 9,20000 |
| 30,42280 | 9,30000 |
| 30,55234 | 9,40000 |
| 30,68326 | 9,50000 |

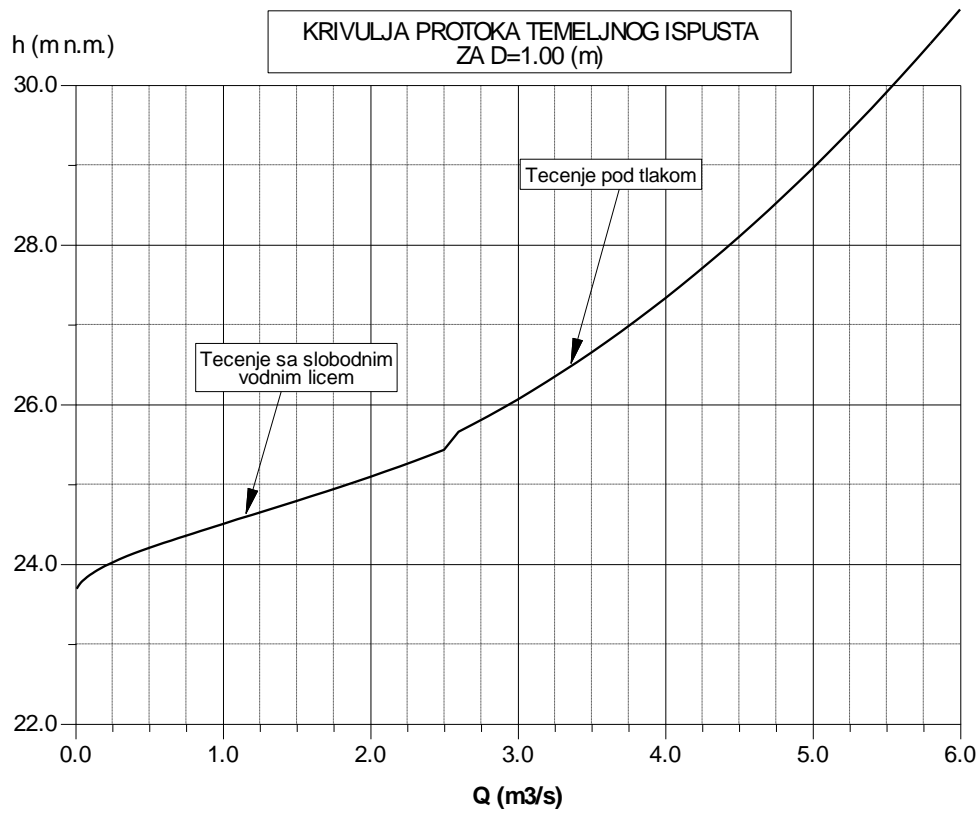
Tablica 10 - Razina vodostaja u ovisnosti o protoku (tečenje pod tlakom) za $d = 1.25m$

U svrhu dobivanja cijelokupne slike promjene vodostaja do aktiviranja preljeva, dijelomične prve ulazne podatke tečenja sa slobodnim vodnim lice i pod tlakom povezuju se i čine prvu ulaznu datoteku.

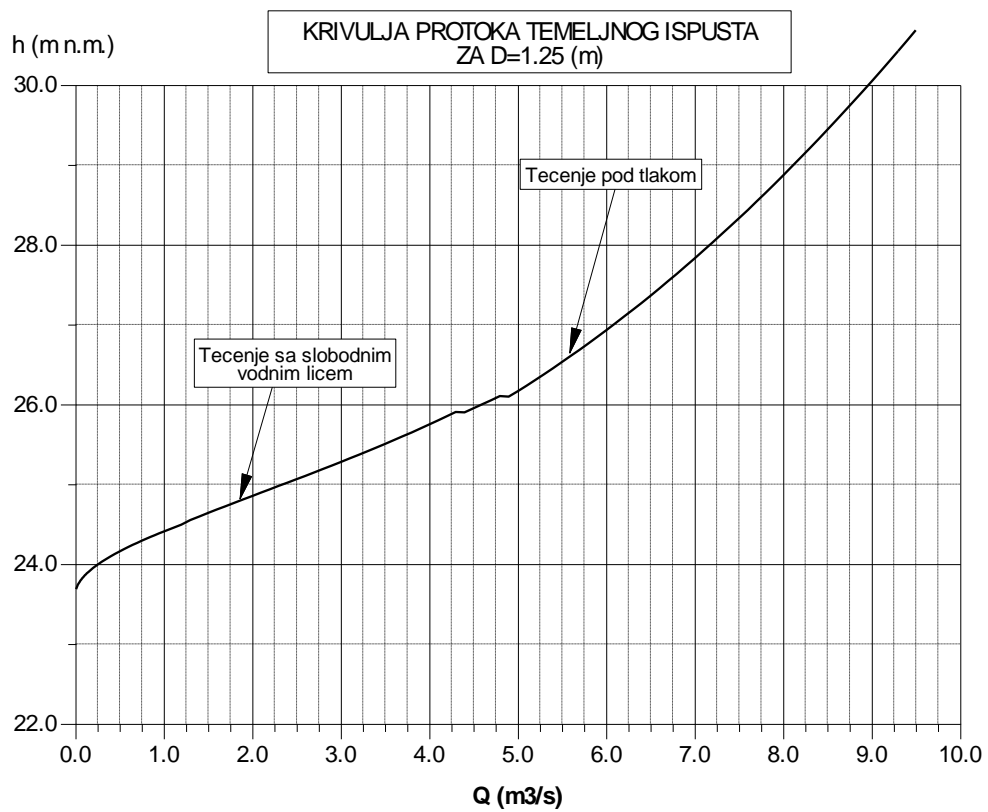
Proračun tečenja preko preljeva računa se u drugoj fazi rada u programu Fortran.



