Souphanouvong University Journal of Multidisciplinary Research and Development
2026, Vol. 12, 04F, 165-172 ISSN 2521-0563
https://doi.org/10.69692/SUJMRD1204F165

A Study of Mathematical Problem-Solving Abilities and Learning Achievement on Surface Area and Volume among Lower Secondary School Students Receiving Problem-Based Learning Activities

Oudom BOUDSIT[*1], Khamsone PHOMMANITH[2], Sengdao PHETHSOMBATH[3], Vatsana KEOPHASITH[4], Domone KONEPACHITH[5], Sengdala BOUALAKHAM[6] and Mai THOR[7]

Department of Science Teacher, Faculty of Education, National University of Teacher Education, Luang Prabang Campus

Correspondence:
Oudom BOUDSIT, Department of Science Teacher, Faculty of Education, National University of Teacher Education, Luang Prabang Campus
E-mail: oudom581988@gmail.com
Tel: +856 020 5226 5773

Article Info:
Submitted: November 19, 2026
Revised: November 22, 2026
Accepted: November 24, 2026

Abstract

This study aimed to: 1) examine whether the mean mathematical problem-solving score on area and volume of lower secondary school students after participating in Problem-Based Learning (PBL) integrated with Polya's problem-solving process exceeds the 75% benchmark at the 0.05 level of statistical significance; and 2) examine whether the mean mathematics achievement score on area and volume of the students after the intervention exceeds the 75% benchmark at the 0.05 level of statistical significance. This research employed a one-shot case study design. The sample consisted of 23 lower secondary school students (Grades 1–4 / M.1–M.4) at Kiettisack International School, Luang Prabang Branch, selected purposively from students whose geometry scores were below the school's standard benchmark (less than 7 out of 10 points). The research instruments comprised six PBL lesson plans, a five-item subjective (open-ended) mathematical problem-solving test, and a 20-item objective (multiple-choice) mathematics achievement test. Data were analyzed using the mean, standard deviation (S.D.), and a one-sample t-test at the 0.05 significance level.

The findings revealed that:

1. After the PBL intervention, the students achieved a mean mathematical problem-solving score of 7.96 out of 10 (79.60%, S.D. = 0.976), which was significantly higher than the 75% benchmark (7.50 points) at the 0.05 level.
2. After the PBL intervention, the students achieved a mean mathematics achievement score of 8.09 out of 10 (80.90%, S.D. = 0.733), which was significantly higher than the 75% benchmark (7.50 points) at the 0.05 level.

Keywords: mathematical problem-solving ability, mathematics achievement, Problem-Based Learning (PBL), Polya's problem-solving process.

1. ພາກສະເໜີ

ປະເທດເຮົາພວມດຳເນີນພາລະກິດການປ່ຽນແປງໃໝ່ ຈຶ່ງມີຄວາມຈຳເປັນພາວະວິໄສທີ່ຕ້ອງຍົກສູງຄຸນນະພາບການສຶກສາ ເວົ້າລວມ, ເວົ້າສະເພາະແມ່ນການຍົກສູງຄຸນນະພາບການຈັດການຮຽນ-ການສອນໃຫ້ມີປະສິດທິພາບສູງຂຶ້ນ ແລະ ກ້າວເຂົ້າສູ່ມາດຕະຖານສາກົນ ເນື່ອງຈາການສຶກສາແມ່ນຂະບວນການຮຽນ-ການສອນທາງດ້ານທິດສະດີ ແລະ ພຶດຕິກຳຕົວຈິງກ່ຽວກັບວິທະຍາສາດທຳມະຊາດ, ວິທະຍາສາດສັງຄົມ ແລະ ເຕັກໂນໂລຊີ ເພື່ອພັດທະນາຊັບພະຍາກອນມະນຸດໃຫ້ຂະຫຍາຍຕົວຢ່າງຮອບດ້ານ (Department of Organization and Personnel, 2015).

ການສຶກສາໃນລະດັບຊັ້ນມັດທະຍົມສຶກສາຕອນຕົ້ນ ແມ່ນການສຶກສາທີ່ສືບຕໍ່ຈາກຊັ້ນປະຖົມສຶກສາ, ມີໜ້າທີ່ຍົກລະດັບ ແລະ ຂະຫຍາຍເນື້ອໃນທີ່ໄດ້ຮຽນຢູ່ຊັ້ນປະຖົມສຶກສາ ພ້ອມທັງລິງເລິກບາງວິຊາເພື່ອພັດທະນາຄວາມຮູ້, ຄວາມສາມາດ ແລະ ພອນສະຫວັນຂອງຜູ້ຮຽນ. ຫຼັກສູດຊັ້ນມັດທະຍົມຕອນຕົ້ນສິ່ງເສີມໃຫ້ຜູ້ຮຽນໄດ້ພັດທະນາ ແລະ ຮຽນຮູ້ຢ່າງຕໍ່ເນື່ອງໂດຍຖືຜູ້ຮຽນເປັນໃຈກາງ ໂດຍສະເພາະການຮຽນວິຊາຄະນິດສາດ ແມ່ນແໃສ່ໃຫ້ນັກຮຽນໄດ້ພັນຂະຫຍາຍຄວາມຮູ້, ຄວາມເຂົ້າໃຈ ແລະ ທັກສະພື້ນຖານທາງຄະນິດສາດ ເຂົ້າໃນການຄິດວິເຄາະແກ້ບັນຫາໃນຊີວິດປະຈຳວັນ ແລະ ການຮຽນວິຊາອື່ນໆ (Lao National Institute of Scientific Research and Education, 2011). ວິຊາຄະນິດສາດມີຄວາມສຳຄັນຕໍ່ການພັດທະນາຄວາມຄິດຂອງຜູ້ຮຽນ, ເຮັດໃຫ້ຜູ້ຮຽນມີຄວາມຄິດສ້າງສັນ, ຄິດຢ່າງມີເຫດຜົນ, ຄິດເປັນລະບົບ ແລະ ສາມາດວິເຄາະສະຖານະການໄດ້ຢ່າງຮອບຄອບ (Makhanong, 2003).

ສຳລັບຢູ່ໂຮງຮຽນກຽດຕິສັກນານາຊາດ ສາຂາຫຼວງພະບາງ (Kiettisack International School, Luang Prabang Branch) ຈາກປະສົບການສອນຕົວຈິງຂອງຜູ້ຄົ້ນຄວ້າ ຮ່ວມກັບການສັງເກດ, ສອບຖາມ, ກວດບົດເຝິກຫັດ ແລະ ແບບທົດສອບຂອງນັກຮຽນຊັ້ນ ມ.1–ມ.4 ພົບວ່ານັກຮຽນຈຳນວນໜຶ່ງບໍ່ສາມາດແກ້ສະຖານະການບັນຫາທາງຄະນິດສາດທີ່ປະຍຸກໃຊ້ກັບຊີວິດຈິງໄດ້ ເນື່ອງຈາກບໍ່ເຂົ້າໃຈສະຖານະການບັນຫາ ແລະ ບໍ່ສາມາດວາງແຜນຂັ້ນຕອນການແກ້ບັນຫາໄດ້ ຈຶ່ງສົ່ງຜົນໃຫ້ຜົນການຮຽນໃນພາກເລຂາຄະນິດຂ້ອນຂ້າງຕ່ຳ. ຈາກສະຖິຕິລາຍງານຜົນການຮຽນວິຊາຄະນິດສາດ (ພາກເລຂາຄະນິດ) ປະຈຳສົກຮຽນ 2023–2024 ພົບວ່າ ໃນຈຳນວນນັກຮຽນຊັ້ນ ມ.1–

*Copyright © 2026 by the Authors. Published by Souphanouvong University. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (*http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

ມ.4 ທັງໝົດ 90 ຄົນ ມີນັກຮຽນທີ່ໄດ້ຄະແນນພາກເລຂາຄະນິດຕັ້ງແຕ່ 7.0 ຂຶ້ນໄປ (ເຊິ່ງເປັນເກນມາດຕະຖານຂັ້ນຕ່ຳທີ່ໂຮງຮຽນກຳນົດໄວ້ ສຳລັບລະດັບຜົນການຮຽນທີ່ໜ້າພໍໃຈ) ຈຳນວນ 59 ຄົນ (65.33%) ແລະ ມີນັກຮຽນທີ່ໄດ້ຄະແນນໜຸດ 7.0 ຈຳນວນ 31 ຄົນ (34.67%) (Kiettisack International School, 2024).

ສາເຫດທີ່ເຮັດໃຫ້ຜົນການຮຽນພາກເລຂາຄະນິດຢູ່ໃນລະດັບຕ່ຳ ເນື່ອງມາຈາກນັກຮຽນສ່ວນໃຫຍ່ສາມາດແກ້ໄດ້ສະເພາະໂຈດທີ່ງ່າຍ ຫຼື ຄ້າຍຄືກັບຕົວຢ່າງທີ່ຄູສອນ, ແຕ່ເມື່ອພົບໂຈດທີ່ຊັບຊ້ອນກໍ່ບໍ່ສາມາດ ຄິດຫາວິທີແກ້ໄດ້ (Panichsuay, 2003). ນອກຈາກນີ້, ຮູບແບບການ ສອນແບບບັນລະຍາຍຍັງບໍ່ທັນສົ່ງເສີມໃຫ້ນັກຮຽນໄດ້ຄິດແກ້ບັນຫາ ດ້ວຍຕົນເອງຢ່າງເຕັມທີ່. Pipitkul (1996) ໄດ້ສະເໜີວ່າ ຄູສອນ ຄະນິດສາດຄວນປັບປ່ຽນບົດບາດຈາກຜູ້ບັນລະຍາຍມາເປັນຜູ້ອຳນວຍ ຄວາມສະດວກໃນການຮຽນຮູ້ ແລະ ເປີດໂອກາດໃຫ້ນັກຮຽນໄດ້ລົງມື ປະຕິບັດຮ່ວມກັນ.

