

**ອິດທິພົນຂອງການກຳໜົດຂະໜາດເລີ່ມຕົ້ນອ່າງໂຕ່ງຂອງແບບຈຳລອງ SWAT ໃນການຈຳລອງ  
ປະລິມານການໄຫຼຂອງນ້ຳໃນລຳນ້ຳເຊໂດນ  
Effect of Watershed Discretization of SWAT model on Streamflow  
Estimation in Sedone River**

ວິໄລດ ກິມາລາ<sup>1</sup>

**ບົດຄັດຫຍໍ້**

ການຄົ້ນຄວ້ານີ້ສະແດງໃຫ້ເຫັນເຖິງອິດທິພົນຈາກການກຳໜົດຂະໜາດເລີ່ມຕົ້ນຂອງອ່າງໂຕ່ງໃນການຈຳລອງປະລິມານການໄຫຼຂອງນ້ຳໃນລຳນ້ຳເຊໂດນ, ເຊິ່ງອ່າງໂຕ່ງມີພື້ນທີ່ປະມານ 7,219 Km<sup>2</sup>, ໂດຍການນຳໃຊ້ແບບຈຳລອງ Soil and Water Assessment Tool (SWAT), ອ່າງໂຕ່ງເຊໂດນເອງເປັນພື້ນທີ່ທີ່ມີຄວາມແຕກຕ່າງກັນທາງດ້ານສະພາບພູມມີປະເທດ, ເຊິ່ງມີລະດັບຄວາມສູງ 100 m ຈົນເຖິງ 2,500 m ທຽບກັບລະດັບຂອງນ້ຳທະເລ, ດ້ວຍຄວາມແຕກຕ່າງນີ້ເອງ ຈຶ່ງເຮັດໃຫ້ພື້ນທີ່ອ່າງໂຕ່ງມີຄວາມແຕກຕ່າງກັນຫຼາຍທາງດ້ານປະລິມານຝົນ, ຕັ້ງແຕ່ລະດັບ 1,800 mm ຂອງພື້ນທີ່ຕ່ຳ ຈົນເຖິງ 3,500 mm ຕໍ່ປີໃນພື້ນທີ່ອ່າງໂຕ່ງດຽວກັນ, ສຳຫຼັບຂໍ້ມູນທີ່ໃຊ້ໃນການຈຳລອງຂອງແບບຈຳລອງ ປະກອບດ້ວຍ: ຂໍ້ມູນການໃຊ້ປະໂຫຍດທີ່ດິນ, ຂໍ້ມູນຊຸດດິນ, ຂໍ້ມູນສະພາບພູມິອາກາດ ແລະ ຂໍ້ມູນການວັດປະລິມານການໄຫຼໃນລຳນ້ຳ. ຜົນຈາກການຈຳລອງທີ່ໄດ້, ສຳຫຼັບການກຳໜົດຈຸດເລີ່ມຕົ້ນທີ່ 2,500, ໂດຍໄດ້ 160 ອ່າງໂຕ່ງຍ່ອຍ ມີຄວາມເໝາະສົມສຳຫຼັບການນຳໃຊ້ໃນຂະບວນການທາງອຸທິກວິທະຍາ ແລະ ໄດ້ຄ່າທີ່ດີສຳຫຼັບຜົນການຮຽນແບບດ້ວຍແບບຈຳລອງ ທຽບກັບຄ່າຂອງຂໍ້ມູນການກວດວັດ, ຈາກການຄົ້ນຄວ້ານີ້ສະແດງໃຫ້ເຫັນແບບຈຳລອງ SWAT ເປັນແບບຈຳລອງທີ່ມີປະສິດທິພາບທີ່ໃຊ້ໃນການພະຍາກອນ ແລະ ການຈຳລອງຂະບວນການທາງອຸທິກວິທະຍາສຳຫຼັບໃຊ້ໃນການວາງແຜນເພື່ອການບໍລິຫານຊັບພະຍາກອນນ້ຳໃນອ່າງໂຕ່ງເຊໂດນ

**ຄຳສຳຄັນ:** ການກຳໜົດຈຸດເລີ່ມຕົ້ນອ່າງໂຕ່ງ, ປະລິມານການໄຫຼ, ແບບຈຳລອງ SWAT, ອ່າງໂຕ່ງເຊໂດນ

**Abstract**

This paper showed the result of the effect of watershed discretization on streamflow estimation in Sedone River, drainage area of 7,219 Km<sup>2</sup> by using Soil and Water assessment Tool (SWAT). Sedone basin has different level of terrain as the lowest level of 100 meters to the highest of 2,500 meters. The average of annual rainfall is 1,800 millimeters in the lowland and 3,500 millimeters in highland situated within the same river basin. The data for model included land use, soil, climate and the. Watershed discretization into 160 sub-basins by 2,500 thresholds

<sup>1</sup> ຄະນະວິສະວະກຳສາດ, ມະຫາວິທະຍາໄລ ຈຳປາສັກ, Email: land.kimala1@gmail.com

is better represent of the hydrological processes and a good estimate of simulated values which had a better model efficiency while comparing with observed values. This paper reveals the SWAT model is effective to predict hydrological status and also uses as a tool to analyze hydrological process in order to plan for water resource management in Sedone river basin

**Keywords:** Watershed discretization, Streamflow, SWAT model, Sedone River

### ພາກສະເໜີ

ອ່າງໂຕ່ງເຊໂດນເປັນພື້ນທີ່ທີ່ມີຄວາມສຳຄັນທີ່ສຸດໃນການພັດທະນາເສດຖະກິດຂອງພາກໄຕ້ຂອງປະເທດ, ໂດຍສະພາບພູມມີປະເທດຂອງອ່າງໂຕ່ງສ່ວນໃຫຍ່ເປັນພູສູງສະຫຼັບຊັບຊ້ອນ, ປົກຄຸມກັນດ້ວຍປ່າໄມ້ທີ່ມີຄວາມສົມບູນ ແລະ ມີພື້ນທີ່ຮາບພຽງຕາມລຳນ້ຳເຊໂດນ, ເຊິ່ງເປັນແຫຼ່ງຊຸມຊົນຂອງປະຊາກອນ ໂດຍອ່າງໂຕ່ງມີຄວາມສູງສະເຫຼ່ຍ ປະມານ 700 m, ພື້ນທີ່ຕ່ຳສຸດປະມານ 100m ແລະ ມີຍອດເຂົ້າສູງປະມານ 2,000 m ຈາກລະດັບໜ້ານ້ຳທະເລ. ດ້ວຍ ຄວາມແຕກຕ່າງນີ້ເອງ ຈຶ່ງເຮັດໃຫ້ພື້ນທີ່ອ່າງໂຕ່ງມີຄວາມແຕກຕ່າງກັນຫຼາຍທາງດ້ານປະລິມານຝົນ ແລະ ອຸນຫະພູມ, ຕັ້ງແຕ່ປະລິມານຝົນໃນລະດັບ 1,800 mm, ມີອຸຫະພູມປະມານ 27°C ໃນພື້ນທີ່ຕ່ຳ ຈົນເຖິງປະລິມານຝົນ 3,500 mm, ອຸຫະພູມປະມານ 19°C ຕໍ່ປີໃນພື້ນທີ່ອ່າງໂຕ່ງດຽວກັນ.

