د کابل پوهنتون د طبيعي علومو علمي-څېړنيزه مجله
مجله علمی-تحقيقی علوم طبيعی پوهنتون کابل
Journal of Natural Sciences
Kabul University
e-ISSN: 3078-6665
P-ISSN: 3078-5561

د کابل پوهنتون د چتونو باراني اوبو په واسطه د ځمکې لاندې اوبو د تغذيې ارزونه

انجنير صديق الله دانش[۱]، پوهندوی احمد فواد احساس[۲]

[۱]سيول انجنير، ننگرهار، افغانستان

[۲]سيول انجنيري ډيپارټمنټ، انجنيري پوهنځی، کابل پوهنتون، کابل، افغانستان

ايمېل: sediqullahdanish57@gmail.com

لنډيز

په اوسني وخت کې کابل ښار د اوبو له سخت کمښت سره مخ دی. په دې څېړنه کې د کابل پوهنتون د ودانيو له چتونو څخه د باران د اوبو راټولولو له لارې د ځمکې لاندې اوبو د بيا تغذيې امکانات تر ارزونې لاندې نيول شوي دي. د Google Earth انځورونو له لارې د چتونو مساحت (۱۲۸۶۴۱,۰۲ متر مربع)، د NASA Power څخه کلنی اورښت (۴۹۷,۷ ملي متره)، د GIS تحليل د تغذيوي څاگانو موقعيت ټاکلو لپاره او د استادانو او محصلينو ترمنځ پوښتنليکونه شامل وو. موندنې ښيي، چې په کال کې ۵۱۲۱۹,۸ متر مکعبه اوبه راټولېدای شي؛ کم ميلان لرونکې سيمې (۰,۳۸۸-۰,۰۰۱) د څاگانو کيندلو لپاره مناسبې دي؛ په عمومي توگه له ٪۹۱ نه تر ٪۱۰۰ گډونوالو له سيستم ملاتړ کړی. دا څېړنه د چاپيريال، ټولنيزو-اقتصادي گټو او د اوبو مديريت لپاره ارزښت لري او په کابل پوهنتون کې د باران اوبو عملي راټولولو لپاره علمي بنسټ رامنځته کوي.

کليدي کليمې د اوبو کمښت؛ د باران اوبو راټولول؛ د چتونو مساحت؛ د ځمکې لاندې اوبو بيا تغذيه؛ کابل پوهنتون؛ GIS

Assessment of Potential for Groundwater Recharge Using Rainwater Harvesting from Building Rooftops at Kabul University

Sediqullah Danish[1*], Ahmad Fawad Ehsas [2]

[1]Civil Engineer, Nangarhar, Afghanistan

[2] Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Kabul University, Kabul, Afghanistan

Email: sediqullahdanish57@gmail.com

Abstract

Facing severe water shortages in Kabul City, this study assessed the potential for recharging groundwater through rooftop rainwater harvesting at Kabul University, aiming to replenish groundwater and design a sustainable system. Methods included calculating rooftop area via Google Earth (128,641.02 m²), annual precipitation from NASA POWER (497.7 mm), GIS analysis to identify recharge well locations, and questionnaires administered to faculty and students. Findings indicate that 51,219.8 m³ of water could be collected annually; low-slope areas (0.001–0.388) are suitable for wells; and 91%–100% of participants supported the system. This research holds environmental, socio-economic, and water management value, establishing a scientific foundation for practical rainwater harvesting at Kabul University.

Keywords Rooftop Rainwater Harvesting, Groundwater Recharge, Water Scarcity, GIS Analysis, Recharge Wells

ارجاع: دانش، ص. ا. او احساس، ا. ف. (۱۴۰۵) د کابل پوهنتون د چتونو باراني اوبو په واسطه د ځمکې لاندې اوبو د تغذيې ارزونه.
د کابل پوهنتون د طبيعي علومو علمي ـ څېړنيزه مجله، ۹(۱)، ۱۵۵–۱۷۵. https://doi.org/10.62810/jns.v9i1.567

سریزه

په اوسني وخت کې د اوبو کمښت په نړیواله کچه او په ځانګړې توګه په وچو او نیمه وچو سیمو؛ لکه افغانستان کې، یوه لویه ننګونه ده. د هېواد پلازمېنه د ځمکې لاندې اوبو په بې سارې کچې راویستنه، چټکې ښاري پراختیا او د اقلیم د بدلون له اغېزو سره مخ ده. د ملګرو ملتونو د راپور له مخې د کابل ښار نفوسو کچه له ۲۰۲۱ نه تر ۲۰۲۵ م کال پورې له ۳,۵ میلیونو څخه نږدې ۴,۷ میلیونو ته لوړه شوې او له امله یې د کورنیو، کرنیزو او صنعتي اړتیاوو لپاره د اوبو غوښتنه په بې سارې توګه ډېره شوې ده (United Nations, 2025). اټکلونه ښيي، چې که همدا بهیر دوام وکړي، تر ۲۰۳۰ م کال پورې به د کابل د ځمکې لاندې اوبو زېرمې د بېلابېلو لاملونو له امله وچې شي او دا به د ښاري اوبو امنیت، کرنیزو پیداوارو او عامې روغتیا ته سخت ګواښ پېښ کړي(Kabul Now, 2024). په دې ډول شرایطو کې، د کابل پوهنتون او لوړو زده کړو وزارت اداره، چې خپلې ورځنۍ اړتیاوې؛ لکه د تدریسي بلاکونو، لیلیو، کتابتون او اداري ودانیو لپاره په بشپړه توګه تر ځمکې لاندې اوبو تکیه لري، د اوبو له سخت کمښت او لوی ګواښ سره مخامخ ده.

د چتونو د باران د اوبو راټولول (Rooftop Rainwater Harvesting – RRWH) یوه داسې تګلاره ده، چې له مخې یې د ودانیو له چتونو څخه د باران اوبه راټولېږي او د فلټر کولو وروسته د زېرمې یا ځمکې لاندې تغذیې سیستمونو ته لېږدول کېږي. دا سیستم تر ځمکې لاندې اوبو، فشار کموي، د ښاري سېلابونو مخنیوی کوي او د اوبو منظم مدیریت ته لاره هواروي. د کابل پوهنتون لپاره د RRWH سیستم پلي کول دوه ډوله ګټه لري. لومړی دا، چې د څړوبولو او حفظ الصحې لپاره د پایښت وړ اوبه برابروي او دویم دا، چې د ځمکې لاندې اوبو د بیا تغذیې له لارې د اوبو کمښت پر وړاندې مبارزه کوي او د اوبو کچه لوړوي.

د دې څېړنې اهمیت څو اړخیز دی. له چاپېریالي پلوه، د RRWH سیستم د ځمکې لاندې اوبو د بیا ډکولو ترڅنګ د نایټریټ په څېر ککړتیاوو په را ټیټولو سره د اوبو کیفیت هم ښه کوي (Zaryab et al., 2024). له ټولنیز-اقتصادي اړخه، د ځمکې لاندې اوبو پر راویستلو د تکیې کمېدل د پمپ کولو د انرژۍ لګښتونه راکموي، چې د پوهنتون پر بودیجه به مثبتې اغېزې ولري. پر دې سربېره، د اوبو د لاسرسي او کیفیت ښه والی د محصلینو او کارکوونکو د ژوند پر شرایطو مستقیمه اغېزه کوي او د سیستم د ساتنې او څارنې په پروسه کې د زده کړیالانو ګډون د چاپېریالي پوهاوي او ټولنیز مسؤلیت احساس پیاوړی کوي. له علمي پلوه، دا څېړنه د کابل پوهنتون لپاره لومړنۍ ځانګړې مطالعه ده، چې د جغرافیایي معلوماتو د سیستم (GIS) له ارزونې سره یو ځای د RRWH امکانات هم ارزوي. دغه راز

د سیول انجینرۍ، هایدرولوژي، ځمکپوهنې، چاپېریال ساتنې او جغرافیې په څانګو کې د راتلونکو علمي پروژو لپاره بنسټیز چوکاټ برابرولی شي. د پالیسۍ له مخې، د څېړنې پایلې کولای شي، چې د کابل پوهنتون او د انرژۍ او اوبو وزارت لپاره د RRWH د اجباري کولو او د اوبو مدیریت د پالیسیو د پیاوړتیا لپاره د ملاتړ وړ سند شي. همدارنګه دا ماډل د کابل په نورو پوهنیزو او دولتي ادارو او ان د افغانستان په نورو وچو سیمو کې د پلیتوب وړتیا لري.

