



## Impacts of Water Runoff during Heavy Rainfall in the HouayKhan Catchment, XiengNgeun District

Sayasone Thongmany<sup>1</sup>, Pone Salimath<sup>2</sup>, and KhamKo Thammavong<sup>3</sup>  
Faculty of Agriculture and Forest Resource, Souphanouvong University

### Correspondence:

<sup>1</sup>Sayasone Thongmany  
Provincial Agriculture and  
Environment Office  
Luang Prabang,  
Tel: +856 20 99529993,  
E-mail:  
[sthongmany@yahoo.com](mailto:sthongmany@yahoo.com)

### Article Info:

Submitted: March 16, 2026

Revised: April 3, 2026

Accepted: May 19, 2026

### Abstract

This study aimed to analyze the relationship between rainfall, streamflow, and changes in physical (SSL, Turbidity, Temperature) and biological (*E. coli*) water quality in XaingNgeun District, Luang Prabang Province. Data collection was conducted using an automated monitoring system, including a CR800 Datalogger and an ISCO automated water sampler, to monitor three distinct conditions: low intensity rainfall (20 mm/h), moderate rain (40-80 mm/h), and heavy rain (150 mm/h). The results indicate that rainfall is the primary driver significantly controlling water quality fluctuations ( $p < 0.0001$ ). During heavy rain events, streamflow increased rapidly to 80 m<sup>3</sup>/s, causing turbidity to exceed 3,500 NTU and Suspended Sediment Load (SSL) to peak at 60 g/l due to intense soil erosion in steep terrain. Biologically, *E. coli* contamination increased substantially, with mean concentrations exceeding 30,000 MPN/100 ml and occasionally reaching 100,000 MPN/100 ml during the "effect" period. Additionally, rainfall events triggered a sudden decrease in water temperature and reduced Electrical Conductivity (EC) due to the dilution effect of rainwater. The study confirms that suspended sediments act as a major carrier for pathogens entering the waterway. These findings highlight the public health risks for communities relying on surface water during the rainy season. This data provides a crucial foundation for sustainable water and land management planning, flash flood forecasting, the design of water treatment systems, and the development of public health warning systems for downstream communities in the Nam Khan stream.

**Keywords:** Rainfall, *E. coli*, Suspended Sediment, Water Quality.

### 1. ພາກສະເໜີ

ແຂວງຫຼວງພະບາງ ຕັ້ງຢູ່ທາງພາກຕາເວັນຕົກສຽງເໜືອ ຂອງ ສປປ ລາວ ເຊິ່ງເປັນພື້ນທີ່ທີ່ມີລັກສະນະພູມສັນຖານສ່ວນໃຫຍ່ເປັນພູຜາສູງ ແລະ ມີປ່າໄມ້ປົກຫຸ້ມຫຼາຍ

ຮູບແບບຕັ້ງແຕ່ທົ່ງຫຍ້າຈົນເຖິງປ່າດົງດິບ (FAO, MONRE and MAF, 2022). ສະພາບພູມອາກາດຂອງພື້ນທີ່ນີ້ ຢູ່ພາຍໃຕ້ອິດທິພົນຂອງລົມມໍລະສຸມຕາເວັນຕົກສຽງໃຕ້ ເຮັດໃຫ້ມີລະດູຝົນເລີ່ມແຕ່ເດືອນພຶດສະພາ ຫາ



ເດືອນກັນຍາ ໂດຍມີປະລິມານນໍ້າຝົນສູງສຸດໃນເດືອນສິງຫາ ແລະ ກັນຍາ ເຊິ່ງສະເລ່ຍປະມານ 320.16 mm. ລັກສະນະທາງອຸທິກກະສາດທີ່ຜັນແປຕາມລະດູການນີ້ ເປັນປັດໄຈຫຼັກທີ່ຄວບຄຸມທັງປະລິມານ ແລະ ຄຸນນະພາບນໍ້າໃນແມ່ນໍ້າທໍາມະຊາດ (Walling, 1977). ໃນຊ່ວງທີ່ຝົນຕົກໜັກໄລຍະເວລາສັ້ນໆ ມັກຈະພາໃຫ້ເກີດການຊະລ້າງ ແລະ ກັດເຊາະໜ້າດິນຢ່າງຮຸນແຮງ ໂດຍສະເພາະໃນເຂດເນີນສູງເນື່ອງຈາກຄວາມສາມາດໃນການດູດຊຶມນໍ້າລົງສູ່ໃນດິນຫຼຸດລົງ (Patin et al., 2012). ຂະບວນການນີ້ເຮັດໃຫ້ເກີດການພັດພາຕະກອນແຂວນລອຍລົງສູ່ແຫຼ່ງນໍ້າ ສິ່ງຜົນໃຫ້ນໍ້າມີຄວາມຊຸ່ນສູງຢ່າງໄວວາ (Lal, 2001). ໃນໄລຍະເວລາຝົນຕົກ ດິນຊື່ນໜ້າຈະໄຫຼລົງມາສູ່ຫ້ວຍ ປະສົມກັບການໄຫຼຂອງນໍ້າໃຕ້ດິນ ເຊິ່ງໄດ້ກາຍເປັນປັດໄຈຕົ້ນຕໍທີ່ເຮັດໃຫ້ນໍ້າຫ້ວຍໄຫຼນອງ (Boithias et al., 2021; Ribolzi et al., 2018). ການສູນເສຍໜ້າດິນບໍ່ພຽງແຕ່ເຮັດໃຫ້ດິນກະສິກໍາຊຸດໂຊມ ແລະ ສູນເສຍທາດອາຫານທີ່ຈໍາເປັນ (Hillel, 2003) ແຕ່ຕະກອນເຫຼົ່ານີ້ຍັງເປັນພາຫະທີ່ສໍາຄັນໃນການພັດພາສານພິດ, ຢາປາບສັດຕູພິດ, ຜຸ່ນເຄມີ (Pimentel et al., 1995) ແລະ ເຊື້ອຈຸລິນຊີ ເຊັ່ນ *Escherichia coli* (*E. coli*) ເຊິ່ງມັກຈະເຄື່ອນຍ້າຍໄປພ້ອມກັບອະນຸພາກຕະກອນ (Pachepsky & Shelton, 2011). ໂດຍສະເພາະກິດຈະກຳຂອງສັດ ແລະ ການນໍາໃຊ້ທີ່ດິນຂອງປະຊາຊົນຢູ່ແຄມຫ້ວຍ ແມ່ນມີບົດບາດສໍາຄັນໃນການເພີ່ມມົນລະພິດຂອງນໍ້າໜ້າດິນຫຼາຍຂຶ້ນ (Nakhle et al., 2021). ການຊະລ້າງໃນຊ່ວງທໍາອິດຂອງການໄຫຼ ແມ່ນຊ່ວງເວລາທີ່ເຊື້ອພະຍາດຈາກອາຈິມ (Faecal Pathogen Bacteria - FPB) ມີຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນສູງສຸດ (Bertrand-Krajewski et al., 1998). ການປົນເປື້ອນເຫຼົ່ານີ້ ບວກກັບການປ່ຽນແປງຂອງອຸນຫະພູມນໍ້າທີ່ຜັນແປຕາມປະລິມານນໍ້າຝົນໃໝ່ (Webb & Walling, 1992), ສິ່ງຜົນກະທົບໂດຍກົງຕໍ່ລະບົບນິເວດແມ່ນໍ້າ ແລະ ສ້າງຄວາມສ່ຽງຢ່າງຫຼວງຫຼາຍຕໍ່ສຸຂະພາບຂອງຊຸມຊົນທີ່ຊົມໃຊ້ນໍ້າຢູ່ເຂດຕົ້ນນໍ້າ ແລະ ປາຍນໍ້າ. ເພື່ອຫຼຸດຜ່ອນຜົນກະທົບຈາກການເຊາະເຈື່ອນ ແລະ ການປົນເປື້ອນ, ການວາງແຜນການນໍາໃຊ້ທີ່ດິນທີ່ຍືນຍົງ ແລະ ການນໍາໃຊ້ເຕັກນິກຄຸ້ມຄອງນໍ້າ