ໃນສະພາວະການປະຈຸບັນອ່າງໂຕ່ງເຊໂດນໄດ້ມີການເພີ່ມປະລິມານຄວາມຕ້ອງການໃຊ້ຊັບພະຍາກອນໃນອ່າງ ໂຕ່ງສຳລັບກິດຈະກຳຕ່າງໆທີ່ເພີ່ມສູງຂຶ້ນໂດຍສະເພາະຊັບພະຍາກອນນ້ຳ ເຊັ່ນ: ນ້ຳເພື່ອພະລິດພະລັງງານ, ເພື່ອການ ກະເສດ, ເພື່ອອຸປະໂພກ-ບໍລິໂພກແລະການທ່ອງທ່ຽວເປັນຕົ້ນ, ເນື່ອງຈາກ ການຂະຫຍາຍຕົວຂອງຕົວເມືອງ, ຈຳນວນ ຄົນທີ່ເພີ່ມສູງຂຶ້ນ, ການສ້າງເຂື່ອນໄຟຟ້າຕາມລຳນ້ຳສາຂາ, ພື້ນທີ່ກະເສດທີ່ເພີ່ມຂຶ້ນ ລວມທັງການຂະຫຍາຍຕົວຂອງ ທຸລະກິດການທ່ອງທ່ຽວ ເຊິ່ງອາດຈະມີຜົນຕໍ່ປະລິມານຄວາມຕ້ອງການໃຊ້ຊັບພະຍາກອນນ້ຳໃນອະນາຄົດ, ໃນຂະນະທີ່ ປະລິມານນ້ຳໃນລະບົບມີຢູ່ຢ່າງຈຳກັດ ເພາະສະນັ້ນ, ຈຶ່ງຈຳເປັນຢ່າງຍິ່ງທີ່ຈະຕ້ອງມີການປະເມີນຊັບພະຍາກອນນ້ຳຂອງ ອ່າງໂຕ່ງເພື່ອເປັນຂໍ້ມູນສຳລັບການບໍລິຫານ ແລະ ຄຸ້ມຄອງຊັບພະຍາກອນຂອງອ່າງໂຕ່ງເພື່ອໃຫ້ນ້ຳທີ່ມີຢູ່ພຽງພໍກັບ ຄວາມຕ້ອງການຫຼາຍທີ່ສຸດ.

ການປະເມີນປະລິມານນ້ຳທ່າເປັນສິ່ງທີ່ມີຄວາມຈຳເປັນແລະສຳຄັນສຳຫລັບການວາງແຜນ, ຄຸ້ມຄອງ ຊັບພະຍາກອນນ້ຳໃນອ່າງໂຕ່ງໃດໜຶ່ງ ເຊິ່ງປະກອບໄປດ້ວຍ ການປ້ອງກັນອຸທົກກະໄຟ, ບັນຫາຂາດແຄນປະລິມານການ ໃຊ້ນ້ຳໃນລະດູແລ້ງ ຕະຫຼອດຈົນເຖິງການວາງແຜນເພື່ອພັດທະນາແຫຼ່ງນ້ຳແລະ ຍັງເປັນຂໍ້ມູນທີ່ສຳຄັນສຳຫລັບການວາງ ແຜນເພື່ອອະນຸລັກຮັກສາລະບົບນິເວດວິທະຍາຂອງອ່າງໂຕ່ງອີກດ້ວຍ, ໂດຍໃນອາດິດການປະເມີນປະລິມານນ້ຳທ່າເປັນ ວິທີການທີ່ໃຊ້ສຳຫລັບອ່າງໂຕ່ງໂດຍສະເພາະອ່າງໂຕ່ງທີ່ມີຂະໜາດໃຫຍ່ ເຊິ່ງໃຊ້ຫຼັກການສົມດູນນ້ຳ (Water balance) ດ້ວຍແບບຈຳລອງ ສຳລັບການການຈຳລອງ (Simulation) ເຊິ່ງໃຊ້ຂໍ້ມູນແບບອະນຸກົມເວລາ (Time series) ຈາກຂໍ້ ມູນທີ່ໄດ້ໂດຍເຜົາສັງເກດ (Xu & Singh, 2004)

ປະຈຸບັນ ດ້ວຍຄວາມກ້າວໜ້າທາງເທັກໂນໂລຢີຄອມພິວິຕີ ເຊິ່ງໄດ້ມີການພັດທະນາແບບຈຳລອງທາງອຸທົກ ວິທະຍາ (Hydrological model) ເພື່ອໃຊ້ໃນການປະເມີນປະລິມານນ້ຳທ່າໃນລະດັບອ່າງໂຕ່ງ (River basin), ຫຼາຍ ແບບຈຳ ລອງ ໂດຍສ່ວນໃຫຍ່ເປັນແບບຈຳລອງດ້ານແນວຄວາມຄິດ (Conceptual model) ທີ່ຕ້ອງໃຊ້ລັກຊະນະທາງ

ກາຍຍະພາບທາງອຸທິກວິທະຍາຂອງອ່າງໂຕ່ງໃນການຈຳລອງຂະບວນການເກີດນ້ຳທ່າຫຼືເອີ້ນວ່າ ແບບຈຳລອງນ້ຳຝົນ-ນ້ຳທ່າ (Rainfall-runoff model), ຊຶ່ງການປະເມີນປະລິມານນ້ຳທ່າດ້ວຍແບບຈຳລອງ (Model) ນັ້ນເປັນອົງປະກອບ ເລີ່ມຕົ້ນໃນການປະຍຸກໃຊ້ແບບຈຳລອງໃນການວາງແຜນການຈັດການເພື່ອພັດທະນາແຫຼ່ງນ້ຳໃນຂັ້ນຕອນຕໍ່ໄປ

ແບບຈຳລອງຄອມພິວເຕີ (Computer model) ເປັນເຄື່ອງມືທີ່ສຳຄັນທີ່ຖືກໃຊ້ໃນວຽກທີ່ກ່ຽວຂ້ອງກັບວຽກ ງານດ້ານຊັບພະຍາກອນນ້ຳ ໂດຍສະເພາະການນຳໃຊ້ແບບຈຳລອງໃນການປະເມີນປະລິມານນ້ຳທ່າ ເຊິ່ງເປັນສິ່ງທີ່ສຳຄັນ ໃນການວາງແຜນ ແລະ ການຄຸ້ມຄອງຊັບພະຍາກອນນ້ຳ, ເຊິ່ງໃນປະຈຸບັນມີການນຳໃຊ້ແບບຈຳລອງທາງອຸທິກວິທະຍາ ເພື່ອໃຊ້ສຳລັບການປະເມີນປະລິມານນ້ຳທ່າຫຼາຍແບບຈຳລອງ ແຕ່ໂດຍສ່ວນໃຫຍ່ເປັນການນຳໃຊ້ແບບຈຳລອງໃນກຸ່ມ ຂອງລຳ (Lumped parameter model) ເຊິ່ງມີລັກສະນະຂອງການລວມແລະການສະເຫຼ່ຍພາລາເມັດເຕີທັງໝົດອ່າງ ໂຕ່ງ, ແຕ່ສຳຫຼັບການຄົ້ນຄວ້ານີ້ຈະໃຊ້ແບບຈຳລອງ Soil and Water Assessment Tool (SWAT). ແບບຈຳລອງ SWAT ເປັນແບບຈຳລອງປະເພດການກະຈາຍພາລາເມັດເຕີ (Distributed parameter model) ທີ່ມີຄວາມສາມາດ ປະເມີນປະລິມານນ້ຳທ່າໃນສະພາບພື້ນທີ່ອ່າງໂຕ່ງທີ່ມີຄວາມຊັບຊ້ອນທາງອຸທິກວິທະຍາໄດ້ຢ່າງມີປະສິດທິພາບ (Arnold *et al.* 2012).

