ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství

Studie výstavby nádrže u obce Aydarly v Kazachstánu

Study of the construction of the reservoir near Aydarly in Kazakhstan

Bakalářská práce

2019

Autor: Anastassiya Bukharina

Vedoucí práce: Ing. Václav David, Ph.D.

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Bukharina Jméno: Anastassiya Osobní číslo: 412501

Zadávající katedra: Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství (K143)

Studijní program: (B3651) Stavební inženýrství

Studijní obor: (3647R015) Vodní hospodářství a vodní stavby

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Studie výstavby nádrže u obce Aydarly v Kazachstánu

Název bakalářské práce anglicky: Study of the construction of the reservoir near Aydarly in Kazakhstan

Pokyny pro vypracování:
Zpracujte studii výstavby nádrže v blízkosti obce Aydarly v Kazachstánu na řece Kokterek. V rámci studie navrhněte rámcově výstavbu nádrže, která má sloužit pro regulaci průtoků a zavlažování. Do studie zahrňte porovnání technických požadavků na stavbu tohoto typu aplikovaných v Kazachstánu a v České republice. Jako součást studie proveďte vodohospodářské řešení nádrže, technický návh objektů a potřebné výpočty. Návrh též popište v textové části a vypracujte výkresovou dokumentaci.

Seznam doporučené literatury:
ČSN 75 2340 Navrhování přehrad - Hlavní parametry a vybavení
ČSN 75 2310 Sypané hráze
ČSN 75 2405 Vodohospodářská řešení vodních nádrží

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Václav David, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 28.2.2019 Termín odevzdání bakalářské práce: 26.5.2019
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

[redacted]
Podpis vedoucího práce

[redacted]
Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce" a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací".

28.02.2019
Datum převzetí zadání

[redacted]
Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s metodickým pokynem ČVUT 1/2009 „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

V Praze dne …… ……

Anastassiya Bukharina

Poděkování

Chtěla bych poděkovat vedoucímu této bakalářské práce panu Ing. Václavu Davidovi, Ph.D., za předání potřebných znalostí a za možnost zpracování tohoto tématu.

Abstrakt

Předmětem této bakalářské práce je studie výstavby vodní nádrže na řece Kokterek v obci Aydarly v Kazachstáně. Tato nádrž je určena především pro plnění závlahových potřeb hospodářství společnosti TOO Žarkent Frukt zaměřeného na pěstování ovoce. V průběhu studie je navržena neprůtočná nádrž včetně rozdělovacího, převáděcího a odtokového zařízení. Cílem práce je zpracovat technické a vodohospodářské řešení nádrže. V rámci ní je rovněž provedeno porovnání návrhových metod používaných v Kazachstánu a České republice.

Klíčová slova

vodní nádrž, závlahy, neprůtočná nádrž, Kazachstán

Abstract

The subject of this bachelor thesis is the study of the construction of a water reservoir on the Kokterek river in the village of Aydarly in Kazakhstan. The water storage is intended primarily for filling irrigation needs of TOO Zharkent Frukt fruit management. During the study, the water storage was designed, including a manifold, transfer and drain facility. The aim of the work is to process the technical and water management solution of the water storage. In the work was also a comparison of used design methods in Kazakhstan and Czech Republic.

Keywords

water reservoir, irrigation, non-flow tank, Kazakhstan

Obsah

Seznam tabulek 9

Seznam obrázků 10

1 Úvod 11

1.1 Cíl práce 11

2 Vstupní podklady 12

2.1 Hydrologické údaje 12

2.1.1 Odtokový režim 12

2.1.2 Roční průtok 12

2.1.3 Distribuce průtoku v průběhu roku 14

2.1.4 Maximální průtok 15

2.1.5 Minimální průtok 16

3 Vodohospodářské řešení 18

3.1 Popis lokality 18

3.1.1 Reliéf 18

3.1.2 Půda a vegetace 20

3.1.3 Klima 20

3.2 Základní charakteristika nádrže 24

3.3 Ztráta vody z nádrže 25

3.3.1 Ztráta vody výparem z vodní hladiny 25

3.3.2 Průsak tělesem hráze 25

3.4 Bilance nádrže 27

4 Technické řešení nádrže 30

4.1 Základní technické parametry 30

4.2 Členění na stavební objekty a jejich popis 30

4.2.1 SO 1 – Hráz 31

4.2.2 SO 2 — Sdružený objekt 32

4.2.3 SO 3 – Objekt pro přivádění vody 36

4.2.4 SO 4 — Objekt pro odběr vody 40

5 Porovnání technických požadavků aplikovaných v Kazachstánu a České republice 41

6. Závěr 43

Použitá literatura 44

Seznam příloh 46

Seznam tabulek

Tab. 2.1 Parametry ročního průtoku v odhadovaném rozsahu [3] 13
Tab. 2.2 Roční průtok v letech s různým obsahem vody [3] 13
Tab. 2.3 Vnitřní rozdělení průtoku [3] 15
Tab. 2.4 Maximální průtoky, m^3/s [3] 16
Tab. 2.5 Minimální průtoky [3] 17
Tab. 3.1 Průměrné měsíční hodnoty hlavních klimatických prvků meteorologické stanice Žarkent [3] 22
Tab. 3.2 Viditelné odpařování z vodní plochy nádrže, mm [3] 25
Tab. 3.3 Údaje třech profilů 26
Tab. 3.4 Výpočet bilance nádrže 27
Tab. 3.5 Způsob provozu nádrže na řece Kokterek (Vnn = 2,74 mil. m^3) za rok s plánovanou zavlažovací plochou 1 700 ha 29
Tab. 4.1 Návrh výpusti 33
Tab. 4.2 Výpočet výšky přelivu 34
Tab. 4.3 Dimenzovaní odpadního koryta 35
Tab. 4.4 Dimenzovaní koryta před rozdělovacím objektem 37
Tab. 4.5 Rozdělení průtoku 38
Tab. 5.1 Stanovení minimálního zůstatkového průtoku [19] 41

Seznam obrázků

Obr. 2.1 Roční rozložení průtoků [3] 14
Obr. 3.1 Oblast umístění nádrže v Kazachstánu [4] 18
Obr. 3.2 Podhůří planiny [3] 19
Obr. 3.3 Reliéf předhůří [3] 19
Obr. 3.4 Schéma povodí řeky Kokterek [3] 21
Obr. 3.5 Meziroční průběh hlavních meteorologických prvků meteorologické stanice Žarkent [3] 23
Obr. 3.6 Charakteristické čáry nádrže 24
Obr. 3.7 Změna objemu nádrže a hlavních prvků vodní bilance nádrže 28
Obr. 4.1 Ložiska materiálů [12] 31
Obr. 4.2 Konzumpční křivka rozdělovacího objektu 39

1 Úvod

Při výběru tématu pro bakalářskou práci hlavním účelem bylo aplikovat znalosti získané na vysoké škole v České Republice na svém rodném území. Rovněž chtěla své poznatky zúročit při vytváření reálného projektu, s čímž jí pomohl Hydrologický ústav průmyslového vodohospodářství Kazachstánu, díky kterému získala přístup k podkladům skutečného projektu.

Předmětem tohoto projektu a celé bakalářské práce je studie výstavby vodní nádrže v kazachstánské obci Aydarly. Hlavní účel této nádrže spočívá v akumulaci vody pro potřeby hospodářství zaměřeného na ovoce společnosti TOO Žarkent Frukt, která zde pěstuje jablka. Jedná se o největší hospodářství tohoto druhu v Kazachstánu.

Nádrže sloužící pro akumulace vody k zavlažování jsou pro Kazachstán velice důležité, jelikož velkou část jeho plochy zabírají pouště, polopouště a stepi. V jižních oblastech země, kde se daná nádrž nachází, nedosahují srážkové úhrny více než 200 mm ročně [1].

1.1 Cíl práce

Hlavním cílem této bakalářské práce je zpracovat studii výstavby boční nádrže v obci Aydarly na řece Kokterek dle požadavků společnosti TOO Žarkent Frukt na závlahu jabloňových výsadeb. Práce bude obsahovat technický návrh samotné nádrže a objektů potřebných pro její fungování. Její součástí budou rovněž výpočty prokazující, že jsou tyto stavby funkční. Celý návrh bude proveden s použitím norem používaných v Kazachstánu. Kromě samotného zpracování projektu je cílem této práce také stanovit a ohodnotit rozdíly v navrhování bočních nádrží mezi Kazachstánem a Českou republikou.

2 Vstupní podklady

V této kapitole jsou shrnuty a popsány všechny podklady potřebné pro vypracování této studie. Všechny uvedené v této kapitole obrázky, grafy a tabulky byly získány od Hydrologického ústavu průmyslového vodohospodářství Kazachstánu.

2.1 Hydrologické údaje

Řeka Kokterek vzniká soutokem řek Žolaman, Konyrolen a Karakol. Její celková délka činí 76 km.

2.1.1 Odtokový režim

Hlavními faktory ovlivňujícími tvorbu odtoku jsou především reliéfní, klimatické, geologické, hydrogeologické a další charakteristiky povodí. Při změně výšky lokality, klimatických podmínek a faktorů se mění i povrch a na základě toho i napájení řek. V zónách středních a nízkých hor výrazně roste úloha sezónní sněhové pokrývky, kapalných srážek a podzemních vod.

Podle povahy vodního režimu patří řeka Kokterek k těm, u kterých dochází na jaře a v létě k povodním. Začátek povodňového období a jeho konec v dané části závisí především na výšce povodí, rozložení sněhové pokrývky v něm a hydrogeologických podmínkách. Na řece Kokterek začíná nárůst hladiny a zvýšení obsahu vody v důsledku intenzivního přítoku tavné vody v dubnu až květnu a končí v červnu.

Na napájení daného toku se podílejí sladké rozmrzlé vody, kapalné sedimenty a podzemní toky. Povrchový odtok v období nízkého průtoku je tvořen především podzemními vodami. Řeky se zvýšeným přístupem do podzemních vod charakterizuje stabilní nízká voda v období trvajícím od léta do podzimu a během zimy. Naopak nejnižší měsíční odtok je zaznamenán v lednu až únoru.

2.1.2 Roční průtok

Hodnota průměrného ročního průtoku je hlavní charakteristikou vodních zdrojů řek a slouží jako jeden z původních parametrů při řešení problémů vodního hospodářství. Tato hodnota závisí nejen na průměrné výšce povodí, ale také na orientaci

svahů. Anomálie v odtoku jsou zejména u těch malých způsobeny zvýšeným vlivem lokálních fyziografických faktorů a hydrogeologických podmínek.