ແລະ ດິນທີ່ເໝາະສົມແມ່ນມີຄວາມຈໍາເປັນ. ເຖິງວ່າຈະມີການສຶກສາກ່ຽວກັບການສູນເສຍໜ້າດິນໃນເຂດເນີນສູງມາແລ້ວ (Phimmalath et al., 2024), ແຕ່ການເຂົ້າເຖິງຂໍ້ມູນທີ່ເຊື່ອມໂຍງລະຫວ່າງຄວາມແຮງຂອງຝົນ ກັບການປ່ຽນແປງຄຸນນະພາບນໍ້າທາງຊີວະພາບໃນຜື່ນທີ່ຮັບນໍ້າສະເພາະ ຍັງມີຈໍາກັດ. ດັ່ງນັ້ນ, ເພື່ອຊອກຫາວິທີການບັນເທົາບັນຫາ ເຊັ່ນ ການປູກພືດປົກຄຸມດິນ (Oshunsanya & Aliku, 2017), ການສ້າງລະບົບຊົນລະປະທານທີ່ມີປະສິດທິພາບ (Fay et al., 2012) ຫຼື ການນໍາໃຊ້ວັດຖຸທໍາມະຊາດເພື່ອຍືດດິນ (Materials et al., 2013), ດັ່ງນັ້ນ, ການສຶກສາຄັ້ງນີ້ຈຶ່ງມີຈຸດປະສົງ ເພື່ອປະເມີນຜົນກະທົບຂອງການຊະລ້າງໜ້າດິນຕໍ່ຄຸນນະພາບນໍ້າ ແລະ ການປົນເປື້ອນຂອງເຊື້ອຈຸລິນຊີ ໂດຍເນັ້ນໃສ່ການສຶກສາການປ່ຽນແປງຂອງຄ່າທາງກາຍະພາບ (ຄວາມຊຸ່ນ, ຕະກອນ), ຄ່າທາງເຄມີ (EC, ອຸນຫະພູມ) ແລະ ການເພີ່ມຂຶ້ນຂອງເຊື້ອ *E. coli* ໃນຊ່ວງເວລາທີ່ມີຝົນຕົກແຕກຕ່າງກັນ.

**2. ອຸປະກອນ ແລະ ວິທີການ**

**2.1 ອຸປະກອນ ແລະ ເຄື່ອງມືທົດລອງ**

- ເຄື່ອງມືກັກເກັບຕະກອນດິນ (Gerlach tough)
- ຖັງຢາງເກັບນໍ້າຂະໜາດ 150 L ໃຊ້ເກັບປະລິມານນໍ້າທັງໝົດທີ່ໄຫຼເຂົ້າກັບດັກ (Gerlach).
- ຄູຕັກນໍ້າເພື່ອຄໍານວນປະລິມານນໍ້າໃນແຕ່ລະຄັ້ງ
- ຕຸກນໍ້າດີ່ມຂະໜາດບັນຈຸ 650 ml ໃຊ້ເພື່ອນໍາເອົາຕົວຢ່າງໄປວິເຄາະຢູ່ຫ້ອງທົດລອງ.
- ເຈ້ຍຕອງ (Filter)
- ຊິງຊິ່ງນໍ້າໜັກຕະກອນດິນ Automatic.
- ຕູ້ອົບດິນ (Oven)
- ເຄື່ອງວັດຄ່າຊັກນໍາໄຟຟ້າ (Electric Conductivity), ອຸນຫະພູມຂອງນໍ້າ (Temperature) ຫຍິ້ງທີ່ Fisher Scientific “accumet” AE6.



## 2.2 ສະຖານທີ່

ການສຶກສາຄັ້ງນີ້ໄດ້ຈັດຕັ້ງປະຕິບັດຢູ່ທີ່ ຫ້ວຍຂັນ, ບ້ານປາກຂັນ, ເມືອງຊຽງເງິນ, ແຂວງຫຼວງພະບາງ.

## 2.3 ການອອກແບບ ແລະ ວາງຜັງການທົດລອງ

ການສຶກສາຄັ້ງນີ້ແມ່ນໄດ້ຕິດຕາມ ແລະ ເກັບກຳຂໍ້ມູນ ໃນຮູບແບບຕໍ່ເນື່ອງ ໂດຍແບ່ງອອກເປັນ 3 ຄັ້ງ ຄື ຄັ້ງທີ 1: ຝົນຕົກນ້ອຍ ຄັ້ງທີ 2: ຝົນຕົກປານກາງ ແລະ ຄັ້ງທີ 3: ຝົນຕົກແຮງ ຫຼັງຈາກນັ້ນອັບໂຫຼດຂໍ້ມູນ ໂດຍໃຊ້ໂປຣແກຣມ HYDRAS 3

## 2.4 ວິທີການ

### 2.4.1 ການວັດແທກລະດັບນ້ຳ (Pressure)

ເຊັນເຊີວັດແທກລະດັບນ້ຳ (Pressure Sensor) ໃຊ້ສຳລັບວັດແທກລະດັບຄວາມເລິກຂອງນ້ຳໂດຍການຕິດຕັ້ງໄວ້ໃຕ້ນ້ຳໃນຈຸດທີ່ຄົງທີ່ ເພື່ອໃຫ້ມັນສົ່ງສັນຍານແຮງດັນຂອງມວນນ້ຳທີ່ກົດທັບມາເປັນຄ່າຄວາມເລິກ. ສ່ວນ ເຄື່ອງວັດແທກປະລິມານນ້ຳທີ່ໄຫຼ (Stream flow Gauges) ແມ່ນໃຊ້ເພື່ອຕິດຕາມປະລິມານການເຄື່ອນທີ່ຂອງນ້ຳໃນລຳຫ້ວຍ, ໂດຍອາໄສການຄິດໄລ່ຈາກລະດັບນ້ຳ ແລະ ຄວາມໄວຂອງກະແສນ້ຳ ເພື່ອປະເມີນບໍລິມານນ້ຳທີ່ໄຫຼຜ່ານໜ້າຕັດໃນແຕ່ລະຊ່ວງເວລາ.

### 2.4.2 ການວັດແທກລະດັບນ້ຳຝົນ

ອຸປະກອນນີ້ໃຊ້ສຳລັບເກັບກຳຂໍ້ມູນປະລິມານນ້ຳຝົນທີ່ຕົກລົງມາໃນພື້ນທີ່ ວິທີການນຳໃຊ້ແມ່ນຕິດຕັ້ງໄວ້ໃນບ່ອນກາງແຈ້ງທີ່ບໍ່ມີສິ່ງກົດຂວາງ; ເມື່ອຝົນຕົກລົງໃນຈອຍຮັບນ້ຳ, ລະບົບ Tipping Bucket ພາຍໃນຈະເຮັດວຽກໂດຍການຊັ່ງນ້ຳໜັກ ແລະ ບັນທຶກຈຳນວນຄັ້ງທີ່ນ້ຳເຕັມຖັງນ້ອຍໆ ເປັນຄ່າ ມິນລີແມັດ (mm) ແບບຮຽລທາມ (Real-time).

### 2.4.3 ວັດແທກອຸນຫະພູມ (Temperature) ແລະ ການຊັກນຳໄຟຟ້າ (Electric Conductivity)

ເຊັນເຊີວັດແທກອຸນຫະພູມ ຈະຖືກຈຸ່ມລົງໃນນ້ຳເພື່ອວັດແທກຄ່າອຸນຫະພູມຂອງນ້ຳ ເຊິ່ງສົ່ງຜົນຕໍ່ລະບົບນິເວດ ແລະ ປະຕິກິລິຍາເຄມີ. ໃນຂະນະດຽວກັນ, ເຊັນເຊີການຊັກນຳໄຟຟ້າ (EC Sensor) ຈະວັດແທກຄວາມສາມາດຂອງນ້ຳໃນການສົ່ງກະແສໄຟຟ້າ ເຊິ່ງເປັນຕົວບົ່ງ

ບອກເຖິງປະລິມານແຮ່ທາດ ຫຼື ສານລະລາຍທີ່ເຈືອປົນຢູ່ໃນນ້ຳ; ທັງສອງອຸປະກອນນີ້ມັກຈະເຮັດວຽກຮ່ວມກັນເພື່ອວິເຄາະຄຸນນະພາບນ້ຳເບື້ອງຕົ້ນ.