ການຈັດການຮຽນ-ການສອນໂດຍໃຊ້ບັນຫາເປັນຖານ (Problem-Based Learning: PBL) ເປັນຮູບແບບການສອນຕາມ ແນວຄິດທິດສະດີສ້າງສັນນິຍົມ (Constructivism) ທີ່ໃຫ້ຜູ້ຮຽນສ້າງ ຄວາມຮູ້ໃໝ່ຈາກສະຖານະການບັນຫາໃນຊີວິດຈິງ ໂດຍຜ່ານຂະບວນ ການເຮັດວຽກເປັນກຸ່ມ 5 ຂັ້ນຕອນ ຄື: 1) ການເຊື່ອມໂຍງ ແລະ ກຳນົດບັນຫາ, 2) ການທຳຄວາມເຂົ້າໃຈບັນຫາ, 3) ການດຳເນີນການ ສຶກສາຄົ້ນຄວ້າ, 4) ການສັງເຄາະຄວາມຮູ້ ແລະ 5) ການສະຫຼຸບ ແລະ ປະເມີນຄ່າຫາຄຳຕອບ (Khammanee, 2012). ໃນຂະນະດຽວກັນ, ຂະບວນການແກ້ບັນຫາທາງຄະນິດສາດຂອງ Polya (1985) ປະກອບ ດ້ວຍ 4 ຂັ້ນຕອນ ຄື: 1) ທຳຄວາມເຂົ້າໃຈບັນຫາ, 2) ວາງແຜນແກ້ ບັນຫາ, 3) ດຳເນີນການຕາມແຜນ ແລະ 4) ກວດສອບຄຳຕອບ. ການບູລະນາການຂະບວນການຂອງ Polya ເຂົ້າໃນຂັ້ນຕອນການທຳ ຄວາມເຂົ້າໃຈບັນຫາ, ການສຶກສາຄົ້ນຄວ້າ ແລະ ການສັງເຄາະຄວາມຮູ້ ຂອງ PBL ຈະຊ່ວຍໃຫ້ນັກຮຽນມີໂຄງສ້າງທາງຄວາມຄິດທີ່ຊັດເຈນ ໃນການແກ້ໂຈດບັນຫາຄະນິດສາດ.

ເຖິງຢ່າງໃດກໍຕາມ, ຈາກການທົບທວນງານວິໄຈທີ່ຜ່ານມາພົບ ວ່າ ການສຶກສາກ່ຽວກັບ PBL ສ່ວນໃຫຍ່ມັກສຶກສາໃນຫ້ອງຮຽນ ປົກກະຕິລະດັບຊັ້ນດຽວ ແລະ ມັກໃຊ້ PBL ແບບດ່ຽວ ໂດຍຍັງຂາດ ການສຶກສາການບູລະນາການຂະບວນການ PBL ຮ່ວມກັບ 4 ຂັ້ນ ຕອນການແກ້ບັນຫາຂອງ Polya ຢ່າງເປັນລະບົບ ສຳລັບກຸ່ມນັກຮຽນ ທີ່ມີຜົນການຮຽນພາກເລຂາຄະນິດຕ່ຳກວ່າເກນມາດຕະຖານໃນບໍລິບົດ ຂອງໂຮງຮຽນນານາຊາດທີ່ຈັດກຸ່ມຮຽນເສີມແບບຄະລະດັບຊັ້ນ ໂດຍ ສະເພາະໃນເນື້ອໃນ ເລື່ອງ ເນື້ອທີ່ ແລະ ບໍລິມາດ ເຊິ່ງຕ້ອງອາໄສທັງ ຈິນຕະນາການທາງມິຕິ ແລະ ການວາງແຜນຄິດໄລ່ຫຼາຍຂັ້ນຕອນ. ດັ່ງນັ້ນ, ຜູ້ຄົ້ນຄວ້າຈຶ່ງຕັ້ງຄຳຖາມການວິໄຈວ່າ ຫຼັງຈາກນັກຮຽນຊັ້ນ ມັດທະຍົມສຶກສາຕອນຕົ້ນກຸ່ມດັ່ງກ່າວໄດ້ຮັບການຈັດກິດຈະກຳການ ຮຽນ-ການສອນໂດຍໃຊ້ບັນຫາເປັນຖານ (PBL) ຮ່ວມກັບຂະບວນ ການແກ້ບັນຫາຂອງ Polya ແລ້ວ ນັກຮຽນຈະມີຄະແນນສະເລ່ຍຄວາມ ສາມາດໃນການແກ້ບັນຫາທາງຄະນິດສາດ ແລະ ຜົນສຳເລັດທາງການ ຮຽນ ເລື່ອງ ເນື້ອທີ່ ແລະ ບໍລິມາດ ສູງກວ່າເກນ 75% ຫຼືບໍ່.

2. ອຸປະກອນ ແລະ ວິທີການຄົ້ນຄວ້າ

2.1. ປະຊາກອນ, ກຸ່ມຕົວຢ່າງ ແລະ ຈັນຍາບັນການຄົ້ນຄ້ວາວິໄຈ

2.1.1. ປະຊາກອນ: ໄດ້ແກ່ນັກຮຽນຊັ້ນມັດທະຍົມສຶກສາຕອນ ຕົ້ນ (ມ.1–ມ.4) ໂຮງຮຽນກຽດຕິສັກນານາຊາດ ສາຂາຫຼວງພະບາງ (Kiettisack International School, Luang Prabang Branch) ຕັ້ງຢູ່ນະຄອນຫຼວງພະບາງ, ແຂວງຫຼວງພະບາງ ໃນສົກຮຽນ 2023–2024 ຈຳນວນທັງໝົດ 90 ຄົນ, ຍິງ 48 ຄົນ.

2.1.2. ກຸ່ມຕົວຢ່າງ: ນັກຮຽນຊັ້ນມັດທະຍົມສຶກສາຕອນຕົ້ນ (ມ.1–ມ.4) ຈຳນວນ 23 ຄົນ (ມ.1 ຈຳນວນ 5 ຄົນ, ມ.2 ຈຳນວນ 6 ຄົນ, ມ.3 ຈຳນວນ 6 ຄົນ ແລະ ມ.4 ຈຳນວນ 6 ຄົນ) ທີ່ໄດ້ມາຈາກ ການເລືອກແບບເຈາະຈົງ (Purposive Sampling). ເກນການຄັດ ເລືອກແມ່ນພິຈາລະນາຈາກນັກຮຽນທີ່ມີຜົນການຮຽນວິຊາຄະນິດສາດ ພາກເລຂາຄະນິດຕ່ຳກວ່າເກນມາດຕະຖານຂອງໂຮງຮຽນ (ຄະແນນໜຸດ 7.0 ຈາກຄະແນນເຕັມ 10) ແລະ ສະໝັກໃຈເຂົ້າຮ່ວມກິດຈະກຳເສີມ ນອກເວລາຮຽນປົກກະຕິ.

ເຫດຜົນທີ່ສາມາດຈັດກິດຈະກຳການສອນດ້ວຍແຜນການ ສອນ 6 ແຜນ ແລະ ໃຊ້ແບບທົດສອບຊຸດດຽວກັນກັບນັກຮຽນທັງ 4 ຊັ້ນ (ມ.1–ມ.4) ເນື່ອງຈາກ: (1) ໂຮງຮຽນກຽດຕິສັກນານາຊາດ ສາຂາຫຼວງພະບາງ ຈັດການຮຽນ-ການສອນຕາມໂຄງສ້າງຫຼັກສູດ ສາກົນ Cambridge Lower Secondary ທີ່ມີການຈັດກຸ່ມຮຽນເສີມ ທັກສະເລຂາຄະນິດ (Remedial/Enrichment Group) ແບບລະດັບ ຊັ້ນຕາມລະດັບຄວາມພ້ອມຂອງຜູ້ຮຽນ; (2) ຜູ້ຄົ້ນຄວ້າໄດ້ກວດສອບ ຄວາມສອດຄ່ອງຂອງເນື້ອໃນຫຼັກສູດ ແລະ ທົດສອບຄວາມຮູ້ພື້ນຖານ (Diagnostic Screening) ກ່ອນເລີ່ມກິດຈະກຳ ພົບວ່ານັກຮຽນທັງ 23 ຄົນ ມີພື້ນຖານຄວາມຮູ້ເບື້ອງຕົ້ນກ່ຽວກັບຮູບເລຂາຄະນິດ 2 ມິຕິ ແລະ ການຄິດໄລ່ພື້ນຖານຢູ່ໃນລະດັບໃກ້ຄຽງກັນ ແຕ່ຍັງຂາດຄວາມ ເຂົ້າໃຈໃນການວິເຄາະໂຈດ ແລະ ການຄິດໄລ່ເນື້ອທີ່ຜິວ ແລະ ບໍລິມາດ ຂອງຮູບໃນ 3 ມິຕິ; ແລະ (3) ເນື້ອໃນເລື່ອງ ເນື້ອທີ່ຜິວ ແລະ ບໍລິມາດ ຖືກອອກແບບເປັນໜ່ວຍການຮຽນຮູ້ພື້ນຖານແບບກ້າວໜ້າຕາມລຳດັບ (Scaffolded Progression) ຕັ້ງແຕ່ທ່ຽງຈົນເຖິງໜ່ວຍກົມ ເຮັດ ໃຫ້ນັກຮຽນທຸກລະດັບຊັ້ນສາມາດຮຽນຮູ້ຮ່ວມກັນໄດ້. ຈາກນັ້ນ, ນັກຮຽນກຸ່ມຕົວຢ່າງທັ້ງ 23 ຄົນ ໄດ້ເຂົ້າຮ່ວມກິດຈະກຳຄົບຖ້ວນທັງ 6 ແຜນການສອນ (100%).