Stanovení odtoku v osídlení podle měřicí stanice na řece Bokabaydynašasy (shodného vodního toku s potokem Kokterek) s využitím přenosu nebo metody analogie nebylo možné, a to kvůli neúplnosti pozorovacích údajů a vlivu přítoků vody na průtok, což vede k deformaci těchto dat.

V této souvislosti byl výpočet ročního odtoku proveden podle závislostí $M_0 = f(H_{cp})$ daných ve zdrojích povrchových vod, kde M_0 je celková kapacita koryta a H_{cp} je střední výška povodí [2]. Podrobně byla tato metoda popsána V. L. Šulcem v knize „Řeky střední Asie“. Parametry ročního průtoku v konstrukčních sekcích jsou uvedeny v tabulce 2.1.

Jak je z této tabulky vidět, podle normy SNiP RK Stanovení hlavních vypočtených hydrologických charakteristik, Astana, 2005, nepřesahuje chyba 10 %. Při výpočtu *Cv* je chyba v průměru ±13 %. Koeficient *Cs* asymetrie je dán poměrem *Cs = 2Cv*. Průměrný roční objem průtoku v odhadované sekci činí 45,4 mil. m^3, přičemž roční průtok 75% dostupnosti je 35,0 mil. m^3. Objemy ročního průtoku v letech s různým obsahem vody jsou uvedeny v tabulce 2.2.

Tab. 2.1 Parametry ročního průtoku v odhadovaném rozsahu [3]

Charakteristika	Q_0, m^3/s	Relativní chyba Q_0, %	Cv	Relativní chyba Cv, %	Cs	Zajištěná spotřeba, $Q_{n\text{-letý}}$, m^3/s			
						5 %	25 %	50 %	75 %
						Q_{20}	Q_4	Q_2	Q_1
Roční odtok	1,44	±7,3	0,32	±13,2	2Cv	2,28	1,73	1,39	1,11

Tab. 2.2 Roční průtok v letech s různým obsahem vody [3]

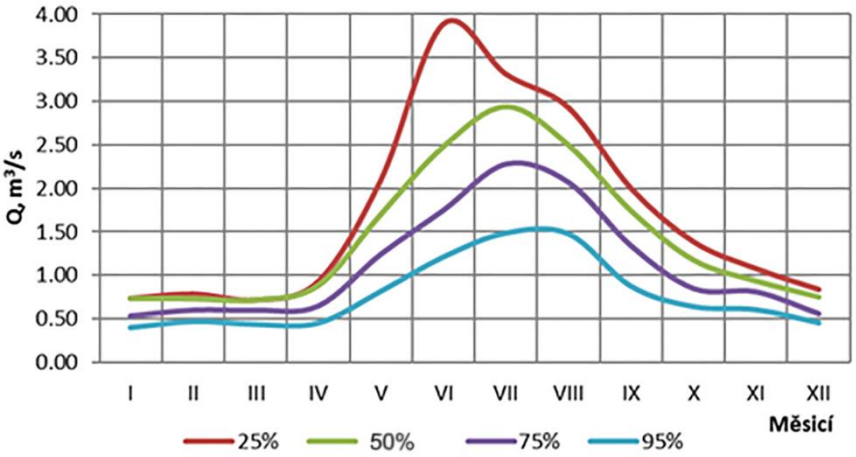
Charakteristika	Vypočtené objemy průtoku, mil. m^3					
	W_o	5%	25%	50%	75%	95%
Roční odtok	45,4	71,9	54,6	43,8	35,0	24,7

2.1.3 Distribuce průtoku v průběhu roku

Povaha roční distribuce odtoku je určena především klimatickými podmínkami, povahou reliéfu a hydrogeologickými charakteristikami povodí. Meziroční distribuce odtoku závisí také na obsahu vody v roce.

Většina ročního průtoku (přibližně 65–70 %) spadá do povodňové sezóny trvající od května do září. Největší měsíční odtok je zaznamenán především v červnu až červenci, kdežto nejnižší v lednu až únoru.

Roční rozložení průtoků (viz tab. 2.3) bylo sestaveno podle standardního rozdělení [2] a je znázorněno na obrázku 2.1.



Obr. 2.1 Roční rozložení průtoků [3]

Tab. 2.3 Vnitřní rozdělení průtoku [3]

Jednotky	Měsíc												Rok
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
25 %													
%	3,60	3,50	3,50	4,40	10,30	18,50	16,30	14,40	9,50	6,80	5,10	4,10	100
mil. m^3	1,96	1,91	1,91	2,40	5,61	10,07	8,88	7,84	5,17	3,70	2,78	2,23	54,45
m^3/s	0,73	0,78	0,71	0,93	2,09	3,89	3,31	2,93	2,00	1,38	1,07	0,83	1,72
50 %													
%	4,30	3,90	4,20	5,00	10,00	14,10	17,30	14,70	9,90	6,90	5,30	4,40	100
mil. m^3	1,96	1,78	1,91	2,28	4,55	6,42	7,88	6,69	4,51	3,14	2,41	2,00	45,53
m^3/s	0,73	0,73	0,71	0,88	1,70	2,48	2,94	2,50	1,74	1,17	0,93	0,75	1,44
75 %													
%	4,10	4,20	4,60	4,80	9,50	12,90	17,40	15,80	9,90	6,50	6,00	4,30	100
mil. m^3	1,44	1,47	1,61	1,68	3,33	4,52	6,09	5,53	3,47	2,28	2,10	1,51	35,01
m^3/s	0,54	0,60	0,60	0,65	1,24	1,74	2,27	2,06	1,34	0,85	0,81	0,56	1,11
95 %													
%	4,40	4,70	4,80	4,80	8,90	12,70	16,10	16,00	9,20	7,00	6,40	5,00	100
mil. m^3	1,09	1,16	1,18	1,18	2,20	3,13	3,97	3,95	2,27	1,73	1,58	1,23	24,68
m^3/s	0,41	0,48	0,44	0,46	0,82	1,21	1,48	1,47	0,88	0,64	0,61	0,46	0,78

2.1.4 Maximální průtok

Maximální průtok během jarního až letního povodňového období na řece Kokterek je charakterizován průtokem, jenž má původ ve sněhu a dešti. Povodňové období začíná v dubnu a trvá až do září, přičemž maxima je dosaženo v červnu a červenci.

Kvůli nedostatku pozorovacích údajů v podkladech byl vypočítán maximální průtok z empirické redukční závislosti maximálního průtokového modulu na faktory, které k němu přispívají (povodí, výška vody, vypouštěcí vrstva během povodňového období atd.). Výsledky jsou uvedeny v tabulce 2.4.

Tab. 2.4 Maximální průtoky, m^3/s [3]

Řeka		0,1 %	0,5 %	1 %	2 %	3 %	5 %	10 %	25 %
Kokterek	Z redukční závislosti	88,8	72	62,1	55,9	52	46,6	37,9	24,2

2.1.5 Minimální průtok

Podmínky výskytu a trvání období nízkých vod závisí na výšce povodí. Minimální průtok bývá zaznamenán v období od léta do podzimu a během zimy. V zimním období jsou vody zpravidla nižší, protože v tomto ročním období je řeka napájena výhradně podzemními vodami, jejichž zásoby jsou do konce zimy vyčerpány. Na řece Kokterek přechází letní až podzimní období nízkých vod přímo do toho zimního.

Vzhledem k tomu, že během období s nízkým průtokem na řece Kokterek nebyla uskutečněna žádná pozorování, lze průměrná data začátku a konce výše uvedených dvou období stanovit pouze přibližně. Období minimálního průtoku od léta do podzimu začínalo v průměru na konci září a končilo v druhé polovině listopadu. Naproti tomu zimní období nízkých vod trvalo průměrně od druhé poloviny listopadu až do druhé poloviny dubna. Doba letního a podzimního období nízkých vod tudíž činí přibližně 60 dní, zatímco zimní období nedostatku vody se pohybuje okolo 150 dní.

Kvůli nedostatku pozorovaných údajů ohledně minimálních průtoků v této řece během období od léta do podzimu a v průběhu zimy byly jejich hodnoty stanoveny na základě regionálních závislostí minimálního zimního průtoku na průměrné výšce povodí [2]. Chyba při určování průtoku touto metodou je v průměru ±17 %. Jednotlivé chyby mohou dosáhnout až ±30 %. Minimální průtoky jsou ukázány v tabulce 2.5.

Tab. 2.5 Minimální průtoky [3]

Období	Q_{min}, m^3/s	Cv	Cs	Q_{min}, m^3/s				
				75%	80%	90%	95%	97%
Zima	0,70	0,27	2CV	0,563	0,538	0,471	0,422	0,391
Léto–podzim	1,40	0,32	2CV	1,08	1,02	0,87	0,761	0,691

Podle sanitárních norem 3907-85 [6] se množství minimálního zůstatkového průtoku rovná minimálnímu průměrnému dennímu průtoku v roce se zajištěnou spotřebou 95 %. Pro stanovení minimálního průměrného denního průtoku od průtoku $Q_{30\text{-}ti\ denní}$ byl použit přechodní koeficient (0,9) [2]. Na základě toho se minimální zůstatkový průtok (dále MZP) rovná 0,38 m^3/s.

3 Vodohospodářské řešení

3.1 Popis lokality

3.1.1 Reliéf

Povodí řeky Kokterek se nachází v jihovýchodní části Kazachstánu, a to na jižním svahu pohoří Džungarský Alatau. Řeka Kokterek má hluboké údolí se strmými svahy. Zdroj této řeky se nachází v nadmořské výšce 3 500 m, kdežto ústí (potok je ztracen) je ve výšce 700 m.

Obr. 3.1 Oblast umístění nádrže v Kazachstánu [4]

Z geomorfologického hlediska leží zkoumaná oblast téměř v mezích svahové roviny (obr. 3.2), jež je součástí propadliny řeky Ili, ohraničená jižními svahy Žongarskéhohornického systému (v různých pramenech — Džungarské, Dzhungarské-Tyanshaňské). V krajní oblasti na jihu a jihozápadě území se podhorská rovina slučuje s akumulační rovinou tvořenou činností řeky Ile. Hory jsou odděleny rozsáhlými plochami s úpatím podhůří. Reliéf nízkých hor připomíná mělkosopočník (tj. typ reliéfu tvořený náhodně rozptýlenými kopci a skupinami kopců různých tvarů s relativní výškou 50–100 m, které jsou odděleny více či méně širokými plochými prohlubněmi, jež jsou někdy osazeny jezery, nebo údolími) [5].