Slika 5 - Ukupna krivulja protoka za $d = 0.75$ (m)



Slika 6 - Ukupna krivulja portoka za $d = 1$ (m)



Slika 7 - Ukupna krivulja protoka za $d = 1.25$ (m)

4.2. Druga faza - Fortranski proračun

U nastavku je priložen kod iz kojeg su dobivene izlazne datoteke.

```
PROGRAM RETENCIJA
```

```
! *****
```

```
! NDOT - BROJ PODATAKA ZA KRIVULJU DOTOKA
```

```
! QQ0(I) - I-TI DOTOK U RETENCIJU
```

```
! TTO(I) - I-TO VRIJEME ZA I-TI DOTOK U RETENCIJU
```

```
! NQIZ - BROJ PODATAKA ZA KRIVULJU PROTOKA NA IZLAZU IZ RETENCIJE
```

```
! HHIZ(I) - I-TI VODOSTAJ U RETENCIJI
```

```
! QQIZ(I) - I-TI PROTOK IZ RETENCIJE ZA VODOSTAJ HHIZ(I)
```

```
! NAR - BROJ PODATAKA ZA KRIVULJU POVRŠINA RETENCIJE
```

```
! HR(I) - I-TI VODOSTAJ U RETENCIJI
```

```
! AR(I) - I-TA POVRŠINA RETENCIJE ZA VODOSTAJ HA(I)
```

```
! H1 - RAZINA VODE U RETENCIJI NA POČETKU INTERVALA (m n.m.)
```

```
! H2 - RAZINA VODE U RETENCIJI NA KRAJU INTERVALA (m n.m.)
```

```
DIMENSION TTO(500),QQ0(500),HHIZ(200),QQIZ(200),HR(10),AR(10)
```

```
HR(1)=0.0
```

```
HR(2)=23.61
```

```
HR(3)=25.00
```

```
HR(4)=27.5
```

```
HR(5)=30.0
```

```
HR(6)=31.0
```

```
HR(7)=35.0
```

AR(1)=112.0

AR(2)=112.0

AR(3)=7906.0

AR(4)=82555.0

AR(5)=224813.0

AR(6)=303259.0

AR(7)=350000.0

NAR=7

IUL1=4

IUL2=5

IZL=6

!

CALL OPEN(IUL1,IUL2,IZL)

READ(IUL2,*) NDOT

DO I=1,NDOT

READ(IUL2,*) TT0(I),QQ0(I)

END DO

READ(IUL1,*) NQIZ

DO I=1,NQIZ

READ(IUL1,*) HHIZ(I),QQIZ(I)

END DO

READ(IUL1,*) H1,THETA,DT,NDT

EM=0.50

BPR=17.0

ZP=30.0

```

TOC=0.00001

T1=0.0

T1H=T1/3600.0

H2P=H1

AR1=BH(NAR,HR,AR,H1)

Q01=BH(NDOT,TT0,QQ0,T1)

QIZ1=BH(NQIZ,HHIZ,QQIZ,H1)

IF(H1.GT.ZP) QP1=EM*BPR*SQRT(19.62)*(H1-ZP)**1.5

IF(H1.LE.ZP) QP1=0.0

QUK1=QIZ1+QP1

WRITE(IZL,30) T1,T1H,H1,Q01,QIZ1,QP1,QUK1

30  FORMAT(7F15.5)

DO 100 I=1,NDT

T2=T1+DT

T2H=T2/3600.0

250  CONTINUE

AR2=BH(NAR,HR,AR,H2P)

Q02=BH(NDOT,TT0,QQ0,T2)

QIZ2=BH(NQIZ,HHIZ,QQIZ,H2P)

IF(H2P.GT.ZP) QP2=EM*BPR*SQRT(19.62)*(H2P-ZP)**1.5

IF(H2P.LE.ZP) QP2=0.0

H2IZ=H1+(1.0-THETA)*DT*(Q01-QIZ1-QP1)/AR1+THETA*DT*(Q02-QIZ2-QP2)/AR2

RAZ=ABS(H2IZ-H2P)

IF(RAZ.GT.TOC) THEN

H2P=(H2IZ+H2P)/2.0

```

```

GO TO 250

END IF

QUK2=QIZ2+QP2

WRITE(IZL,30) T2,T2H,H2IZ,Q02,QIZ2,QP2,QUK2

T1=T2

T1H=T2H

AR1=AR2

Q01=Q02

QIZ1=QIZ2

QP1=QP2

H2P=H2IZ

H1=H2IZ

WRITE(*,112) I
112 FORMAT(' I= ',I5)
100 CONTINUE

STOP

END

FUNCTION BH(N,X,Y,XX)

DIMENSION X(N),Y(N)

NI=1

DO 1 I=1,N-1

IF(X(I)-XX) 2,4,3

2 NI=I

1 CONTINUE

3 BH=Y(NI)+(Y(NI+1)-Y(NI))*(XX-X(NI))/(X(NI+1)-X(NI))

RETURN

```

```

4  BH=Y(I)

    RETURN

    END

!

    SUBROUTINE OPEN(IUL1,IUL2,IZL)

    CHARACTER*40 IME

!   IUL1 JE BROJ ULAZNE DATOTEKE S PODACIMA ZA TEMELJNI ISPUST
!   IUL2 JE BROJ ULAZNE DATOTEKE S PODACIMA ZA DOTOK U RETENCIJU
!   IZL JE BROJ IZLAZNE DATOTEKE

    WRITE(*,10)

10  FORMAT(' UPISI IME ULAZNE DATOTEKE ZA TEM. ISPUST:')

    READ(*,'(A)') IME

    OPEN(UNIT=IUL1,FILE=IME,STATUS='OLD')

    WRITE(*,15)

15  FORMAT(' UPISI IME ULAZNE DATOTEKE ZA DOTOK U RETENCIJU:')

    READ(*,'(A)') IME

    OPEN(UNIT=IUL2,FILE=IME,STATUS='OLD')

    WRITE(*,11)

11  FORMAT(' UPISI IME IZLAZNE DATOTEKE:')

    READ(*,'(A)') IME

    OPEN(UNIT=IZL,FILE=IME,STATUS='REPLACE')

    WRITE(*,9) IME

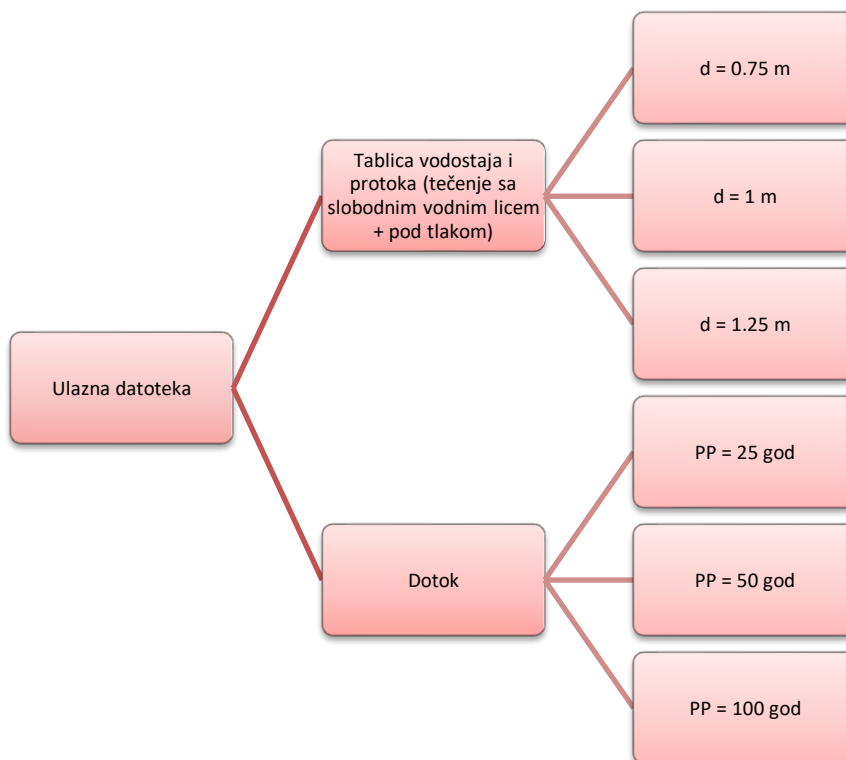
9   FORMAT(' IME IZLAZNE DATOTEKE JE:',A40)

    RETURN

    END

```

Ulazne datoteke se sastoje od kombinacija dviju datoteka. Princip odabira kombinacija prikazan je na slici 2.