ແບບຈຳລອງນຳເຂົ້າແບບຊັ້ນຂໍ້ມູນສຳລັບຂໍ້ມູນຄວາມສູງພື້ນທີ່ (Elevation), ການໃຊ້ປະໂຫຍດທີ່ດິນ (Land-use), ປະເພດດິນ (Soil types), ເຊິ່ງໃນຄວາມສຳພັນຂອງຖານຂໍ້ມູນປະກອບດ້ວຍຄຸນລັກສະນະຂອງດິນ (Soil attributes), ສະພາບອາກາດ (Weather) ແລະການຈັດການການປູກຝັດ (Crop management) (Brown *et al.* 1996; Arnold *et al.* 1998; Zhang *et al.* 2003; Bouraouiet *al.* 2005; Easton *et al.* 2008). ແບບ ຈຳລອງໄດ້ຖືນຳມາໃຊ້ກັນຢ່າງແຜ່ຫຼາຍໃນການຈຳລອງປະລິມານນ້ຳທ່າ, ອັດຕາການນຳພາຕະກອນ, ແລະ ວົງຈອນສານ ອາຫານໃນອ່າງໂຕ່ງ ທີ່ມີຄວາມແຕກຕ່າງກັນທາງດ້ານພູມມິປະເທດ, ຂໍ້ກຳໜົດ ແລະ ການຈັດການໃນແຕ່ລະພື້ນທີ່ (Salehet *al.* 2000; Van Liewet *al.* 2003; Qi & Grunwald, 2005; Wang *et al.* 2006; Ndombaet *al.* 2008; Thampiet *al.* 2010). ສຳລັບວັດຖຸປະສົງຂອງການຄົ້ນຄວ້ານີ້ເພື່ອສະແດງ ອິດທິພົນຂອງການກຳໜົດຂະໜາດເລີ່ມຕົ້ນຂອງໂຕ່ງໃນການຈຳລອງປະລິມານການໄຫຼຂອງນ້ຳໃນລຳນ້ຳເຊໂດນ ໂດຍການນຳໃຊ້ແບບຈຳລອງ SWAT.

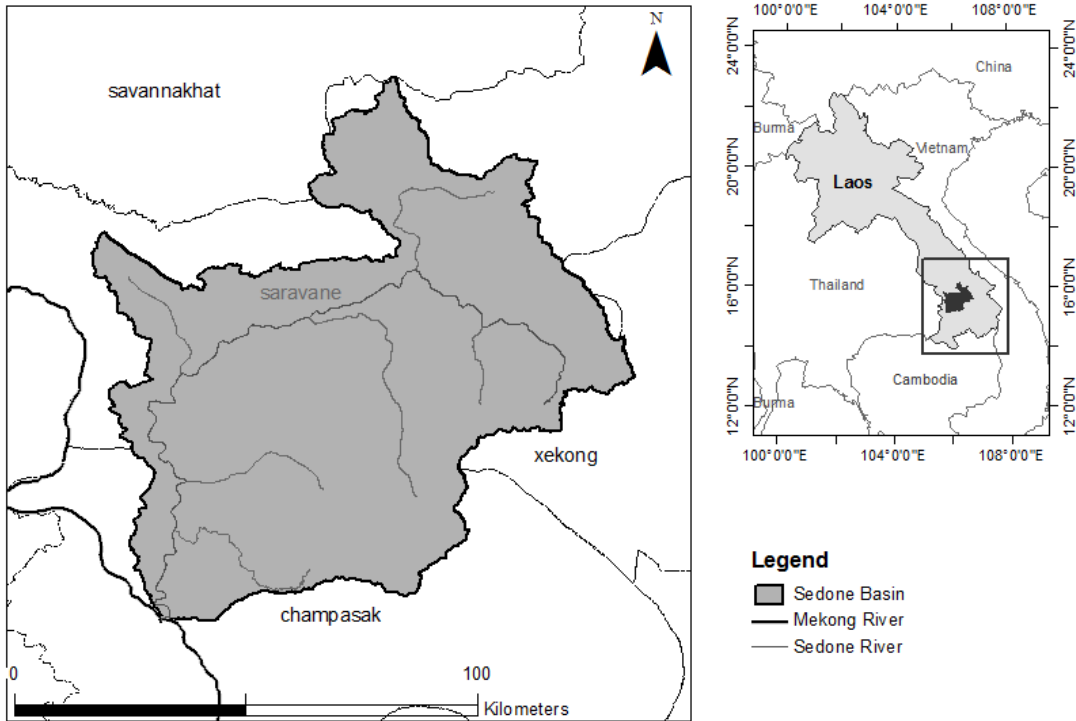
**ວິທີການຄົ້ນຄວ້າ**

**1 ພື້ນທີ່ຄົ້ນຄວ້າ**

ອ່າງໂຕ່ງເຊໂດນຕັ້ງຢູ່ Latitude 15° 23' 00" ເຖິງ 16° 28' 00" ເໜືອ ແລະ Longitude 105° 35' 00" ເຖິງ 106° 40' 00" ຕາເວັນອອກໂດຍມີພື້ນທີ່ປະມານ 7,217 km<sup>2</sup> ເຊິ່ງກວມຢູ່ໃນຂອບເຂດພື້ນທີ່ຂອງແຂວງ ສາລະວັນ, ຈຳປາສັກ, ເຊກອງ ແລະ ສະຫວັນນະເຂດ (ຮູບທີ 1). ລັກສະນະໂດຍທົ່ວໄປຂອງອ່າງໂຕ່ງເຊໂດນ ເປັນ ພູເຂົາສູງສະຫຼັບແລະຊັບຊ້ອນເຊິ່ງປົກຄຸມດ້ວຍປ່າໄມ້ ແລະ ມີພື້ນທີ່ຮາບພຽງເປັນແຫຼ່ງຊຸມຊົນຄົນເຊິ່ງເປັນເຂດເມືອງ ໂດຍມີລຳນ້ຳເຊໂດນເປັນລຳນ້ຳສາຍຫຼັກທີ່ໄດ້ໄຫຼຜ່ານຕົວເມືອງຕ່າງໆ ທີ່ສຳຄັນ ໂດຍມີຕົ້ນນ້ຳຢູ່ເຂດພູພຽງບໍລະເວນ ທີ່ ບ້ານຫົວເຊໂດນເມືອງທ່າແຕງ ແຂວງເຊກອງ ກ່ອນທີ່ແມ່ນ້ຳຈະໄຫຼໄປຮ່ວມກັບແມ່ນ້ຳຂອງທີ່ເມືອງປາກເຊ ແຂວງ ຈຳປາສັກ. ທິດເໜືອຕິດກັບແຂວງສະຫວັນນະເຂດ, ທິດຕາເວັນອອກຕິດກັບແຂວງຈຳປາສັກ, ທິດຕາເວັນອອກຕິດກັບແຂວງເຊ ກອງ ແລະ ທິດຕາເວັນຕົກຕິດກັບແຂວງສາລະວັນ

ສະພາບພູມມີອາກາດໂດຍທົ່ວໄປຂອງອ່າງໂຕ່ງເຊໂດນມີລັກສະນະ ຮ້ອນແລະຊຸ່ມ ລະດູຝົນສ່ວນໃຫຍ່ຢູ່ ພາຍໃຕ້ອິດທິພົນຂອງພະຍຸລະດູຮ້ອນ ນອກນັ້ນອ່າງໂຕ່ງຍັງໄດ້ຮັບອິດທິພົນຈາກພະຍຸຕິເປຣດຊັ້ນທີ່ມາຈາກທະເລຈີນໃຕ້

ເຮັດໃຫ້ອ່າງໂຕ່ງມີປະລິມານຝົນຕົກຫຼາຍໃນຊ່ວງເດືອນພຶດສະພາ ຈົນເຖິງ ເດືອນຕຸລາ ແລະ ລະດູແລ້ງໃນຊ່ວງເດືອນ ພະຈິກ ເຖິງ ເດືອນເມສາຂອງທຸກປີ