CR800 Data logger ເຮັດໜ້າທີ່ເປັນ "ສະໜອງ" ຂອງລະບົບຕິດຕາມກວດກາ. ວິທີການນຳໃຊ້ແມ່ນການເຊື່ອມຕໍ່ສາຍສັນຍານຈາກເຊັນເຊີທຸກຊະນິດ (ລະດັບນ້ຳ, ຝົນ ແລະ EC) ເຂົ້າມາຫາຕົວເຄື່ອງ. ມັນຈະເຮັດໜ້າທີ່ປະມວນຜົນ, ບັນທຶກຄ່າຕາມໄລຍະເວລາທີ່ກຳນົດ ແລະ ສາມາດສົ່ງຂໍ້ມູນຜ່ານລະບົບເຄືອຂ່າຍໄປຫາຖານຂໍ້ມູນສູນກາງໄດ້ຢ່າງອັດຕະໂນມັດ.

ອຸປະກອນນີ້ຖືກນຳໃຊ້ເພື່ອເກັບຕົວຢ່າງນ້ຳໄວ້ວິໄຈໃນຫ້ອງທົດລອງໂດຍບໍ່ຕ້ອງໃຊ້ຄົນໄປຕັກ. ມັນສາມາດຕັ້ງໂປຣແກຣມໃຫ້ດູດນ້ຳເກັບໄວ້ໃນຕຸກຕາມເວລາທີ່ກຳນົດ (ເຊັ່ນ: ທຸກໆ 2 ຊົ່ວໂມງ) ຫຼື ໃຫ້ມັນເຮັດວຽກເມື່ອເກີດເຫດການສະເພາະ ເຊັ່ນ: ເວລາລະດັບນ້ຳສູງຂຶ້ນຜິດປົກກະຕິ ເພື່ອໃຫ້ໄດ້ຕົວຢ່າງນ້ຳທີ່ເປັນຕົວແທນຂອງຄຸນນະພາບນ້ຳໃນຊ່ວງເວລານັ້ນໆ.

### 2.4.4 ການເກັບຕະກອນດິນ (Sediment) ແລະ ເຊື້ອ *E. coli*

ການວິເຄາະຕະກອນດິນ ຈະໃຊ້ອຸປະກອນເກັບຕົວຢ່າງຕະກອນ (Sediment Sampler) ເພື່ອວັດແທກປະລິມານດິນທີ່ໄຫຼມາກັບນ້ຳ. ສ່ວນການກວດເຊື້ອ *E. coli*, ຈະຕ້ອງໃຊ້ຊຸດທົດສອບພາກສະໜາມ ຫຼື ການເກັບຕົວຢ່າງນ້ຳທີ່ສະອາດປາສະຈາກການປົນເປື້ອນ ເພື່ອນຳໄປເພາະເຊື້ອໃນຫ້ອງທົດລອງ ໂດຍໃຊ້ຕູ້ປົ່ມ (Incubator) ເພື່ອນັບຈຳນວນຈຸລິນຊີທີ່ເປັນຕົວຊີ້ບອກເຖິງການປົນເປື້ອນຈາກສິ່ງປະຕິກຸນ.

## 2.5 ການວິເຄາະຂໍ້ມູນ

ການວິເຄາະຂໍ້ມູນທາງສະຖິຕິໃຊ້ດ້ວຍໂປຼແກຣມ SPSS (IBM SPSS Statistics 20). ໃນການວິເຄາະຫາຄ່າ ສະເລ່ຍ ແລະ ຄວາມແບບປ່ວນ (ANOVA) ລະດັບຄວາມເຊື່ອໝັ້ນ 95% ແລະ ວິເຄາະຄວາມສຳພັນດ້ວຍລະບົບ XLSTAT 2022.2.1.1294 - Graphiques univariés/Microsoft Excel 16.64814.

## 3. ຜົນໄດ້ຮັບ



### 3.1 ປະລິມານນ້ຳຝົນ (Rain fall)

ຝົນເປັນປັດໃຈຫຼັກທີ່ຄວບຄຸມອັດຕາການໄຫຼຂອງນ້ຳ ແລະ ປະລິມານນ້ຳ ເຊິ່ງສາມາດປະເມີນໄດ້ ເປັນ 3 ຊ່ວງທີ່ແຕກຕ່າງກັນຄື ຝົນຕົກໃນປະລິມານໜ້ອຍ ປະລິມານນ້ຳຝົນສະເລ່ຍ 20 mm/h, ຝົນຕົກໃນປະລິມານໜ້ອຍຫາປານກາງ ປະລິມານນ້ຳຝົນສະເລ່ຍ 40 - 80 mm/h ແລະ ຝົນຕົກໜັກທີ່ສຸດປະລິມານນ້ຳຝົນສະເລ່ຍ 150 mm/h .ຊ່ວງທີ່ມີຝົນຕົກໜັກປະລິມານນ້ຳໄຫຼຈະເພີ່ມຂຶ້ນຢ່າງວ່ອງໄວ ເຊິ່ງຄ່າຈຸດສູງສຸດຂອງປະລິມານນ້ຳຝົນ ແລະ ຈຸດສູງສຸດຂອງການໄຫຼຂອງນ້ຳ ແມ່ນຊ່ວງເວລາດຽວກັນ ສິ່ງນີ້ສະທ້ອນໃຫ້ເຫັນວ່າພື້ນທີ່ຮັບນ້ຳມີຄວາມຊັນສູງ ຫຼື ມີລັກສະນະທາງກາຍະພາບທີ່ເຮັດໃຫ້ເກີດການເຊາະເຈື່ອນຂອງໜ້າດິນ. ຫຼັງຈາກຝົນຢຸດຕົກອັດຕາການໄຫຼຈະຄ່ອຍໆຫຼຸດລົງຂ້ອນຂ້າງຊ້າ ສະແດງໃຫ້ເຫັນເຖິງການລະບາຍນ້ຳຈາກຊັ້ນດິນ ແລະ ນ້ຳໃຕ້ດິນ ທີ່ມີຄວາມສຳຄັນໃນການເກັບຮັກສາລະດັບນ້ຳຂອງນ້ຳຫ້ວຍໃນຊ່ວງທີ່ຝົນຢຸດຕົກ (ຮູບພາບ 1).

### 3.2 ອຸນຫະພູມນ້ຳ (Temperature)

ອຸນຫະພູມນ້ຳໃນສະພາວະປົກກະຕິມີການຜັນແປຕາມຮອບວຽນວັນ ມີຄ່າຂຶ້ນລົງຢ່າງຊັດເຈນ ໃນຮອບ 24 ຊົ່ວໂມງ ລະຫວ່າງ 24° - 31 °C. ຝົນຕົກໃນແຕ່ລະຊ່ວງ ຄື ປະລິມານນ້ຳຝົນສະເລ່ຍ 20 40 - 80 ແລະ 150 mm/h ຈະພົບເຫັນການຫຼຸດລົງຂອງອຸນຫະພູມຢ່າງວ່ອງໄວ ເກີດຈາກມີປະລິມານນ້ຳຝົນຈຳນວນຫຼາຍ ເຊິ່ງອຸນຫະພູມຂອງນ້ຳຝົນຕໍ່າກວ່ານ້ຳໃນຫ້ວຍຂັນ ຫຼັງຈາກຊ່ວງນ້ຳຫຼາຍຜ່ານໄປ ແລະ ອັດຕາການໄຫຼຫຼຸດລົງ ອຸນຫະພູມນ້ຳຈະປັບສູ່ສະພາບປົກກະຕິຢ່າງວ່ອງໄວ ແລະ ຈະກັບມາຜັນແປຕາມຮອບວຽນວັນຄືເກົ່າ ແລະ ຊ່ວງປະລິມານນ້ຳຝົນຕໍ່າສຸດ ອຸນຫະພູມນ້ຳເພີ່ມສູງຂຶ້ນຮອດ 30 °C ທັນທີພາຍຫຼັງຝົນຢຸດຕົກ (ຮູບພາບ 2).