د څېړنې اصلي موخه په کابل پوهنتون کې د ودانیو له چتونو څخه د باران د اوبو د راټولولو او د ځمکې لاندې اوبو د بیا تغذیې لپاره د یوه پایښت لرونکي سیستم د شونتیا ارزونه ده؛ څو د اوبو امنیت او چاپېریالي پایښت ته وده ورکړي. په ځانګړې توګه:

اصلي موخه: د GIS پر مټ د چت د سطحو د پراخوالي او د کلني اورښت د اندازه کولو له لارې د راټولېدونکو اوبو حجم اټکلول دي؛ څو د ځمکې لاندې اوبو کلنۍ کمښت جبران او سطحه یې لوړه وساتي. د دې ترڅنګ د اقتصادي لګښت-ګټې ارزونې له لارې د سیستم د عملي کېدو ارزونه.

فرعي موخې : د پوهنتون په ټولنه کې د اوبو د ارزښت په اړه د پوهاوي کچې لوړول او د باران د اوبو د مدیریت له لارې د ځمکې پر سطحه د سېلابي اوبو د راټولېدو او ترانسپورټي ستونزو مخنیوی دی.

د پورتنیو موخو د ترلاسه کولو لپاره، څېړنه پر لاندې پوښتنو ولاړه ده:

۱ .څرنګه کولای شو د کابل پوهنتون د ودانیو له چتونو د باران اوبه ذخیره کړو؟

۲ . د باران کومه کچه اوبه د کابل پوهنتون د ودانیو له چتونو څخه جمع کېږي؟

۳. څرنګه کولای شو له یادو اوبو څخه د ځمکې لاندې اوبو د پیاوړتیا لپاره ګټه واخلو؟

۴. دا څېړنه کومې ټولنیزې- اقتصادي او چاپیریالي ګټې لري؟

د باران د اوبو راټولول لرغونې ریښې لري او زرګونه کاله وړاندې د بین النهرین، هند او روم په تمدنونو کې د کرنې، کورنیو اړتیاوو او ځمکې لاندې اوبو د بیا ډکولو لپاره کارول شوي دي (Renewable Energy Hub, 2026). په افغانستان کې هم د کاریزونو او چک ډیمونو دودیز سیستمونه په وچو سیمو کې د اوبو مدیریت لپاره غوره بېلګې دي(ICRC, 2023) . په شلمه پېړۍ کې د ښاري کېدو او صنعتي کېدو له امله د ځمکې لاندې اوبو کمښت ته په غبرګون کې د RRWH عصري سیستمونه رامنځته شول، چې اوس مهال پرمختللیو ټیکنالوژیو لکه د فلټر واحدونه، د اوبو زېرمه کولو ټانکونه او د بیا تغذیې څاه ګانې په ځان کې رانغاړي(AquaOso, 2021) . د بېلابېلو هېوادونو تجربې د دې سیستم اغېزمنتوب ښیي: د بریتانیا په ځېنو هېوادونو کې RWH د اوبو لګښتونه تر ۴۰٪ پورې

راکموي او پر اوبو د خدمتونو فشار راکموي(Rainwater Harvesting, 2022) . په هند کې د ټولنې پر مټ پروژو د اوبو د کمښت په سیمو کې د ځمکې لاندې اوبو سطحه ثابته ساتلې (JK Cement, 2023)او په سعودي عربستان کې د وادي العلب د بیا تغذیې څاه ګانو د اوبو د بیا تغذیې اغېزمنتوب ۴۴٪ ته رسولی (Alataway & El Alfy, 2019).

په افغانستان کې هم د اوبو کړکېچ د RRWH بېلابېل نوښتونه راپارولي دي. د سره صلیب نړیواله کمېټه (ICRC)په کلیوالي سیمو کې د چک ډیمونو او بیا تغذیې څاه ګانو په جوړولو سره د اوبو امنیت او کرنې څخه ملاتړ کوي(ICRC, 2023) . د کابل په ښار کې د ۲۰۲۰-۲۰۱۷ کلونو ترمنځ د RRWH ازمایښتي پروژو او د کرنې وزارت نوښتونو د دې سیستم تخنیکي امکانات او کلتوري منل ښودلي دي (Noori & Singh, 2023). د کابل نوي ښار (KNC) پروژه چې ۷۴۰ کیلومتره مربع پراختیا لري، د اوبو د ستراتیژیک مدیریت لپاره له RRWH سیستم څخه ګټه اخلي(Rahimi & Murakami, 2018) . د کمیتي اټکل له مخې، د کابل د کلني ۳۰۰ ملي متره منځني اورښت په پام کې نیولو سره، یو ۱۰۰۰ متره مربع چت کولای شي په کال کې شاوخوا ۶۰۰ زره لیټره اوبه راټولې کړي(Taher et al., 2022).

سره له دې، د کابل پوهنتون د ځانګړې ساحې لپاره، چې نږدې یو کیلومتره مربع مساحت لري او د اوبو لوړ لګښت لري، تر اوسه د RRWH هېڅ کومه هر اړخیزه او دقیقه علمي څېړنه نه ده ترسره شوې. اوسنۍ مطالعې زیاتره د ښار په کچه یا کلیوالي پروژو پورې تړلې دي او د پوهنتون د ودانیو د چتونو د پراخوالي، د خاورې د نفوذ د کچې، د ځمکې لاندې اوبو د ژوروالي او اقتصادي توجیه په هکله دقیق معلومات نشته. دا تشې د RRWH سیستم په ډیزاین او تطبیق کې جدي ننګونې رامنځته کوي.

دا څېړنه د لومړي ځل لپاره د کابل پوهنتون لپاره د GIS هر اړخیزې ارزونې او د ذینفعانو (د پوهنتون اداره، محصلین او د اوبو مدیریت اداري) د ګډون پر مټ له چتونو څخه د باران اوبو د راټولولو او ځمکې لاندې اوبو تغذیې تخنیکي او اقتصادي شونتیا ارزوي. دغه مطالعه نه یوازې د پوهنتون د اوبو د کمښت او سېلابونو ستونزې ته عملي حل وړاندې کوي، بلکې د کابل ښار د نورو اکاډمیکو او دولتي ادارو لپاره د پراختیا وړ او پایښت لرونکی ماډل هم وړاندې کوي.

د څېړنې مواد او کړنلارې

کابل پوهنتون د جمال مېنې په سړک کې د کابل ښار په دریمه ناحیه کې موقعیت لري. کابل پوهنتون له ۲۲ پوهنځیو، آمریتونو او اړوندو ادارو څخه جوړ شوی دی. د کابل پوهنتون د ریا ست د احصایو له مخې، شاوخوا ۲۴ زره محصلین په دریو سطحو (لیسانس، ماستري او دوکتورا) کې د شپې او

ورځې برخې له لارې د زده کړو په حال کې دي. د دې پوهنتون ډېرې برخې شنې سيمې دي او پاتې برخه يې له ودانيو او سړکونو څخه رامنځته شوي دي. د اقليم له پلوه دا سيمه د افغانستان په سړو سيمو کې موقعيت لري، چې پسرلی يې معتدل او باراني، دوبی يې تود او وچ، ژمی يې سوړ او واورين وي.

د څېړنې کړنلاره

د دې څېړنې د ترسره کولو لپاره څلور اصلي کړنلارې په پام کې نيول شوي دي، چې د کابل پوهنتون د زېربنا او د کابل د فصلي باران بېلګو سره سمون لري.