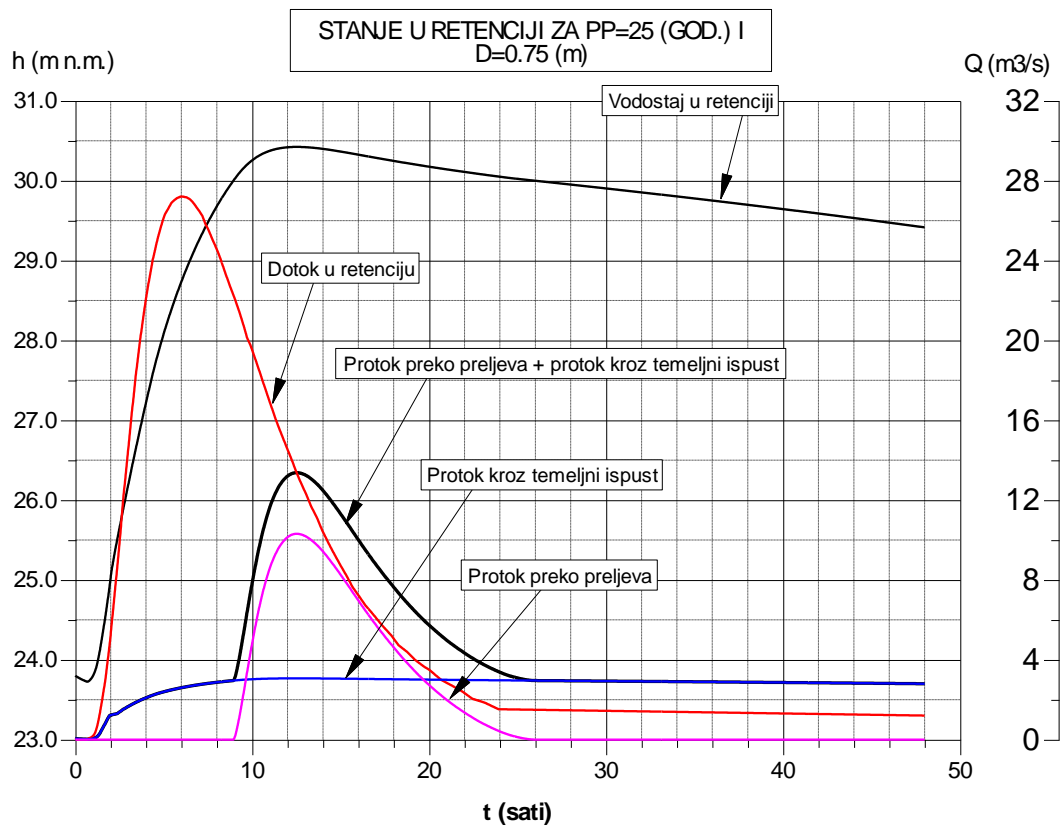


Slika 8 - Prikaz odabira kombinacija za Ulazne datoteke

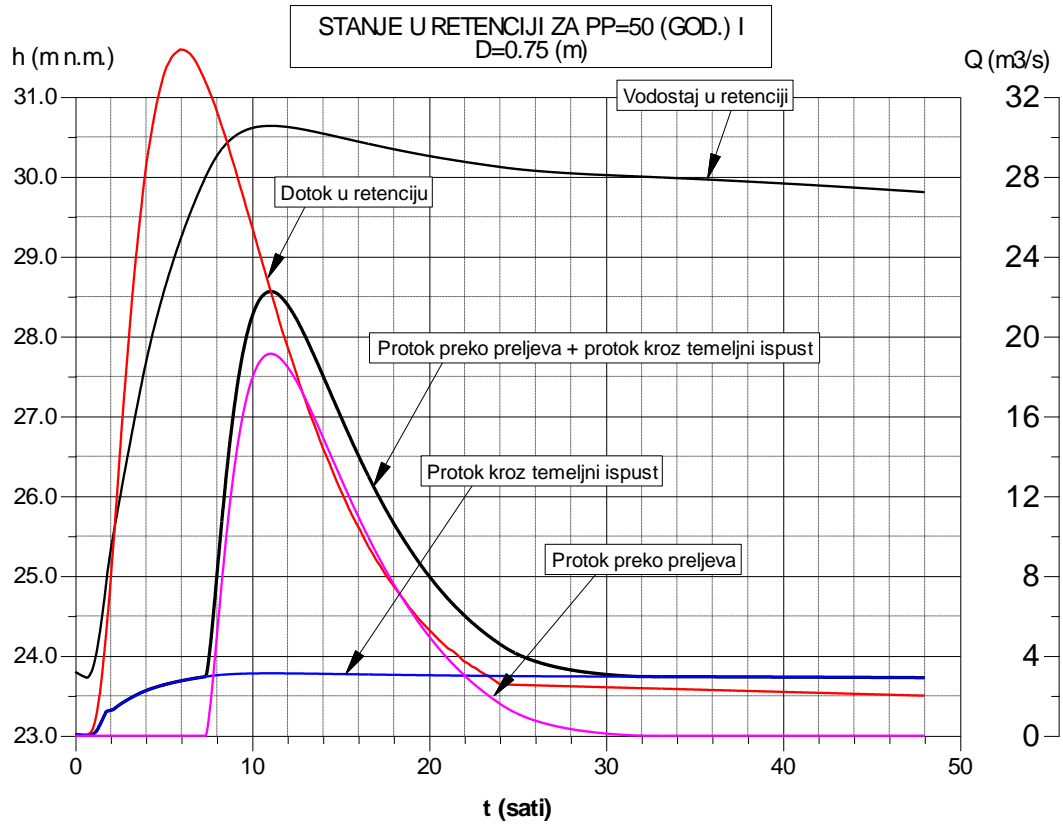
Nakon svih kombinacija navedenih ulaznih datoteka dobije se devet izlaznih datoteka od kojih svaka sadrži po 7 varijabli i to: t_h , t_l , h_l , Q_0 , Q_{iz} , Q_p i Q_{uk} za 2882 točke.