2.1.3. ຈັນຍາບັນການວິໄຈ: ເນື່ອງຈາກຜູ້ເຂົ້າຮ່ວມວິໄຈເປັນ ນັກຮຽນຊັ້ນມັດທະຍົມສຶກສາຕອນຕົ້ນຍັງບໍ່ບັນລຸນິຕິພາວະ, ກ່ອນ ດຳເນີນການວິໄຈ ຜູ້ຄົ້ນຄວ້າໄດ້ຍື່ນໜັງສືຂໍອະນຸຍາດຈາກຄະນະອຳນວຍ ການໂຮງຮຽນກຽດຕິສັກນານາຊາດ ສາຂາຫຼວງພະບາງ ແລະ ໄດ້ສົ່ງໜັງ ສືແຈ້ງຂໍຄວາມຍິນຍອມຈາກຜູ້ປົກຄອງ (Parental Consent) ຄວບຄູ່ ກັບການຊີ້ແຈງເພື່ອຂໍຄວາມຍິນຍອມດ້ວຍຄວາມສະໝັກໃຈຈາກ ນັກຮຽນ (Student Assent). ການເຂົ້າຮ່ວມກິດຈະກຳເປັນໄປດ້ວຍ ຄວາມສະໝັກໃຈ ໂດຍນັກຮຽນສາມາດຖອນຕົວອອກຈາກການສຶກສາ ໄດ້ທຸກເວລາໂດຍບໍ່ມີຜົນກະທົບຕໍ່ຄະແນນການຮຽນໃນຫ້ອງຮຽນ ປົກກະຕິ. ຂໍ້ມູນສ່ວນບຸກຄົນ ແລະ ຄະແນນທົດສອບຂອງນັກຮຽນທຸກ ຄົນຖືກເກັບຮັກສາເປັນຄວາມລັບ, ການວິໄຈຄັ້ງນີ້ເປັນການວິໄຈໃນຊັ້ນ ຮຽນເພື່ອພັດທະນາການຮຽນ-ການສອນຕາມປົກກະຕິຂອງສະຖານສຶກ ສາ ຈຶ່ງໄດ້ຮັບການພິຈາລະນາອະນຸມັດຈາກຄະນະບໍລິຫານໂຮງຮຽນ ແລະ ພາກວິຊາ ຄູວິທະຍາສາດທຳມະຊາດ.

2.2. ເຄື່ອງມືທີ່ໃຊ້ໃນການຄົ້ນຄ້ວາ ແລະ ການບູລະນາການຂະບວນການ ສອນ

2.2.1. ແຜນການຈັດກິດຈະກຳການຮຽນ-ການສອນໂດຍໃຊ້ ບັນຫາເປັນຖານ (PBL): ຜູ້ຄົ້ນຄວ້າໄດ້ສ້າງແຜນການສອນຈຳນວນ 6 ແຜນ, ແຜນລະ 90 ນາທີ (ລວມ 540 ນາທີ) ໂດຍຈັດກິດຈະກຳການ

ຮຽນ-ການສອນແບບກຸ່ມ, ເຊິ່ງແບ່ງເປັນ 5 ກຸ່ມຍ່ອຍ (ກຸ່ມລະ 4–5 ຄົນ ຕາມລະດັບຄວາມສາມາດ). ແຕ່ລະແຜນໃຊ້ເວລາ 90 ນາທີ ແບ່ງເປັນ: ຂັ້ນນຳສະເໜີສະຖານະການບັນຫາ (15 ນາທີ), ຂັ້ນທຳຄວາມເຂົ້າໃຈບັນຫາ ແລະ ວາງແຜນ (15 ນາທີ), ຂັ້ນສຶກສາຄົ້ນຄວ້າ ແລະ ຄິດໄລ່ແກ້ບັນຫາ (30 ນາທີ), ຂັ້ນສັງເຄາະຄວາມຮູ້ ແລະ ກວດສອບຄຳຕອບ (15 ນາທີ) ແລະ ຂັ້ນນຳສະເໜີ-ສະຫຼຸບບົດຮຽນ (15 ນາທີ). ລາຍລະອຽດຂອງແຕ່ລະແຜນການສອນສະແດງໃນຕາຕະລາງ 1.

ຕາຕະລາງ 1: ລາຍລະອຽດແຜນການຈັດກິດຈະກຳການຮຽນ-ການສອນໂດຍໃຊ້ບັນຫາເປັນຖານ (PBL) ທັງ 6 ແຜນ

ແຜນທີ (ເວລາ)	ຫົວຂໍ້ ແລະ ຈຸດປະສົງການຮຽນຮູ້	ສະຖານະການບັນຫາ ໃນຊີວິດຈິງ	ສື່ການຮຽນ ແລະ ກິດຈະກຳນັກຮຽນ
ແຜນທີ 1 (90 ນາທີ)	ການວັດພື້ນທີ່ ແລະ ບໍລິມາດ (ເຂົ້າໃຈຄວາມໝາຍ ແລະ ການປ່ຽນຫົວໜ່ວຍ)	ການປະເມີນພື້ນທີ່ປູກຜັກສວນຄົວ ແລະ ປະລິມານດິນປູກຂອງໂຮງຮຽນ	ຕາລາງວັດພື້ນທີ່, ບັນທັດ, ໃບກິດຈະກຳ; ນັກຮຽນວັດແທກຕົວຈິງ ແລະ ຄິດໄລ່ປ່ຽນຫົວໜ່ວຍ
ແຜນທີ 2 (90 ນາທີ)	ເນື້ອທີ່ຜິວ ແລະ ບໍລິມາດຂອງທໍ່ລ່ຽມ (ຊອກຫາເນື້ອທີ່ຜິວຂ້າງ, ຜິວທັງໝົດ ແລະ ບໍລິມາດ)	ການອອກແບບກ່ອງບັນຈຸຝັນສິນຄ້າຫັດຖະກຳໜ່ວງພະບາງໃຫ້ປະຢັດເຈ້ຍທີ່ສຸດ	ແບບຈຳລອງທໍ່ລ່ຽມທີ່ຜ່ຍອອກໄດ້ (Net), ໃບກິດຈະກຳ; ນັກຮຽນວິເຄາະຮູບຄີ່ ແລະ ຄິດໄລ່
ແຜນທີ 3 (90 ນາທີ)	ເນື້ອທີ່ຜິວ ແລະ ບໍລິມາດຂອງທາດລ່ຽມ (ຄິດໄລ່ເນື້ອທີ່ຜິວ ແລະ ບໍລິມາດທາດລ່ຽມ)	ການຄິດໄລ່ປະລິມານສັງກະສີມຸງຫຼັງຄາຊົ່ງທາດລ່ຽມຂອງສາລາພັກຜ່ອນ	ແບບຈຳລອງທາດລ່ຽມ, ຊຸດຕວງຊາຍ/ນ້ຳ 3:1 ກັບທໍ່ລ່ຽມ; ທົດລອງປຽບທຽບບໍລິມາດ ແລະ ຄິດໄລ່
ແຜນທີ 4 (90 ນາທີ)	ເນື້ອທີ່ຜິວ ແລະ ບໍລິມາດຂອງທໍ່ກົມ (ຄິດໄລ່ເນື້ອທີ່ຜິວ ແລະ ບໍລິມາດທໍ່ກົມ)	ການເລືອກຂະໜາດຖັງເກັບນ້ຳຕື່ມຊົ່ງທໍ່ກົມໃຫ້ບັນຈຸນ້ຳໄດ້ຕາມຄວາມຕ້ອງການ	ແບບຈຳລອງທໍ່ກົມ, ເຈ້ຍແຜ່ນຮາບ, ໃບກິດຈະກຳ; ທົດລອງຄີ່ຜິວຂ້າງທໍ່ກົມ ແລະ ແກ້ໂຈດສະຖານະການ
ແຜນທີ 5 (90 ນາທີ)	ເນື້ອທີ່ຜິວ ແລະ ບໍລິມາດຂອງຈວຍ (ຄິດໄລ່ເນື້ອທີ່ຜິວ ແລະ ບໍລິມາດຂອງຈວຍ)	ການອອກແບບຈອກເຈ້ຍຊົ່ງຈວຍ ແລະ ກວຍໃສ່ເຂົ້າໜົມໃຫ້ໄດ້ບໍລິມາດຕາມກຳນົດ	ແບບຈຳລອງຈວຍ, ຊຸດຕວງ 3:1 ກັບທໍ່ກົມ, ວົງວຽນ; ທົດລອງຫາຄວາມສຳພັນບໍລິມາດ ແລະ ຄິດໄລ່
ແຜນທີ 6 (90 ນາທີ)	ເນື້ອທີ່ຜິວ ແລະ ບໍລິມາດຂອງໜ່ວຍກົມ (ຄິດໄລ່ເນື້ອທີ່ຜິວ ແລະ ບໍລິມາດໜ່ວຍກົມ)	ການຄິດໄລ່ປະລິມານໜັງຫຸ້ມລູກບານ ແລະ ບໍລິມາດອາກາດພາຍໃນລູກບານ	ໜ່ວຍກົມຜ່າເຄິ່ງ, ເຊືອກຝັນຜິວ, ໃບກິດຈະກຳ; ທົດລອງປຽບທຽບເນື້ອທີ່ຜິວກັບວົງມົນ ແລະ ຄິດໄລ່