د چتونو د باران د اوبو راټولونه. دا کړنلاره د پوهنتون ودانيو له چتونو؛ لکه کتابتون، اداري ودانيو او د زده کړې تالارونه د باران اوبو راټولولو لپاره کارول کيږي. د پلي کولو پړاونه يې شامل دي:

۱- د ګوګل نقشې: د (Google Earth) سافټوير په کارولو سره، د ودانيو موقعيت مشخص او د چتونو مساحت محاسبه شوی دی.

۲- د کلني اورښت اندازه: د کابل پوهنتون لپاره د کلني اورښت کچه د (NASA POWER) د سايټ څخه لاسته راوړل شوې ده، چې لاسته راغلي معلومات ګرافيکي بڼه او ارزونه يې په راتلونکې فصل کې ښودل شوې ده.

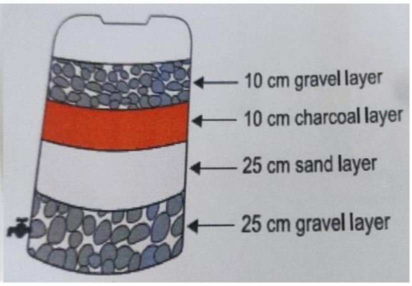
۳-د اوبو کچې محاسبه: د محاسبه شوي مساحت او اورښت کچې په مرسته د راټولو شويو اوبو حجم محاسبه شوی دی.

د باران د اوبو تصفيه. د باران اوبو پاکول د يو شمېر تګلارو څخه عبارت ده او موخه يې د باران له اوبو څخه د ککړتياوو، زړو، کيمياوي او نورو ککړو توکو حذف لرې کول دي. د باران اوبو د تصفيې او پاکولو لپاره لاندې فلترونه کارول کيدای شي:

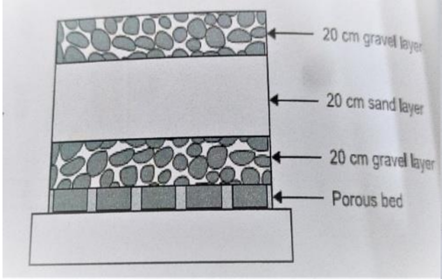
الف- د شګو فلتر: د باران د اوبو د تصفيې او پاکولو لپاره يو ډول فلتر دی، چې اوبه پکښې د شګو او جغل له پوړونو څخه تيروي؛ څو ککړې زرې يې لېرې شي. د شګې او جغل د زړو قطر او طبقې کچه د اوبو د ځانګړتياوو او بياګټې اخيستنې پر بنسټ ټاکل کيږي. (۲-۱ شکل)

دغه فلترونه په کورونو او صنايعو کی هم د اوبو د پاکولو لپاره کارول کيږي. ښه والی يې دا دی، چې په ډېرې کمې پانګې سره جوړيدای شي؛ خو له ستونزو څخه يې دا ده، چې دا فلترونه يې لري د شګو او جغل تعويض کيدل دي، چې د يوې مودې څخه وروسته بايد بدل شي.

ب- د لرګيو د سـکارو پواسـطه فلتر: په دغه فلتر کی د اوبو ناوړه مضرـه توکي د لرګيو سـکارو او فعال کاربن پواسطه له منځه ځي. دغه فلتر د شګو فلترونو ته ورته دی؛ خو توپير يې دا دی، چې د سکارو يو پوړ د شـګو پوړ له پاسـه ځای پر ځای کيږي. (۲-۲ شـکل) دغه فلترونه هم د جوړولو لپاره لږې پانګې ته اړتيا لري؛ خو د دې ستونزه هم د پوړونو بدلول دي.



۲ انځور: د لرګيو سکارو پواسطه فلتر



۱انځور شکل: د شګو فلتر

د بيا ډکولو جوړښـتونه. د باران را ټولې شـوې اوبه د بيا ډکولو څاه ګانو ته ليږدول کيږي، چې د دې موخې لپاره لومړی بايد د GIS سافټوير د کارونې او ارزونې پر بنسټ د ځای ميلان محاسبه شي؛ څو د څاه ګانو د نصبولو موقعيتونه ځانګړي شي او بيا دا څاه ګانې د ۳۰-۳۵ مترو په ژوروالي وکيندل شي، چې لاسته راغلې اوبه د هغو له لارې د ځمکې د اوبو ګل کچې (Water table) ته ورسيږي.

د معلوماتو راټولول

د معلوماتو راټولولو کړنلارې په لاندې ډول دي:

- ددی څيړنی لپاره مو لومړی کتابتوني څېړنې (Desk Research) ترسره کړې. يعنی د علمي او عملي معلوماتو د راټولولو لپاره د علمي او صنعتي سرچينو مطالعه ترسره شوه.

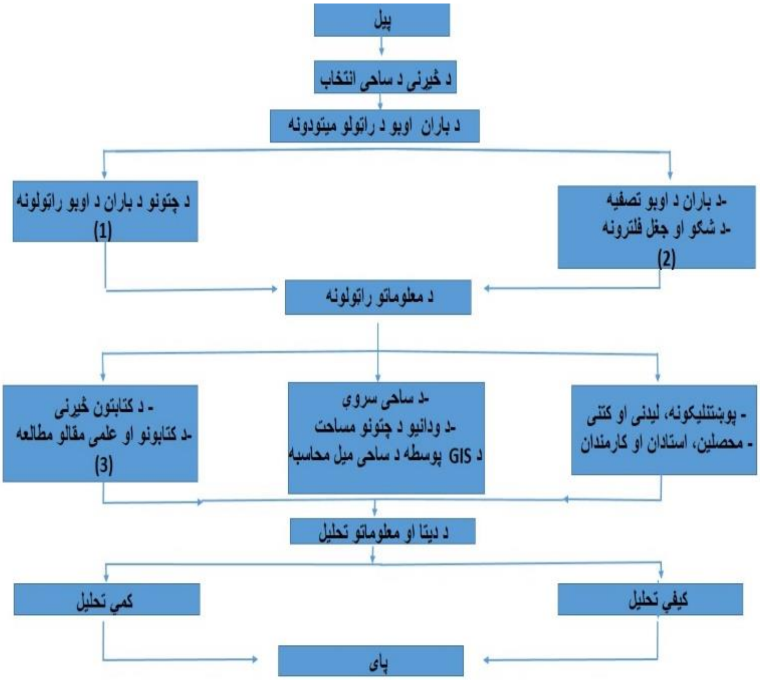
- د سـاحې سروې: د کابل پوهنتون د ودانيو د چتونو د مسـاحت ارزولو لپاره د (Google Earth) سافټوير د فضايي تصويرونو په واسطه سروې و شوه. همدارنګه د کابل پوهنتون د خدماتو آمريت د مسـؤلينو او د اوبو مديريت د کارپوهانو سره هم د دې موضـوع په هکله ليدنې ترسره شـوې او د دې سيستم د شونتيا په هکله د هغوی سره خبرې اترې وشوې.

- د پوښـتنليک سروې: د څېړنې د لا دقت لپاره دوه ډوله پوښـتنليکونه ترتيب شـول، چې لومړی ډول پوښتنليک د ۱۵ پوښتنو سره (لکه د پوهاوي، د امکان او ننګونو په اړه) د پوهنتون د مختلفو پوهنځيو (انجنيري، ځمکپوهنې...) د اسـتادانو سره او دويم ډول پوښـتنليک د محصـلينو او د پوهنځيو کارکوونکو ترمنځ ووېشل شو؛ څو د دوی نظرونه او وړانديزونه راټول شي.