Obr. 3.2 Podhůří planiny [3]

Oblast studie výstavby je obklopena nízkými horami pohoří Džungarský Alatau. Na jihozápadu se jedná o horu Aktau, na západě se tyčí hora Karasalpa, od severozápadu se k severu táhnou pohoří Katutau, Atyžek, Ergetau a Koktas a na východní straně se nachází již zmíněné mělkosopočníky, a to konkrétně Syrt a Kyzylžar (obr. 3.3). Centrální částí zkoumaného prostoru je průsečík řek Kokterek a Koibyn.

Obr. 3.3 Reliéf předhůří [3]

Oblast, jež je předmětem této práce, je na jižní straně ohraničena hřebenovitými písky pouště Aygaykum a Kyzylžingylovými plochami.

3.1.2 Půda a vegetace

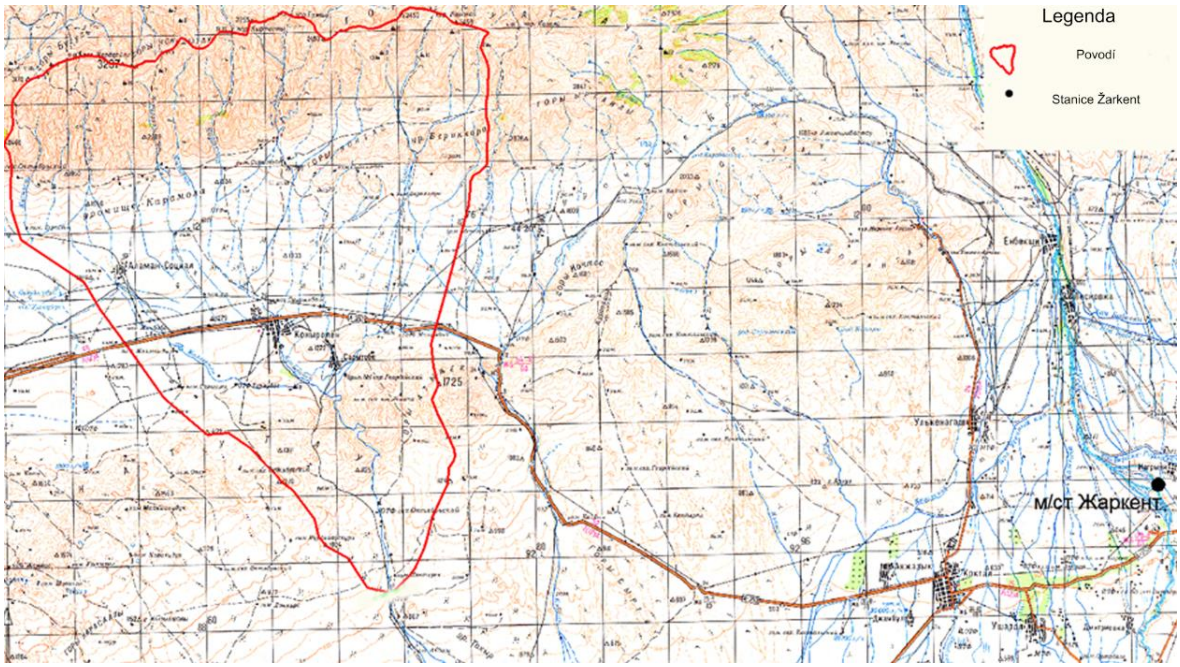
Území povodí řeky Kokterek je velice rozmanité, co se složení půdního a vegetačního krytu týče. Nachází se zde zejména zjevná svislá zóna [2]. Je možné zde vyčlenit několik oblastí, jež jsou popsány níže.

V nadmořské výšce nad 3 500 m se nachází ledovce, sněžná pole, sutě a výstupy. Následující alpský pás (3 500–2 500 m) je zastoupen vysokohorskými alpskými půdami se zakrytými pustinami a nízkými trávovými loukami. Pro subalpínský pás (2 800–2 300 m) jsou charakteristické hnědé borovice a bobule na horských lukách. Ve výškách 2 300–1 500 m se ve spodní části pásma lesů vyskytují horské černé půdy, které dosahují na vrcholy hřebenů a jemné svahy Altynemského hřebene. Vegetační pokrývku zde tvoří louky a keřové stepi. Na horním okraji pásu se objevují smrkové lesy, jejichž podrost se skládá z divokých růží, zimoleze a rybízu. Horská pásová zóna se nachází v nadmořské výšce 1 500–1 200 m. V této oblasti jsou půdy tmavě hnědé a rostou na nich stepní traviny a obilniny (kavyl, kostřava, oves) a keře (zimolez, šípek). V pouštním stepním pásu převládá obyčejná černozem. Zde tvoří vegetační pokrývku pelyněk, prachová tráva. V podhůří Altynemské planiny se nachází obyčejně šedohnědé půdy.

3.1.3 Klima

Klimatická charakteristika území projektu je stanovena na základě dlouhodobého pozorování na meteorologické stanici Žarkent, která se nachází v těsné blízkosti této oblasti a odráží její klimatické vlastnosti. Umístění meteorologické stanice Žarkent je znázorněno na obrázku 3.4. Distribuce jednotlivých meteorologických prvků v průběhu jednoho roku je uvedena na obrázku 3.5 a v tabulce 3.1.

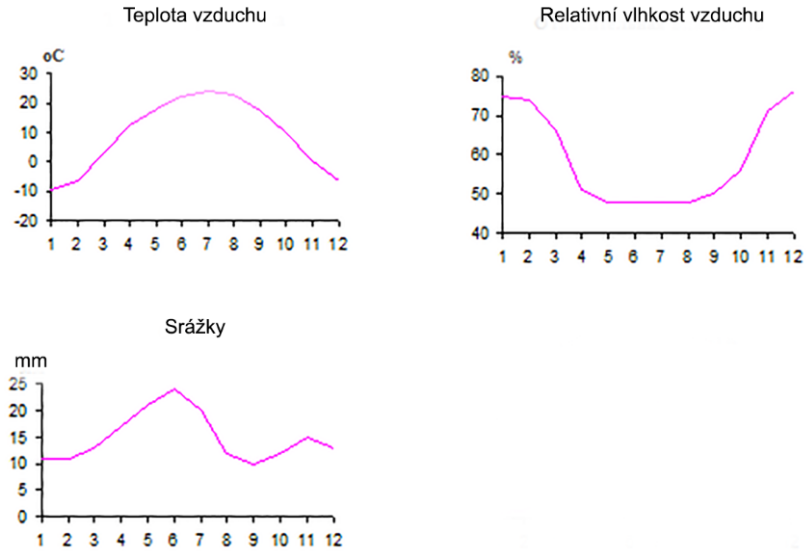
Klima daného území je kontinentální a je charakterizováno vysokými ročními a denními fluktuacemi teploty vzduchu, relativně chladnými zimami a dlouhými horkými léty. Klimatické zvláštnosti jsou dány především výškou terénu a tvarem reliéfu [7].



Obr. 3.4 Schéma povodí řeky Kokterek [3]

Tab. 3.1 Průměrné měsíční hodnoty hlavních klimatických prvků meteorologické stanice Žarkent [3]

	Položky		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
1	Teplota vzduchu, °C	Průměrná	–9,4	–6,3	3,1	12,5	18,0	22	23,9	22,7	17,1	9,8	0,5	–6,3	9,0
		Roční max.	13 1983	20 1963	30 1932	34 1985	40 1917	41 1923	42 1983	42 1892	38 1959	32 1985	23 1978, 1979	14 1980	42 1983
		Roční min.	–41 1919	–42 1951	–28 1951	–10 1918	–9 1931	4 1943	6 1952	3 1891	–3 1933	–16 1915	–36 1952	–36 1952	–42 1951
2	Teplota půdy, °C	Střední	–11	-7	4	15	23	28	31	28	21	11	0	–7	11
		Roční max.	21 1968	30 1963	47 1981	58 1985	68 1982	68 1974	68 1968, 74	68 1974	60 1983	47 1959, 70	33 1978	22 1957	68 1968, 74,82
		Roční min.	–42 1969	–45 1951	–32 1951	–12 1950	–6 1954, 85	2 1969	4 1952	3 1978	–4 1960	–15 1952, 53	–38 1952	–38 1952	–45 1951
3	Srážky, mm		11	11	13	17	21	24	20	12	10	12	15	13	179
4	Rychlost větru, m/s		1,6	1,9	2,6	3,3	3,2	2,8	2,3	2,2	2,2	2,2	2,0	1,6	2,3
5	Maximální rychlost větru, m/s		18	> 20	20	30	20	20	27	24	20	24	20	20	30
6	Absolutní vlhkost vzduchu, hPa		2,5	3,1	5,1	7,0	9,4	12,2	13,7	12,4	9,1	6,4	4,5	3,2	7,4
7	Relativní vlhkost vzduchu, %		75	74	66	51	48	48	48	48	50	56	71	76	59



Obr. 3.5 Meziroční průběh hlavních meteorologických prvků meteorologické stanice Žarkent [3]

S rostoucí výškou na horách klesá teplota vzduchu, v souladu s čímž se výrazně zvyšuje doba trvání období, kdy jsou teploty pod nulou. Nad sezónní sněžné čáře se záporná teplota udržuje téměř po celý rok. Průměrná roční teplota vzduchu dosahuje 9,1 °C. Zatímco v nejchladnějším měsíci (tj. lednu) padá teplota v průměru na –9,1 °C, v červenci se pohybuje okolo 24 °C. Absolutní minima zde činí – 42 °C a 42 °C (v červenci až srpnu).

Roční množství srážek dosahuje v této oblasti 179 mm (tab. 3.1). Většina z nich se objevuje v létě (70 %), naopak nejméně jich je v září. Průměrná roční rychlost větru zde činí 2,3 m/s.