4.3. Dijagrami izlaznih podataka

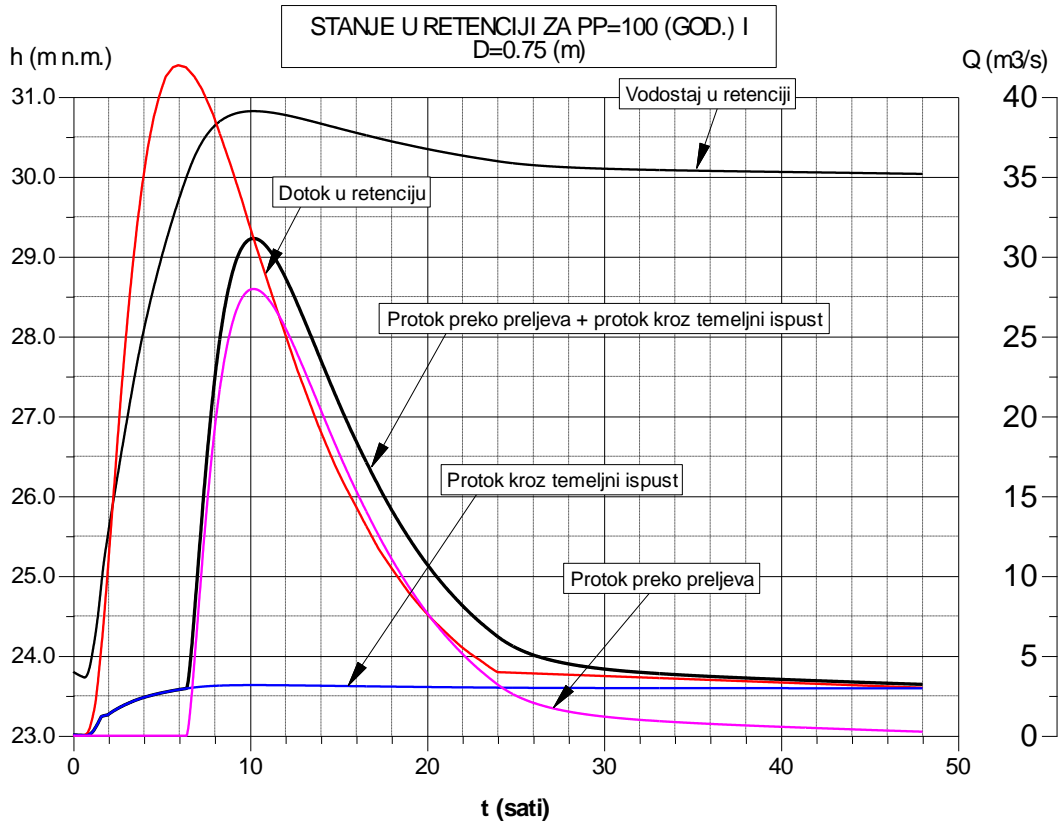
U nastavku su priloženi dijagrami s izlaznim podacima.



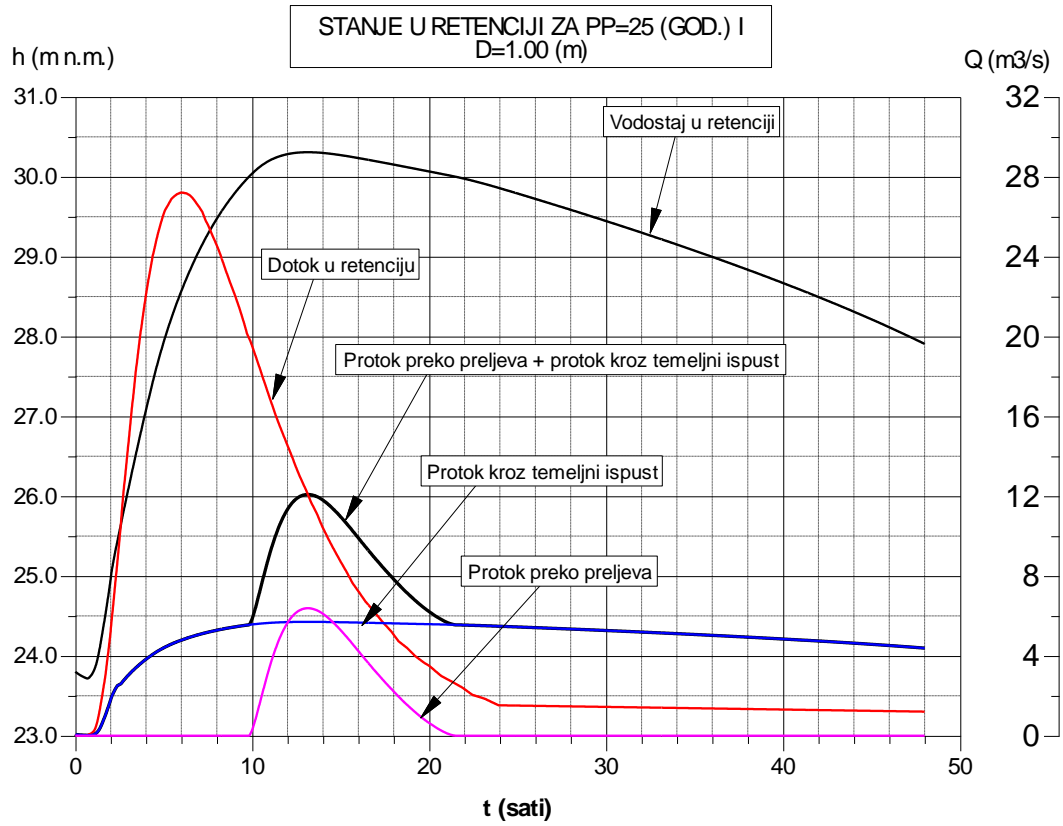
Slika 9 – Stanje retencije za $d = 0.75\text{m}$ i $PP = 25$ god