د پوښتنلیک پواسطه د ترلاسه شویو معلوماتو د ارزونې میتود او پروسه په لاندې ډول وه:

کمي تحلیل: د پوښتنلیک پوښتنې (لکه د پوهاوي کچه، د امکان په اړه نظرونه) د احصایوي میتودونو په کارولو سره تحلیل شوي. د مثال په ډول د پوښتنې "د کابل د اوبو کمښت په اړه څومره پوهاوی لرئ؟" ځوابونه په سلنه کې ښودل شوي دي؛ څو د پوهاوي کچه معلومه کړي. د Excel سافټویر د دې ارزونې لپاره کارول شوي دي.

کیفي تحلیل: خلاصې پوښتنې لکه "د باران د اوبو د راټولولو سیستم د پلي کولو لپاره اصلي ننګونې کومې دي؟" د موضوعي تحلیل له لارې ارزول شوې دی؛ څو عامه موضوعات، لکه د لګښت اندیښنې یا د ساتنې اړتیاوې، وپیژندل شي. دا تحلیل د لاسي کوډ کولو په کارولو سره ترسره شوی دی. د دې څېړنې د تګلارې د خلاصې لپاره د لاندې دیاګرام څخه ګټه واخلو:



۱ انځور: د څېړنې کړنلارې دیاګرام

موندنې

په دې برخه کې د څېړنې موندنې تر بحث لاندې نیول شوي دي.

د ودانیو د چتونو د مساحت محاسبه

د څېړنې په اوږدو کې د راټولو شــویو باران اوبو د حجم د محاســبې لپاره لومړی د کابل پوهنتون د ټولو ودانیو د چتونو د مساحت محا سبه ترسره شوه، چې د چتونو د ټول مساحت کچه 128641.02 متره مربع ده (۳-۱جدول).

البته دغه مساحتونه مو د Google earth له فضايي تصويرونو څخه په ګټې اخیستنې ترلاسه کړي. لکه څرنګه چې په (۳- ۱شکل) کې لیدل کیږي، ځینې ودانۍ لکه د چینایانو تالار، د پوهنتون مېلمستون، او د انجینري پوهنځی، چې د چتونو د مساحت کچه یې ډېره ده، د اوبو د راټولولو لوړ ظرفیت لري.

۱جدول: د کابل پوهنتون د ودانیو د چتونو د مساحتونو اندازه

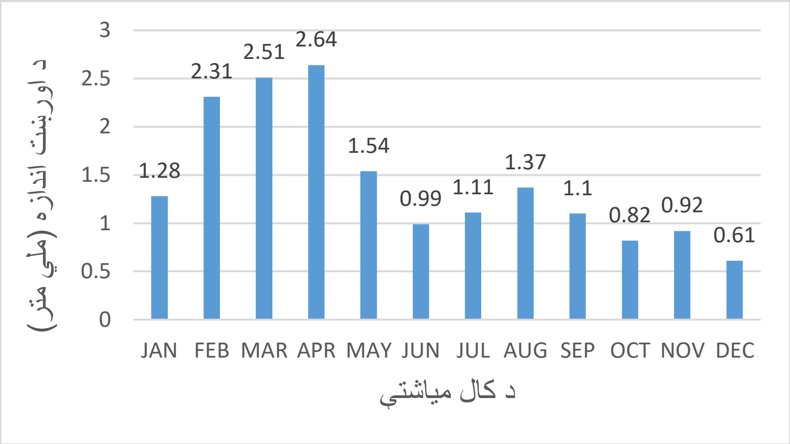
ګڼه	ساختمان	د مساحت اندازه(میتر مربع)
۱	د هلکانو لیلیه	۷۰۲۷,۱۱
۲	د نجونو لیلیه	۷۳۴۶
۳	د تخصصاتو ریاست	۱۸۰۸,۵۴
۴	د تخصصاتو لیلیه	۴۲۳,۴۶
۵	د تخصصاتو جامعه	۱۵۵۶,۳۱
۶	د ارواپوهنی مرکز	۴۶۹,۳۶
۷	د چینایانو تالار	۸۷۳۵,۰۹
۸	د پوهنتون میلمستون	۶۴۰۳,۴۶
۹	د هنرونو پوهنځی	۷۷۴۸,۷
۱۰	د کیمیا پوهنځی	۳۴۰۶,۰۱
۱۱	د پوهنتون جومات	۱۱۹۲,۰۳۵
۱۲	د چاپیریال ساتنی پوهنځی	۱۸۲۶,۷۷
۱۳	د عامه پالیسی پوهنځی	۱۸۵۶,۸
۱۴	د پوهنتون جمنازیوم	۱۳۱۰,۸۹
۱۵	د محصلانو چارو آمریت	۷۳۶,۸۹
۱۶	د شرعیاتو پوهنځی	۱۶۰۹,۶۶
۱۷	د حقوقو پوهنځی	۶۲۲۹,۷۶
۱۸	د ژورنالیزم پوهنځی	۷۱۷,۵۲
۱۹	د پوهنتون ریاست	۴۰۹۰,۹۶
۲۰	فارمسی پوهنځی	۲۰۷۶,۸۹
۲۱	د نشراتو آمریت	۳۶۰۹,۴۴
۲۲	د ساینس پوهنځی	۲۲۷۶,۷۴

٢٣	سنګی کتابتون	١۴٨٠,٦٨
٢۴	د ځمکپوهنی پوهنځی	٣٦٥٥,٧٩
٢٥	د پوهنتون ګل خانه	٧٥٦,٥
٢٦	د اقتصاد پوهنځی	٣١٣٧,٢٨
٢٧	د زراعت پوهنځی	۴٧٠١,٩۴
٢٨	د ادبیاتو پوهنځی	٢٦١٦,٣٢
٢٩	نور دفترونه	٢٩٣٣٦,٥٥
٣٠	د چینایي ژبې پوهنځی	١٩۴٧,٠٩
٣١	د انجنیري پوهنځی	٧١٧٠,٣٦
٣٢	د ترکي ادبیاتو پوهنځی	١٣٨٠
	مجموعي مساحت	١٢٨٦۴١,٠٢

٢ انځور: د کابل پوهنتون سیمه او ودانی

د کلني اورښت اندازه

د کابل پوهنتون لپاره د کلني اورښت کچه د Nasa Power له سایټ څخه ترلاسه شوې او په ګرافیکي بڼه په (٣-٢) شکل کې بنودل شوی دی. د دې ګراف د تحلیل او ارزونې څخه دا نتیجه اخیستلای شو چې د کابل پوهنتون د اورښـــت منځنۍ اندازه 1.36mm/day ده. فلهذا که چیرې د باران د اوبو د راغونډولو دغه سیستم جوړ شي، نو د کال په هر موسم کې ګټور تمامیدلای شي.



۳ انځور: د کابل پوهنتون کلنی اورښت اندازه

د باران د راټولو شویو اوبو د حجم محاسبه

د ودانیو له چتونو څخه د راټولو شویو اوبو حجم کولای شو د لاندې فورمول په مرسته محاسبه کړو:

$$V = \frac{R * A * C}{1000}$$

V= د راټولو شویو باران اوبو حجم په متر مکعب

R =د کلني اورښت منځنۍ کچه په ملي متر

C= د اوبو جریان ضریب

د دې څېړنې لپاره د ودانیو د بامونو د سطحې مواد کانکریټ په پام کې نیول شوی دی، چې د هغې لپاره د اوبو د جریان د ضریب (C=0.8) قیمت د ۳-۲ جدول څخه اخیستل شوی دی.