Významný vliv na vývoj fyziografických procesů na území má sníh. Jeho výskyt a výška určuje teplotu, mrazení půdy a akumulaci vlhkosti v zimě. Zásoby vlhkosti ve sněhové pokrývce, její napadání v zimě a tání na jaře určují do značné míry množství jarního odtoku. Výskyt sněhové pokrývky je zaznamenán v listopadu, stabilní sněhová pokrývka se obvykle vytváří v druhé polovině prosince. Sněžení nastává v polovině března a sníh se drží po dobu 81 dní. Nejvyšší výška sněhové pokrývky je dosažena v zimě, a to konkrétně 47 cm.

Vzhledem k nerovnoměrnému výskytu sněhové pokrývky neprobíhá zmrazování půdy ve všech místech stejně. Nízké teploty vzduchu a tenká sněhová pokrývka jsou příčinami hlubokého zamrznutí půdy.

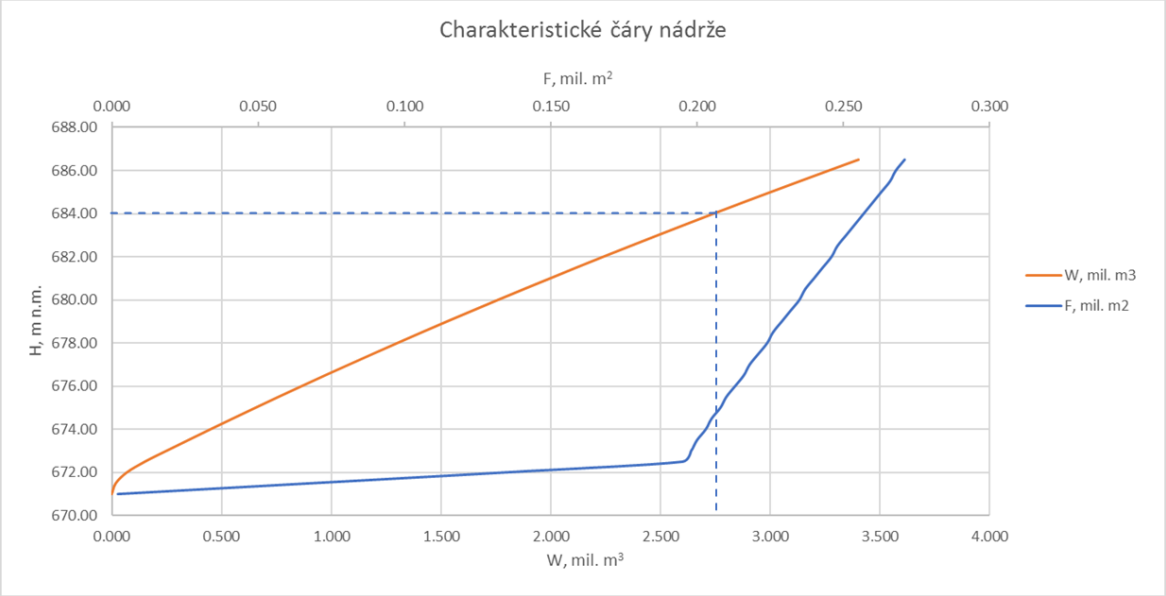
Hloubka sezónního zamrzání půdy pod sněhem bez povrchových údajů byla zjištěna na základě tepelných výpočtů. Výpočty byly provedeny v souladu s požadavky

SNiP: SNiP 2.01.01-82 Stavební klimatologie a geofyzika, SNiP 2.02.01-83 Základy budov a staveb a SNiP RK 2.04-01-2001 Stavební klimatologie. Prostřednictvím nich bylo zjištěno, že hloubka zamrznutí ve zkoumané oblasti činí 1,08–1,59 m v závislosti na složení půdy.

3.2 Základní charakteristika nádrže

Topografické charakteristiky nádrže (tj. křivky závislosti objemů nádrže a plochy jeho zrcadla na úrovni hladiny vody v nádrži) jsou znázorněny na obrázku 3.6. Celkový objem nádrže na úrovni normálního nadržení, jíž je 684,00 Bpv m, dosahuje 2,74 mil. m^3.

Podle české normy ČSN 75 2410 je nádrž považována za malou, když splňuje obě tyto podmínky: její objem musí být menší než 2 mil. m^3 a zároveň je její hloubka nejvýše 9 m. Z hlediska českých zákonů by tudíž tato nádrž byla označena za velkou. V Kazachstánu avšak obdobné rozdělení na velké a malé vodní nádrže neexistuje.



Obr. 3.6 Charakteristické čáry nádrže (Vlastní zpracování)

Navrhovaná boční nádrž je neprůtočná a nachází se v údolí řeky Kokterek, a to rovnoběžně podél jejího levého břehu ve vzdálenosti přibližně 150–200 m od něj. Plánovaná přehrada obíhá tuto nádrž a má podobu nepravidelného čtyřúhelníku se zaoblenými rohy.

3.3 Ztráta vody z nádrže

Na ztrátě vody z nádrže se podílí výpary z vodní hladiny a filtrace po jejích stranách a na jejím dně.

3.3.1 Ztráta vody výparem z vodní hladiny

Kvůli neúplnosti údajů z pozorování vypařování a absenci spolehlivých metod pro výpočet pomocí empirických vzorců ve fázi studie proveditelnosti byla pro určení množství vody odpařované z vodní hladiny zkoumané nádrže použita průměrná hodnota odpařování z nádrží Bestyubinsk a Kap-Šagaj. Vrstva viditelného odpařování (tj. rozdíl mezi vypařováním a srážením) byl v těchto rezervoárech pro suchý rok téměř 799 mm (viz tab. 3.2).

Tab. 3.2 Viditelné odpařování z vodní plochy nádrže, mm [3]

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
–3,5	–1,5	13	65	79	123,5	178	176	116	53	6,5	–6,5	798,5

3.3.2 Průsak tělesem hráze

Při porovnání metod používaných pro výpočet průsaku tělesem hráze v ČR a Kazachstánu bylo zjištěno, že se shodují. Výpočet byl proveden ve třech místech s různou výškou vody. Hlavním cílem výpočtu průsaku tělesem hráze bylo stanovit ztráty vody a rovněž zabezpečit oddálení depresní křivky od povrchu na nezamrzlou hloubku. V daných klimatických podmínkách dosahuje tato hloubka pro písčitou hlínu, ze které bude přehrada sypána, 1,5 m. Navržením drenážní paty byla zajištěna minimální vzdálenost depresní křivky, jež činí 1,5 m. Výsledný průběh depresních křivek lze vidět v příloze č. 7.

Výpočet byl proveden za podmínek ustáleného rovnoměrného proudění s použitím následujícího vzorce:

$$q = k_s \cdot \frac{H^2}{2L}, \lambda = \frac{m}{1+2m}, L = \lambda \cdot H + A + B + C \quad [10] (3.1)$$

kde k_s je součinitel hydraulické vodivosti zeminy. Jeho hodnota (1,15741E-07 m/s) byla stanovena metodou interpolace výsledků dosažených v laboratoři [3].

Hloubka založení (1 m) byla navržena stejně pro všechny profily. V tabulce 3.3 jsou uvedeny údaje třech profilů, ve kterých byly provedeny výpočty.

Tab. 3.3 Údaje třech profilů (Vlastní zpracování)

Šířka paty	4	m
$H_{B_B'(vody)}$ =	4,99	m
$H_{B_B'}$ =	6,49	m
A =	75	m
C =	14,8692	m
L =	32,50777143	m
q =	4,43272E-08	$m^2.s^{-1}$
Šířka paty	7	m
$H_{C_C'(vody)}$ =	9,69	m
$H_{C_C'}$ =	12,33	m
A =	7,5	m
C =	29,7652	m
L =	49,41805714	m
q =	1,09956E-07	$m^2.s^{-1}$
Šířka paty	6	m
$H_{D_D'(vody)}$ =	9,14	m
$H_{D_D'}$ =	9,82	m
A =	7,5	m
C =	23,1912	m
L =	42,60834286	m
q =	1,13463E-07	$m^2.s^{-1}$

3.4 Bilance nádrže

Výpočet bilance nádrže je důležitý z toho důvodu, aby bylo možné ověřit, jestli bude nádrž funkční a zda bude dostatek vody pro její naplnění. Obvykle se tato bilance vypočítá jako objem vody za danou časovou jednotku. Výpočet byl zpracován pro jeden rok fungovaní nádrže.

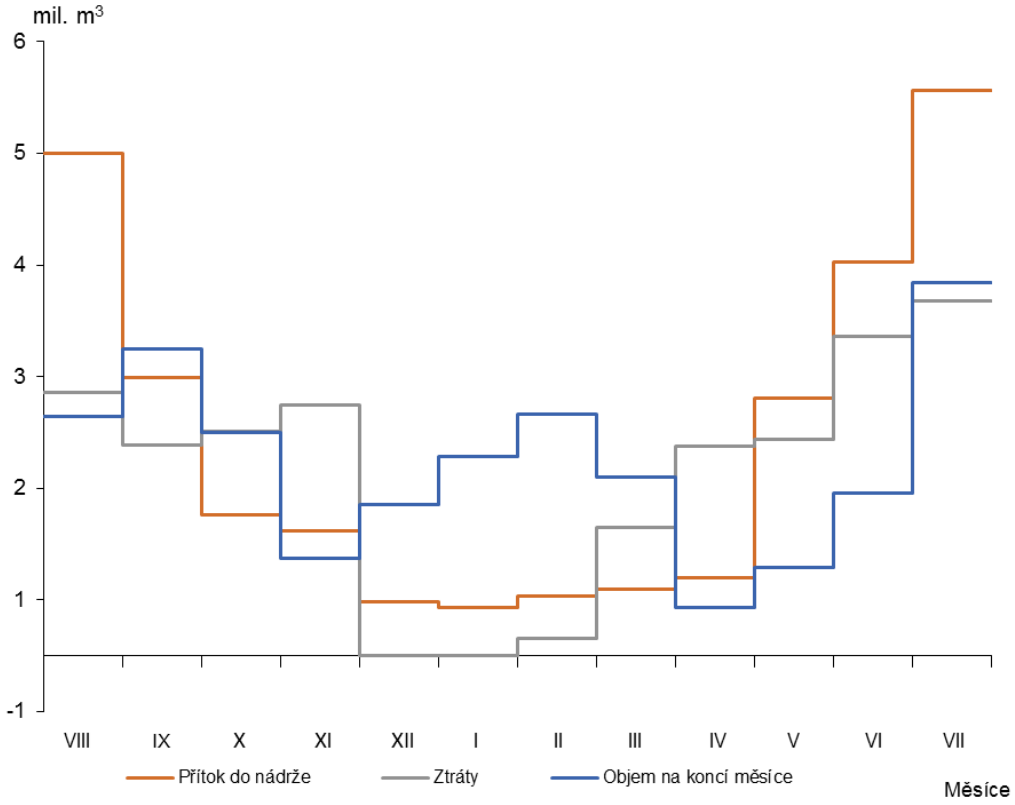
Hlavní prvky potřebné pro výpočet bilance nádrže jsou: celkový přítok do nádrže (Qp), který se rovná $Qc - Q_{\mathrm{MZP}}$, kde Qc je celkový průtok v toku, a Q_{MZP} minimální zůstatkový průtok, jenž je třeba v toku nechat. Dále je třeba zjistit ztráty, které tvoří objem vody potřebné pro závlahu (data byla získána od společnosti TOO Žarkent Frukt) a ztráty způsobené výparem a průsakem.