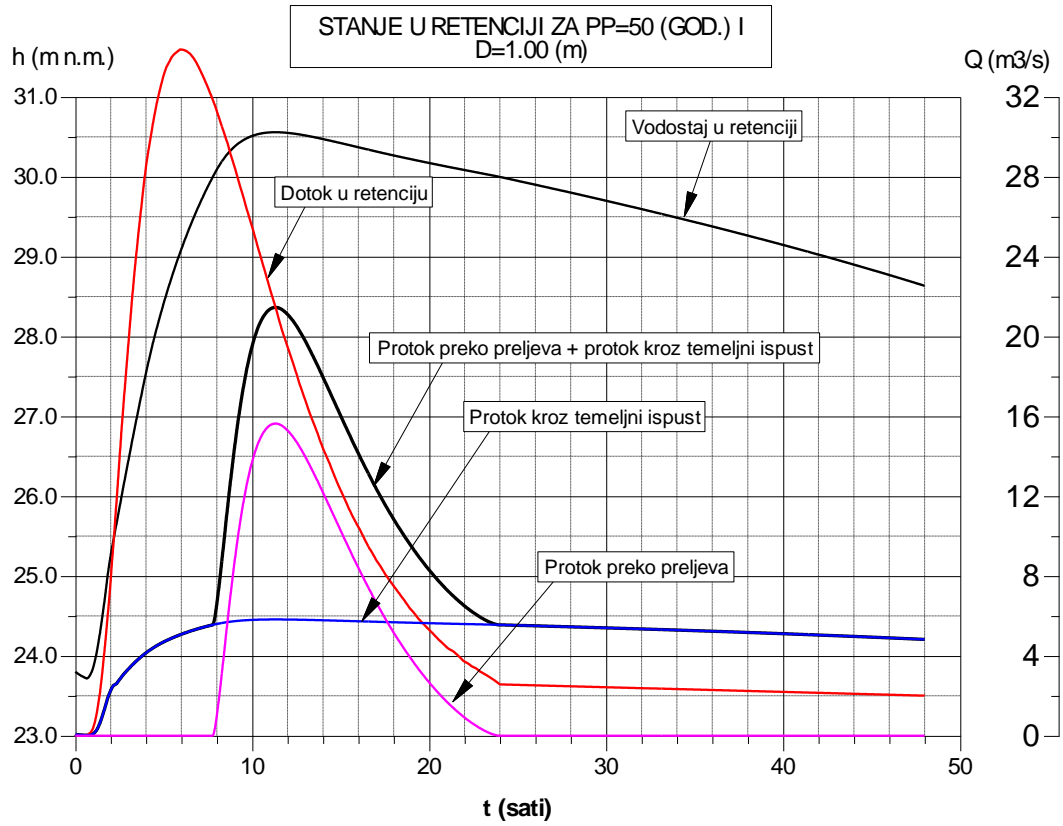
Slika 10 – Stanje retencije za $d = 0.75$ m i za PP = 50god



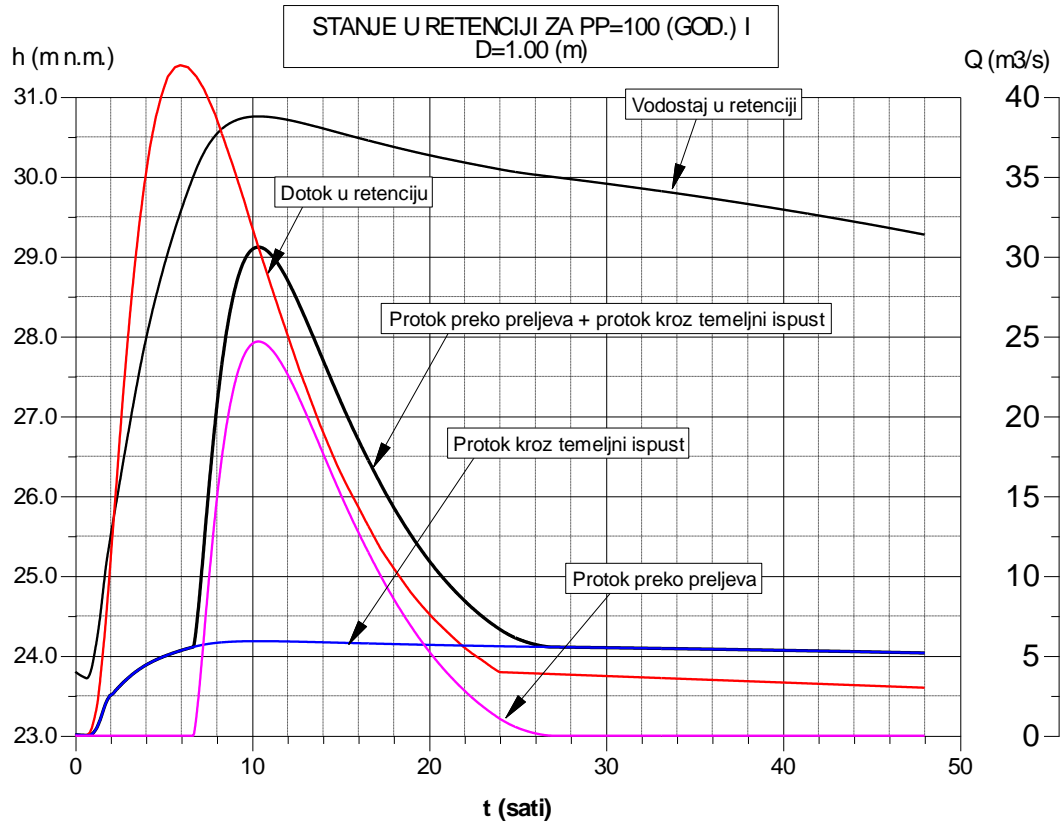
Slika 11 – Stanje retencije za $d = 0.75$ m i za $PP = 100$ god



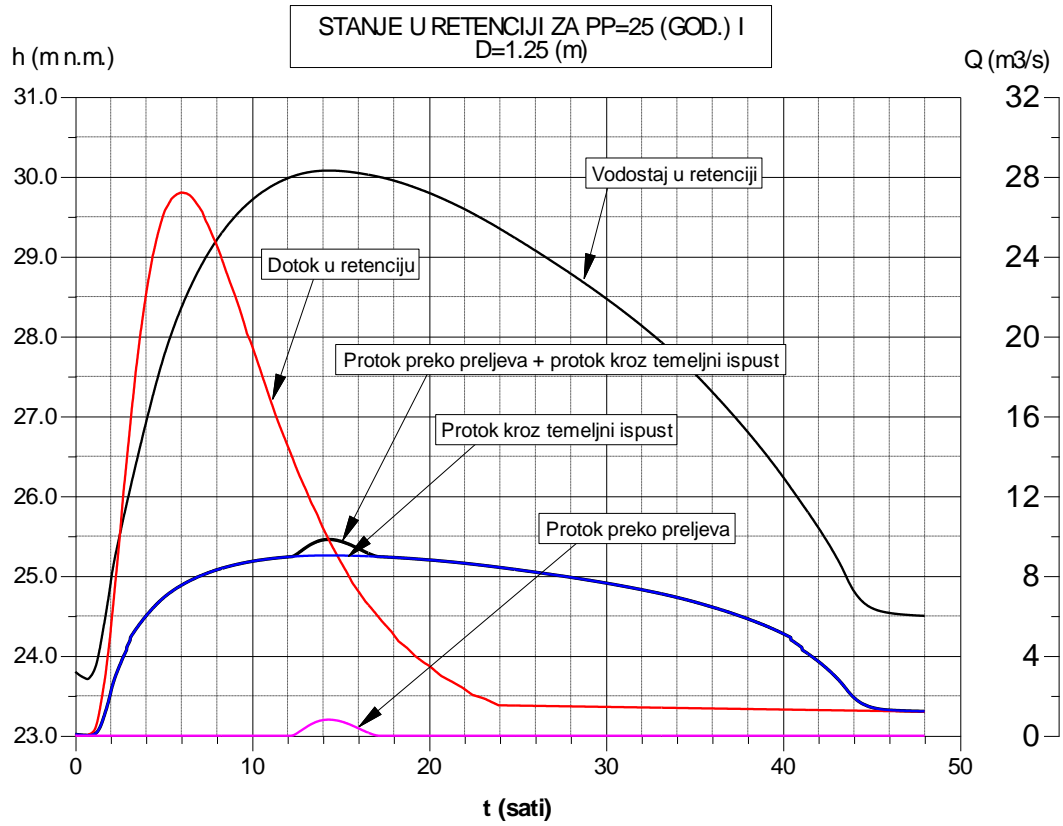
Slika 12 – Stanje retencije za $d = 1.00$ m i za PP = 25 god