۲ جدول: د اوبو د جریان ضریب (UNEP, 2009)

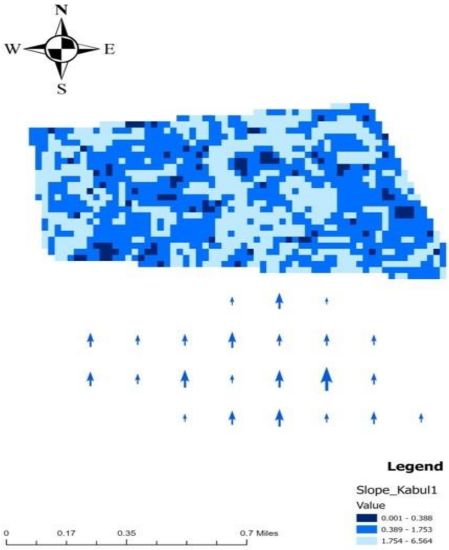
د سطحې مواد	د جریان ضریب
فلزات	0.85 – 0.95
کانکریټ	0.75 – 0.90
قیر	0.75 – 0.95
کاشي	0.70 – 0.90
جغل او شګې	0.60 – 0.80
شنه سطحه	0.30 – 0.60
د لرګي سطحه	0.55 – 0.75

$$V = \frac{R * A * C}{1000} = \frac{497.7 * \text{١٢٨٦٤١}.02 * 0.8}{1000} = 51219.8m^3$$

دا لاسته راغلي حجم په کابل پوهنتون کې د باران د راټولو شويو اوبو منځنۍ کلنۍ کچه ښيي. دا پايله د څېړني له پوښتني سره سمون لري، چې د باران د اوبو راټولول د ځمکنيو اوبو د بيا ډکولو لپاره بشپړه وړتيا لري. دا حجم د اوبو د مديريت لپاره يو مهم شاخص بلل کېږي او د اوبو د کمښت ستونزې د حل لپاره عملي حل وړاندې کوي.

د GIS تحليل

د GIS د سافټوير پر بنسټ د کابل پوهنتون د ساحې د ميل کچې ارزونه ترسره شوه، چې د ځمکنيو اوبو د بيا ډکولو ځاګانو لپاره د مناسبو موقعيتونو د ټاکلو لپاره وکارول شو. د (۳-۳ شکل) له مخې د دې ځای د ميل کچه د ۰,۰۰۱ نه تر 6.56 پورې ده، چې د رنګونو پواسطه ښودل شوې ده. تياره نيلي رنګ (۰,۰۰۱ - ۰,۳۸۸) د ټيټ ميلان او سپين رنګ (۱,۷۵٤ - 6.56) د لوړ ميلان لرونکې سيمې په نښه کوي. هغه سيمې، چې د ميلان کچه يې د ۰,۰۰۱ - ۰,۳۸۸ ترمنځ ده، د اوبو د جذب لپاره غوره دي، لکه د کابل پوهنتون د مرکزي کتابتون شاوخوا سيمې. همدغه راز هغه ځايونه، چې د زاويې کچه يې د ۱,۷۵٤ - ۵,٥٦٤ ترمنځ ده، لکه د انجنيري پوهنځي جنوبي برخې لږ مناسبې سيمې دي. دا پايلې د (۳-۳ شکل) له مخې لنډيز شوي، چې د مناسبو او غيرمناسبو ساحو تفصيل ورکوي.

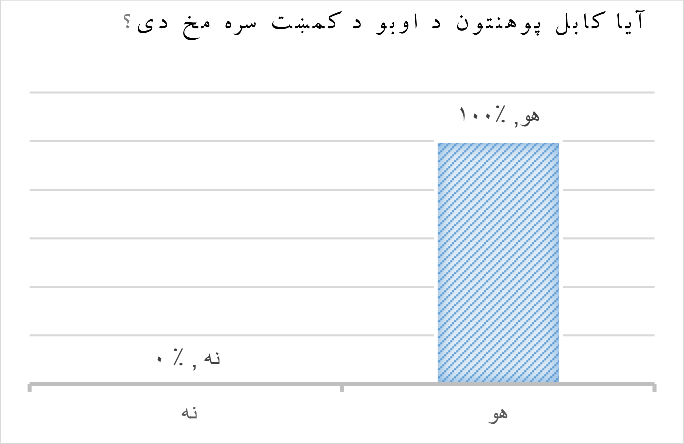


۴ انځور: د کابل پوهنتون د ميلان کچې نقشه

د پوښتنلیکونو ارزونه

د دقیقو معلوماتو د راغونډولو لپاره پوښتنلیکونه د کابل پوهنتون د محصلینو او استادانو تر منځ وویشل شول. ډیر شمېر استادان او محصلین، چې د انجینري، ځمکپوهنې او چاپیریال ساتنې د پوهنځیو څخه ول، د دغه سیستم د جوړولو په هکله مثبت نظرونه ورکړل. همدارنګه د دغې څېړنې د تطبیق کیدو د امکان سنجۍ په برخه کې د کابل پوهنتون د خدماتو آمریت د آمر او مسوول انجنیرانو سره هم خبرې اترې او مباحثې ترسره شوې، چې هغوی هم د دې څېړنې تر سره کېدل او د باران د اوبو پواسطه د ځمکې لاندې اوبو د بیا تغذیې دغه سیستم د اوبو د کمښت په وړاندې یوه ګټوره لاره وبلله.

د پوښتنلیکونو د تحلیل او ارزونې نتایج په لاندې ګرافونو کې خلاصه شوي دي:

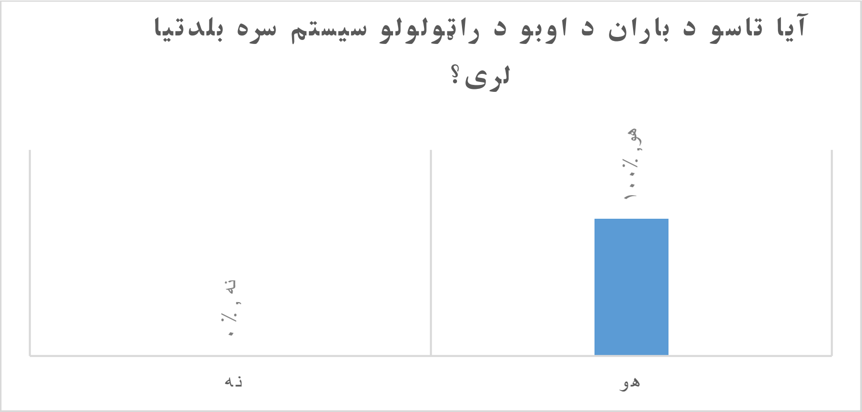


۵ انځور: په کابل پوهنتون کې د اوبو د کمښت په اړه د ځواب ویونکو نظریات

د پورتني سوال لپاره تقریباً ټول ځوابونه مثبت وو. معنی دا چې د کابل پوهنتون ټول استادان، محصلین او کارمندان چې په دغه سیمه کې د اوبو څخه ګټه اخلي، د اوبو له کمښت سره مخ دي.

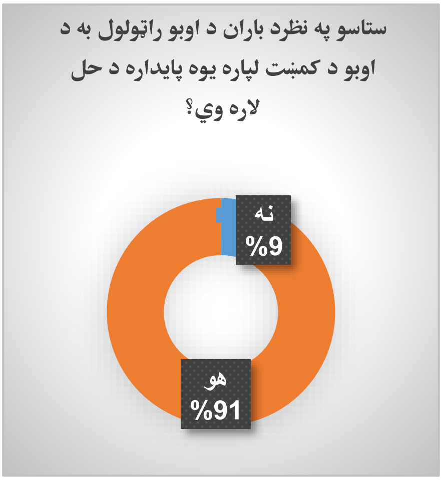
د لاندیني سوال لپاره هم ټول ځوابونه مثبت وو. معنی دا چې نږدې د کابل پوهنتون ټول استادان، محصلین او کارمندان چې په دې سیمه کې د اوبو څخه ګټه اخلي، د باران اوبو د راټولولو له سیستم سره بلدتیا لري.

د ځواب ورکوونکو د ویناوو پر بنسټ د باران د اوبو د راټولولو دغه ډول سیستمونه د کابل ښار په نورو سیمو کې هم جوړ شوي دي، چې ډیره مثبته پایله یې درلوده.