### 3.3 ຄ່າຊັກນ້ຳໄຟຟ້າ (Electrical Conductivity)

ຜົນການສຶກສາສະແດງໃຫ້ເຫັນຮູບແບບຄວາມສຳພັນຄື ໃນຊ່ວງເວລາຝົນຕົກປະລິມານນ້ຳຝົນເພີ່ມຂຶ້ນ ຄ່າ EC ຈະຫຼຸດລົງທັນທີ ແລະ ທຸກຄັ້ງ ໃນຊ່ວງປະລິມານນ້ຳຝົນສະເລ່ຍ 20 40 - 80 ແລະ 150 mm/h ການຫຼຸດລົງຂອງ EC ໃນຊ່ວງນ້ຳຫຼາຍ ສາເຫດຈາກນ້ຳຝົນທີ່ມີຄ່າ EC

ຕໍ່າ ໄດ້ໄຫຼລົງສູ່ແມ່ນ້ຳ ເຮັດໃຫ້ເກີດການເຈື່ອຈາງຂອງສານລະລາຍທີ່ມີຢູ່ໃນແມ່ນ້ຳເດີມ ແລະ ຄ່າ EC ຈະຄ່ອຍໆເພີ່ມສູງຂຶ້ນ ແລະ ກັບຄືນສູ່ລະດັບເດີມກ່ອນເກີດເຫດການຝົນຕົກ ການເພີ່ມຂຶ້ນນີ້ສະແດງໃຫ້ເຫັນວ່າ ນ້ຳໃຕ້ດິນ ຫຼື ນ້ຳຫ້ວຍ ມີຄ່າ EC ສູງກວ່ານ້ຳຝົນ ເນື່ອງຈາກມີການລະລາຍຂອງແຮ່ທາດຈາກຊັ້ນດິນ ແລະ ຫີນ (ຮູບພາບ 3).

### 3.4 ຄວາມຂຸ່ນ (Turbidity)

ຄວາມຂຸ່ນມີຄວາມສຳພັນໃນທິດທາງດຽວກັນກັບປະລິມານນ້ຳໄຫຼ ປະລິມານນ້ຳຝົນສະເລ່ຍ 20 ແລະ 150 mm/h, ຄ່າຄວາມຂຸ່ນຈະສູງຂຶ້ນທັນທີເມື່ອມີຝົນຕົກ ເນື່ອງຈາກ ນ້ຳພັດພາຕະກອນມາຜ່ອມ. ປະລິມານນ້ຳຝົນສະເລ່ຍ 150 mm/h ເປັນຊ່ວງທີ່ມີຝົນຕົກໜັກ ປະລິມານການໄຫຼຂອງນ້ຳສູງເຖິງ 80 m<sup>3</sup>/s ເຮັດໃຫ້ຄ່າຄວາມຂຸ່ນສູງເກີນ 3,500 NTU. ເຖິງວ່າປະລິມານນ້ຳຈະຫຼຸດລົງແລ້ວ ແຕ່ຄ່າຄວາມຂຸ່ນຍັງຄົງຕົວຢູ່ໃນລະດັບສູງ (500 - 1,000 NTU) ສະແດງໃຫ້ເຫັນວ່ານ້ຳມີຕະກອນລະອຽດ ເຊັ່ນ: ດິນໜຽວ ຕົກຄ້າງ ແລະ ແຂວນລອຍຢູ່ໃນນ້ຳດິນກວ່າປົກກະຕິ. ຄວາມຂຸ່ນເປັນຕົວບັງຊີ້ທີ່ດີ ແລະ ສະທ້ອນເຖິງຄວາມຮຸນແຮງຂອງການຊະລ້າງດິນ ແລະ ຕະກອນເຫຼົ່ານີ້ຍັງເປັນພາຫະນຳພາທາດອາຫານ ແລະ ເຊື້ອ *E. coli* ຕິດມາຜ່ອມ (ຮູບພາບ 4).

### 3.5 ຕະກອນດິນ (Suspended Sediment Load)

ຕະກອນ ແລະ ປະລິມານການໄຫຼຂອງນ້ຳ ມີຄວາມສຳພັນກັນ ແລະ ເກີດຂຶ້ນພ້ອມກັບການປ່ຽນແປງຂອງປະລິມານນ້ຳໄຫຼ ເມື່ອອັດຕາການໄຫຼຂອງນ້ຳເພີ່ມຂຶ້ນ ຄ່າ SSL ຈະເພີ່ມສູງຂຶ້ນ ສະແດງວ່າຕະກອນສ່ວນໃຫຍ່ຖືກຊະລ້າງມາຈາກໜ້າດິນ ໂດຍນ້ຳຝົນ ແລະ ຖືກພັດພາໄປໃນກະແສນ້ຳ. ປະລິມານນ້ຳຝົນສະເລ່ຍ 40 - 80 mm/h ຄ່າ SSL ສູງສຸດປະມານ 30 g/l ທີ່ອັດຕາການໄຫຼປະມານ 50 m<sup>3</sup>/s, ປະລິມານນ້ຳຝົນສະເລ່ຍ 20 mm/h ຝົນຕົກໜ້ອຍ SSL ມີຄ່າ 20 g/l ແລະ ປະລິມານນ້ຳຝົນສະເລ່ຍ 150 mm/h ມີຝົນຕົກໜັກ SSL ມີຄ່າ 60 g/l. ສະແດງໃຫ້ເຫັນວ່າ ຄວາມແຮງຂອງການໄຫຼເພີ່ມຂຶ້ນ ການພັດພາຕະກອນກໍ່ຈະເພີ່ມຂຶ້ນຕາມ ເມື່ອປະລິມານນ້ຳໄຫຼເລີ່ມຫຼຸດ



ລົງ SSL ຄ່າຈະຫຼຸດລົງ. ຕະກອນສ່ວນໃຫຍ່ມີນ້ຳໜັກ ສູງ ເຊັ່ນ: ຊາຍລະອຽດ ຫຼື ດິນຊາຍ ທີ່ສາມາດຕົກຕະກອນໄດ້ ໄວເມື່ອຄວາມໄວຂອງກະແສນ້ຳຫຼຸດລົງ (ຮູບພາບ 5).