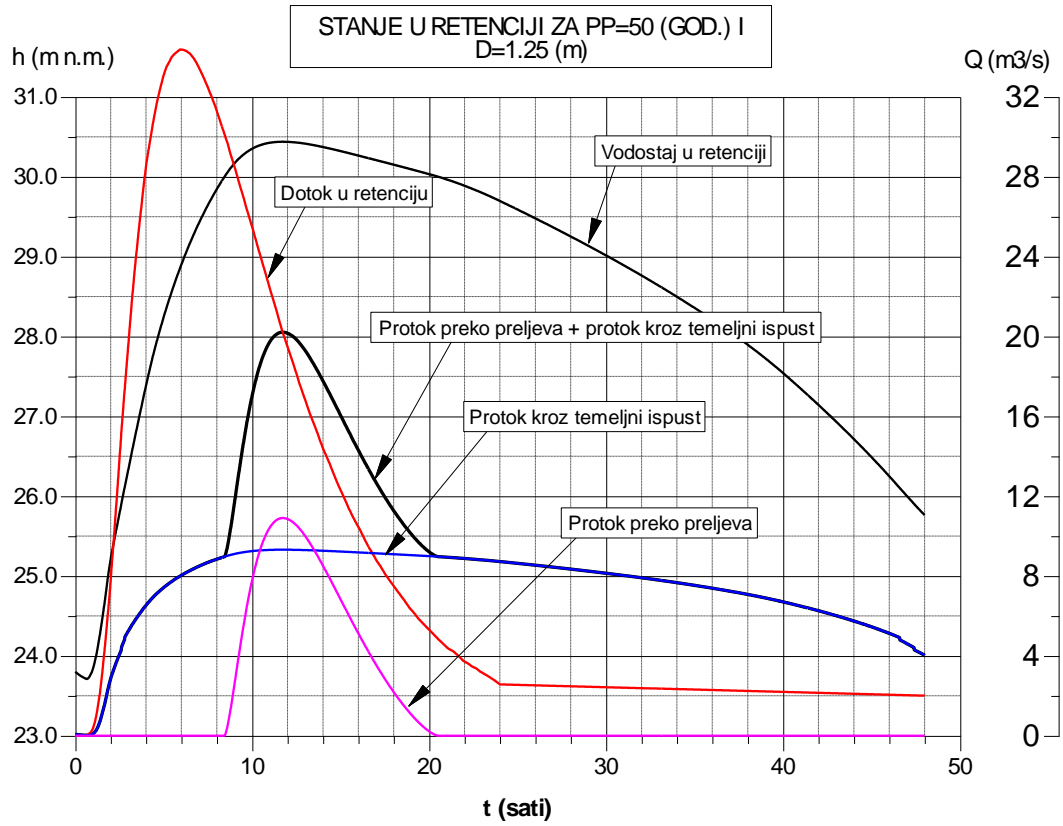
Slika 13 – Stanje u retenciji za $d = 1.00\text{m}$ i za $PP = 50$ god



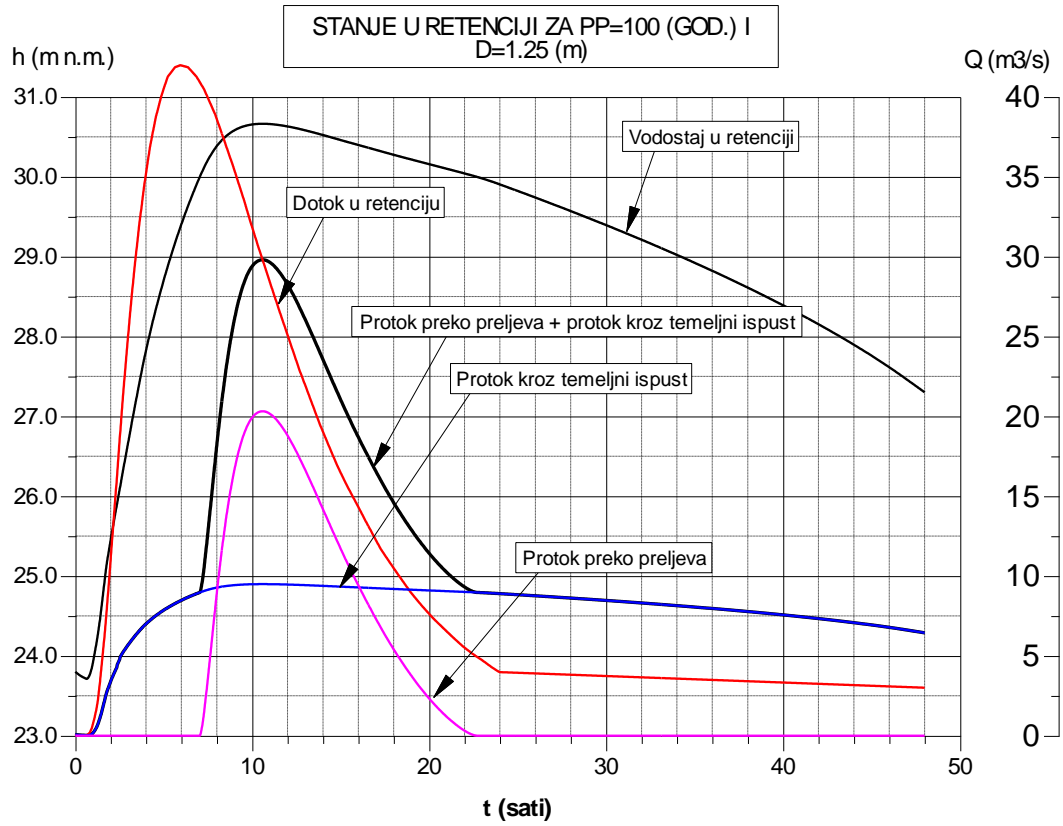
Slika 14 – Stanje u retenciji za $d = 1.00$ m i za $PP = 100$ god