ຮູບທີ 1ຂອບເຂດພື້ນທີ່ອ່າງໂຕ່ງເຊໂດນ

## 2 ແບບຈຳລອງ Soil and Water Assessment Tool (SWAT)

SWATເປັນແບບຈຳລອງທາງອຸທິກວິທະຍາ ເຊິ່ງສາມາດໃຊ້ຮ່ວມກັບຂໍ້ມູນ-ຂ່າວສານ ສາລະສິນເທດທາງພູມມິສາດ (Arnold *et al.* 1998) ໂດຍເປັນແບບຈຳລອງປະເພດ Continuous-time basin-scale hydrologic model ເຊິ່ງມີຄວາມສາມາດໃນການຈຳລອງແບບທີ່ມີຄວາມຊັບຊ້ອນທາງດ້ານອຸທິກວິທະຍາ (Hydrology), ຢາຂ້າແມງໄມ້ (Pesticide) ວົງຈອນສານອາຫານ (Nutrient cycling), ການກັດເຊາະ ແລະ ການເຄື່ອນຍ້າຍຕະກອນ (Erosion and sediment transport) ຫຼືກ່າວອີກໃນທາງໜຶ່ງວ່າ ເປັນປະເພດ River basin scale model (Behera& Panda, 2006; Gassman *et al.* 2007) ໂດຍໄດ້ຖືກພັດທະນາຂຶ້ນເພື່ອສຶກສາຜົນກະທົບໃນແບບປະລິມານຂອງການຈັດການພື້ນທີ່ອ່າງໂຕ່ງທີ່ມີຂະໜາດໃຫຍ່ ແລະ ຊັບຊ້ອນ, ເຊິ່ງສ້າງຂຶ້ນໂດຍ Agricultural Research Serviceທີ່ Grassland Soil and Water Research Laboratory ປະເທດອາເມລິກາ (Neitschet *al.* 2005) ເປັນແບບຈຳລອງສາທາລະນະສິດ (Public domain model), ແບບຈຳລອງໃຊ້ຂໍ້ມູນທີ່ສຳຄັນເຊັ່ນ: ຂໍ້ມູນປະເພດດິນ, ການໃຊ້ປະໂຫຍດທີ່ດິນ ແລະ ຂໍ້ມູນສະພາບພູມິອາກາດໃນພື້ນທີ່ອ່າງໂຕ່ງ, ສຳຫຼັບການຈຳລອງແມ່ນການຄຳນວນປະລິມານການໄຫຼຈາກ HRUs ຂອງ Watershed ແລະ sub-watershed ຕາມລຳດັບ. ແບບຈຳລອງເຮັດການຈຳລອງແບ່ງອອກເປັນ 2 ສ່ວນໄດ້ແກ່ ສ່ວນພື້ນດິນ (Land phase) ແລະ ສ່ວນເຄື່ອນທີ່ໃນລຳນ້ຳ (Routing phase) ເຊິ່ງໃນການສຶກສານີ້ໄດ້ພິຈາລະນາສະເພາະພາກສ່ວນພື້ນດິນເທົ່ານັ້ນ

### 3 ຂໍ້ມູນທີ່ໃຊ້ໃນການຈຳລອງ

ແບບຈຳລອງ SWAT ນຳໃຊ້ຂໍ້ມູນພື້ນຖານທີ່ສຳຄັນໃນການຈຳລອງປະກອບດ້ວຍ Digital elevation model (DEM), ການໃຊ້ປະໂຫຍດທີ່ດິນ (Land use), ປະເພດດິນ (Soil), ສະພາບພູມມີອາກາດ (Climate) ແລະ ຂໍ້ມູນການກວດວັດນ້ຳທ່າ (Observed runoff) ດັ່ງນີ້.

ຂໍ້ມູນ Digital elevation model (DEM) ຄືແບບຈຳລອງລະດັບຄວາມສູງແບບຕົວເລກຊະນິດ Raster ຂອງພື້ນທີ່, ຖືກກຳໜົດດ້ວຍ Pixel ເຊິ່ງມີຂະໜາດ 50x50 m ລະບົບອ້າງອິງທາງພູມມິສາດຄື WGS 1984 UTM Zone 48N

ຂໍ້ມູນສະພາບພູມມີອາກາດ (Climate data) ເປັນຂໍ້ມູນທີ່ເກັບບັນທຶກເປັນຕົວເລກຊະນິດລາຍວັນ, ໂດຍລວບລວມຈາກກົມອຸຕຸນິຍົມວິທະຍາ ແລະ ອຸທິກກະສາດ ເຊິ່ງປະກອບດ້ວຍ ຂໍ້ມູນປະລິມານນ້ຳຝົນ, ຄວາມຊຸ່ມ, ອຸຫະພູມ, ຄວາມໄວລົມ ແລະ ລັງສີແສງອາທິດ

ຂໍ້ມູນປະລິມານນ້ຳທ່າ (Observed runoff data) ເປັນຂໍ້ມູນຂອງສະຖານີກວດວັດນ້ຳທ່າທີ່ສຸວັນນະຄີລີ ຕັ້ງຢູ່ Latitude 15° 23' 00" ເໜືອ ແລະ Longitude 105° 49' 00" ຕາເວັນອອກ ໂດຍເປັນຂໍ້ມູນຊະນິດລາຍວັນ ແບບອະນຸກໄມເວລາ (Time series)

ຂໍ້ມູນການໃຊ້ປະໂຫຍດທີ່ດິນ (Land-use data) ຂອງພື້ນທີ່ປະກອບໄປດ້ວຍ ປ່າໂຄກ (Dipterocarp forest) ປະມານ 37%, ປ່າດົບແລ້ງ (Evergreen forest) 31%, ພື້ນທີ່ນໍ້າ (Rice paddy) 17%, ພື້ນທີ່ກະເສດ 13% ແລະ ພື້ນທີ່ອື່ນໆ ໄດ້ແກ່ ພື້ນທີ່ໂລ່ງ ແລະ ຫີນ (Barren land) ພື້ນທີ່ທົ່ງຫຍ້າ (Grassland) ພື້ນທີ່ປຸກສ້າງ (Urban or built-up area) ແລະ ພື້ນທີ່ທີ່ເປັນນ້ຳລວມກັນປະມານ 2% ເທົ່ານັ້ນ

ຂໍ້ມູນດິນ (Soil data) ປະກອບໄປດ້ວຍດິນໜຽວ (clay loam) ປະມານ 41%, ດິນຜຸຜຸຍປົນຊາຍ (Sandy loam) 40%, ດິນຜຸຜຸຍ (Loam) 12%, ດິນຜຸຜຸຍປົນຊາຍ (Loamsandy) 8% ແລະ ດິນໜຽວ (Clay) ປະມານ 4%

### 4 ຂັ້ນຕອນການຈຳລອງ

ການສ້າງແບບຈຳລອງມີຂັ້ນຕອນປະກອບດ້ວຍ: (1) ການກຽມຂໍ້ມູນນຳເຂົ້າ, (2) ການກຳໜົດຂະໜາດພື້ນທີ່ເລີ່ມຕົ້ນຂອງອ່າງໂຕ່ງ, (3) ການວິເຄາະໜ່ວຍຕອບສະໜອງທາງອຸທິກວິທະຍາ HRUs, (4) ດັດແກ້ຂໍ້ມູນໃນຖານຂໍ້ມູນຂອງແບບຈຳລອງ, (5) ກຳໜົດທີ່ຕັ້ງຂອງສະຖານີກວດວັດສະພາບພູມມີອາກາດ, (6) ນຳເອົາຂໍ້ມູນຕົວແປທີ່ມີຜິດຕໍ່ການຈຳລອງ, (7) ຈຳລອງ (Run model) ແລະ (8) ການສອບສົມທຽບຜົນຂອງການຈຳລອງ ດ້ວຍ Parameter ທີ່ມີຄວາມອ່ອນໄຫວຕໍ່ແບບຈຳລອງ