ການບູລະນາການຂັ້ນຕອນ PBL 5 ຂັ້ນຕອນ (Khammanee, 2012) ກັບຂະບວນການແກ້ບັນຫາຂອງ Polya 4 ຂັ້ນຕອນ (Polya, 1985): ໃນການຈັດການຮຽນ-ການສອນຕົວຈິງ ຜູ້ສອນໄດ້ໃຊ້ 5 ຂັ້ນຕອນຂອງ PBL ເປັນໂຄງສ້າງຫຼັກໃນການດຳເນີນກິດຈະກຳ ແລະ ເສີມດ້ວຍ 4 ຂັ້ນຕອນຂອງ Polya ເຂົ້າໃນໃບກິດຈະກຳກຸ່ມ ແລະ ການຕັ້ງຄຳຖາມກະຕຸ້ນຄວາມຄິດຂອງຄູ. ຕົວຢ່າງໃນ ແຜນທີ 4 (ເນື້ອທີ ແລະ ບໍລິມາດຂອງທໍ່ກົມ): (1) ຂັ້ນເຊື່ອມໂຍງ ແລະ ກຳນົດບັນຫາ (PBL ຂັ້ນ 1): ຄູນຳສະເໜີສະຖານະການໃຫ້ນັກຮຽນອອກແບບຖັງເກັບນ້ຳຊົ່ງທໍ່ກົມທີ່ຕ້ອງການບັນຈຸນ້ຳໃຫ້ໄດ້ 1,570 ລິດ ໂດຍໃຊ້ແຜ່ນສະແຕນເລດໜ້ອຍທີ່ສຸດ; (2) ຂັ້ນທຳຄວາມເຂົ້າໃຈບັນຫາ (PBL ຂັ້ນ 2 + Polya ຂັ້ນ 1): ຄູໃຊ້ຄຳຖາມກະຕຸ້ນ ເຊັ່ນ “ໂຈດກຳນົດຂໍ້ມູນຫຍັງໃຫ້ແດ່?”, “ຫົວໜ່ວຍລິດກ່ຽວຂ້ອງກັບຊັ້ງຕິແມັດກ້ອນ ຫຼື ແມັດກ້ອນແນວໃດ?”; (3) ຂັ້ນດຳເນີນການສຶກສາຄົ້ນຄວ້າ (PBL ຂັ້ນ 3 + Polya ຂັ້ນ 2 ແລະ 3): ນັກຮຽນວາງແຜນເລືອກສູດ $V = \pi r^2 h$ ແລະ $A = 2\pi r^2 + 2\pi rh$ (Polya ຂັ້ນ 2) ແລ້ວລົງມືທົດລອງຄີ່ແບບຈຳລອງທໍ່ກົມ ແລະ ຄິດໄລ່ປຽບທຽບຫຼາຍກໍລະນີ (Polya ຂັ້ນ 3) ໂດຍຄູຖາມວ່າ “ຖ້າປ່ຽນລັດສະໝີ ແລະ ຄວາມສູງ ບໍລິມາດຍັງຄົງທີ່ແຕ່ເນື້ອທີ່ຜິວປ່ຽນແປງແນວໃດ?”; (4) ຂັ້ນສັງເຄາະຄວາມຮູ້ (PBL ຂັ້ນ 4 + Polya ຂັ້ນ 4): ນັກຮຽນກວດສອບຄວາມສົມເຫດສົມຜົນຂອງຄຳຕອບ ແລະ ຫົວໜ່ວຍຄິດໄລ່ ໂດຍຄູຖາມວ່າ “ມີວິທີກວດຄືນແນວໃດວ່າຂະໜາດຖັງທີ່ເລືອກບັນຈຸນ້ຳໄດ້ 1,570 ລິດແທ້?”; ແລະ (5) ຂັ້ນສະຫຼຸບ ແລະ ປະເມີນຄ່າ (PBL ຂັ້ນ 5): ແຕ່ລະກຸ່ມນຳສະເໜີຜົນງານ ແລະ ຄູປະເມີນຂະບວນການຄິດຈາກໃບກິດຈະກຳກຸ່ມຕາມເກນ Polya. ຄວາມສຳພັນລະຫວ່າງສອງຂະບວນການສະແດງໃນຕາຕະລາງ 2.

ຕາຕະລາງ 2: ການບູລະນາການຂະບວນການສອນ PBL 5 ຂັ້ນຕອນ ຮ່ວມກັບຂະບວນການແກ້ບັນຫາຂອງ Polya 4 ຂັ້ນຕອນ

ຂັ້ນຕອນຂອງ PBL	ຂັ້ນຕອນຂອງ Polya ທີ່ບູລະນາການ	ບົດບາດ ແລະ ຄຳຖາມກະຕຸ້ນຂອງຄູ	ພຶດຕິກຳ ແລະ ການປະເມີນຜູ້ຮຽນ

1. ການເຊື່ອມໂຍງ ແລະ ກຳນົດບັນຫາ (15 ນາທີ)	ຂັ້ນກຽມຄວາມພ້ອມກ່ອນເຂົ້າສູ່ຂະບວນການ Polya	ນຳສະເໜີສະຖານະການບັນຫາຈິງ; ຖາມກະຕຸ້ນຄວາມສົນໃຈ ແລະ ເຊື່ອມໂຍງຄວາມຮູ້ເດີມ	ສັງເກດ, ຕັ້ງຄຳຖາມ ແລະ ລະບຸປະເດັນບັນຫາຫຼັກຂອງສະຖານະການ (ປະເມີນຈາກການມີສ່ວນຮ່ວມ)
2. ການທຳຄວາມເຂົ້າໃຈບັນຫາ (15 ນາທີ)	Polya ຂັ້ນ 1: ທຳຄວາມເຂົ້າໃຈບັນຫາ	ຖາມໃຫ້ນັກຮຽນແຍກສິ່ງທີ່ຮູ້, ສິ່ງທີ່ຕ້ອງການຊອກຫາ, ເງື່ອນໄຂ ແລະ ຫົວໜ່ວຍ	ແຕ້ມຮູບຈຳລອງ, ຂຽນຂໍ້ມູນທີ່ໂຈດກຳນົດ ແລະ ແປງຫົວໜ່ວຍໃນໃບກິດຈະກຳ (ກວດສ່ວນທີ 1 ຂອງໃບງານ)
3. ການດຳເນີນການສຶກສາຄົ້ນຄວ້າ (30 ນາທີ)	Polya ຂັ້ນ 2: ວາງແຜນແກ້ບັນຫາ Polya ຂັ້ນ 3: ດຳເນີນການຕາມແຜນ	ຊີ້ແນະແຫຼ່ງຄົ້ນຄວ້າ, ຖາມໃຫ້ນັກຮຽນອະທິບາຍເຫດຜົນການເລືອກສູດ ແລະ ຕິດຕາມການຄິດໄລ່	ເລືອກສູດເລຂາຄະນິດທີ່ເໝາະສົມ, ທົດລອງກັບສື່ ແລະ ສະແດງວິທີຄິດໄລ່ເປັນຂັ້ນຕອນ (ກວດສ່ວນທີ 2–3)
4. ການສັງເຄາະຄວາມຮູ້ (15 ນາທີ)	Polya ຂັ້ນ 4: ກວດສອບຄຳຕອບ	ຖາມໃຫ້ນັກຮຽນກວດຄືນຄວາມຖືກຕ້ອງຂອງຕົວເລກ, ຫົວໜ່ວຍ ແລະ ຄວາມສົມເຫດສົມຜົນ	ທົບທວນຂັ້ນຕອນຄິດໄລ່, ກວດສອບຄຳຕອບດ້ວຍວິທີຍ້ອນກັບ ແລະ ສະຫຼຸບຂໍ້ຄົ້ນພົບ (ກວດສ່ວນທີ 4)
5. ການສະຫຼຸບ ແລະ ປະເມີນຄ່າ (15 ນາທີ)	ສະຫຼຸບຜົນລວມທັງ 4 ຂັ້ນຕອນຂອງ Polya	ຈັດເວທີແລກປ່ຽນ, ຖາມປຽບທຽບວິທີແກ້ລະຫວ່າງກຸ່ມ ແລະ ສະຫຼຸບຫຼັກການທາງຄະນິດສາດ	ນຳສະເໜີວິທີແກ້ບັນຫາຂອງກຸ່ມ ແລະ ຊັກຖາມແລກປ່ຽນ (ປະເມີນຕາມເກນ Rubric 4 ລະດັບ)