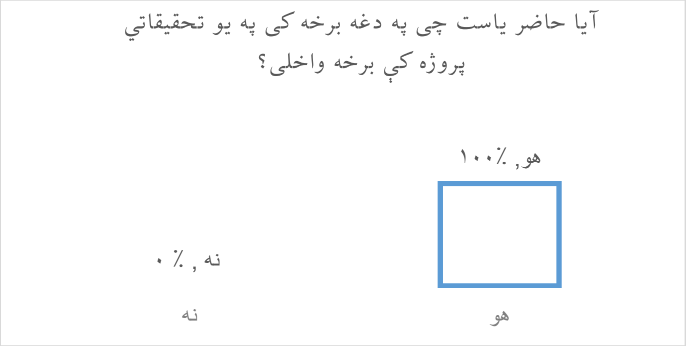
٦ انځور: د باران د اوبو د راغونډولو سیستم سره د خلکو بلدتیا

دلاندیني سوال د ځواب په برخه کی تقریبا ۹۱٪ د کابل پوهنتون استادان، محصلین او کارمندان، چې په دغه سیمه کې د اوبو څخه استفاده کوي، مثبت نظر درلود. پاتی ۹٪ خلک په دې نظر ول چې د کافي اورښت د نه شتون له کبله د باران د اوبو د راغونډولو دغه سیستم به د اوبو د کمښت لپاره تل پاتې حللاره نه وي. خو بیا هم دغه سیستم کولای شي تر ډیره حده په کابل پوهنتون کی د اوبو مشکل حل کړي.



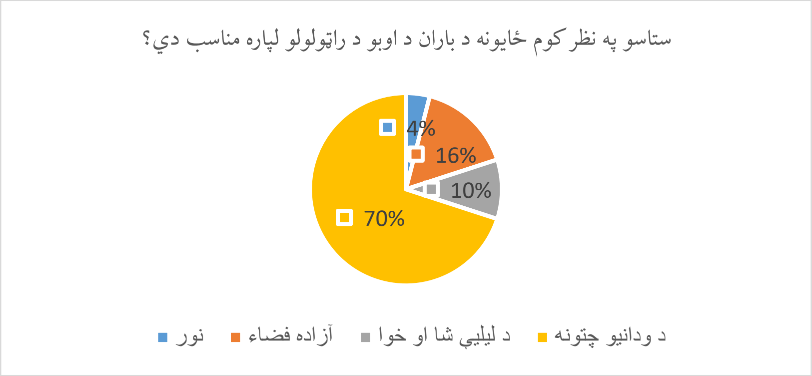
۷ انځور: د باران د اوبو د راغونډولو سیستم، د ابو د کمښت لپاره د حل لاره

د لاندینی پوښتني په ځواب کې، چې د ګراف پر مخ هم ښکاري د سروې ټول ګډونوال د دې څېړنې لپاره هر ډول همکاری ته چمتو دي.



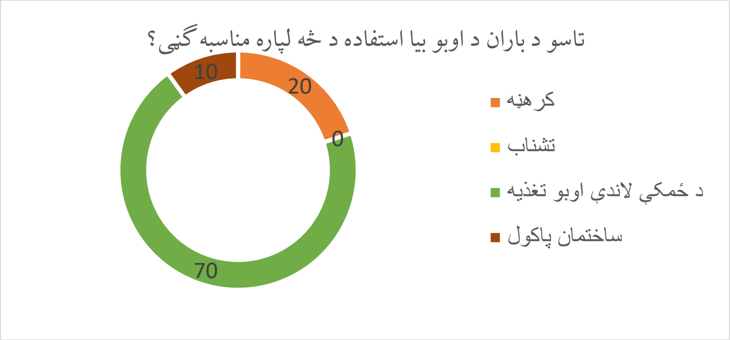
٨ انځور: د خلکو ګډون او برخه اخيستنه

ډيرى خلک چې په دې سروې کې يې برخه اخيستې وه، د باران د اوبو د راغونډولو لپاره مناسب موقعيت يې د پوهنتون د ودانيو د چتونو ساحه وښودله(شکل ٣-٨).



٩ انځور: د خلکو نظريات د باران اوبو د راغونډولو د مناسب موقعيت په هکله

د کابل پوهنتون اکثريت استادان، محصلين او کارمندان د باران د اوبو بيا ګټې اخيستنې برخه د ځمکې لاندې اوبو بيا تغذيه ښودلې ده (٣-٩ شکل).



١٠ انځور: د باران د اوبو څخه بيا استفاده

بحث او مناقشه

۱,۴ له څېړنیزو پوښتنو او اصلي موخو سره د پایلو اړیکه

د دې څېړنې اصلي موخه په کابل پوهنتون کې د ودانیو له چتونو د باران د اوبو د راټولولو (RRWH) سیستم له لارې د ځمکې لاندې اوبو د بیاتغذیې (Recharge) د امکاناتو ارزونه او داسې یو پایښت لرونکی سیستم معرفي کول وو، چې د اوبو امنیت او چاپېریالي پایښت ته وده ورکړي .

اصلي موخې په لاندې ډول وې:

۱. د ځمکې لاندې اوبو د سطحې پورته ساتل؛

۲. د باران له اوبو څخه غوره ګټه اخیستنه؛

۳ .د راتلونکو نسلونو لپاره د اوبو بقا او پایښت.

فرعي موخې هم د اوبو د ارزښت روښانه کول او پر ځمکنی سطحه د ترانسپورټي ستونزو مخنیوی وو.

د څېړنې پوښتنې او د هغوی مستقیم ځوابونه په لاندې ډول له اصلي موخو سره تړاو لري:

لومړۍ پوښتنه: د باران اوبه له چتونو څخه څنګه ذخیره شي؟

د چتونو د مساحت محاسبه او د تصفیې (فلتر) سیستم وړاندې شو. دا ځواب د دویم اصلي هدف (له باران څخه غوره ګټه اخیستنه) بنسټ جوړوي.

دویمه پوښتنه: څومره اوبه راټولېدی شي؟

د راټولو شویو اوبو دقیق حجم (۵۱۲۱۹,۸ متر مکعب) محاسبه شو. دا مستقیم د لومړي او دریم اصلي هدف (د اوبو د سطحې ساتنه او پایښت) ملاتړ کوي.

دریمه پوښتنه: له دغو اوبو څخه د ځمکې لاندې اوبو د بیاتغذیې لپاره څنګه ګټه واخیستل شي؟

د GIS تحلیل پواسطه مناسب ځایونه مشخص شول، چې په دغو موقعیتونو کې د ۳۵-۳۰ مترو ژوروالي سره د بیاډکولو ځاګاني وکیندل شي. دا ځواب د لومړي هدف د عملي کېدو لپاره د دقیق ځای ټاکنه برابروي.

څلورمه پوښتنه: ټولنیزې-اقتصادي او چاپېریالي ګټې څه دي؟

د سروې پایلو او علمي تحلیلونو وښوده، چې تر ډېره حده خلک له دغه سیستم سره بلد دي او د جوړولو ملاتړ یې کوي. له اقتصادي پلوه دا د اوبو کمښت لپاره تر ټولو ارزانه حل دی، چې د ځمکې لاندې اوبو سطحه لوړوي، د اوبو له ضایع کېدو مخنیوی کوي او د سېلابونو د رامنځته کېدو مخه نیسي. دا ځواب د پروژې ټولنیز اړخ او د پایښت ضمانت روښانوي .

په دې توګه، ټولې پایلې په بشپړ ډول له موخو او پوښتنو سره تړلې دي او څېړنې خپله موخه په عملي توګه ترلاسه کړې ده.

د هرې موندنې علمي تفسیرونه

دلته د هرې موندنې تفسیر ارائه کیږي.

د ودانیو د چتونو ټول مساحت: ۱۲۸۶۴۱,۰۲ متر مربع. دا موندنه د Google Earth د فضایي انځورونو په مرسته ترلاسه شوه او د باران د اوبو د راټولولو د ظرفیت بنسټ جوړوي.