ການຄົ້ນຄວ້ານີ້ໃຊ້ວິທີການກຳໜົດຂະໜາດພື້ນທີ່ອ່າງໂຕ່ງຢ່ອຍ (Threshold area) ທີ່ມີຄວາມແຕກຕ່າງກັນຕັ້ງແຕ່ຂະໜາດນ້ອຍສຸດຈົນເຖິງຂະໜາດໃຫຍ່ ປະກອບດ້ວຍ 1,500 ເຮັກຕາ, 2,500 ເຮັກຕາ, 5,000 ເຮັກຕາ, 7,500 ເຮັກຕາ, 10,000 ເຮັກຕາ, 15,000 ເຮັກຕາ (ໂດຍຄ່ານີ້ຈະເປັນຄ່າພື້ນທີ່ນ້ອຍສຸດທີ່ສາມາດເຮັດໃຫ້ DEM ເລີ່ມແບ່ງພື້ນທີ່ອ່າງໂຕ່ງຢ່ອຍ) ແລະ ເຮັດການຈຳລອງໃນແຕ່ລະກໍລະນີສຶກສາ ແລະ ກຳໜົດໃຫ້ໜ່ວຍຕອບສະໜອງທາງອຸທິກວິທະຍາ (Hydrologic Response Units: HRUs) ໂດຍການແບ່ງຈາກການໃຊ້ປະໂຫຍດທີ່ດິນຂອງດິນ

ແລະ ຊະນິດດິນເປັນແບບໜຶ່ງຜືນທີ່ອ່າງໂຕ່ງຢ່ອຍມີຫຼາຍໜ່ວຍຕອບສະໜອງທາງອຸທິກວິທະຍາ ໂດຍການກຳໜົດຂໍ້ມູນ ການໃຊ້ປະໂຫຍດທີ່ດີ 5% ແລະ ຂໍ້ມູນຊະນິດດິນເປັນ 5% ໃນແຕ່ລະກໍລະນີສຶກສາ.

ການປະເມີນຄວາມຖືກຕ້ອງຂອງແບບຈຳລອງໂດຍພິຈາລະນາຄວາມສອດຄ່ອງກັນ (Goodness of fit) ຂອງຄ່າຈາກຜົນການຈຳລອງ ແລະຄ່າຂອງການກວດວັດທີ່ບັນທຶກໄວ້ ໂດຍການກວດສອບກາຟ (Scatter plot) ປຽບທຽບຄ່າທັງສອງ ໂດຍການຄຳນວນຄ່າຄວາມຜິດພາດ (Error) ໂດຍໃຊ້ເກນການປະເມີນແບບປະສິດທິພາບ (Efficiency criteria) ເຊັ່ນ ສຳປະສິດໃນການຕັດສິນໃຈ (Coefficient of determination,  $R^2$ ), Nash-Sutcliffe efficiency (NSE) (Nash & Sutcliffe, 1970).

**ຜົນໄດ້ຮັບຈາກການຄົ້ນຄວ້າ ແລະ ວິຈານ**

**1 ຜົນໄດ້ຮັບຈາກການຄົ້ນຄວ້າ**

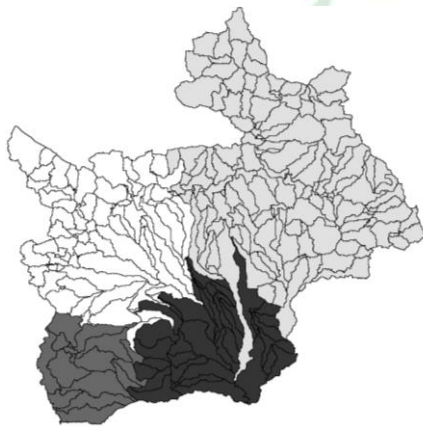
ຜົນການຄົ້ນຄວ້າສະແດງໃຫ້ເຫັນເຖິງ ອິດທິຜົນຂອງການກຳໜົດຂະໜາດເລີ່ມຕົ້ນຂອງອ່າງໂຕ່ງໃນ ການຈຳລອງປະລິມານການໄຫຼຂອງນ້ຳ ໂດຍການກຳໜົດຂະໜາດຜືນທີ່ອ່າງໂຕ່ງຢ່ອຍ (Threshold area) ທີ່ຂະໜາດ 1,500 ເຮັກຕາຈະເຮັດໃຫ້ແບບຈຳລອງແບ່ງອ່າງໂຕ່ງຢ່ອຍອອກເປັນ 268 sub-basins, ຈາກຜົນການແບ່ງນີ້ເຮັດໃຫ້ ແບບຈຳລອງແບ່ງໃຫ້ມີໜ່ວຍຕອບສະໜອງທາງອຸທິກວິທະຍາ 3,520 HRUs; ໃນກໍລະນີກຳໜົດທີ່ 2,500 ເຮັກຕາຈະ ໄດ້ອ່າງໂຕ່ງຢ່ອຍຈຳນວນ 160 sub-basins, ຈາກຜົນນີ້ຈະໄດ້ໜ່ວຍຕອບສະໜອງທາງອຸທິກວິທະຍາ 2,460 HRUs; ການກຳໜົດໃນລະດັບ5,000 ເຮັກຕາຈະໄດ້ອ່າງໂຕ່ງຢ່ອຍຈຳນວນ 104 sub-basins, ຈະເຮັດໃຫ້ມີໜ່ວຍຕອບສະໜ ອງທາງອຸທິກວິທະຍາ 1,830 HRUs; ສຳຫຼັບ 7,500 ເຮັກຕາຈະໄດ້ອ່າງໂຕ່ງຢ່ອຍຈຳນວນ 54 sub-basins, ໂດຍຈະ ເຮັດໃຫ້ມີໜ່ວຍຕອບສະໜອງທາງອຸທິກວິທະຍາ 1,220 HRUs; ໃນການກຳໜົດ 10,000 ເຮັກຕາຈະໄດ້ອ່າງໂຕ່ງ ຢ່ອຍຈຳນວນ 36 sub-basins, ຈະກໍ່ໃຫ້ເກີດໜ່ວຍຕອບສະໜອງທາງອຸທິກວິທະຍາ 880 HRUs; ແລະ 15,000 ເຮັກຕາ ຈະໄດ້ອ່າງໂຕ່ງຢ່ອຍຈຳນວນ 22 sub-basins, ຈາກຜົນຂອງການກຳໜົດດັ່ງກ່າວຈະເຮັດໃຫ້ມີໜ່ວຍຕອບສະ ໜອງທາງອຸທິກວິທະຍາ 680 HRUs ສະແດງໃນ ຮູບທີ 2.

ຜົນຂອງການຈຳລອງທີ່ໄດ້ຈາກການກຳໜົດຂະໜາດຜືນທີ່ອ່າງໂຕ່ງຢ່ອຍທີ່ມີຄວາມແຕກຕ່າງກັນໃນ ແຕ່ລະກໍລະນີ ສະແດງໃຫ້ເຫັນຄວາມແຕກຕ່າງກັນຂອງຄ່າທາງສະຖິຕິທີ່ໄດ້ຈາກການປະເມີນປະສິດທິພາບຂອງແບບ ຈຳລອງ, ລະຫວ່າງຜົນຂອງການຈຳລອງ ແລະ ຄ່າຂອງການກວດວັດຈາກສະຖານີ ໂດຍຄ່າຂອງ  $R^2$  ແລະ NSE (ຕາຕະລາງທີ 1), ໂດຍລວມແລ້ວການຈຳລອງມີຄວາມສອດຄ່ອງໄປໃນທິດທາງດຽງກັນດີ ສຳຫຼັບປະລິມານການໄຫຼ ຂອງນ້ຳທ່າໂດຍສັງເກດໄດ້ຈາກກາຟ (Scatter plot) ປຽບທຽບຄ່າທັງສອງ ດັ່ງສະແດງໃນຮູບທີ 3.