2.2.2. ແບບທົດສອບວັດຄວາມສາມາດໃນການແກ້ບັນຫາທາງຄະນິດສາດ: ເປັນແບບທົດສອບແບບສ້າງຄຳຕອບເອງ (Constructed-Response Test) ຈຳນວນ 5 ຂໍ້ (ເວລາສອບ 90 ນາທີ), ຂໍ້ລະ 2 ຄະແນນ (ຄະແນນເຕັມ 10 ຄະແນນ) ກວມເອົາເນື້ອໃນຄົບທຸກຫົວຂໍ້ ຄື: ຂໍ້ 1 ທໍ່ລ່ຽມ, ຂໍ້ 2 ທາດລ່ຽມ, ຂໍ້ 3 ທໍ່ກົມ, ຂໍ້ 4 ຈອຍ ແລະ ຂໍ້ 5 ໜ່ວຍກົມ. ໃນແຕ່ລະຂໍ້ກຳນົດໃຫ້ນັກຮຽນສະແດງວິທີແກ້ຄົບທັງ 4 ຂັ້ນຕອນຂອງ Polya (0.5 ຄະແນນຕໍ່ຂັ້ນຕອນ) ແລະ ໃຫ້ຄະແນນຕາມເກນ Rubric 4 ລະດັບໃນແຕ່ລະຂັ້ນຕອນ ຄື: ລະດັບ 3 (0.50 ຄະແນນ: ປະຕິບັດໄດ້ຖືກຕ້ອງສົມບູນ), ລະດັບ 2 (0.35 ຄະແນນ: ປະຕິບັດໄດ້ຖືກຕ້ອງເປັນສ່ວນໃຫຍ່ ມີຂໍ້ຜິດພາດເລັກນ້ອຍ), ລະດັບ 1 (0.15 ຄະແນນ: ປະຕິບັດໄດ້ບາງສ່ວນແຕ່ຍັງບໍ່ສົມບູນ) ແລະ ລະດັບ 0 (0.00 ຄະແນນ: ບໍ່ຕອບ ຫຼື ຕອບຜິດທັງໝົດ). ເພື່ອຄວບຄຸມຄວາມສະໝ່ຳສະເໝີ ແລະ ຫຼຸດຜ່ອນຄວາມລຳອຽງໃນການໃຫ້ຄະແນນ, ກະດາດຄຳຕອບທັງໝົດຖືກປິດບັງຊື່ນັກຮຽນ (Blind Grading) ແລະ ກວດໃຫ້ຄະແນນໂດຍຜູ້ກວດ 2 ທ່ານ (ຜູ້ຄົ້ນຄວ້າ ແລະ ຄູສອນຄະນິດສາດປະຈຳໂຮງຮຽນ) ແຍກກັນຢ່າງອິດສະຫຼະຕາມຄູ່ມືສະເລີຍ ແລະ ເກນ Rubric.

2.2.3. ແບບທົດສອບວັດຜົນສຳເລັດທາງການຮຽນວິຊາຄະນິດສາດ: ເປັນແບບທົດສອບປາລະໄນແບບເລືອກຕອບ (Objective Multiple-Choice Test) 4 ຕົວເລືອກ ຈຳນວນ 20 ຂໍ້ (ເວລາສອບ 90 ນາທີ), ຂໍ້ລະ 0.5 ຄະແນນ (ຄະແນນເຕັມ 10 ຄະແນນ) ວັດຜົດຕິກຳດ້ານສະຕິປັນຍາຕາມແນວຄິດຂອງ Bloom ສະບັບປັບປຸງ (Revised Bloom's Taxonomy; Anderson & Krathwohl, 2001) 4 ລະດັບ ຄື: ການຈື່ຈຳ (Remembering), ການເຂົ້າໃຈ (Understanding), ການນຳໃຊ້ (Applying) ແລະ ການວິເຄາະ (Analyzing) ດັ່ງສະແດງໃນຕາຕະລາງ 3.

ຕາຕະລາງ 3: ຕາຕະລາງວິເຄາະຂໍ້ສອບ (Test Blueprint) ແບບທົດສອບວັດຜົນສຳເລັດທາງການຮຽນ (20 ຂໍ້)

ເນື້ອໃນບົດຮຽນ	ການຈື່ຈຳ	ການເຂົ້າໃຈ	ການນຳໃຊ້	ການວິເຄາະ	ລວມ (ຂໍ້)
1. ການວັດພື້ນທີ່ ແລະ ບໍລິມາດ	1	1	1	—	3
2. ເນື້ອທີ່ ແລະ ບໍລິມາດຂອງທໍ່ລ່ຽມ	1	1	1	1	4
3. ເນື້ອທີ່ ແລະ ບໍລິມາດຂອງທາດລ່ຽມ	—	1	1	1	3
4. ເນື້ອທີ່ ແລະ ບໍລິມາດຂອງທໍ່ກົມ	1	1	1	1	4
5. ເນື້ອທີ່ ແລະ ບໍລິມາດຂອງຈອຍ	—	1	1	1	3
6. ເນື້ອທີ່ ແລະ ບໍລິມາດຂອງໜ່ວຍກົມ	1	1	1	—	3
ລວມທັງໝົດ (ຂໍ້)	**4**	**6**	**6**	**4**	**20**

2.3. ການກວດສອບຄຸນນະພາບຂອງເຄື່ອງມືວິໄຈ

1) ແຜນການຈັດກິດຈະກຳການຮຽນ-ການສອນ (6 ແຜນ): ນຳສະເໜີຜູ້ຊ່ຽວຊານ ຈຳນວນ 3 ທ່ານ ກວດສອບຄວາມທ່ຽງຕົງທາງດ້ານເນື້ອໃນ (Content Validity) ແລະ ຄວາມເໝາະສົມຂອງກິດຈະກຳ ໂດຍໃຊ້ແບບປະເມີນມາດຕາສ່ວນປະມານຄ່າ 5 ລະດັບ (ເກນຜ່ານ 3.51 ຂຶ້ນໄປ; Srisat, 2017). ຜົນການປະເມີນພົບວ່າ ແຜນການສອນມີຄ່າສະເລ່ຍເທົ່າກັບ 4.86 (S.D. = 0.33) ເຊິ່ງຢູ່ໃນລະດັບເໝາະສົມຫຼາຍທີ່ສຸດ.

2) ແບບທົດສອບວັດຄວາມສາມາດໃນການແກ້ບັນຫາທາງຄະນິດສາດ (ແບບສ້າງຄຳຕອບເອງ 5 ຂໍ້): ກວດສອບຄວາມທ່ຽງຕົງທາງດ້ານເນື້ອໃນໂດຍຜູ້ຊ່ຽວຊານ ຈຳນວນ 3 ທ່ານ ໄດ້ຄ່າດັດຊະນີຄວາມສອດຄ່ອງ (IOC) ຢູ່ລະຫວ່າງ 0.67–1.00. ຈາກນັ້ນນຳໄປທົດລອງໃຊ້ (Try-out) ກັບນັກຮຽນຊັ້ນ ມ.2–ມ.3 ຂອງໂຮງຮຽນສາທິດ ມະຫາວິທະຍາໄລສ້າງຄູແຫ່ງຊາດ ວິທະຍາເຂດຫຼວງພະບາງ ຈຳນວນ 30 ຄົນ (ເຊິ່ງເປັນກຸ່ມທີ່ບໍ່ແມ່ນກຸ່ມຕົວຢ່າງ 23 ຄົນ ແລະ ໄດ້ຮຽນເນື້ອໃນເລື່ອງເນື້ອທີ່ ແລະ ບໍລິມາດ ຕາມຫຼັກສູດມາແລ້ວ). ການວິເຄາະຄຸນນະພາບລາຍຂໍ້ສຳລັບຂໍ້ສອບອັດຕະໄນໃຊ້ວິທີການຂອງ Whitney & Sabers (1970) ໂດຍແບ່ງກຸ່ມຄະແນນສູງ-ຕ່ຳ 27% ພົບວ່າ ໄດ້ຄ່າຄວາມຍາກງ່າຍ (p) ຢູ່ລະຫວ່າງ 0.40–0.45 ແລະ ຄ່າອຳນາດຈຳແນກ (r) ຢູ ລະຫວ່າງ 0.30–0.35. ຫາຄ່າຄວາມເຊື່ອໝັ້ນດ້ານຄວາມສອດຄ່ອງພາຍໃນ (Internal Consistency) ດ້ວຍສູດສຳປະສິດອານຝາຂອງ Cronbach (α) ໄດ້ເທົ່າກັບ 0.98 (ຄ່າ α ທີ່ສູງນີ້ສະທ້ອນເຖິງໂຄງສ້າງການໃຫ້ຄະແນນຕາມຂັ້ນຕອນ Polya ທີ່ມີຄວາມສຳພັນຕໍ່ເນື່ອງກັນສູງໃນແຕ່ລະຂໍ້) ແລະ ກວດສອບຄວາມສອດຄ່ອງລະຫວ່າງຜູ້ໃຫ້ຄະແນນ 2 ທ່ານ (Inter-rater Reliability) ດ້ວຍຄ່າສຳປະສິດສະຫະສຳພັນພາຍໃນກຸ່ມ (Intraclass Correlation Coefficient: ICC) ໄດ້ເທົ່າກັບ 0.94 ($p < .001$) ເຊິ່ງຢືນຢັນວ່າການໃຫ້ຄະແນນມີຄວາມຄົງທີ່ສູງ.

3) ແບບທົດສອບວັດຜົນສຳເລັດທາງການຮຽນ (ປາລະໄນ 20 ຂໍ້): ກວດສອບຄວາມທ່ຽງຕົງທາງດ້ານເນື້ອໃນໂດຍຜູ້ຊ່ຽວຊານ ຈຳນວນ 3 ທ່ານ ຈາກຂໍ້ສອບທີ່ສ້າງໄວ້ເບື້ອງຕົ້ນ 25 ຂໍ້ ຄັດເລືອກເອົາຂໍ້ທີ່ມີຄ່າ IOC ຕັ້ງແຕ່ 0.67–1.00. ຈາກນັ້ນນຳໄປທົດລອງໃຊ້ (Try-out) ກັບນັກຮຽນກຸ່ມທົດລອງເຄື່ອງມືຈຳນວນ 30 ຄົນ ຈາກໂຮງຮຽນສາທິດດັ່ງກ່າວ (ບໍ່ແມ່ນກຸ່ມຕົວຢ່າງ 23 ຄົນ) ແລ້ວຄັດເລືອກຂໍ້ສອບທີ່ມີຄ່າຄວາມຍາກງ່າຍ (p) ຢູ່ລະຫວ່າງ 0.40–0.60 ແລະ ຄ່າອຳນາດຈຳແນກ (r) ຕັ້ງແຕ່ 0.20 ຂຶ້ນໄປ (0.20–0.80) ຈຳນວນ 20 ຂໍ້ ແລະ ຫາຄ່າຄວາມເຊື່ອໝັ້ນທັງສະບັບດ້ວຍສູດ KR-20 ຂອງ Kuder-Richardson (Phommanith et al., 2019) ໄດ້ເທົ່າກັບ 0.83.