Získané údaje byly převedeny do objemu, načež byla sestavena tato rovnice: $Vc - Vzav - Vzt = Vbil$. Jelikož jsou srážky s ohledem na výpar velmi malé, nejsou do výpočtu zahrnuty [8]. Získané výsledky jsou uvedeny v tabulce 3.4. Změna objemu nádrže a hlavních prvků vodní bilance nádrže v daném měsíci je znázorněna na obrázku 3.7.

Tab. 3.4 Výpočet bilance nádrže (Vlastní zpracování)

Průtok celkový Vc	34,97	mil. m^3
V_{MZP}	11,98	mil. m^3
Přítok do nádrže Vp	22,98	mil. m^3
Závlahy	19,47	mil. m^3
Ztráty	0,18	mil. m^3
V_{bil}	3,34	mil. m^3

Zásobní objem nádrže se rovná 2,74 mil. m^3. Jelikož je hodnota V_{bil} větší než tento objem, existuje možnost naplnit nádrž rychleji než za jeden rok.



Obr. 3.7 Změna objemu nádrže a hlavních prvků vodní bilance nádrže (Vlastní zpracování)

Dodávka vody do zavlažovaných oblastí z nádrže trvá 10 měsíců (od února do listopadu), přičemž její největší objem připadá na červenec. Kvůli požadavku na dodávku vody pro zavlažované plochy, které zahrnuje preventivní výplach a požadavky plodin, by mělo plnění nádrže začít v letních měsících (např. v srpnu), a to v závislosti na obsahu vody v ní během roku. Výpočet provozu nádrže v průběhu roku je uveden v tabulce 3.5.

Tab. 3.5 Způsob provozu nádrže na řece Kokterek (Vnn = 2,74 mil. m^3) za rok s plánovanou zavlažovací plochou 1 700 ha (Vlastní zpracování)

Měsíce		8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	Rok	Max.	Min.
Objem na začátku měsíce	mil. m^3	0	2,14	2,75	2,00	0,87	1,35	1,78	2,16	1,60	0,43	0,79	1,46	17,31	2,75	0,00
Průtok celkový	m^3/s	2,06	1,34	0,85	0,81	0,56	0,54	0,6	0,6	0,65	1,24	1,74	2,27	13,26	2,27	0,54
	mil. m^3	5,52	3,47	2,28	2,10	1,50	1,45	1,45	1,61	1,68	3,32	4,51	6,08	**34,97**	6,08	1,45
MZP	m^3/s	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	4,56	0,38	0,38
	mil. m^3	1,02	0,98	1,02	0,98	1,02	1,02	0,92	1,02	0,98	1,02	0,98	1,02	**11,98**	1,02	0,92
Přítok do nádrže	m^3/s	1,68	0,96	0,47	0,43	0,18	0,16	0,22	0,22	0,27	0,86	1,36	1,89	8,70	1,89	0,16
	mil. m^3	4,50	2,49	1,26	1,11	0,48	0,43	0,53	0,59	0,70	2,30	3,53	5,06	**22,98**	5,06	0,43
Závlahy	mil. m^3	2,32	1,85	2	2,24	0	0	0,15	1,15	1,86	1,93	2,83	3,14	**19,47**	3,14	0,00
Dočasný objem	mil. m^3	2,18	2,78	2,01	0,87	1,35	1,78	2,16	1,60	0,44	0,80	1,49	3,38	20,83	3,38	0,44
Ztráty																
Filtrace	m^3/s	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,00	0,00022	0,00022
	mil. m^3	0,00060	0,00058	0,00060	0,00058	0,00060	0,00060	0,00054	0,00060	0,00058	0,00060	0,00058	0,00060	**0,01**	0,00060	0,00054
Výpar	mm	176	116	53	6,5	–6,5	–3,5	–1,5	13	65	79	123,5	178	798,50	178,00	–6,50
	mil. m^3	0,04	0,03	0,01	0	0	0	0	0	0,01	0,01	0,03	0,04	**0,17**	0,04	0,00
V_{bil}	mil. m^3	2,14	2,75	2,00	0,87	1,35	1,78	2,16	1,60	0,43	0,79	1,46	3,34	**20,65**	3,34	0,43

4 Technické řešení nádrže

Na základě získaných podkladů a požadavků na nádrž byl vybrán nejvhodnější profil hráze a umístění nádrže především tak, aby plnila svou hlavní funkce, jíž je akumulace vody pro závlahové potřeby. Nádrž není jenom hrazená. Částečně je výkopová. Celé řešení nádrže a objektů určených pro její správný provoz bylo navrženo podle technických norem Kazachstánu.

4.1 Základní technické parametry

- Typ nádrže: neprůtočná, boční;
- Délka hráze: 1976,23 m;
- Šířka koruny: 8 m;
- Kóta koruny hráze: 686,50 m. n. m.;
- Normální hladina: 684,00 m. n. m.;
- Vodní plocha (při normální hladině): 0,257 mil. m^2;
- Objem vody (při normální hladině): 2,742 mil. m^3;
- Maximální hladina: 686,00 m. n. m.;
- Vodní plocha (při maximální hladině): 0,268 mil. m^2;
- Objem vody (při maximální hladině): 3,267 mil. m^3.

4.2 Členění na stavební objekty a jejich popis

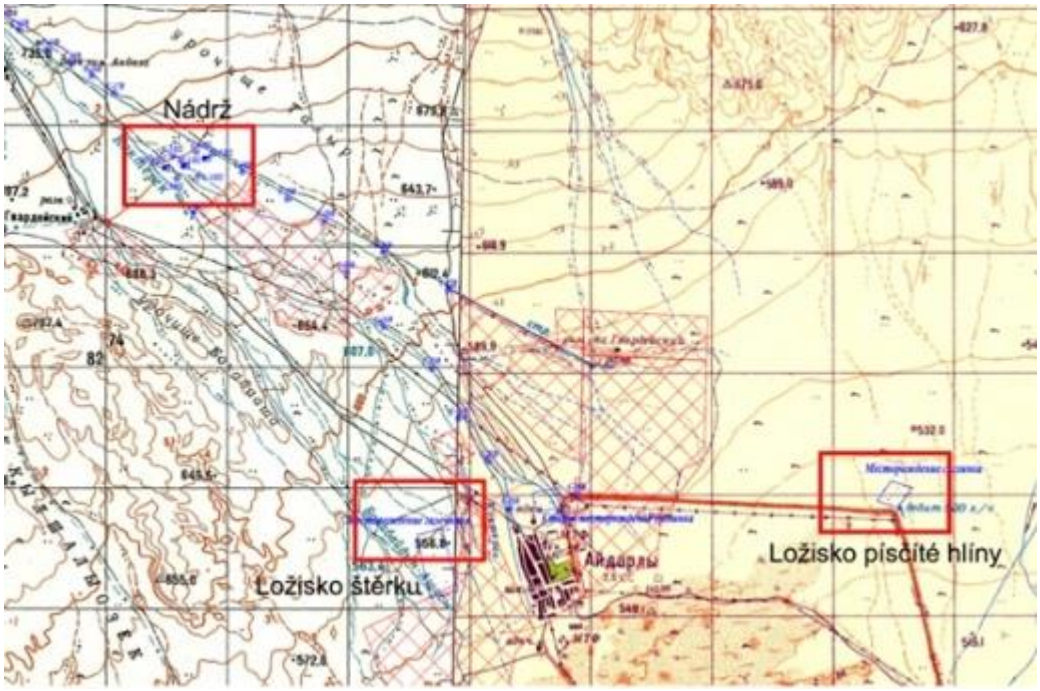
Celé řešení a návrh je rozdělen do těchto čtyř stavebních objektů:

- SO 1 – Hráz;
- SO 2 – Sdružený objekt;
- SO 3 – Objekt pro přivádění vody;
- SO 4 – Objekt pro odběr vody.

4.2.1 SO 1 – Hráz

Se zohledněním zvláštních podmínek terénu byla hráz navrhnuta tak, aby nádrž obíhala a měla tvar nepravidelného čtyřúhelníku se zaoblenými rohy (viz příloha č. 2). Takto zvolený tvar umožňuje výstavbu nádrže i v místech, která nejsou moc pro nádrž příliš přizpůsobena. Celý návrh technických charakteristik hráze proběhl v souladu s normou SNiP RK 2.06.05-13 Sypané hráze, Astana, 2013.

Navržená boční hráz je zemní, homogenní a sypaná. Jako materiál je použita písčitá hlína, protože se v její blízkosti nachází ložisko tohoto materiálu. Rovněž je vhodná pro použití v homogenních hrázích. Rozmístění s ohledem na navrhovanou hráz je znázorněno na obrázku 4.1.



Obr. 4.1 Ložiska materiálů [12]

Hráz se nachází v nadmořské výšce 686,5 m. n. m. Její délka činí 1976,23 m a maximální výška dosahuje 12,5 m. Díky 8 m široké koruně je umožněn průjezd po ní, což však pro její běžné používání není potřeba, proto se toho bude využívat pouze v případě úprav či údržby samotné hráze nebo objektů s ní souvisejících. Hráz má lichoběžníkový tvar se sklonem 1 : 3.

Návodní svah bude opevněn kamenným záhozem z lomového kamene s frakcí 63–125 v tloušťce 300 mm, jež bude uložen na dva filtry. Frakce a mocnost kamene byla zvolena s ohledem na výšku vln, které by v hrázi mohly vzniknout. Filtry jsou

ze štěrkopísku různých frakcí s tloušťkou 200 mm. Frakce horní vrstvy bude 16–32 a té dolní 4–8. Postupný přechod od jemnější zeminy tělesa hráze k hrubšímu materiálu opevnění zabezpečí nevymývání částic z tělesa hráze vodou, která bude skrz ní prosakovat. Návodní svah se bude opírat o paty z lomového kamene.