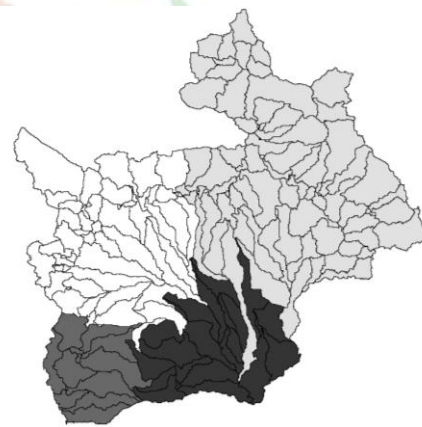
ຕາຕະລາງທີ 1 ຜົນຂອງການກຳໜົດຂະໜາດພື້ນທີ່ອ່າງໂຕ່ງຢ່ອຍເລີ່ມຕົ້ນຂອງແບບຈຳລອງໃນແຕ່ລະກໍລະນີ

ລຳດັບ	ການກຳໜົດພື້ນທີ່(ເຮັກຕາ)	ອ່າງໂຕ່ງຢ່ອຍ	ຈຳນວນ(HRUs)	R <sup>2</sup>	NSE
1	1,500	268	3,520	0.98	0.90
2	2,500	160	2,460	0.98	0.90
3	5,000	104	1,830	0.97	0.88
4	7,500	54	1,220	0.97	0.86
5	10,000	36	880	0.96	0.85
6	15,000	21	680	0.94	0.83

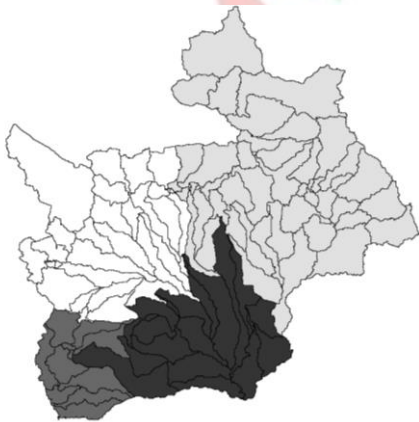
ຜົນການຄົ້ນຄວ້າສະແດງໃຫ້ເຫັນວ່າ ການກຳໜົດພື້ນທີ່ອ່າງໂຕ່ງຢ່ອຍທີ່ 1,500 ແລະ 2,500 ເຮັກຕາ ພົບວ່າຄ່າທີ່ໄດ້ຈາກການຈຳລອງ ແລະ ຄ່າຂອງການກວດວັດຈາກສະຖານີມີການຈັບກຸມໄປໃນທິດທາງດຽວກັນ ແລະ ມີຄວາມສອດຄ່ອງກັນທີ່ສຸດ, ເຊິ່ງເຮັດໃຫ້ປະສິດທິພາບມີຄ່າທີ່ສູງ ດ້ວຍຄ່າ R<sup>2</sup>=0.98 ແລະ NSE=0.90 ແລະ ສຳລັບ ກໍລະນີກຳໜົດຂອບເຂດພື້ນທີ່ອ່າງໂຕ່ງທີ່ມີຂະໜາດໃຫຍ່ຂຶ້ນນັ້ນ, ຈະເຮັດໃຫ້ຜົນການຈຳລອງມີຄວາມສອດຄ່ອງຂອງຂໍ້ ມູນທັງສອງນ້ອຍລົງ ແລະ ມີຜົນເຮັດໃຫ້ການປະເມີນປະສິດທິພາບຂອງແບບຈຳລອງດ້ວຍ R<sup>2</sup> ແລະ NSE ໄດ້ຄ່າທີ່ຕໍ່າ ລົງເຊັ່ນກັນ



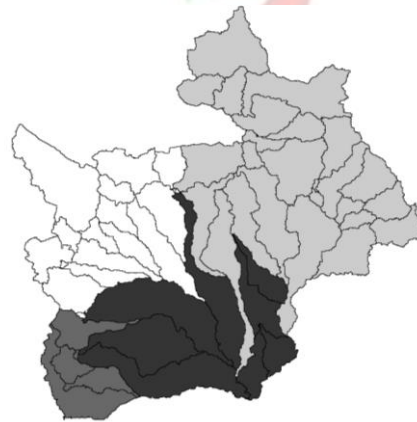
(ກ)



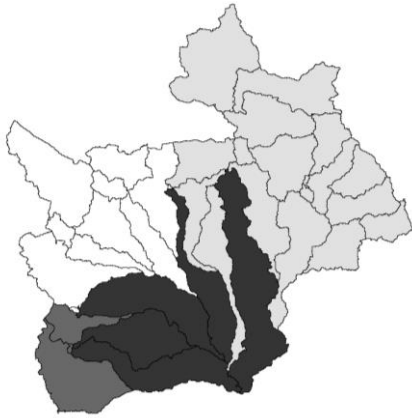
(ຂ)



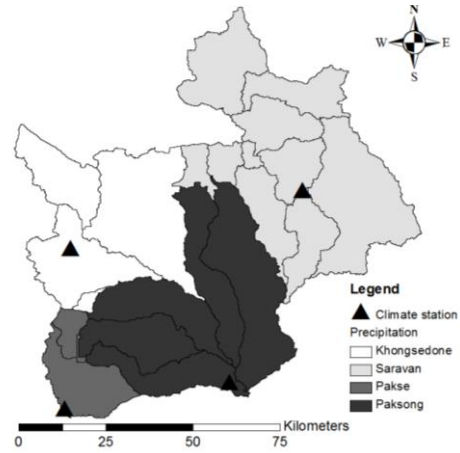
(ຄ)



(ງ)

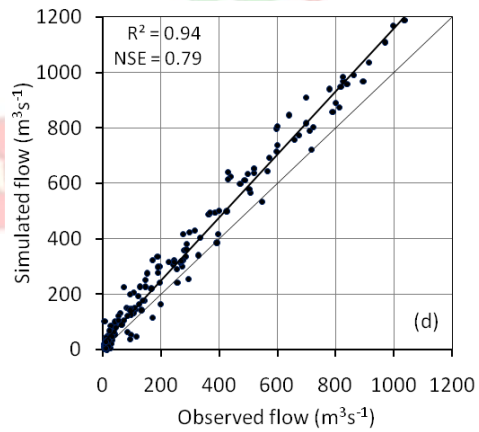
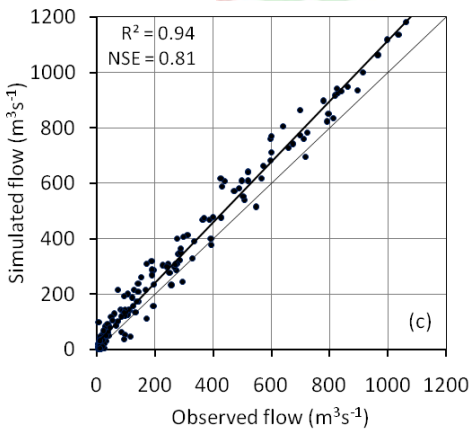
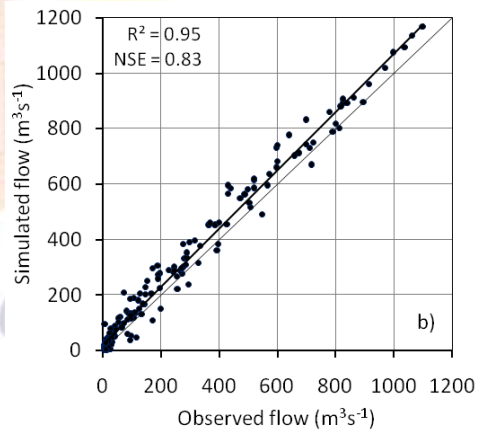
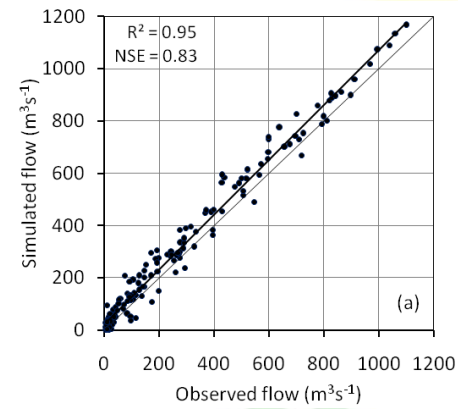