Slika 15 – Stanje u retenciji za $d = 1.25$ m za PP = 25 god

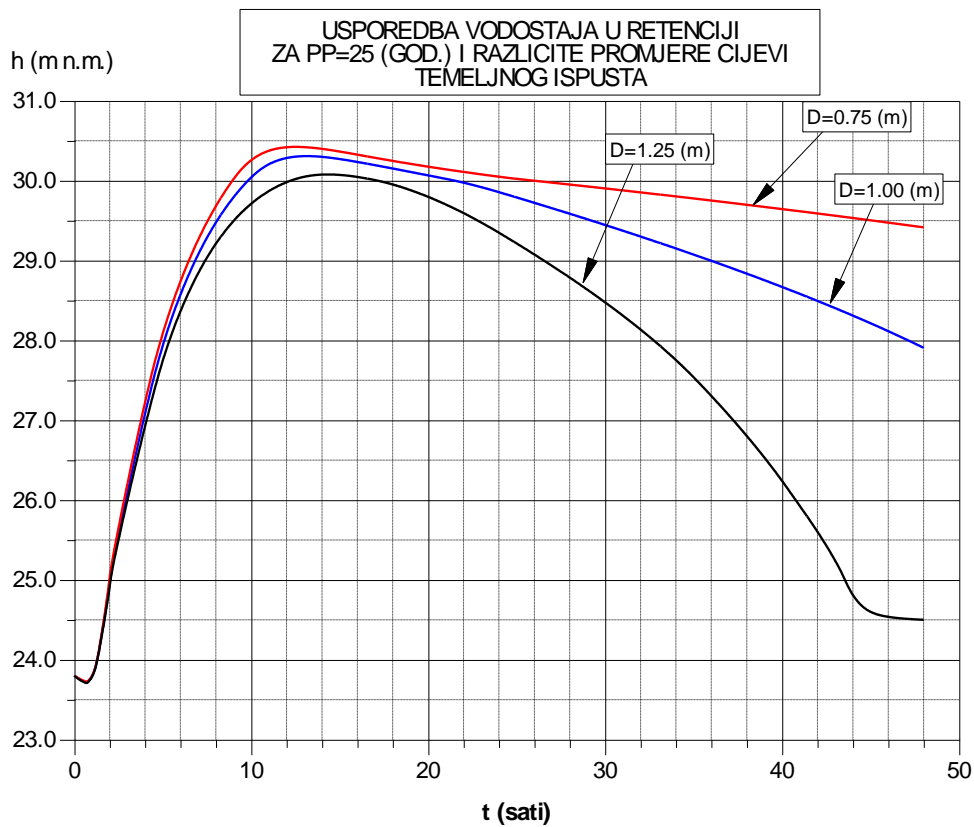


Slika 16 – Stanje u retenciji za $d = 1.25$ m i za $PP = 50$ god

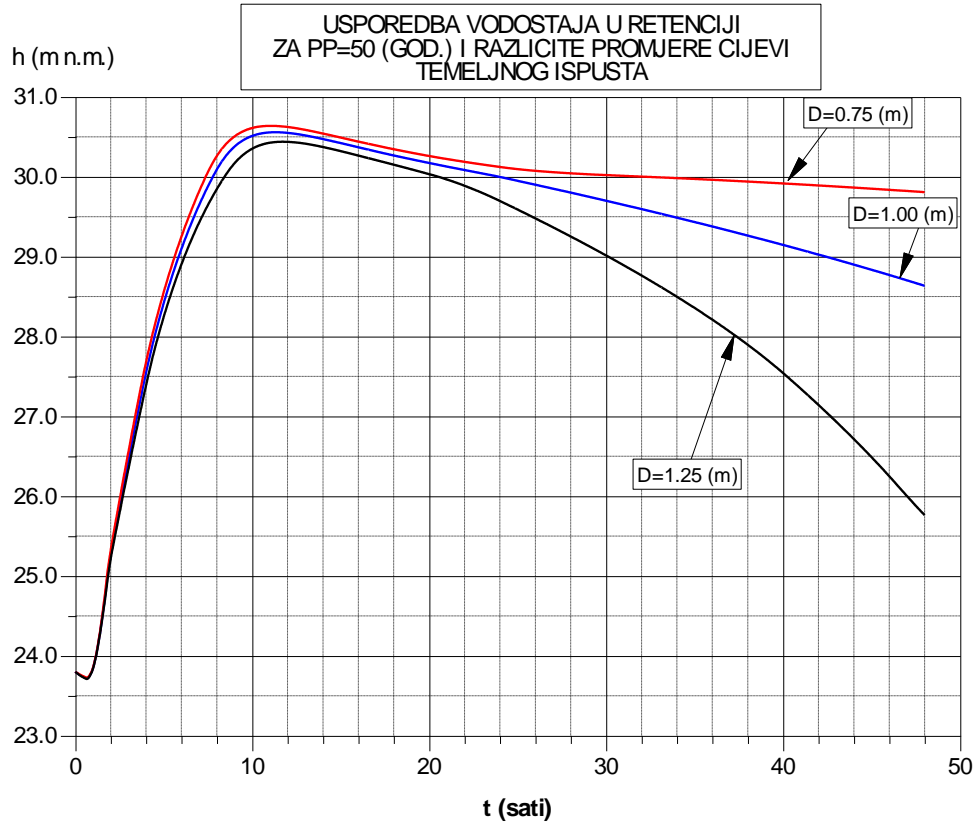


Slika 17 – Stanje u retenciji za $d = 1.25$ m i $PP = 100$ god

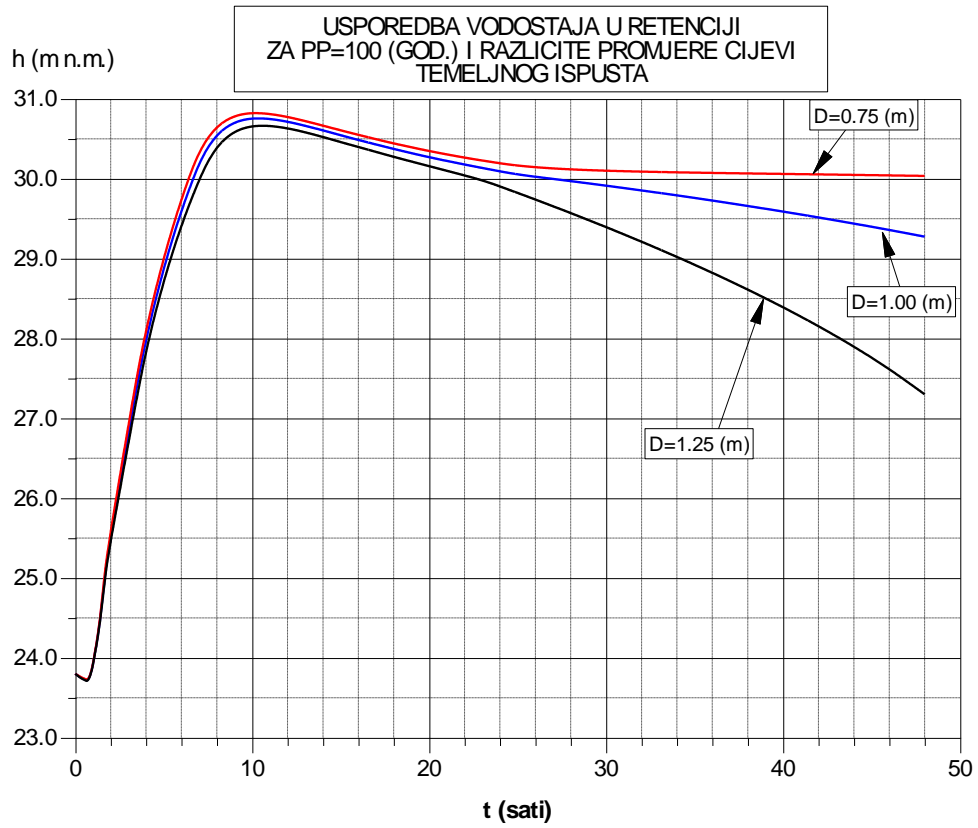
Slijedeća usporedba je prikaz promjene vodostaja h u ovisnosti o vremenu t za sva tri promjera cijevi temeljnog ispusta d i isti povratni period PP :



Slika 18 - Dijagram vodostaja u retenciji za $PP = 25$ (god)



Slika 19 - Dijagram vodostaja u retenciji za PP = 50 (god)



Slika 20 - Dijagram vodostaja u retenciji za PP = 100 (god)

5. Zaključak

Proračunima funkcioniranja retencije s odabranim dimenzijama i kotom krune preljeva, te sa odsabranim promjerima cijevi temeljnog ispusta, dokazano je da razine vode u retenciji neće prijeći kotu od 31.00 (m n.m.). Time odabrane dimenzije odvodnog sustava zadovoljavaju.

Kod promjera odvodne cijevi temeljnog ispusta od 1.25 (m), pri dotoku u retenciju vodnog vala 100 godišnjeg povratnog perioda, ostvaruje se maksimalni vodostaj u retenciji od 30.663 (m n.m.).

Kod promjera odvodne cijevi temeljnog ispusta od 1.00 (m), pri dotoku u retenciju vodnog vala 100 godišnjeg povratnog perioda, ostvaruje se maksimalni vodostaj u retenciji od 30.755 (m n.m.).

Kod promjera odvodne cijevi temeljnog ispusta od 0.75 (m), pri dotoku u retenciju vodnog vala 100 godišnjeg povratnog perioda, ostvaruje se maksimalni vodostaj u retenciji od 30.820 (m n.m.).

Usporedbom rezultata može se zaključiti da sve veličine promjera odvodne cijevi temeljnog ispusta zadovoljavaju. Povećanjem promjera cijevi temeljnog ispusta dolazi do smanjenja razine vodostaja u retenciji.

6. Literatura

“Osnove hidromehanike” - autor Vinko Jović

7. Popis slika

| | |
|---|----|
| Slika 1 - Hidraulički model funkcioniranja retencije..... | 2 |
| Slika 2 - Prikaz retencije s temeljnim ispustom | 4 |
| Slika 3 - Hidraulička shema funkcioniranja temeljnog ispusta | 6 |
| Slika 4 - Kružni poprečni presjek temeljnog ispusta | 7 |