Vzdušní svah a koruna budou opevněny ohumusováním v tloušťce 150 mm a následně osety travním porostem. U paty vzdušného svahu bude umístěno drenážní potrubí pro odvádění vody prosakující tělesem hráze. Potrubí s průměrem DN 500 z PVC bude obsypáno jemnou zeminou v minimální tloušťce 150 mm. Drenážní potrubí bude zaústěno do koryta odvádějícího vodu z výpusti a bezpečnostního přelivu. Mezi tělesem hráze a potrubím budou uloženy dvě vrstvy filtrů – jedna z nich bude mít frakci 4–8 a ta druhá 16–32. Tyto filtry zabrání vyplavování jemných částic z hráze a ucpaní potrubí [11]. Po celé své délce bude tento svah opevněn travním porostem.

Před výstavbou hráze je nutno v celé oblasti výstavby hráze sejmout ornice. Dle podkladů nepřesahuje mocnost ornice na daném území 0,2 m. Tato ornice může později být použita na opevnění vzdušného líce hráze. Hráz bude postavena v hloubce 1 m pod stávajícím terénem.

4.2.2 SO 2 — Sdružený objekt

Při navrhování hráze hraje důležitou roli bezpečnost. Je třeba zajistit, aby voda se nepřelévala přes korunu, jelikož by tím mohlo dojít k lokálním poruchám, případně i celkovému porušení hráze. Z tohoto důvodu se do nádrže umisťuje bezpečnostní přeliv.

V rámci studie byl navrhnut sdružený objekt, který zastává funkci výpustného zařízení a zároveň bezpečnostního přelivu vody. I když není tato hráz průtočná, musí být zabezpečeno bezpečné převádění průtoku s ohledem na množství vody, které se může přes rozdělovací objekt dostat do nádrže.

Sdružený objekt je umístěn uvnitř tělesa hráze. Jedná se o betonovou konstrukci obdélníkového tvaru. Pro plnění funkce výpustného zařízení a bezpečnostního přelivu byl navrhnut spojený objekt, aby došlo ke zmenšení prostupů tělesem hráze. Jedná se již o tři stavby, a to sdružený objekt, objekt pro přivádění vody a odběrné zařízení.

Každá nádrž musí být vybavena výpustným zařízením, aby bylo možné hladinu vody regulovat [13]. V této studii byla výpusť umístěna tak, aby bylo zabezpečeno úplné vyprázdnění nádrže.

Výpustné zařízení má podobu kratší roury o průměru DN 1,5 m se stavidlovým uzávěrem, jenž je tvořen stavidlovou tabulí o rozměrech 1,5 x 1,5 m, cévovou tyčí a mechanismem pro ovládání. Jelikož je tato hráz neprůtočná, jedinou podmínkou pro návrh výpustě bylo, aby toto zařízení bylo schopné nádrž vyprázdnit za přijatelnou dobu. V rámci studie byl předpoklad pro návrh výpusti vytvořen tak, aby bylo zajištěno úplné prázdnění nádrže v průběhu jednoho týdne. Výpočty jsou uvedeny v tabulce 4.1.

Tab. 4.1 Návrh výpusti (Vlastní zpracování)

Objem nádrže V_{nn}	2 740 000	m^3
Doba vyprázdnění	7	dnů
Doba vyprázdnění, t	604 800	s
Q	4,53	m^3/s
i	0,55	%
D	1,5	m
n	0,013	
S	1,767146	m^2
O	4,712389	m
R	0,375	m
C	65,32236	
Q	5,24	m^3/s

Na základě zásobního objemu *Vnn* při hladině normálního nadržení a požadované doby prázdnění (tj. 7 dnů) byl dopočítán minimální průtok Q = 4,53m^3/s, jenž musí výpusť zvládnout. Další výpočty byly provedeny pomocí standardní Chezyho rovnice: $v = C\sqrt{Ri}$, a rovnice kontinuity: $Q = vS$ [14;16]. Sklon i se rovná 0,55 % a drsnost n pro beton je 0,013 [15]. Jak je z tohoto výpočtu patrné, maximální výpusť lze provést s rychlostí 5,24 m^3/s, co by dovolilo úplné vyprázdnění nádrže za 6 dnů.

Kromě stavidlového uzávěru je navrhován i uzávěr požerákového typu pro revizní účely, a to kontrolu a úpravy hlavního uzávěru. Za účelem zabránění ucpání výpusti se před ní nachází česle o rozměrech 1,5 x 1,5 m, mezi kterými jsou 10 cm mezery.

Nedílnou součástí sdruženého objektu je bezpečnostní přeliv. Je-li nádrž průtočná, tak se navrhuje v závislosti na území na Q_{100} nebo Q_{1000}. Nicméně v případě neprůtočné nádrže musí bezpečnostní přeliv umožňovat bezpečně převést množství vody, jež do nádrže může přitékat [13]. V případě této studie závisí průtok, na nějž byl bezpečnostní přeliv posuzován, na rozdělovacím objektu (viz kap. 4.2.3 SO 3 – Objekt pro přivádění vody). Podle návrhu a výpočtů rozdělovacího objektu činí maximální průtok pro bezpečnostní přeliv 50,6 m^3/s – na něj byl bezpečnostní přeliv dimenzován.

Bezpečnostní přeliv má dvě přelivné hrany, z nichž má každá délku 10 m. Celková délka přelivné hrany, jež se nachází na úrovni 684 m. n. m., je 20 m. Pro menší ztráty jsou jejich okraje zaobleny. Bezpečnostní přeliv je neohrazený a má tvar obdélníku se šířkou 5 m, délkou 10 m a tloušťkou stěn 0,3 m. A nachází se po výpustném zařízení.

Výpočet délky přelivné hrany byl proveden pomocí vzorce:

$$Q = mb\sqrt{2g} \cdot h^{3/2} \tag{4.1}$$

Hodnota m pro zaoblenou hranu byla navržena jako 0,35. [17] Získané hodnoty jsou uvedeny v tabulce 4.2.

Tab. 4.2 Výpočet výšky přelivu (Vlastní zpracování)

h	Q
0,1	0,9177
0,2	2,5957
0,3	4,7687
0,4	7,3419
0,5	10,2607
0,6	13,4880
0,7	16,9969
0,8	20,7662
0,9	24,7791
1	29,0217
1,1	33,4820
1,2	38,1500
1,3	43,0168
1,4	48,0745
1,5	53,3163

Jak je možné z tabulky 4.2 vidět, výšce 1,5 m odpovídá průtok 53,3 m^3/s, což je víc než maximální průtok, který může rozdělovací zařízení přivést do nádrže (50,6 m^3/s). Délka přelivné hrany (20 m) tudíž vyhovuje pro daný přeliv.

Výpusť a bezpečnostní přeliv navazují na odpadní uzavřené koryto, které prochází tělesem hráze. Jedná se o obdélníkový propustek se šířkou 5 m a výškou 3 m. Je vytvořen z betonu a posuzován na beztlakové proudění. V případě propustku se počítá s maximálním průtok, který je tvořen průtokem protékajícím přes výpusť a průtokem přepadajícím přes přeliv, což se rovná 57,8 m^3/s. Podélný sklon činí 0,6 %. Při daném průtoku dosahuje výška hladiny vody 2,3 m, což znamená, že by nedošlo k zatopení ani vtoku, ani výtoku.

Na konec propustku bude napojeno drenážní potrubí pro odvod vody prosakující tělesem hráze. Nachází se výši 2,3 m, díky čemuž nedojde k zatopení potrubí vodou z propustku. Propustek je dále napojen na odpadní koryto, které převede vodu do řeky Kokterek. Místo napojení na toto koryto bude zpevněno betonovou stěnou v tloušťce 1 m. Na stěně a na přechodných stěnách koryta od obdélníkového k lichoběžníkovému tvaru budou umístěna zábradlí pro bezpečnost.

Pro výpočty bylo uvažováno, že průtok odpadním korytem bude 57,8 m^3/s. Dále se počítalo se šířkou na dně 5 m, sklony stěn 1 : 1 a s tím, že koryto bude z betonu a jeho stěny z opracovaného kamene do betonu, přičemž n = 0,016 [17]. Výsledky jednotlivých výpočtů jsou uvedeny v tabulce 4.3

Tab. 4.3 Dimenzovaní odpadního koryta (Vlastní zpracování)

h	0,5	1	1,5	1,6	1,7	1,8	m
S	2,625	5,5	8,625	9,28	9,945	10,62	m^2
O	5,707107	6,414214	7,12132	7,262742	7,404163	7,545584	m
R	0,459953	0,857471	1,211152	1,277754	1,343163	1,407446	m
C	51,68168	57,33515	60,73199	61,27627	61,78825	62,27155	
v	2,599409	3,937422	4,956763	5,136855	5,310698	5,478818	m/s
Q	6,823449	21,65582	42,75208	47,67002	52,81489	58,18504	m^3/s

V souladu s normou SNiP RK 3.04-01-2008 Hydrotechnické stavby hlavní zásady návrhu je pro tlumení kinetické energie vody před napojením odpadního koryta do toku umístěn vývar s délkou 12,5 m, šířkou 8,1 m a hloubkou 0,2 m. Výpočty byly provedeny s použitím standardního vzorce:

$$y_2 = \frac{y_1}{2}\left(\sqrt{1 + \frac{8q^2}{g{y_1}^3}} - 1\right) \quad (4.2)$$

Metody návrhu hloubky d a iterace y_1. Po výpočtu, že y_1 = 1,3 m a y_2 = 3,3 m, byla úspěšně ověřena míra vzdutí σ, jež se musí nacházet v rozmezí od 1,05 do 1,1 [18]. Délka vývaru byla dopočítána podle Pavlovského a rovná se 12,45 m. Proto bylo navrženo, že její délka bude činit 12,5 m.

Pro přístup k sdruženému objektu a jeho oddělných části je určen železobetonový můstek s tloušťkou 0,3 m a délkou 19,8 m. Kvůli jeho délce je třeba pod něj umístit alespoň dvě podpory. Pro zajištění bezpečnosti je tento můstek vybaven zábradlím. Celý sdružený objekt je k nahlédnutí v příloze č. 8.