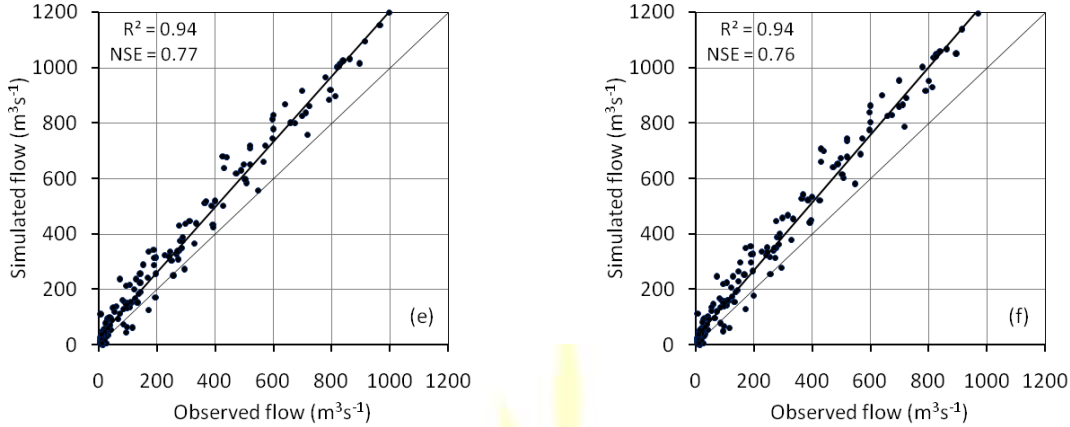
(ຈ)



(ສ)

ຮູບທີ 2 ການປະເມີນປະລິມານຝົນໃນອ່າງໂຕໆຍ່ອຍ ສໍາລັບການກຳໜົດຂະໜາດເລີ່ມຕົ້ນຂອງຝື້ນທີ່ແຕກຕ່າງກັນ (ກ) 1,500 ເຮັກຕາ, (ຂ) 2,500 ເຮັກຕາ, (ຄ) 5,000 ເຮັກຕາ, (ງ) 7,500 ເຮັກຕາ, (ຈ) 10,000 ເຮັກຕາ, (ສ) 15,000 ເຮັກຕາ





ຮູບທີ 3 ກາຟ Scatter plot ສະແດງຄວາມສຳພັນລະຫວ່າງຄ່າຂອງການຈຳລອງ ແລະ ຄ່າຂອງການກວດວັດຈິງສຳລັບ ການກຳໜົດຂະໜາດເລີ່ມຕົ້ນຂອງພື້ນທີ່ແຕກຕ່າງກັນ (a) 1,500 hectare, (b) 2,500 hectare, (c) 5,000 hectare, (d) 7,500 hectare, (e) 10,000 hectare, (f) 15,000 hectare

2 ວິພາກບົດ

ສຳລັບການກຳໜົດຂະໜາດເລີ່ມຕົ້ນຂອງພື້ນທີ່ອ່າງໂຕ່ງຢ່ອຍທີ່ມີຄວາມແຕກຕ່າງກັນນັ້ນມີຜົນເຮັດໃຫ້ການຈຳລອງສະພາບທາງກາຍຍະພາບຂອງອ່າງໂຕ່ງຢ່ອຍມີຄວາມແຕກຕ່າງກັນບໍ່ວ່າຈະເປັນຂະໜາດ, ຮູບຮ່າງ ແລະ ຈຳນວນນອກຈາກນີ້, ຍັງມີຜົນເຮັດໃຫ້ປະລິມານນ້ຳຝົນ-ນ້ຳທ່າມີປະລິມານແຕກຕ່າງກັນ, ຈາກຜົນຂອງການຈຳລອງນີ້ເຮັດໃຫ້ເຫັນວ່າ ແບບຈຳລອງມີການນຳເຂົ້າຂໍ້ມູນສະພາບພູມິອາກາດ ສຳລັບປະເມີນນ້ຳທ່າ ຂອງສະຖານີທີ່ໃກ້ກັບຈຸດເຄິ່ງກາງ (Centroid) ຂອງອ່າງໂຕ່ງຢ່ອຍທີ່ໃກ້ທີ່ສຸດໃນການເປັນຕົວແທນຂອງການຈຳລອງ, ສຳລັບຄວາມແຕກຕ່າງນີ້ເນື່ອງຈາກສະພາບໂດຍທົ່ວໄປຂອງອ່າງໂຕ່ງມີສະຖານີກວດວັດສະພາບພູມິອາກາດທີ່ມີຄວາມໜ້າເຊື່ອຖື ແລະ ມີການເກັບກຳຂໍ້ມູນແບບ Time series ພຽງ 4 ສະຖານີທີ່ເປັນຕົວແທນໄດ້ ໃນການນຳເຂົ້າຂໍ້ມູນຝົນ, ແລະ ເນື່ອງດ້ວຍສະພາບຂອງອ່າງໂຕ່ງເອງມີຄວາມແຕກຕ່າງກັນຫຼາຍຂອງປະລິມານຝົນ ຕັ້ງແຕ່ປະລິມານຝົນສະເຫຼ່ຍຕໍ່ປີຢູ່ປະມານ 1,900 mm ໃນພື້ນທີ່ຕ່ຳ (ພື້ນທີ່ຮາບພຽງ) ແຕ່ສຳລັບໃນເຂດທີ່ມີລະດັບສູງ (ເຂດພູພຽງບໍລະເວນ) ຈະມີປະລິມານຝົນສະເຫຼ່ຍຕໍ່ປີຫຼາຍກວ່າ 3,500 mm ແລະ ອິດທິຜົນຂອງຝົນຈາກສະຖານີທີ່ມີປະລິມານຝົນສູງເຮັດໃຫ້ຜົນຂອງການຈຳລອງປະລິມານນ້ຳຝົນ-ນ້ຳທ່າຂອງແບບຈຳລອງໃນພື້ນທີ່ມີຄວາມແຕກຕ່າງກັນ, ດັ່ງນັ້ນ ການກຳໜົດຂະໜາດເລີ່ມຕົ້ນຂອງພື້ນທີ່ອ່າງໂຕ່ງຢ່ອຍມີຂະໜາດໃຫຍ່ນັ້ນ ຈະເຮັດໃຫ້ຂະໜາດອ່າງໂຕ່ງຢ່ອຍທີ່ມີຂະໜາດໃຫຍ່ໄດ້ຮັບອິດທິຜົນຂອງຝົນຈາກສະຖານີທີ່ມີປະລິມານຝົນສູງນັ້ນເອງ, ສຳລັບການກຳໜົດຂະໜາດເລີ່ມຕົ້ນຂອງພື້ນທີ່ອ່າງໂຕ່ງຢ່ອຍໃຫ້ມີຂະໜາດທີ່ເໝາະສົມຈະເຮັດໃຫ້ອ່າງໂຕ່ງຢ່ອຍໄດ້ຮັບປະລິມານນ້ຳຝົນສະໜ້າສະເໝີ ແລະ ໃກ້ຄຽງກັບຄວາມເປັນຈິງຂອງອ່າງໂຕ່ງເຊໂດນ