2.4. ຕົວປ່ຽນທີ່ສຶກສາ

ຕົວປ່ຽນຕົ້ນ: ການຈັດກິດຈະກຳການຮຽນ-ການສອນໂດຍໃຊ້ບັນຫາເປັນຖານ (PBL) ຮ່ວມກັບຂະບວນການແກ້ບັນຫາຂອງ Polya.

ຕົວປ່ຽນຕາມ: 1) ຄວາມສາມາດໃນການແກ້ບັນຫາທາງຄະນິດສາດ ແລະ 2) ຜົນສຳເລັດທາງການຮຽນຄະນິດສາດ ເລື່ອງ ເນື້ອທີ່ ແລະ ບໍລິມາດ.

2.5. ແບບແຜນການຄົ້ນຄວ້າ

ການຄົ້ນຄວ້າຄັ້ງນີ້ໃຊ້ແບບແຜນການທົດລອງເບື້ອງຕົ້ນ (Pre-experimental Design) ປະເພດກຸ່ມດຽວວັດຜົນຫຼັງການທົດລອງ (The One-Shot Case Study; Saiyod & Saiyod, 2010) ດັ່ ງ ແຜນພາບລຸ່ມນີ້:

ການທົດລອງ (Treatment)	ການວັດຜົນຫຼັງການທົດລອງ (Post-test)
X	O

ສັນຍາລັກ: X ໝາຍເຖິງ ການຈັດກິດຈະກຳການຮຽນ-ການສອນໂດຍໃຊ້ບັນຫາເປັນຖານ (PBL) ຮ່ວມກັບຂະບວນການແກ້ບັນຫາຂອງ Polya; O ໝາຍເຖິງ ການວັດຜົນຫຼັງການທົດລອງ ເຊິ່ງປະກອບດ້ວຍການທົດສອບຄວາມສາມາດໃນການແກ້ບັນຫາທາງຄະນິດສາດ ແລະ ການທົດສອບວັດຜົນສຳເລັດທາງການຮຽນ ພາຍຫຼັງສິ້ນສຸດການຈັດກິດຈະກຳທັ້ງ 6 ແຜນ.

2.6. ການເກັບຮວບຮວມຂໍ້ມູນ

ການເກັບຮວບຮວມຂໍ້ມູນດຳເນີນໃນພາກຮຽນທີ 1 ຂອງ ສົກຮຽນ 2024–2025 ລະຫວ່າງວັນທີ 7 ຕຸລາ ຫາ 15 ພະຈິກ 2024 ຕາມຂັ້ນຕອນດັ່ງນີ້: (1) ກະກຽມແຜນການສອນ ແລະ ເຄື່ອງມືວັດຜົນທີ່ຜ່ານການກວດສອບຄຸນນະພາບແລ້ວ; (2) ຂໍອະນຸຍາດຈາກໂຮງຮຽນ , ຂໍຄວາມຍິນຍອມຈາກຜູ້ປົກຄອງ ແລະ ນັກຮຽນກຸ່ມຕົວຢ່າງ 23 ຄົນ; (3) ດຳເນີນການສອນຕາມແຜນການຈັດກິດຈະກຳ PBL ທັ້ງ 6 ແຜນ (ແຜນລະ 90 ນາທີ, ອາທິດລະ 2 ຄັ້ງ ເປັນເວລາ 3 ອາທິດ) ໂດຍຜູ້ຄົ້ນຄວ້າຫຼັກເປັນຜູ້ສອນຕົວຈິງ; ແລະ (4) ຫຼັງສິ້ນສຸດການສອນ ໄດ້ດຳເນີນການທົດສອບຫຼັງຮຽນ (Post-test) ດ້ວຍແບບທົດສອບວັດຄວາມສາມາດໃນການແກ້ບັນຫາ (ເວລາ 90 ນາທີ ໃນວັນທີ 14 ພະຈິກ 2024) ແລະ ແບບທົດສອບວັດຜົນສຳເລັດທາງການຮຽນ (ເວລາ 90 ນາທີ ໃນວັນທີ 15 ພະຈິກ 2024) ໂດຍຈັດສອບແຍກກັນຄົນລະມື້ ເພື່ອຫຼຸດຜ່ອນຄວາມອິດເມື່ອຍຂອງຜູ້ຮຽນ. ເພື່ອຫຼຸດຜ່ອນຄວາມລຳອຽງຈາກການທີ່ຜູ້ຄົ້ນຄວ້າເປັນທັ້ງຜູ້ສອນ ແລະ ຜູ້ປະເມີນ, ຜູ້ຄົ້ນຄວ້າໄດ້ປະຕິບັດຕາມແຜນການສອນຢ່າງເຄັ່ງຄັດ, ໃຊ້ວິທີປິດບັງຊື່ນັກຮຽນໃນເຈ້ຍຄຳຕອບ ແລະ ມີຜູ້ກວດຄະແນນຮ່ວມອີກ 1 ທ່ານ ກວດໃຫ້ຄະແນນຢ່າງອິດສະຫຼະ.

2.7. ການວິເຄາະຂໍ້ມູນ

ວິເຄາະຄະແນນຄວາມສາມາດໃນການແກ້ບັນຫາທາງຄະນິດສາດ ແລະ ຄະແນນຜົນສຳເລັດທາງການຮຽນຫຼັງການທົດລອງ ໂດຍຫາຄ່າສະເລ່ຍ (Mean), ຄ່າຜັນປ່ຽນມາດຕະຖານ (S.D.), ຊ່ວງຄວາມເຊື່ອໝັ້ນ 95% (95% Confidence Interval) ແລະ ຂະໜາດອິດທິພົນ (Cohen's d). ກ່ອນດຳເນີນການທົດສອບສົມມຸດຕິຖານ ໄດ້ກວດສອບຂໍ້ຕົກລົງເບື້ອງຕົ້ນຂອງສະຖິຕິ One-sample t-test ກ່ຽວກັບການແຈກຢາຍປົກກະຕິຂອງຂໍ້ມູນ ($n = 23$) ດ້ວຍສະຖິຕິ Shapiro-Wilk Test ພົບວ່າ ຄະແນນຄວາມສາມາດໃນການແກ້ບັນຫາ ($W = 0.946$, $p = .241$) ແລະ ຄະແນນຜົນສຳເລັດທາງການຮຽນ ($W = 0.954$, $p = .352$) ມີການແຈກຢາຍເປັນໂຄ້ງປົກກະຕິ ($p > .05$). ຈາກນັ້ນຈຶ່ງທົດສອບສົມມຸດຕິຖານທາງສະຖິຕິແບບສອງທາງ (Two-tailed One-sample t-test) ທີ່ລະດັບໄນສຳຄັນ .05 ໂດຍກຳນົດສົມມຸດຕິຖານວ່າ H0: $\mu = 7.50$ ແລະ H1: $\mu \neq 7.50$ (ເກນ 75% ຂອງຄະແນນເຕັມ 10 ຄະແນນ).

3. ຜົນການວິໄຈ

3.1. ຜົນການທົດສອບຄະແນນສະເລ່ຍຄວາມສາມາດໃນການແກ້ບັນຫາທາງຄະນິດສາດ ເລື່ອງ ເນື້ອທີ່ ແລະ ບໍລິມາດ ທຽບກັບເກນ 75%

ຈາກການວິເຄາະຄະແນນຄວາມສາມາດໃນການແກ້ບັນຫາທາງຄະນິດສາດຫຼັງການທົດລອງ ດ້ວຍສະຖິຕິ One-sample t-test ທຽບ

ກັບເກນ 75% (7.50 ຄະແນນ) ພົບວ່າ ນັກຮຽນກຸ່ມຕົວຢ່າງຈຳນວນ 23 ຄົນ ມີຄະແນນສະເລ່ຍເທົ່າກັບ 7.96 ຄິດເປັນ 79.60% (S.D. = 0.976, 95% CI [7.54, 8.38]) ເຊິ່ງສູງກວ່າເກນ 75% ດ້ວຍລະດັບຄວາມສຳຄັນທາງສະຖິຕິ 0.05 (t(22) = 2.243, p = .035, ຄ່າຜົດກ່ຽງສະເລ່ຍ = 0.46, 95% CI [0.04, 0.88]) ແລະ ມີຂະໜາດອີດທີພົນຢູ່ ໃນລະດັບປານກາງ (Cohen's d = 0.47) ດັ່ງສະແດງໃນຕາຕະລາງ 4.