4.2.3 SO 3 – Objekt pro přivádění vody

Objekt pro přívod vody do nádrže tvoří rozdělovací objekt, koryto a vtok do nádrže. Rozdělovací objekt je umístěn ve vzdálenosti 3 892 m od nádrží výše po toku. Tato vzdálenost byla zvolena kvůli zvětšení objemu nádrže, protože čím výše je přitékající voda, tím větší může být hloubka nádrže. Řeka Kokterek ve své nejbližší vzdálenosti nachází ve výšce 678 m. n. m., kdyžto navrhnutý vtok do nádrže je umístěn ve výšce 682,1 m. n. m., což zvyšuje hloubku nádrže minimálně o 4,1 m.

Před rozdělovacím objektem se nachází koryto v délce 22 m, jenž je dimenzováno na průtok Q = 88,8m^3/s, což je Q_{1000}. Šířka ve dně činí 5 m, svahy jsou v poměru 1 : 1 a sklon i = 1,6 %. Koryto bude vytvořeno z betonu a opracovaného kamene do betonu. Výpočet byl proveden pomoci standardní Chezyho rovnice: $v = C\sqrt{Ri}$, a rovnice kontinuity: $Q = vS$, [14;16]. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 4.4 níže.

Tab. 4.4 Dimenzovaní koryta před rozdělovacím objektem (Vlastní zpracování)

h	0,5	1	1,5	1,65	m
S	2,625	5,5	8,625	9,61125	m^2
O	5,707107	6,414214	7,12132	7,333452	m
R	0,459953	0,857471	1,211152	1,310604	m
C	51,68168	57,33515	60,73199	61,53605	
v	4,488644	6,799117	8,559309	9,021677	m/s
Q	11,78269	37,39514	73,82404	86,70959	m^3/s

Toto koryto se napojuje do komory, do níž spadá voda. Ta je navrhnuta tak, aby v toku nechávala minimální zůstatkový průtok, zatímco ostatní vodu přiváděla do nádrže. V případě velkého objemu vody se průtok rozděluje do dvou částí – jeden teče do původního koryta, kdežto druhý do nádrže. Komora má tvar obdélníku s délkou 10 m a šířkou 10,15 m. Tloušťka jejích stěn činí 0,25 m. Největší část této komory bude zakopaná do terénu a v místech, kde budou stěny stoupat nad něj (např. pravá strana po proudu), bude terén zvýšen násypem ze štěrku. Její stěny budou stát na betonových základech, jejichž tloušťka bude 0,5 m.

Když se do komory začne vlévat voda, bude jediným propustkem, kam poteče, kruhový otvor, jenž je veden dál do původního koryta. Tento otvor je dimenzován na minimální zůstatkový průtok. Průměr otvoru je DN 500 a maximální průtok, který jím může protéct je 0,48 m^3/s, což je víc než Q_{MZP} = 0,38 m^3/s. Znamená to, že požadavek na zachování minimálního zůstatkového průtoku rozdělovací objekt plní.

Až začne voda dosahovat nad výši propustku (tj. 0,5 m), začne přepadat přes přeliv, který je napojen na koryto vedené do nádrže. Přelivná hrana byla posouzena pomocí vzorce:

$$Q = mb\sqrt{2g} \cdot h^{3}/_{2} \qquad [17]\ (4.3)$$

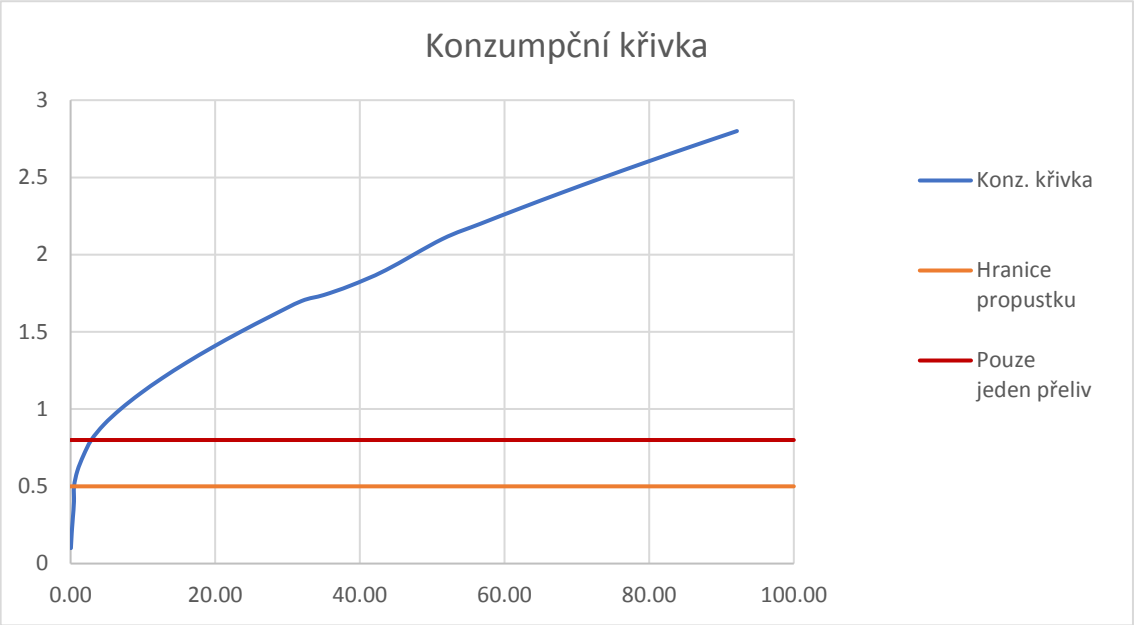
a navrhnuta na maximální ze středních měsíčních průtoků v řece Kokterek (viz tab. 4.5).

Jakmile hladina vody dosáhne 0,8 m nad dnem komory, což nastane v případě navýšení průtoku nad 2,86 m^3/s, tak se část začne přelévat i do vývaru vedeného poté do původního koryta. Jelikož jsou délky a další vlastnosti přepadových hran skoro totožné, bude průtok více méně rozdělen na dvě stejné části. Rozdělení průtoku v závislosti na výšce je možné vidět v tabulce 4.5.

Tab. 4.5 Rozdělení průtoku (Vlastní zpracování)

h (m)	$Q_{do\ nádrže}$ (m^3/s)	$Q_{do\ toku}$ (m^3/s)	Q_{celk} (m^3/s)
0,1	0,00	0,00	0,04
0,2	0,00	0,00	0,16
0,25	0,00	0,00	0,24
0,3	0,00	0,00	0,32
0,4	0,00	0,00	0,47
0,5	0,00	0,00	0,48
0,6	0,46	0,48	0,94
0,7	1,30	0,48	1,78
0,8	2,38	0,48	2,86
0,9	3,67	0,94	4,61
1	5,13	1,78	6,91
1,1	6,74	2,86	9,61
1,2	8,50	4,15	12,65
1,3	10,38	5,61	15,99
1,4	12,39	7,22	19,61
1,5	14,51	8,98	23,49
1,6	16,74	10,86	27,60
1,7	19,08	12,87	31,94
1,7	20,00	14,99	34,99
1,8	21,51	17,22	38,73
1,9	24,04	19,55	43,59
2,1	29,37	21,99	51,35
2,2	32,16	24,51	56,68
2,3	35,04	27,14	62,18
2,4	38,00	29,85	67,85
2,5	41,04	32,64	73,68
2,6	44,16	35,52	79,68
2,7	47,35	38,48	85,83
2,8	50,62	41,52	92,14

Ode dna komory do výšky 0,5 m teče voda pouze propustkem; od výšky 0,5 do 0,8 m teče rovněž skrz propustek, nicméně poté najednou přepadá přes přeliv napojený do koryta vedeného do nádrže, proto tvoří součet průtoku v propustku (0,48 m^3/s) a přepadového průtoku. Po dosažení výšky 0,8 m se voda již rozděluje. Hranice propustku a přepadu jsou znázorněny i na konzumpční křivce na obrázku 4.2.



Obr. 4.2 Konzumpční křivka rozdělovacího objektu (Vlastní zpracování)

Voda, která teče propustkem a zvýšeným přelivem, nejdříve spadá do vývaru (šířka je 10 m, tloušťka stěn 0,25 m). Délka a hloubka podle výpočtu se vyšly následovně: L = 10,5 m a d = 1,2 m. Vývar byl navržen pro utlumení kinetické energie vody před jejím vpouštěním do původního koryta, aby je voda nerozmývala. Výpočet byl proveden standardní metodou přes návrh d a dopočítaní y_1 iterací a y_2 tímto vzorcem:

$$y_2 = \frac{y_1}{2}\left(\sqrt{1 + \frac{8q^2}{g{y_1}^3}} - 1\right) \qquad [18]\ (4.4)$$

Na vývar navazuje koryto, které se postupně napojuje na to stávající. Napojovací koryto je z kamenného opevnění dlažbou, přičemž spáry jsou vylité maltou na štěrkovém podsypu. Přeliv do nádrže není vybaven vývarem, jelikož po celé délce koryta dochází k bystřinnému proudění, tudíž vodní skok nenastává. I přes to musí být koryto dobře opevněno. Koryto vedené do nádrže je otevřené a voda v něm je po celé délce vedena gravitačním způsobem. Sklon činí 1,5 %, nicméně po 3 350 m mění svůj sklon na 1,9 %, aby bylo především vyhloubeno, ne dosypáno.

Koryto tvoří kyneta a berma, protože jím nejčastěji bude téct poměrně malý průtok v porovnání s maximálním, na který je navrženo celé koryto. Kyneta je dimenzovaná na 4,03 m^3/s, což je téměř dvojnásobek středního měsíčního průtoku. Kyneta má šířku ve dně 1 m, hloubku 0,5 m a svahy jsou v poměru 1 : 1. Berma má rovněž svahy v tomto poměru, avšak její celková šířka dosahuje 4 m a hloubka 1 m.

Celkově je koryto dimenzováno na průtok 50,62 m^3/s (viz tab. 4.5). Jeho dno je z betonu a stěny z opracovaného kamene do betonu.

Celý rozdělovací objekt je k nahlédnutí v přílohách č. 11 a 12.