ການກຳໜົດພື້ນທີ່ອ່າງໂຕ່ງຢ່ອຍໃຫ້ມີຄວາມເໝາະສົມມີສ່ວນສຳຄັນສຳລັບການປະເມີນຜົນຂອງແບບຈຳລອງ ແຕ່ໃນທາງກົງກັນຂ້າມຖ້າຫາກຳໜົດຂະໜາດເລີ່ມຕົ້ນນ້ອຍຈົນເກີນໄປຈະເຮັດໃຫ້ແບບຈຳລອງນັ້ນໃຊ້ເວລາເກີນຄວາມຈຳເປັນໃນການຈຳລອງໂດຍບໍ່ໄດ້ປັບປຸງຜົນຂອງການປະເມີນໃຫ້ດີຂຶ້ນກວ່າເກົ່າ ດັ່ງນັ້ນ, ຕ້ອງຄຳນຶງເຖິງວັດຖຸປະສົງທີ່ຈະນຳໄປໃຊ້ ໂດຍຈະມີຜົນຕໍ່ການວິເຄາະໃນຂັ້ນຕໍ່ໄປ

## ສະຫຼຸບ

ຜົນຈາກການຈຳລອງລະບົບອ່າງໂຕ່ງດ້ວຍການປະຍຸກໃຊ້ແບບຈຳລອງ SWAT ຝືບວ່າ ວິທີການແບ່ງຜືນທີ່ອ່າງໂຕ່ງຢ່ອຍດ້ວຍການກຳໜົດຂະໜາດຜືນທີ່ເລີ່ມຕົ້ນ (Threshold area) ທີ່ແຕກຕ່າງກັນ, ເຮັດໃຫ້ແບບຈຳລອງສະແດງຜືນທີ່ໄດ້ຈາກການຈຳລອງມີຄວາມແຕກຕ່າງກັນຢ່າງຈະແຈ້ງ, ນອກຈາກນີ້ຍັງມີຜົນເຮັດໃຫ້ແບບຈຳລອງປະເມີນປະລິມານນ້ຳທຳມິຄວາມແຕກຕ່າງກັນອອກໄປເຊັ່ນກັນ ໂດຍຜົນຂອງການຈຳລອງນີ້ ສະແດງໃຫ້ເຫັນ ການກຳໜົດຂະໜາດຜືນທີ່ເລີ່ມຕົ້ນຂອງອ່າງໂຕ່ງຢ່ອຍທີ່ມີຄວາມເໝາະສົມຈະເຮັດໃຫ້ໄດ້ຜົນການຈຳລອງທີ່ດີກວ່າ ເນື່ອງຈາກວ່າຜືນທີ່ຂອງອ່າງໂຕ່ງເຊ ໂດນເປັນຜືນທີ່ທີ່ມີຄວາມແຕກຕ່າງກັນຫຼາຍຂອງສະພາບພູມິປະເທດ ແລະ ປະລິມານນ້ຳຝົນໃນອ່າງໂຕ່ງ, ທັງຍັງມີຄວາມຈຳກັດທາງດ້ານຂໍ້ມູນສະພາບພູມິອາກາດ ໂດຍປັດໃຈທີ່ມີອິດທິຜົນຕໍ່ການປະເມີນປະລິມານນ້ຳຝົນ-ນ້ຳທຳມິຂອງແບບຈຳລອງຄືປະລິມານຝົນທີ່ຈາກສະຖານີທີ່ມີຝົນຕົກຫຼາຍນັ້ນເອງ, ສຳຫຼັບແບບຈຳລອງ SWAT ເປັນແບບຈຳລອງທີ່ມີຄວາມໜ້າເຊື່ອຖືໄດ້ໃນການເປັນເຄື່ອງມືໃນການວິເຄາະຂະບວນການທາງອຸທິນວິທະຍາໃນການວາງແຜນຊັບພະຍາກອນ ແລະ ການຈັດການນ້ຳໃນຜືນທີ່ຄົ້ນຄວ້າ ໂດຍການຄົ້ນຄວ້າທີ່ມີຄວາມສາມາດຂະຫຍາຍໄປໃນຜືນທີ່ອ່າງໂຕ່ງອື່ນໆ ທີ່ມີລັກຊະນະຄ້າຍຄືກັນອື່ນໆ

## ເອກະສານອ້າງອີງ

- Arnold, J.G., R. Srinivason, R.S. Muttiah & J.R. Williams. (1998). Large Area Hydrologic Modeling and Assessment Part I: Model development. *J. Am. Water Resour. Assoc.* 34(1): 73-89.
- Arnold, J.G., M. Winchell, R. Srinivasan, & M. Di Luzio. (2012). ArcSWAT Interface for Swat2012, User's Guide. Grassland, Soil and Water Research Laboratory, Agricultural Research Service, Blackland Research Center, Texas AgriLife Research.
- Bouraoui, F., S. Benabdallah, A. Jrad & G. Bidoglio. (2005). Application of the SWAT model on the Medjerda River Basin (Tunisia). *Phys. Chem. Earth.* 30 (8-10): 497-507.
- Behera, S. & R.K. Panda. (2006). Evaluations of management alternatives for an agricultural watershed in a sub-humid subtropical region using a physical process model. *Agric. Ecosyst. Environ.* 113(1-4): 62-72.
- Brown, C.D. & J.M. Hollis. (1996). SWAT-A Semi-Empirical Model to Predict Concentrations of Pesticides Entering Surface Waters from Agricultural Land. *Pestic. Sci.* 47: 41-50.
- Easton, Z.M., D.R. Fuka, M.T. Walter, D.M. Cowan, E.M. Schneiderman & T.S. Steenhuis. (2008). Re-conceptualizing the soil and water assessment tool (SWAT) model to predict runoff from variable source areas. *J. Hydrol.* 348 (3-4): 279-291.

- Gassman, P.W., M.R. Reyes & C.H. Green. (2007). The Soil and Water Assessment Tool: historical development, applications, and the future research directions. *Trans. ASABE*. 50(4): 1211-1250.
- Nash, J.E. & J.V. Sutcliffe. (1970). River flow forecasting through conceptual models, part I. A discussion of principles. *J. Hydrol.* 10 (3): 282-290.
- Ndomba, P., F. Mtalo & A. Killington. (2008). SWAT model application in a data scarce tropical complex catchment in Tanzania. *J. Phys. Chem.* 33 (8-13): 626-632.
- Neitsch, S.L., J.G. Arnold, J.R. Kiniry & J.R. Williams. (2005). Soil and Water Assessment Tool: Theoretical Documentation. Blackland Research center, Grassland, Soil and Water Research Laboratory, Agricultural Research Service: Temple, TX, 476pp.
- Qi, C. & S. Grunwald. (2005). GIS-Based Hydrologic modeling in the Sandusky watershed using SWAT. *Trans. ASAE*. 48(1): 160-180.
- Saleh, A., J.G. Arnold, P.W. Gassman, L.W. Hauck, W.D. Rosenthal, R.J. Williams, & A.M.S. McFarland. (2000). Application of SWAT for the upper north Bosque Watershed. *Trans. ASAE*. 43(5): 1077-1087.
- Thampi, S.G., K.Y. Raneesh & T.V. Surya. (2010). Influence of scale on SWAT model calibration for streamflow in a river basin in the humid tropics. *Water Resour Manage.* 24 (15): 4567-4578.
- Van Liew, M.W. & J. Garbrecht. (2003). Hydrologic simulation of the Little Washita river experimental watershed using SWAT. *J. Am. Water Resour. Assoc.* 39(2): 413-426.
- Wang, X., A.M., Melesse & W. Yang. (2006). Influences of potential evapotranspiration estimation methods on SWAT's hydrologic simulation in a northwestern Minnesota watershed. *Trans. ASAE*. 49(6): 1755-1771.
- Zhang, X.S., F.H. Hao, H.G. Cheng, & D.F. Li. (2003). Application of SWAT Model in the upstream watershed of the LUOHE River. *Chinese Geog. Sci.* 13: 334-339.
- Xu, C.Y. & V.P. Singh. (2004). Review on Regional Water Resources Assessment Models under Stationary and Changing Climate. *Water Resour. Manag.* 12: 31-50.