| Slika 11 - Ukupna krivulja protoka za $d = 0.75$ (m)..... | 17 |
| Slika 12 - Ukupna krivulja portoka za $d = 1$ (m)..... | 18 |
| Slika 13 - Ukupna krivulja protoka za $d = 1.25$ (m)..... | 19 |
| Slika 14 - Prikaz odabira kombinacija za Ulazne datoteke..... | 25 |
| Slika 15 – Stanje retencije za $d = 0.75$ m i PP = 25 god..... | 26 |
| Slika 16 – Stanje retencije za $d = 0.75$ m i za PP = 50god..... | 27 |
| Slika 17 – Stanje retencije za $d = 0.75$ m i za PP = 100 god..... | 28 |
| Slika 18 – Stanje retencije za $d = 1.00$ m i za PP = 25 god..... | 29 |
| Slika 19 – Stanje u retenciji za $d = 1.00$ m i za PP = 50 god | 30 |
| Slika 20 – Stanje u retenciji za $d = 1.00$ m i za PP = 100 god | 31 |
| Slika 21 – Stanje u retenciji za $d = 1.25$ m za PP = 25 god | 32 |
| Slika 22 – Stanje u retenciji za $d = 1.25$ m i za PP = 50 god | 33 |
| Slika 23 – Stanje u retenciji za $d = 1.25$ m i PP = 100 god..... | 34 |
| Slika 33 - Dijagram vodostaja u retenciji za PP = 25 (god)..... | 35 |
| Slika 34 - Dijagram vodostaja u retenciji za PP = 50 (god)..... | 36 |
| Slika 35 - Dijagram vodostaja u retenciji za PP = 100 (god)..... | 37 |

8. Popis tablica

| | |
|---|----|
| Tablica 1 - Dotok u retenciju za PP = 25 god | 2 |
| Tablica 2 - Dotok u retenciju za PP = 50 god | 3 |
| Tablica 3 - Dotok u retenciju za PP = 100 god..... | 3 |
| Tablica 4 - Ovisnost površine retencije o nadmorskoj visini | 3 |
| Tablica 5 - Vodostaj u ovisnosti o protoku (tečenje sa slobodnim vodnim licem) za d=0.75 (m) | 9 |
| Tablica 6 - Vodostaj u ovisnosti o protoku (tečenje sa slobodnim vodnim licem) za d=1 (m) | 10 |
| Tablica 7 - Vodostaj u ovisnosti o protoku (tečenje sa slobodnim vodnim licem) za d =1.25 (m)..... | 12 |
| Tablica 8 - Razina vodostaja u ovisnosti o protoku (tečenje pod tlakom) za d = 0.75m..... | 14 |
| Tablica 9 - Razina vodostaja u ovisnosti o protoku (tečenje pod tlakom) za d = 1m..... | 15 |
| Tablica 10 - Razina vodostaja u ovisnosti o protoku (tečenje pod tlakom) za d = 1.25m..... | 16 |