### 3.6 ເຊື້ອພະຍາດ *E. coli*

ໄລຍະປົກກະຕິ ປະລິມານ *E. coli* ມີຄ່າຕໍ່າ ແລະ ຄົງ ທີ່ ປະມານ 2,000 - 4,000 MPN/100 ml ເຊິ່ງເປັນຄ່າ ຜົນຖານຂອງນ້ຳຫ້ວຍ. ໄລຍະນ້ຳຫຼາຍ ປະລິມານ *E. coli* ເພີ່ມຂຶ້ນຢ່າງຫຼວງຫຼາຍ ໂດຍມີຄ່າສະເລ່ຍ (Mean) ສູງກວ່າ 30,000 MPN/100 ml ແລະ ບາງຄັ້ງສູງຮອດ 100,000 MPN/100 ml. ການກະຈາຍຂອງຂໍ້ມູນແມ່ນກວ້າງສະແດງ ເຖິງຄວາມຜັນແປຕາມຄວາມຮຸນແຮງຂອງຝົນຕົກ. ປະລິມານນ້ຳຝົນສະເລ່ຍ 40 - 80 mm/h ມີການເພີ່ມຂຶ້ນ ຂອງເຊື້ອ *E. coli* ໃນຊ່ວງເລີ່ມຕົ້ນຂອງຝົນຕົກ ເຊິ່ງນ້ຳຝົນ ໄດ້ຊະລ້າງເຊື້ອພະຍາດທີ່ສະສົມຢູ່ໜ້າດິນລົງສູ່ແຫຼ່ງນ້ຳ ປະລິມານນ້ຳຝົນສະເລ່ຍ 150 mm/h ເຖິງວ່າຈະມີຝົນຕົກ ໜັກ ແຕ່ຄ່າ *E. coli* ພັດຕ່ຳກວ່າ ຫຼື ໃກ້ຄຽງກັບເຫດການ ກ່ອນໜ້າ ສິ່ງນີ້ອາດເກີດຈາກ ເຊື້ອຈຸລິນຊີໃນອ່າງຮັບນ້ຳຖືກ ຊະລ້າງໄປຫຼາຍແລ້ວໃນເຫດການກ່ອນໜ້ານີ້. ນ້ຳຝົນແມ່ນ ປັດໄຈຫຼັກທີ່ເຮັດໃຫ້ຄຸນນະພາບນ້ຳທາງຊີວະຫຼຸດລົງໃນພື້ນທີ່ ການເພີ່ມຂຶ້ນຂອງ *E. coli* ມີຄວາມສຳພັນກັບປະລິມານ ການໄຫຼຂອງນ້ຳ ແລະ ການຊະລ້າງໜ້າດິນ ຈາກຂໍ້ມູນທີ່ໄດ້ ລະຫວ່າງຊ່ວງເວລາປົກກະຕິ ແລະ ໄລຍະມີຝົນຕົກຜົນການ ວິເຄາະທາງສະຖິຕິສະແດງໃຫ້ເຫັນຄວາມແຕກຕ່າງຢ່າງມີໄນ ຍະສຳຄັນ ( $p < 0.0001$ ) (ຮູບພາບ 6).

### 4. ວິພາກຜົນ

ຈາກການສຶກສາໃນຊ່ວງທີ່ບໍ່ມີຝົນຕົກ, ຝົນຕົກປານ ກາງ ແລະ ຝົນຕົກໜັກ ໂດຍວິເຄາະຈາກການເກັບກຳຂໍ້ມູນ ທາງລະບົບອຸທິກກະສາດ, ປະລິມານນ້ຳໄຫຼ, ການພັດພາ ຕະກອນ ມີຜົນກະທົບຈາກປະລິມານນ້ຳຝົນ. ຜົນການສຶກສາ ຊີ້ໃຫ້ເຫັນວ່າ ປະລິມານນ້ຳຝົນ ແມ່ນຕົວແປຫຼັກທີ່ຄວບຄຸມ ການປ່ຽນແປງຂອງຄຸນນະພາບນ້ຳ ແລະ ລະບົບອຸທິກກະສາດ ໃນພື້ນທີ່ສຶກສາ. ເມື່ອເກີດຝົນຕົກ, ອັດຕາການໄຫຼຂອງນ້ຳ ຈະເພີ່ມຂຶ້ນຢ່າງວ່ອງໄວ ສອດຄ່ອງກັບລັກສະນະທາງກາຍະ ພາບຂອງພື້ນທີ່ຮັບນ້ຳທີ່ມີຄວາມຊັນສູງ, ເຮັດໃຫ້ເກີດການ ຕອບສະໜອງແບບທັນທີ (Flashy Response). ຄ່າຄວາມ

ຊຸ່ນ ແລະ ຕະກອນດິນແຂວນລອຍ (SSL) ມີການປ່ຽນແປງ ໃນທິດທາງດຽວກັນກັບອັດຕາການໄຫຼຂອງນ້ຳ. ໂດຍ ສະເພາະໃນຊ່ວງຝົນຕົກໜັກ (150 mm/h), ຄ່າ SSL ສູງ ເຖິງ 60 g/l ເຊິ່ງສະທ້ອນເຖິງການກັດເຊາະໜ້າດິນຢ່າງຮຸນ ແຮງ. ປະກົດການນີ້ສອດຄ່ອງກັບທິດສະດີຂອງ Walling (1977) ທີ່ລະບຸວ່າ ພະລັງງານ ແລະ ຄວາມແຮງຂອງການໄຫຼ ຂອງນ້ຳແມ່ນຕົວປ່ຽນແປງຫຼັກທີ່ກຳນົດຄວາມສາມາດໃນ ການພັດພາຕະກອນ. ນອກຈາກນີ້, ການທີ່ຄວາມຊັນຍັງຄົງ ຕົວໃນລະດັບສູງ (500 - 1,000 NTU) ເຖິງວ່າປະລິມານ ນ້ຳຈະຫຼຸດລົງແລ້ວ, ສະແດງໃຫ້ເຫັນເຖິງການຕົກຄ້າງຂອງ ອະນຸພາກຕະກອນລະອຽດ ເຊັ່ນ ດິນໜຽວ ທີ່ແຂວນລອຍຢູ່ ໃນນ້ຳໄດ້ດິນກວ່າປົກກະຕິ. ຜົນການວິເຄາະພົບວ່າ ເຊື້ອ *E. coli* ເພີ່ມສູງຂຶ້ນຜ່ອມກັບ SSL ໃນທຸກຄັ້ງ, ເຊິ່ງຍືນຍັນວ່າ "ຕະກອນດິນແມ່ນພາຫະນະນຳພາເຊື້ອພະຍາດ". ສິ່ງນີ້ ສອດຄ່ອງກັບງານວິໄຈຂອງ Pachepsky & Shelton (2011) ທີ່ສະຫຼຸບວ່າ ເຊື້ອຈຸລິນຊີໃນແມ່ນ້ຳຈະເຄື່ອນຍ້າຍ ໂດຍການເກາະຕິດໄປຜ່ອມກັບອະນຸພາກຕະກອນ. ທີ່ໜ້າ ສົນໃຈແມ່ນ ໃນຊ່ວງຝົນຕົກປະລິມານໜ້ອຍ (20 mm/h), ຄ່າ *E. coli* ພັດສູງກວ່າຄັ້ງອື່ນໆ ເຖິງວ່າປະລິມານນ້ຳໄຫຼຈະ ຕ່ຳກວ່າກໍຕາມ. ປະກົດການນີ້ອະທິບາຍໄດ້ໂດຍ Bertrand-Krajewski et al. (1998) ວ່າແມ່ນ "ປະກົດການຊະລ້າງ ໄລຍະທຳອິດ" (First Flush Effect), ເຊິ່ງແມ່ນຊ່ວງທີ່ມີນ ລະພິດທີ່ສະສົມຢູ່ໜ້າດິນຖືກຊະລ້າງລົງສູ່ແຫຼ່ງນ້ຳໃນ ປະລິມານສູງສຸດໃນຊ່ວງເລີ່ມຕົ້ນຂອງການໄຫຼ. ການຫຼຸດລົງ ຂອງອຸນຫະພູມນ້ຳ ແລະ ຄ່າຊັກນຳໄຟຝ້າ (EC) ຢ່າງ ກະທັນຫັນໃນຊ່ວງນ້ຳຫຼາຍ ເກີດຈາກການເຈືອຈາງ (Dilution) ໂດຍນ້ຳຝົນໃໝ່ທີ່ມີອຸນຫະພູມ ແລະ ແຮ່ທາດ ຕ່ຳ. Webb & Walling (1992) ພົບວ່າ ນ້ຳຝົນໃໝ່ທີ່ໄຫຼ ເຂົ້າມາຈະປ່ຽນແປງຄຸນສົມບັດທາງກາຍະພາບຂອງແມ່ນ້ຳ ທັນທີ. ເຖິງຢ່າງໃດກໍຕາມ, ເຖິງວ່າຈະມີການເຈືອຈາງຈາກ ປະລິມານນ້ຳມະຫາສານ, ແຕ່ຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງເຊື້ອ *E. coli* ກໍຍັງຄົງຢູ່ໃນລະດັບສູງ. ສິ່ງນີ້ສະແດງໃຫ້ເຫັນວ່າ ອັດຕາ ການຊະລ້າງ (Wash-off rate) ຈາກພື້ນທີ່ອ່າງຮັບນ້ຳ ມີ



ອິດທິພົນເໜືອກວ່າຜົນຂອງການເຈື່ອຈາງໃນຊ່ວງເວລາທີ່ເກີດຝົນຕົກ.