ຕາຕະລາງ 4: ຜົນການທົດສອບຄະແນນສະເລ່ຍຄວາມສາມາດໃນການແກ້ບັນຫາທາງຄະນິດສາດຫຼັງການທົດລອງ ທຽບກັບເກນ 75%

ຕົວປ່ຽນ	n	ເກນ	Mean	S.D.	95% CI (Mean)	t	p	Cohen's d
ຄວາມສາມາດແກ້ບັນຫາ	23	7.50	7.96	0.976	[7.54, 8.38]	2.243*	.035	0.47

*ໝາຍເຫດ. ຄະແນນເຕັມ = 10 ຄະແນນ; ເກນປຽບທຽບ 75% = 7.50 ຄະແນນ; ຄ່າ t ແລະ p ຄຳນວນຈາກຄະແນນດິບຂອງນັກຮຽນກ່ອນປັດເສດ; ການທົດສອບສອງທາງ (Two-tailed test), df = 22. *p < 0.05.*

3.2. ຜົນການທົດສອບຄະແນນສະເລ່ຍຜົນສຳເລັດທາງການຮຽນວິຊາຄະນິດສາດ ເລື່ອງ ເນື້ອທີ່ ແລະ ບໍລິມາດ ທຽບກັບເກນ 75%

ຈາກການວິເຄາະຄະແນນຜົນສຳເລັດທາງການຮຽນວິຊາຄະນິດສາດຫຼັງການທົດລອງ ດ້ວຍສະຖິຕິ One-sample t-test ທຽບກັບເກນ 75% (7.50 ຄະແນນ) ພົບວ່າ ນັກຮຽນກຸ່ມຕົວຢ່າງຈຳນວນ 23 ຄົນ ມີຄະແນນສະເລ່ຍເທົ່າກັບ 8.09 ຄິດເປັນ 80.90% (S.D. = 0.733, 95% CI [7.77, 8.41]) ເຊິ່ງສູງກວ່າເກນ 75% ດ້ວຍລະດັບຄວາມສຳຄັນທາງສະຖິຕິ 0.05 (t(22) = 3.839, p = .001, ຄ່າຜົດກ່ຽງສະເລ່ຍ = 0.59, 95% CI [0.27, 0.91]) ແລະ ມີຂະໜາດອີດທີພົນຢູ່ໃນລະດັບສູງ (Cohen's d = 0.80) ດັ່ງສະແດງໃນຕາຕະລາງ 5.

ຕາຕະລາງ 5: ຜົນການທົດສອບຄະແນນສະເລ່ຍຜົນສຳເລັດທາງການຮຽນວິຊາຄະນິດສາດຫຼັງການທົດລອງ ທຽບກັບເກນ 75%

ຕົວປ່ຽນ	n	ເກນ	Mean	S.D.	95% CI (Mean)	t	p	Cohen's d
ຜົນສຳເລັດທາງການຮຽນ	23	7.50	8.09	0.733	[7.77, 8.41]	3.839*	.001	0.80

*ໝາຍເຫດ. ຄະແນນເຕັມ = 10 ຄະແນນ; ເກນປຽບທຽບ 75% = 7.50 ຄະແນນ; ຄ່າ t ແລະ p ຄຳນວນຈາກຄະແນນດິບຂອງນັກຮຽນກ່ອນປັດເສດ; ການທົດສອບສອງທາງ (Two-tailed test), df = 22. *p < 0.05.*

4. ວິພາກຜົນ ແລະ ຂໍ້ຈຳກັດຂອງການວິໄຈ

1) ດ້ານຄວາມສາມາດໃນການແກ້ບັນຫາທາງຄະນິດສາດ: ຜົນການສຶກສາພົບວ່າ ພາຍຫຼັງການເຂົ້າຮ່ວມກິດຈະກຳການຮຽນ-ການສອນໂດຍໃຊ້ບັນຫາເປັນຖານ (PBL) ຮ່ວມກັບຂະບວນການແກ້ບັນຫາຂອງ Polya ນັກຮຽນກຸ່ມຕົວຢ່າງມີຄະແນນສະເລ່ຍຄວາມສາມາດໃນການແກ້ບັນຫາທາງຄະນິດສາດສູງກວ່າເກນ 75% ດ້ວຍລະດັບຄວາມສຳຄັນທາງສະຖິຕິ 0.05 ເນື່ອງຈາກຮູບແບບການວິໄຈຄັ້ງນີ້ເປັນແບບກຸ່ມດຽວວັດຜົນຫຼັງການທົດລອງ (One-Shot Case Study) ຈຶ່ງບໍ່ສາມາດສະຫຼຸບເປັນເຫດ ແລະ ຜົນໂດຍກົງໄດ້ວ່າ PBL ເປັນສາເຫດດຽວທີ່ເຮັດໃຫ້ຄະແນນເພີ່ມຂຶ້ນ; ແຕ່ຜົນດັ່ງກ່າວອາດຕີຄວາມໝາຍໄດ້ວ່າ ໂຄງສ້າງກິດຈະກຳທີ່ເລີ່ມຈາກສະຖານະການບັນຫາໃນຊີວິດຈິງ ຄວບຄູ່ກັບການຝຶກວິເຄາະໂຈດ, ວາງແຜນເລືອກສູດ, ຄິດໄລ່ ແລະ ກວດສອບຄຳຕອບຕາມ 4 ຂັ້ນຕອນຂອງ Polya ໃນໃບກິດຈະກຳກຸ່ມ ອາດຊ່ວຍໃຫ້ນັກຮຽນທີ່ເຄີຍມີພື້ນຖານເລຂາຄະນິດຕ່ຳກວ່າເກນສາມາດຈັດລະບຽບຄວາມຄິດ ແລະ ແກ້ໂຈດທີ່ຊັບຊ້ອນໄດ້ເປັນຂັ້ນຕອນຫຼາຍຂຶ້ນ. ຜົນການຄົ້ນພົບນີ້ມີທິດທາງສອດຄ່ອງກັບງານວິໄຈຂອງ Phommanith (2014) ທີ່ສຶກສາການຈັດກິດຈະກຳ PBL ຮ່ວມກັບຂະບວນການຂອງ Polya ເລື່ອງ ລະບົບສົມຜົນລິເນແອ ໃນນັກຮຽນມັດທະຍົມ ພົບວ່ານັກຮຽນມີຄະແນນຄວາມສາມາດແກ້ບັນຫາສະເລ່ຍ 78.50% ເຊິ່ງຜ່ານເກນ 75% ທີ່ກຳນົດ; ແລະ ສອດຄ່ອງກັບງານວິໄຈຂອງ Phochuen (2014) ແລະ Kimthing (2010) ທີ່ຈັດກິດຈະກຳ PBL ຜ່ານສະຖານະການບັນຫາໃນກຸ່ມຍ່ອຍໃຫ້ແກ່ນັກຮຽນຊັ້ນ ມ.3 ຈົນມີຄະແນນຄວາມສາມາດແກ້ບັນຫາທາງຄະນິດສາດສູງກວ່າເກນທີ່ກຳນົດ.

2) ດ້ານຜົນສຳເລັດທາງການຮຽນ ແລະ ການປຽບທຽບລະຫວ່າງສອງຕົວປ່ຽນ: ຄະແນນສະເລ່ຍຜົນສຳເລັດທາງການຮຽນ (8.09 ຄະແນນ ຫຼື 80.90%, Cohen's d = 0.80) ສູງກວ່າເກນ 75% ແລະ ມີຄ່າສະເລ່ຍສູງກວ່າຄະແນນຄວາມສາມາດໃນການແກ້ບັນຫາ (7.96 ຄະແນນ ຫຼື 79.60%, Cohen's d = 0.47) ເລັກນ້ອຍ. ຄວາມແຕກຕ່າງດັ່ງກ່າວອະທິບາຍໄດ້ຈາກລັກສະນະຂອງເຄື່ອງມືວັດຜົນທີ່ແຕກຕ່າງກັນ ຄື: ແບບທົດສອບວັດຜົນສຳເລັດທາງການຮຽນ (ແບບເລືອກຕອບ 20 ຂໍ້) ວັດຄວາມຮູ້ຄວາມເຂົ້າໃຈທາງມະໂນພາບ (Conceptual Knowledge) ແລະ ການນຳໃຊ້ສູດພື້ນຖານຕາມລະດັບສະຕິປັນຍາຂອງ Bloom ຕັ້ງແຕ່ຂັ້ນຈື່ຈຳຈົນເຖິງການວິເຄາະ ໂດຍມີຕົວເລືອກຊ່ວຍຊີ້ນຳຂອບເຂດຄຳຕອບ; ໃນຂະນະທີ່ແບບທົດສອບຄວາມສາມາດໃນການແກ້ບັນຫາ (ສ້າງຄຳຕອບເອງ 5 ຂໍ້) ຮຽກຮ້ອງໃຫ້ນັກຮຽນສ້າງວິທີແກ້ດ້ວຍຕົນເອງທັງໝົດ ຕັ້ງແຕ່ການຕີຄວາມສະຖານະການ, ການແປງຫົວໜ່ວຍ, ການເລືອກສູດຫຼາຍຂັ້ນຕອນ ຈົນເຖິງການກວດສອບຄວາມສົມເຫດສົມຜົນ ຈຶ່ງມີຄວາມຊັບຊ້ອນດ້ານຂະບວນການຄິດສູງກວ່າ. ໃນດ້ານການສອນ, ຜົນນີ້ຊີ້ໃຫ້ເຫັນວ່າ ການລົງມືທົດລອງກັບສື່ຈຳລອງ 3 ມິຕິ ແລະ ການແລກປ່ຽນໃນກຸ່ມຍ່ອຍຊ່ວຍໃຫ້ນັກຮຽນເຂົ້າໃຈມະໂນພາບເລື່ອງເນື້ອທີ່ ແລະ ບໍລິມາດ ໄດ້ດີ, ແຕ່ຄູຍັງຕ້ອງເນັ້ນການຝຶກຂຽນອະທິບາຍເຫດຜົນ ແລະ ການກວດສອບຄຳຕອບ (ຂັ້ນທີ 4 ຂອງ Polya) ໃຫ້ເລິກເຊິ່ງຍິ່ງຂຶ້ນ. ຜົນການສຶກສາດ້ານຜົນສຳເລັດທາງການຮຽນນີ້ສອດຄ່ອງກັບງານວິໄຈຂອງ Phommanith et al. (2020), Phommanith et al. (2021) ແລະ Phromma (2011) ທີ່ພົບວ່າ ຜູ້ຮຽນທີ່ຮຽນຜ່ານກິດຈະກຳ PBL ມີຄະແນນຜົນສຳເລັດທາງການຮຽນຄະນິດສາດຜ່ານເກນມາດຕະຖານທີ່ກຳນົດ.