Vtok do nádrže představuje prostup tělesem hráze obdélníkového tvaru s výškou 4,1 m, šířkou 8 m a betonovými stěnami s tloušťkou 0,5 m. Stěny se opírají o základ, jehož tloušťka činí 0,5 m. Vtok se nachází ve výšce 682,1 m. n. m. Při hladině normálního nadržení (tj. 684,00 m. n. m.) bude zatopen, což terén dovoluje. Koryto přitékající vody je zahloubeno, což znamená, že se voda nebude rozlévat do okolního prostředí. Svah hráze na straně nádrže v místě vtoku je opevněn kamennou dlažbou na betonovém podkladě, aby došlo ke zpevnění svahu a zabránění rozmývání zeminy ve svahu a pod ním. Celou délkou svahu a částí dna nádrže je proložena malá kyneta pro alespoň částečné soustřeďování přitékajících průtoků.

V místě prostupu tělesem hráze spojuje korunu můstek. Celková délka můstku je 10,4 m a tloušťka desky 0,3 m. Můstek se opírá o betonové stěny, jejich tloušťka činí 0,5 m. Po stranách můstku je umístěno zábradlí. Je třeba dodat, že dno propustku je ve sklonu 0,01 %. Vtokový objekt je znázorněn v příloze č. 12.

4.2.4 SO 4 — Objekt pro odběr vody

Tato studie se odběrem vody a jejím převáděním do zavlažovacích ploch zabývala pouze schematicky. V rámci ní bylo vyřešeno jeho umístění, jež je vidět v příloze č. 2. Odběr bude prováděn gravitačně, přičemž převádění na pozemek společnosti TOO Žarkent Frukt bude rovněž probíhat tímto způsobem, jelikož to sklon terénu dovoluje. Kvůli délce převádění vody (4 600 m) se rozmisťování násosek nebo čerpadel nejeví jako efektivní řešení. Dimenzování objektu bude provedeno na základě požadavků pro zavlažování získaných od společnosti TOO Žarkent Frukt. Dle nich bude odběr pro závlahy začínat v únoru a trvat až do listopadu.

5 Porovnání technických požadavků aplikovaných v Kazachstánu a České republice

Všechny výpočty a návrhy vypracované v rámci této studie byly nejdříve porovnány s technickými normami, které se používají v České republice a v Kazachstánu. Na základě tohoto srovnání byl vyvozen závěr, že se mezi sebou příliš neliší. Všechny výsledky výpočtů byly téměř shodné, protože v průběhu studie byly provedeny pouze standardní technické výpočty, zatímco fyzikální zákony platí pro celou Zemi stejně.

Nejvíce se dle názoru autorky liší výpočet minimálního zůstatkového průtoku. V České republice se MZP stanovuje podle průtoků Q_{364d}, Q_{355d} a Q_{330d} a za tímto účelem se používá níže uvedená tabulka.

Tab. 5.1 Stanovení minimálního zůstatkového průtoku [19]

Průtok Q_{355d} (m^3/s)	Minimální zůstatkový průtok
<0,05	Q_{330d}
0,05-0,5	$(Q_{330d} + Q_{355d})*0,5$
0,51-5,0	Q_{355d}
>5,0	$(Q_{355d} + Q_{364d})*0,5$

Oproti tomu v Kazachstánu se pro zjištění minimálního zůstatkového průtoku používá minimální 30-denní průtok s 95 % zabezpečením (viz tab. 2.5), jenž je převeden na minimální denní. Pro stanovení minimálního průměrného denního průtoku se využívají přechodné koeficienty od průtoku $Q_{30\text{-}ti\ denní}$ k minimálnímu $\Delta Q_{1\ denní}$. Přechodný koeficient pro zimní nízké vody činí 0,9, zatímco pro ty letní je to 0,86 [2].

Je třeba poznamenat, že další odlišnost spočívá v tom, že se v Kazachstánu nedělí nádrže na malé a velké [13].

Velkým problémem při tvoření návrhu bylo to, že v Kazachstánu nejsou dostupné žádné údaje z dlouhodobého pozorovaní menších řek, jakou je například Kokterek. Většina průtoků v získaných podkladech byla dopočítána na základě empirických vztahů. Pozorování údajů také značně komplikuje to, že se Kazachstán rozkládá na poměrně velké ploše v poměru k jeho obyvatelstvu (2 724 902 km² na 18 395 660 obyvatel).

Zájem o ochranu životního prostředí není v Kazachstánu příliš velký. I když rozdělovací objekt tvoří migrační překážku, rybí přechod nebyl navržen kvůli tomu, že není třeba zabezpečit volnou rybí migraci. Ani nebyla možnost jeho návrh vypracovat, jelikož nebyl proveden ichtyologický průzkum. Dříve nebo později nastane ekologická katastrofa, jaká se již stala v případě Aralského moře, když lidé odebírali z jeho hlavních přítoků (Amudarija a Syrdarija) vodu pro závlahu bez ohledu na potřebný zůstatkový průtok a životního prostředí celkově.

Nicméně z technického pohledu lze konstatovat, že se normy a podmínky pro výstavbu nádrží v Kazachstánu a České republice téměř neliší. Spousta norem v něm zůstala beze změn až od té doby, kdy byl Kazachstán ještě součástí SSSR. V současné době jsou všechny jeho normy převzaty ze zemí SNS, především z Ruska.

6. Závěr

Hlavním cílem této práce bylo vypracovat studii výstavby boční nádrže v kazašské obci Aydarly, a to včetně provedení technických výpočtu a vytvoření výkresů. V práci byla navržena boční nádrž s hrází v podobě nepravidelného čtyřúhelníku se zaoblenými rohy, jež obíhá okolí nádrže. Hráze dosahuje délky 1976,23 m, kóta její koruny se nachází na úrovni 686,50 m. n. m. a objem při hladině normálního nadržení (tj. 684,00 m. n. m.) činí 2,742 mil. m^3. V rámci studie byl rovněž navržen objekt pro přivádění vody do nádrže a sdružený objekt. Další stavba, jíž byl objekt pro odběr vody pro závlahové potřeby, byla navržena pouze schematicky. Celý návrh byl zpracován v souladu s normami SNiP RK 2.06.05-13 Sypané hráze, SNiP RK 03.04-09-2012 Hydrotechnické říční stavby a dalšími s nimi souvisejícími.

Dle bilančních výpočtů by tato nádrž měla správně fungovat a plnit svou funkci. Kromě těchto kalkulací byly v průběhu práce také vypočítány dimenze rozdělovacího objektu, trasy a koryta pro přivádění vody do nádrže, sdružený objekt (výpusť a bezpečnostní přeliv), koryto pro odvádění vody a vývar. Všechny výpočty byly provedeny v programu MS Excel. Výkresy všech objektu a jejich příčné a podélné řezy byly zpracovány v programu AutoCad.

Dle zadání bakalářské práce bylo rovněž nutné porovnat technické normy a požadavky na výstavby nádrží v Kazachstánu a v České republice. V rámci studie bylo zjištěno, že ačkoliv mezi nimi rozdíly existují, jsou minimální. Avšak by byly objeveny velké rozdíly v průběhu procesu získání stavebního povolení a samotné výstavby nádrže.

Závěrem je třeba dodat, že výstavba nádrže je pro Kazachstán velmi důležitá, protože v něm velkou plochu tvoří pouště, polopouště a stepi. Voda je nedílnou součástí života, a proto je třeba se o její zdroje starat. Při výstavbách nádrží nebo jiných hydrotechnických objektů je nutné se nejdříve zabývat tím, jaký vliv bude mít výstavba na okolní prostředí a samotný tok.

Použitá literatura

[1] Země a národy. Republiky Zakavkazska. Republiky Střední Asie. Kazachstán. SSSR — 1984. — C. 365—380. — 382 c.

[2] Zdroje povrchových vod SSSR, Centralní a Jižní Kazachstán. — T.13., Povodí jezera Balcháš — Hydrometeo-vydavatelství, 1970.

[3] Inženýrskogeologické a hydrogeologické průzkumy. Podklady.

[4] Mapa Kazachstánu. https://www.nouahsark.com/en/infocenter/worldwide/asia/kazakhstan/kazakhstan_map.php

[5] Mělkosopočnik (rus. — Мелкосопочник) https://ru.wikipedia.org/wiki/Мелкосопочник

[6] SanPiN 3907-85 „Sanitární předpisy navrhovaní, výstavby a provozu nádrži“.

[7] Aplikovaná referenční kniha o klimatu SSSR. Série 3. Trvalá data, Části 1-6, č. 18, Kazašská SSR, kniha 2. L: Hydrometeo-vydavatelství, 1989-90.

[8] Kritsky, S. N., Menkel, M. F. „Výpočty vodního hospodářství“ Hydrometeo-vydavatelství, L., 1952

[9] Pleškov J. F. „Regulace průtoku“ Hydrometeo-vydavatelství, L., 1972

[10] V. Broža, J. Kratochvíl, P. Peter, L.Votruba „Přehrady“, Praha, 1987

[11] SNiP RK 2.06.05-13 Sypané hráze, Astana, 2013.

[12] Hydrologický ústav průmyslového vodohospodářství Kazachstánu

[13] SN RK 03.04-09-2012 „Hydrotechnické říční stavby“, Astana, 2012.

[14] Železnyakov G. V. Teoretické základy hydrometrie. L: Hydrometeo-vydavatelství, 1968.

[15] SNiP RK Stanovení hlavních vypočtených hydrologických charakteristik, SME 3.04.- 101-2005, Astana. 2005.

[16] SNiP RK 3.04-01-2008 Hydrotechnické stavby. Hlavní zásady návrhu, Astana, 2009.

[17] Příručka hydraulických výpočtů / Ed. P. G. Kiseleva. - M .: Energie, 1972. 312 str.

[18] Zamarin E. A. Návrh hydrotechnických konstrukcí. 1961.

[19] MŽP ČR. Metodický pokyn odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí ke stanovení hodnot minimálních zůstatkových průtoků ve vodních tocích. MŽP ČR, Praha (5/9/2011), 5 s.

Seznam příloh

Příloha 1: Umístění nádrže

Příloha 2: Celková situace

Příloha 3: Podélný profil hráze

Příloha 4: Řezy zátopou

Příloha 5: Konstrukční řezy

Příloha 6: Podrobné řezy

Příloha 7: Průsak tělesem hráze

Příloha 8: Sdružený objekt — SO 2

Příloha 9: Podélný profil sdruženého objektu

Příloha 10: Rozdělovací objekt — SO 3

Příloha 11: Rozdělovací objekt — řezy

Příloha 12: Vtok do nádrže