**5. ສະຫຼຸບ**

ການສຶກສານີ້ຢືນຢັນວ່າ ຄຸນນະພາບນ້ຳໃນຝື່ນທີ່ສຶກສາ ເມືອງຊຽງເງິນ, ແຂວງຫຼວງພະບາງ ມີຄວາມຜັນຜວນຢ່າງຮຸນແຮງຕາມສະພາວະອຸທິກກະສາດ. ສະພາວະຝົນຕົກແມ່ນຊ່ວງເວລາທີ່ແຫຼ່ງນ້ຳມີຄວາມບົນເບື້ອນສູງສຸດ ທາງດ້ານກາຍະພາບ (ຕະກອນ) ແລະ ຊີວະພາບ (ເຊື້ອພະຍາດ). ຂໍ້ມູນນີ້ມີຄວາມສຳຄັນ ແລະ ເປັນປະໂຫຍດຢ່າງຫຼວງຫຼາຍຕໍ່ການວາງແຜນບໍລິຫານຈັດການນ້ຳ, ການພະຍາກອນນ້ຳຕ້ວມຊ່ວງໄລຍະກະທັນຫັນ ແລະ ການວາງແຜນປ້ອງກັນຜົນກະທົບຕໍ່ຄຸນນະພາບນ້ຳໃນໄລຍະຍາວ, ການອອກແບບລະບົບບຳບັດນ້ຳປະປາ ແລະ ການແຈ້ງເຕືອນໄພດ້ານສາທາລະນະສຸກໃຫ້ແກ່ຊຸມຊົນໃນຊ່ວງລະດູຝົນ.

**6. ຂໍ້ຂັດແຍ່ງ**

ຂ້າພະເຈົ້າໃນນາມຜູ້ຄົ້ນຄວ້າວິທະຍາສາດ ຂໍປະຕິຍານຕົນວ່າ ຂໍ້ມູນທັງໝົດທີ່ມີໃນບົດຄວາມວິຊາການດັ່ງກ່າວນີ້ ແມ່ນບໍ່ມີຂໍ້ຂັດແຍ່ງທາງຜົນປະໂຫຍດກັບພາກສ່ວນໃດ ແລະ ບໍ່ໄດ້ເອື້ອປະໂຫຍດໃຫ້ກັບພາກສ່ວນໃດພາກສ່ວນໜຶ່ງ, ກໍລະນີມີການລະເມີດໃນຮູບການໃດໜຶ່ງ ຂ້າພະເຈົ້າມີຄວາມຍິນດີ ທີ່ຈະຮັບຜິດຊອບແຕ່ພຽງຜູ້ດຽວ.

**7. ເອກະສານອ້າງອີງ**

Bertrand-Krajewski, J. L., Chebbo, G., & Saget, A. (1998). Distribution of pollutant loads within combined sewer overflows and heavy-of-the-pipe first flushes in urban areas. *Water Research*, 32(8), 2520-2524.

Boithias, L., Ribolzi, O., Lacombe, G., Thammahacksa, C., Silvera, N., Latsachack, K., Soulileuth, B., Viguier, M., Auda, Y., Robert, E., Evrard, O., Huon, S., Pommier, T., Zouiten, C., Sengtaheuanghoung, O., Rochelle-Newall, E. (2021). Quantifying the effect of overland flow on Escherichia coli pulses during floods: Use of a tracer-based approach in an erosion-prone tropical

catchment. *Journal of Hydrology*, 594, 125935. 10.1016/j.jhydrol.2020.125935.

FAO, MONRE & MAF. (2022). Atlas of climate and agro-ecology of the Lao People's Democratic Republic. Vientiane, Lao PDR.

Fay, L., Akin, M., & Shi, X. (2012). *Cost-Effective and sustainable road slope stabilization and erosion control*. Transportation Research Board.

Hillel, D. (2003). Introduction to environmental soil physics. Academic Press.

Lal, R. (2001). Soil degradation by erosion. *Land Degradation & Development*, 12(6), 519-539.

Materials et al. (2013). Michigan Technical Note USDA-Natural Resources Conservation Service Mulching Materials for Control of Soil Erosion. USDA-NRCS.

Nakhle, P., Ribolzi, O., Boithias, L., Rattanavong, S., Auda, Y., Sayavong, S., ... & Martinez, J. M. (2021). Effects of hydrological regime and land use on in-stream Escherichia coli concentration in the Mekong basin, Laos. *Scientific Reports*, 11(1), 1-12.

Oshunsanya, S. O., & Aliku, O. (2017). Vetiver grass: A tool for sustainable agriculture. IntechOpen.

Pachepsky, Y. A., & Shelton, D. R. (2011). Escherichia coli and Enterococci in river sediments and water: A review. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 401(1), 173-183.

Pachepsky, Y. A., & Shelton, D. R. (2011). Escherichia Coli and Fecal Coliforms in Freshwater and Estuarine Sediments. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 41(12), 1067-1110. <https://doi.org/10.1080/10643380903392718>



Patin, J., Mouche, E., Ribolzi, O., Chaplot, V., Sengtahevanghoung, O., Latsachak, K.O., Soulileuth, B., & Valentin, C. (2012). Analysis of runoff production at the plot scale during a long-term survey of a small agricultural catchment in Lao PDR. *Journal of Hydrology*, 426, 79-92. doi:10.1016/j.jhydrol.2012.01.015

Phimmalath, S., Chanthakhoun, V., & Manysoat, S. (2024). Estimation of the soil erosion and sediment trapping using Gerlach troughs in different land uses in Luang Prabang province. *Souphanouvong University Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 10(3), 22-32. <https://doi.org/10.69692/SUJMRD1003022>.

Pimentel, D., Harvey, C., Resosudarmo, P., Sinclair, K., Kurz, D., McNair, M., Crist, S., Shpritz, L., Fitton, L., Saffouri, R., & Blair, R. (1995). Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science (New York, N.Y.)*, 267(5201), 1117–1123. <https://doi.org/10.1126/science.267.5201.1117>

Ribolzi O., Lacombe G., Pierret A., Robain H., Sounyafong P., De Rouw A., Soulileuth B., Mouche E., Huon S., Silvera N., Latxachak K.O., Sengtaheuanghoung O., Valentin C.. (2018). Interacting land use and soil surface dynamics control groundwater outflow in a montane catchment of the lower Mekong basin. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 268, 90-102. DOI: [10.1016/j.agee.2018.09.005](https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.09.005)

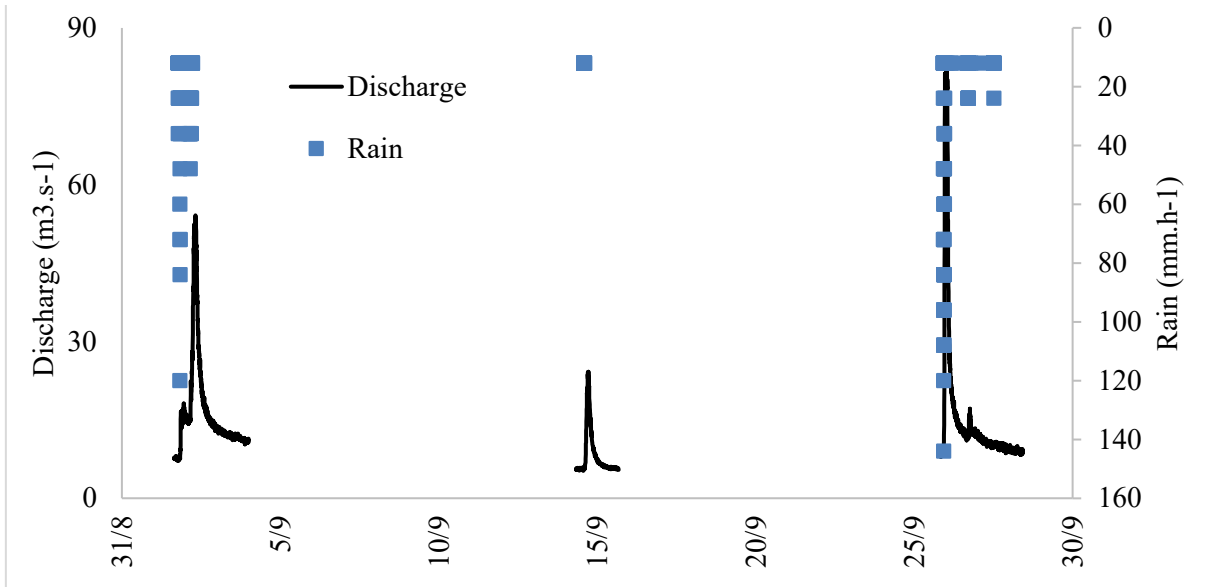
Walling, D. E. (1977). Assessing the accuracy of suspended sediment rating curves for a small basin. *Water Resources Research*, 13(3), 531-538. doi:10.1029/WR013i003p00531