3) ຂໍ້ຈຳກັດ ແລະ ຂໍ້ສະເໜີແນະ: ການວິໄຈຄັ້ງນີ້ມີຂໍ້ຈຳກັດສຳຄັນທີ່ຄວນພິຈາລະນາໃນການນຳຜົນໄປອ້າງອີງ ດັ່ງນີ້: (1) ຮູບແບບການວິໄຈເປັນແບບ One-Shot Case Study ທີ່ບໍ່ມີການທົດສອບກ່ອນຮຽນ (Pre-test) ແລະ ບໍ່ມີກຸ່ມຄວບຄຸມ (Control Group) ຈຶ່ງບໍ່ສາມາດຢືນຢັນຄວາມສຳພັນເຊິງເຫດແລະຜົນໂດຍກົງໄດ້; (2) ກຸ່ມຕົວຢ່າງມີຂະໜາດນ້ອຍ (n = 23) ແລະ ໄດ້ມາຈາກການເລືອກແບບ

ເຈາະຈົງຈາກໂຮງຮຽນກຽດຕິສັກນາໆຊາດພຽງແຫ່ງດຽວ; (3) ກຸ່ມຕົວຢ່າງເປັນການລວມກັນຂອງນັກຮຽນຫຼາຍຊັ້ນ (ມ.1–ມ.4) ທີ່ຮຽນເສີມນອກເວລາຮຽນປົກກະຕິດ້ວຍຄວາມສະໝັກໃຈ ເຊິ່ງອາດມີແຮງຈູງໃຈໃນການຮຽນສູງກວ່ານັກຮຽນທົ່ວໄປ; (4) ໄລຍະເວລາການທົດລອງມີພຽງ 3 ອາທິດ (6 ແຜນ, 540 ນາທີ); ແລະ (5) ຜູ້ຄົ້ນຄວ້າເປັນທັງຜູ້ສອນ ແລະ ໜຶ່ງໃນຜູ້ກວດຄະແນນ ເຖິງແມ່ນວ່າຈະມີການປິດບັງຊື່ ແລະ ໃຊ້ຜູ້ກວດຮ່ວມແລ້ວກໍ່ຕາມ. ດັ່ງນັ້ນ, ການວິໄຈໃນອະນາຄົດຄວນໃຊ້ແບບແຜນການທົດລອງທີ່ມີການວັດຜົນກ່ອນ ແລະ ຫຼັງຮຽນ (Pretest-Posttest Control Group Design), ຂະຫຍາຍຂະໜາດກຸ່ມຕົວຢ່າງ ແລະ ແຍກສຶກສາຕາມລະດັບຊັ້ນຮຽນປົກກະຕິ ເພື່ອຢືນຢັນປະສິດທິຜົນຂອງຮູບແບບການສອນໃຫ້ຊັດເຈນຍິ່ງຂຶ້ນ.

5. ສະຫຼຸບຜົນ

1) ຕາມຈຸດປະສົງຂໍ້ທີ 1: ພາຍຫຼັງການເຂົ້າຮ່ວມກິດຈະກຳການຮຽນ-ການສອນໂດຍໃຊ້ບັນຫາເປັນຖານ (PBL) ຮ່ວມກັບຂະບວນການແກ້ບັນຫາຂອງ Polya, ນັກຮຽນຊັ້ນມັດທະຍົມສຶກສາຕອນຕົ້ນກຸ່ມຕົວຢ່າງ (n = 23) ມີຄະແນນສະເລ່ຍຄວາມສາມາດໃນການແກ້ບັນຫາທາງຄະນິດສາດ ເລື່ອງ ເນື້ອທີ່ ແລະ ບໍລິມາດ ຫຼັງການທົດລອງເທົ່າກັບ 7.96 ຈາກ 10 ຄະແນນ (79.60%, S.D. = 0.976) ເຊິ່ງສູງກວ່າເກນ 75% (7.50 ຄະແນນ) ດ້ວຍລະດັບຄວາມສຳຄັນທາງສະຖິຕິ 0.05 ($t(22) = 2.243$, $p = .035$).

2) ຕາມຈຸດປະສົງຂໍ້ທີ 2: ພາຍຫຼັງການເຂົ້າຮ່ວມກິດຈະກຳການຮຽນ-ການສອນໂດຍໃຊ້ບັນຫາເປັນຖານ (PBL) ຮ່ວມກັບຂະບວນການແກ້ບັນຫາຂອງ Polya, ນັກຮຽນຊັ້ນມັດທະຍົມສຶກສາຕອນຕົ້ນກຸ່ມຕົວຢ່າງ (n = 23) ມີຄະແນນສະເລ່ຍຜົນສຳເລັດທາງການຮຽນວິຊາຄະນິດສາດ ເລື່ອງ ເນື້ອທີ່ ແລະ ບໍລິມາດ ຫຼັງການທົດລອງເທົ່າກັບ 8.09 ຈາກ 10 ຄະແນນ (80.90%, S.D. = 0.733) ເຊິ່ງສູງກວ່າເກນ 75% (7.50 ຄະແນນ) ດ້ວຍລະດັບຄວາມສຳຄັນທາງສະຖິຕິ 0.05 ($t(22) = 3.839$, $p = .001$).

6. ດ້ານຜົນປະໂຫຍດທັບຊ້ອນ

ຜູ້ຄົ້ນຄ້ວາທຸກທ່ານຂໍຢືນຢັນວ່າ ບໍ່ມີຂໍ້ຂັດແຍ່ງທາງດ້ານຜົນປະໂຫຍດ (Conflict of Interest) ກັບບຸກຄົນ ຫຼື ໝ່ວຍງານໃດໆ ໃນການດຳເນີນການຄົ້ນຄ້ວາວິໄຈ ແລະ ການຕີພິມບົດຄວາມວິຊາການສະບັບນີ້.

7. ເອກະສານອ້າງອີງ

Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (Eds.). (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Longman.

Department of Organization and Personnel. (2015). *Law on education of the Lao People's Democratic Republic*. Ministry of Education and Sports, Basic Education Support Program.

Khammanee, T. (2012). *Teaching science: Knowledge for organizing effective learning processes* (17th ed.). Chulalongkorn University Press.

Kiettisack International School. (2024). *Academic year 2023–2024 geometry learning achievement summary report (Lower secondary level)* [Unpublished institutional report]. Kiettisack International School, Luang Prabang Branch.

Kimthing, W. (2010). *The effect of organizing learning activities using Problem-Based Learning on problem-solving skills, mathematical connection skills, and the desire to learn of Mathayom 3 students* [Master's thesis, Srinakharinwirot University]. Srinakharinwirot University Institutional Repository.

Lao National Institute of Scientific Research and Education. (2011). *Lower secondary school curriculum: Mathematics*. Ministry of Education and Sports.

Makhanong, A. (2003). *Mathematics: Teaching and learning*. Textbook and Academic Document Center, Faculty of Education, Chulalongkorn University.

Panichsuay, W. (2003). *How to teach children to be good at mathematics*. Academic Quality Development (AQD).

Phochuen, W. (2014). Development of problem-solving ability in mathematics of Mathayom 3 students learning by using problem-based learning. *Journal of Silpakorn Education*, 6(1), 141–153.

Phommanith, K. (2014). *The development of applied mathematics learning activities on the application of the system of linear equations and linear inequalities by using Problem-Based Learning supplemented with Polya's mathematical problem-solving process* [Master's thesis, Udon Thani Rajabhat University]. Udon Thani Rajabhat University Institutional Repository.

Phommanith, K., Keophasith, V., Boudsit, O., Doungchan, B., & Sayduangta, S. (2020). The effect of Problem-Based Learning instruction activities on problem solving skills and mathematical connection skills of third year students. *Souphanouvong University Journal Multidisciplinary Research and Development*, 6(2), 104–112.

Phommanith, K., Ounkeo, C., Boudsit, O., & Keophasith, V. (2021). A study of mathematics achievement by using Problem-Based Learning for Grade 1 students. *Souphanouvong University Journal*

Multidisciplinary Research and Development, 7(1), 70–78.

Phommanith, K., Phetsombath, S., & Keophasith, V. (2019). *Educational measurement and evaluation*. Souphanouvong University.

Phromma, C. (2011). *The use of problem-based learning in teaching and learning about basic graph theory at the 5th grade of secondary school, Chiang Saen Wittayakhom School, Chiang Rai Province* [Master's thesis, Chiang Mai University]. Chiang Mai University Digital Collections.

Pipitkul, Y. (1996). *Teaching mathematics*. Bophit Printing.

Polya, G. (1985). *How to solve it: A new aspect of mathematical method* (2nd ed.). Princeton University Press.

Saiyod, L., & Saiyod, A. (2010). *Educational research techniques* (11th ed.). Suweeriyasan.

Srisat, B. (2017). *Preliminary research* (10th ed.). Suweeriyasan.

Whitney, D. R., & Sabers, D. L. (1970). *Improving essay examinations III: Use of item analysis* (Technical Bulletin No. 11). University Evaluation and Examination Service, University of Iowa.