علمي تفسیر: په وچو او نیمه وچو سیمو؛ لکه کابل کې د چتونو مساحت د RRWH سیستم د بریالیتوب لپاره یو بنسټیز فکتور دی، ځکه چې د راټولولو سطحه مستقیماً اندازه کوي. پراخه مساحت د لوړو اوبو راټولولو زمینه برابروي، چې د دویمې څېړنیزې پوښتنې ځواب او د دویمې اصلي موخې (له باران څخه د غوره ګټې اخیستنې) ملاتړ کوي.

د باران د اوبو راټول شوی کلنی حجم: ۵۱۲۱۹,۸ متر مکعب. علمي تفسیر: دا حجم د کابل پوهنتون لپاره د ځمکې لاندې اوبو د بیاتغذیې لپاره د پام وړ ظرفیت ښیي ، تقریباً د یوه واړه ښارګوټي د اوبو اړتیا پوره کولی شي. د هایدرولوژي اصولو پر بنسټ، دومره حجم کولای شي د ځمکې لاندې اوبو سطحه پورته وساتي (لومړی اصلي موخه) او د اوبو پایښت تضمین کړي (دریمه اصلي موخه). تحلیل څرګندوي، چې حتی په اوسط اورښت سره هم دغه سیستم کولای شي د اوبو کمښت ستونزه تر ډېره حده حل کړي.

د GIS تحلیل پواسطه ټاکل شوي مناسب ځایونه. د کابل پوهنتون د سیمې د میلان (slope) نقشه ښیي، چې تیاره نیلي رنګ سیمې (۰,۰۰۱ - ۰,۳۸۸)، لکه د مرکزي کتابتون شاوخوا، د اوبو د جذب لپاره غوره سیمې دي، په داسې حال کې چې لوړ میلان لرونکې سیمې (۱,۷۵۴ - ۵,۵۶۴)، لکه د انجینرۍ پوهنځي جنوبي برخه، مناسبې نه دي.

علمي تفسير: د هايدرولوژي مطالعې ښيي، چې کم ميلان لرونکي ځايونه د اوبو نفوذ (infiltration) زياتوي او سطحي بهير (runoff) کموي. دا اصل د دريېمي څېړنيزې پوښتنې ځواب او د ځمکې لاندې اوبو د بياتغذيې لپاره يو قوي علمي بنسټ وړاندې کوي.

د پوښتنليکونو پايلې (ټولنيز ملاتړ). تقريباً ٪۱۰۰ ځواب ويونکو (استادانو، محصلينو او کارکوونکو) د اوبو کمښت تاييد کړی، ٪۱۰۰ يې د RRWH سيستم ملاتړ کړی، ٪۹۱ هغه د کمښت لپاره پايداره حل ګڼلی او ٪۱۰۰ يې خپله همکاري اعلان کړې. د مناسب ځای په توګه يې هم د چتونو ساحه وړانديز کړې ده.

علمي تفسير: دا پايلې د پروژې د ټولنيزو-اقتصادي ګټو ښکارندويه دي او د څلورمې څېړنيزې پوښتنې ځواب جوړوي. سروې د ذينفعانو د تيوري (Stakeholder Theory) له اصل سره سمون لري، چې له مخې يې د هرې چاپېريالي پروژې برياليتوب له ټولنيز ملاتړ پرته ناشونی دی.

۳,۴ د نورو څېړنو سره د پايلو پرتله (ورته والی او توپيرونه).

ورته والی

زموږ محاسبه شوی حجم (۵۱۲۱۹,۸ متر مکعب) د (Alataway & El Alfy, 2019) د پايلو سره سمون لري، چې په وچو سيمو کې يې د RRWH لوړ ظرفيت ښودلی و. همدارنګه (Noori & Singh, 2023) هم RRWH د ځمکې لاندې اوبو د بياتغذيې لپاره مؤثره ګڼي، چې زموږ د GIS ارزونې پايلې ورسره مطابقت لري. همدارنګه (Zaryab et al., 2024) د RRWH پر مټ د اوبو کيفيت ښه کېدو او د سطحې لوړېدو په اړه څېړنې کړې، چې زموږ چاپېريالي تفسير هم ورته پايله لري.

دا ورته والی څرګندوي، چې زموږ پايلې په نړيواله کچه منل شويو علمي موندنو سره همغږې دي.

توپيرونه

زموږ څېړنه لومړنۍ ځانګړې مطالعه ده، چې په کابل پوهنتون کې په سيستماتيک ډول د ودانيو د چتونو د باران د اوبو راټولولو او ځمکې لاندې اوبو د بيا ډکولو لپاره د GIS تحليل او ساحوي سروې په يوځای کولو ولاړه ده. له دې وړاندې د کابل پوهنتون لپاره دغه ډول هر اړخيزه څېړنه نه وه ترسره شوې. پر دې سربېره، زموږ کار د تخنيکي اړخونو تر څنګ پراخ ټولنيز-اقتصادي ملاتړ هم په علمي ډول مستند کړی، چې په نورو ورته څېړنو کې ډېر کم ليدل کېږي.

جامع تحلیل

د دې څېړنې موندنې یوازې تیوریکي ارزښت نه لري، بلکې د کابل پوهنتون او افغانستان لپاره یو عملي، پایښت لرونکی او له ټولنیز ملاتړ څخه برخمن حل وړاندې کوي. د چت د مساحت علمي اندازه کول، د اوبو د حجم دقیقه محاسبه، د GIS پر بنسټ د مناسب ځای ټاکنه او د ټولنې پراخ ملاتړ، ټول په ګډه د RRWH سیستم د عملي تطبیق لپاره یو پیاوړی بنسټ جوړوي. دا پروژه د اوبو کمښت ته د ارزانه او محلي ځواب په توګه د ځمکې لاندې اوبو سطحې پورته کولو، سېلابونو کمولو او چاپېریالي پایښت لپاره یوه اغېزمنه لاره ده. راتلونکي څېړونکي کولای شي د دې موندنو پر بنسټ اقتصادي تحلیلونه او عملي تطبیق ترسره کړي؛ څو دا حل په پراخه کچه وکارول شي.

پایله

دې څېړنې د کابل پوهنتون لپاره د ودانیو د چتونو د باران د اوبو راټولولو (RRWH) سیستم د ځمکې لاندې اوبو د بیاتغذیې لپاره د لومړي ځل لپاره په سیستماتیک او څو اړخیز ډول ارزونه وکړه. د GIS فضایي ارزونه، د NASA POWER اقلیمي معلوماتو او سیمه ییزې ټولنیزې سروې په یوځای کولو سره، دې کار یو داسې بشپړ او د تطبیق وړ ماډل رامنځته کړ، چې د کابل په څېر وچو او نیمه وچو ښاري چاپېریالونو کې د اوبو مدیریت ته یو نوی لید وړاندې کوي.

د دې کار اصلي علمي ونډه په لاندې ټکو کې نغښتې ده:

لومړی: د چت د سطحې د دقیق مساحت (۱۲۸۶۴۱ متر مربع) او د راټولېدونکو اوبو د کلني حجم (۵۱۲۱۹ متر مکعب) محاسبې ثابته کړه، چې د کابل د موجوده اورښت په شرایطو کې د ځمکې لاندې اوبو بیاتغذیه نه یوازې ممکنه، بلکې اغېزمنه ده.

دوهم: د GIS پر بنسټ د مناسب ځای ټاکنې کړنلاره (د میلان درجې ارزونې له لارې) د بیا ډکولو ځاګانو لپاره داسې یو تکرارېدونکی علمي چوکاټ جوړ کړ، چې په نورو مشابهو سیمو کې هم کارول کېدی شي.