Webb, B. W., & Walling, D. E. (1992). Water quality II: Chemical characteristics. *The Rivers Handbook*, 1, 73-100.

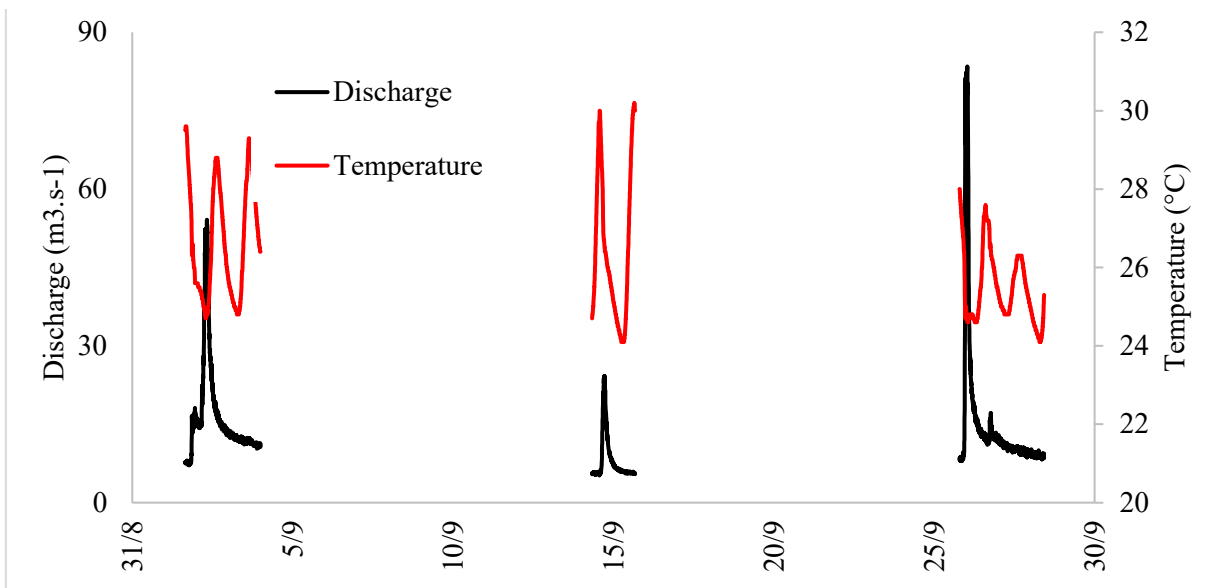
**ຕາຕະລາງທີ 1.** ສະແດງເຖິງຄ່າອັດຕາການໄຫຼຂອງນ້ຳ, ອຸນຫະພູມນ້ຳ, ຄ່າຊັກນ້ຳໄຟຟ້າ, ຄວາມຂຸ່ນ, ຕະກອນດິນ ແລະ ເຊື້ອ *E.coli* ທັງ 3 ຄັ້ງ

ລາຍການ (Parameters)	ຫົວໜ່ວຍ	ບໍ່ມີຝົນຕົກ (20 mm/h)	ຝົນຕົກປານກາງ (40-80 mm/h)	ຝົນຕົກແຮງ (150 mm/h)	p-value
ອັດຕາການໄຫຼຂອງນ້ຳ (Q)	m <sup>3</sup> /s	22.0±3.1	50.0±5.2	80.0±8.5	<0.001***
ອຸນຫະພູມນ້ຳ (Temp)	°C	26.5±0.3	25.2±0.4	24.1±0.5	<0.05*
ຄ່າຊັກນ້ຳໄຟຟ້າ (EC)	µS/cm	190±15	165±12	125±10	<0.01**
ຄວາມຂຸ່ນ (Turb)	NTU	1,200±95	2,100±150	3,500±210	<0.001***
ຕະກອນດິນ (SSL)	g/L	20.0±2.8	30.0±4.5	60.0±7.2	<0.001***
ເຊື້ອ <i>E.coli</i>	log10 MPN	4.99±0.08	4.65±0.12	4.93±0.15	<0.001***
ເຊື້ອ <i>E.coli</i>	MPN	~97,700	~44,600	~85,100	-

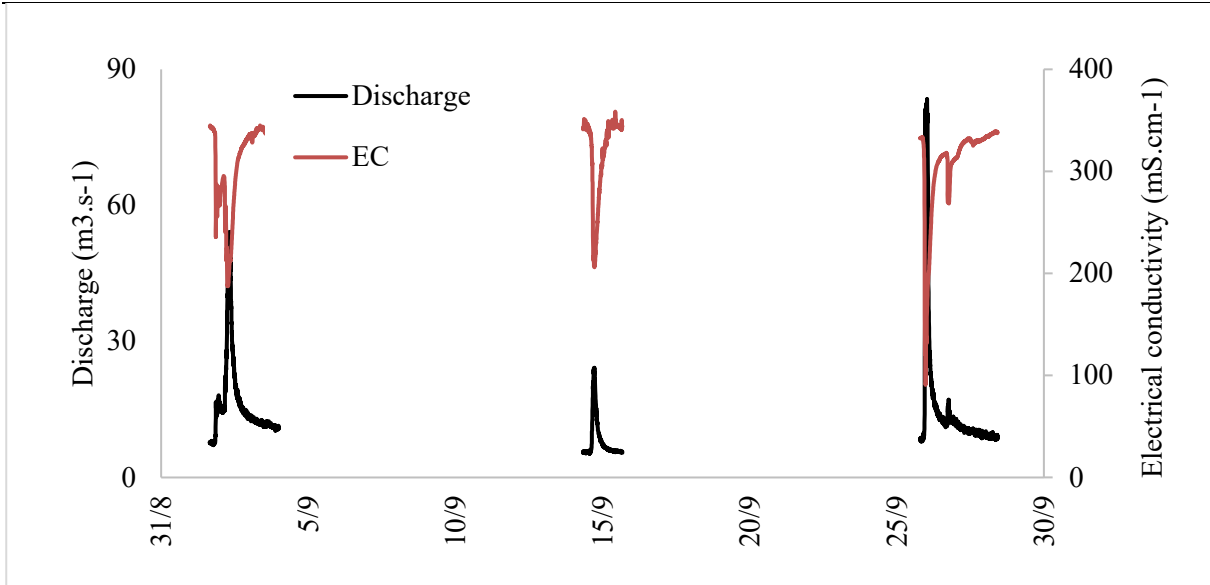
ຄ່າສະເລ່ຍ ± ຄ່າປ່ຽງແປນມາດຕະຖານ (Mean ± SD). \*\*\* ໝາຍເຖິງ ມີຄວາມແຕກຕ່າງກັນຢ່າງມີໄນສໍາຄັນທາງສະຖິຕິສູງຫຼາຍ (p < 0.001) ດ້ວຍຮູບແບບການວິເຄາະ Duncan’s Multiple Range Test (DMRT).



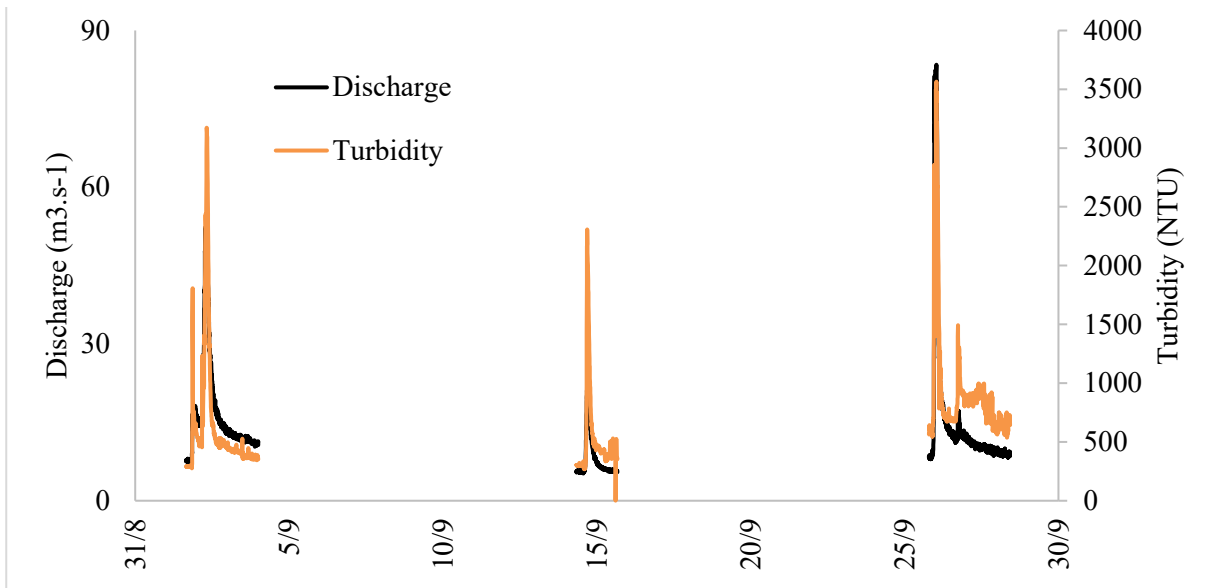
ຮູບທີ 1: ສະແດງອັດຕາການໄຫຼຂອງນ້ຳ ແລະ ປະລິມານນ້ຳຝົນ ທັງ 3 ຄັ້ງ



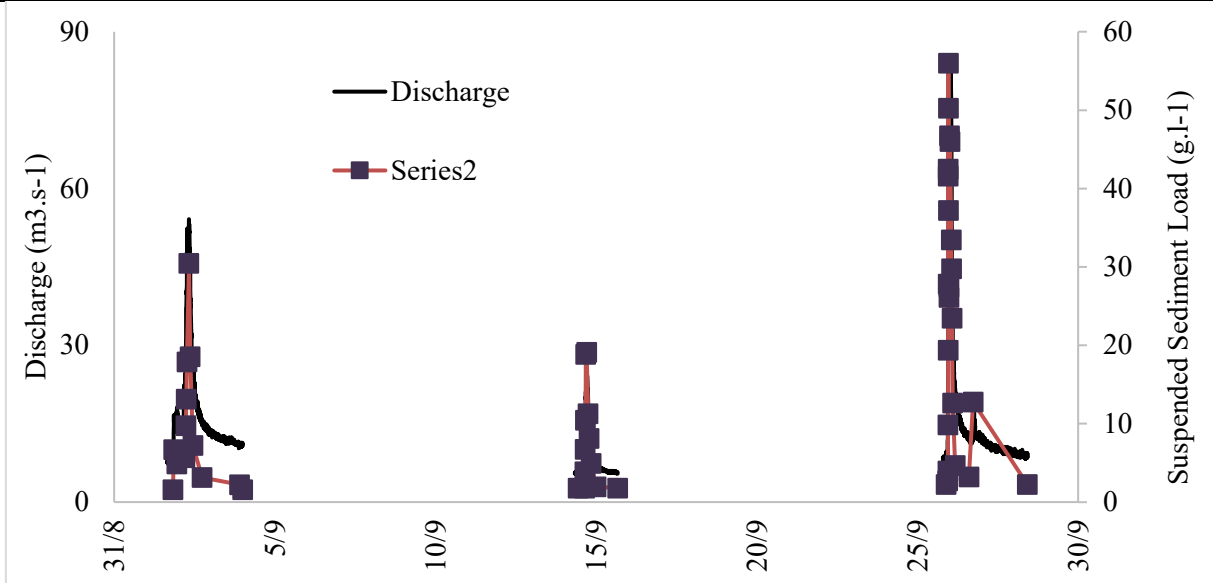
ຮູບທີ 2: ສະແດງອັດຕາການໄຫຼຂອງນ້ຳ ແລະ ອຸນຫະພູມ ທັງ 3 ຄັ້ງ



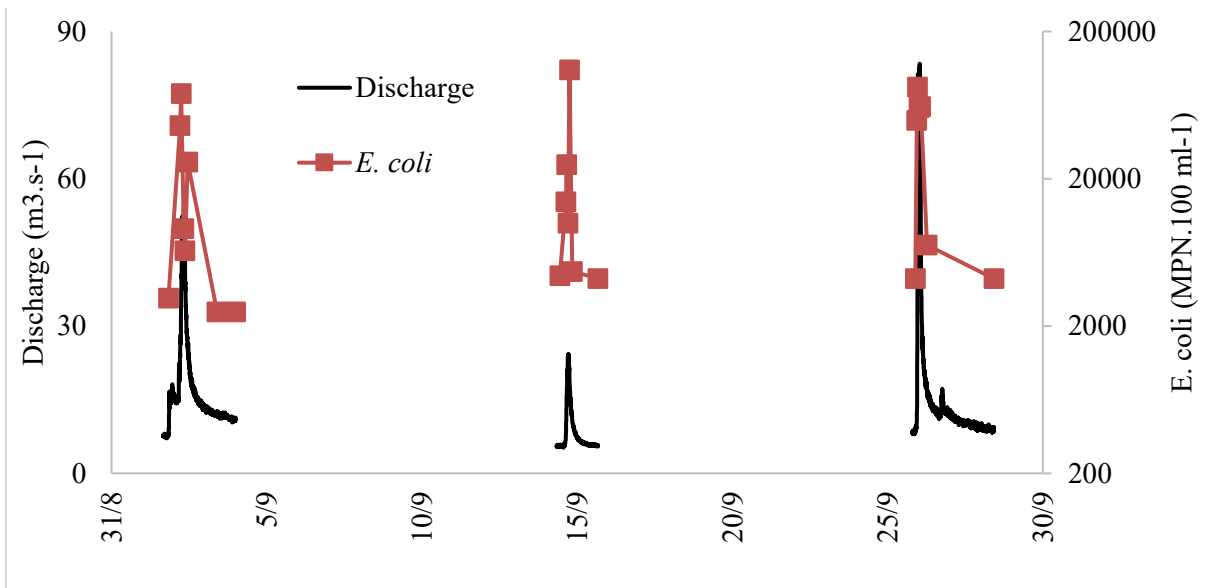
ຮູບທີ 3: ສະແດງອັດຕາການໄຫຼຂອງນໍ້າ ແລະ ຄ່າຊັກນໍ້າໄຟຟ້າ ທັງ 3 ຄັ້ງ



ຮູບທີ 4: ສະແດງອັດຕາການໄຫຼຂອງນໍ້າ ແລະ ຄວາມຂຸ່ນ ທັງ 3 ຄັ້ງ



ຮູບທີ 5: ສະແດງອັດຕາການໄຫຼຂອງນໍ້າ ແລະ ຕະກອນແຂວນລອຍ ທັງ 3 ຄັ້ງ



ຮູບທີ 6: ສະແດງອັດຕາການໄຫຼຂອງນໍ້າ ແລະ ເຊື້ອ *E.coli* ທັງ 3 ຄັ້ງ