دریم: د ټولنیز ملاتړ سروې (٪۱۰۰ ملاتړ او همکاري) دا روښانه کړه، چې د ذینفعانو ښکېلتیا – چې د Stakeholder Theory له مخې د هرې پایښت لرونکې پروژې بنسټ دی، د کابل پوهنتون په چاپېریال کې شتون لري او سیستم ته د عملي بڼې ورکولو لپاره زمینه برابره ده. دغه درې اړخیزه کړنلاره (فضایي-اقلیمي-ټولنیز) په وچو سیمو کې د RRWH څېړنو کې یوه تشه ډکوي، ځکه تر دې وړاندې ډېری

مطالعې یا تخنیکي محاسبې محدودې وې، یا یې ټولنیز اړخ او دقیق ځایي ارزونې له پامه غورځولې وې.

د دې موندنو عملي پایلې څرګندې دي:

د کابل پوهنتون اداره کولای شي د دې ماډل پر بنسټ د اوبو د پمپ کولو د انرژۍ لګښتونه د پام وړ را کم کړي، د ځمکې لاندې اوبو سطحې د لوړېدو له لارې د اوبو امنیت ته وده ورکړي او په ټولنه کې د اوبو د ساتنې کلتور ته د یوې عملي بېلګې په توګه خدمت وکړي. دا پایلې په مستقیم ډول د ملګرو ملتونو د پایښت لرونکي پرمختګ شپږم هدف (SDG 6: پاکې اوبه او حفظ الصحه) ملاتړ کوي او د افغانستان د اوبو او انرژۍ وزارت په څېر بنسټونو ته د پالیسۍ جوړونې لپاره علمي شواهد وړاندې کوي. د یادونې وړ ده، چې د دې سیستم تطبیق یوازې یوه تخنیکي حللاره نه، بلکې د اقلیمي بدلونونو په مقابل کې د انطباق یوه ستراتیژي هم ده، ځکه چې د سېلابونو مخنیوي او د اوبو د ضایعاتو کمولو له لارې د ښاري چاپېریال انعطاف منل زیاتوي.

وړاندیزونه

د راتلونکو څېړنو لپاره، د دې کار پر بنسټ لاندې لارښوونې وړاندیز کېږي:

۱. د RRWH سیستم اقتصادي تحلیل (لګښت-ګټه) او د تطبیق د لګښتونو دقیقه محاسبه.

۲. د تصفیه شویو اوبو د کیفیت هر اړخیزه ازموینه (pH، TDS، نایټریټ، درانه فلزات) او د ځمکې لاندې اوبو پر کیفیت یې اوږدمهاله اغېزې.

۳. د اقلیمي بدلونونو پر مهال د اورښت د بېلګو د بدلون پر بنسټ د سیستم د انعطاف منلو ارزونه.

۴. د کابل ښار په نورو پوهنتونونو او دولتي ادارو کې د دې ماډل د پراخ تطبیق لپاره ازمایښتي پروژې.

په ټولیز ډول دا څېړنه د افغانستان د لوړو زده کړو وزارت اړوند امارتي پوهنتونونو او مرکزونو کې د اوبو د پایښت لرونکي مدیریت لپاره یو علمي بنسټ بردي. که چېرې دا وړاندیزونه عملي شي کابل پوهنتون به نه یوازې د خپلو اوبو اړتیاوې پوره کړي، بلکې په ټول هېواد کې به د چاپېریالي مسؤلیت او علمي نوښت یوه نمونه وګرځي.

مننه او قدرداني

ددې څېړنې د ترسره کولو په بهیر کې ډېر شمېر کسانو زما ملاتړ او مرسته کړې ده، چې له امله یې دا کار په بریالیتوب سره بشپړ شـو. تر ټولو لومړی زه د خپل محترم اسـتاد او لارښـود ښـاغلي پوهندوی

احمد فواد احساس څخه د زړه له تله مننه کوم، چې د خپلې علمي لارښوونې، انتقادي نظرونو او تلپاتې هڅونې په مرسته يې ما ته د دې څېړنې د بشپړولو لپاره اړينې لارې چارې ښودلې دي او د دې څېړنې د تکميلولو په برخه کې يې ډېرې هڅې کړې دي.

همدارنګه د کابل پوهنتون د ټولو استادانو، محصلينو او کارکوونکو څخه د زړه له تله مننه کوم، چې د پوښتنليکونو په ډکولو کې يې برخه اخيستې او خپل ارزښتناک نظرونه يې شريک کړي.

په پای کې زه د خپلې کورنۍ څخه، په ځانګړي ډول له خپلو والدينو، وروڼو او خويندو څخه د زړه له تله مننه کوم، چې د دې څېړنې په ټوله موده کې يې زما ملاتړ او هڅونه کړې ده. دا کار به پرته له دوی ممکن نه وی.

د ليکوالانو ونډې

انجنير صـديق الله دانش: د څېړنې مفهومي جوړښـت، د پوښـتنليک ډيزاين، د سـاحوي معلوماتو راټولول، د GIS او NASA POWER تحليل، احصـايوي او کيفي ارزونه، د فورمولونو او جدولونو جوړول، د ټول متن ليکل اود لومړنۍ نسخې چمتو کول.

پوهندوی احمد فواد احساس: د څېړنې وړانديز په برخه کې همکاري او د څېړنې د پروسې څارنه ، د څېړنې د تګلارې په اړه لارښوونه، د مقالې مرور او سمون راوستنه او د پايلو په تفسير کې يې مرسته ترسره کړې ده.

دواړو ليکوالانو د مقالې وروستۍ بڼه وکتله او تاييد يې کړه.

د ګټو ټکر

ليکوالان څرګندوي، چې دوی هېڅ ډول د ګټو مخالفت نلري. هېڅ مالي، شخصي يا مسلکي اړيکې شتون نلري، چې د دې څېړنې يا د هغې د تفسير پر بهير اغېز ولري.

سرچیني

Alataway, A., & El Alfy, M. (2019). Rainwater harvesting and artificial groundwater recharge in arid areas: Case study in Wadi Al-Alb, Saudi Arabia. *Journal of Water Resources Planning and Management*, *145*(1),05018017. https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0001009

AquaOso. (2021, February 9). How to conserve water in agriculture: Groundwater recharge. Link

Google. (n.d.). *Google Earth* [Computer software]. Link

International Committee of the Red Cross. (2023). *Afghanistan: Addressing the water crisis for communities*. Link

JK Cement. (2023, September 14). Rainwater harvesting techniques. Link

Kabul Now. (2024, October 29). UNICEF warns Kabul’s groundwater may run dry by 2030, calls for urgent action. Link

NASA. (n.d.). *NASA Prediction of Worldwide Energy Resources (POWER).* Link

Noori, A. R., & Singh, S. K. (2023). Rainfall assessment and water harvesting potential in an urban area for artificial groundwater recharge with land use and land cover approach. *Water Resources Management*, *37*(13), 5215–5235. https://doi.org/10.1007/s11269-023-03602-0

Rahimi, O., & Murakami, K. (2018). Analysis of rooftop rainwater harvesting in Kabul New City: A case study for family houses and educational facilities. *Open Journal of Civil Engineering*, *8*(2), 155–165. https://doi.org/10.4236/ojce.2018.82013

Rainwater Harvesting. (2022, January 20). 5 reasons why rainwater harvesting is important. Link

Renewable Energy Hub. (2026, January 14). History of rainwater harvesting. Link

Taher, J. K., Nasimi, M. N., Nasimi, M. N., & Boyce, S. E. (2022). Identifying suitable sites for rainwater harvesting using GIS and Multi-Criteria Decision Making techniques in Badghis Province of Afghanistan. *Central Asian Journal of Water Research*, *8*(2), 46– https://doi.org/10.29258/CAJWR/2022-R1.v8-2/46-69.eng

United Nations. (2025). *World Urbanization Prospects 2025.* Link

United Nations Environment Programme. (2009). *Rainwater harvesting: A lifeline for human well-being*. Link

Zaryab, A., Jamal, M. Z., & Zaki, H. (2024). Groundwater recharge in the Kabul Plain (Afghanistan) through rainwater harvesting. (Eds.), *Managed Groundwater Recharge and Rainwater Harvesting* (pp. 339–355). https://doi.org/10.1007/978-981-99-8757-3_15