ក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា
នាយកដ្ឋានស្រាវជ្រាវវិទ្យាសាស្ត្រ

OPEN ACCESS

ទស្សនាវដ្តីស្រាវជ្រាវកម្ពុជាសម្រាប់ការអប់រំ និងស្ទែម
Cambodian Journal of Education and STEM

# ការព្យាករល្បឿនខ្យល់គោលសម្រាប់ការគណនាអគារនៅខេត្តសៀមរាប

## Basic Wind Speed Prediction for the Design of Building in Siem Reap

ដួង ពិសិដ្ឋ[១,២,*] លីន ចន្ថន[១,៣] វង្ស ស៊ីដែន[២] ស៊ន់ រ៉ាចាន់[២] ឈិន រតនា[១] និងហាន វីរៈ[២]
[១]មជ្ឈមណ្ឌលស្រាវជ្រាវ និងនវានុវត្តន៍ វិទ្យាស្ថានបច្ចេកវិទ្យាកម្ពុជា រាជធានីភ្នំពេញ ប្រទេសកម្ពុជា
[២]មហាវិទ្យាល័យសំណង់ វិទ្យាស្ថានបច្ចេកវិទ្យាកម្ពុជា រាជធានីភ្នំពេញ ប្រទេសកម្ពុជា
[៣]សាលាក្រោយបរិញ្ញាបត្រ វិទ្យាស្ថានបច្ចេកវិទ្យាកម្ពុជា រាជធានីភ្នំពេញ ប្រទេសកម្ពុជា
[*]អ្នកនិពន្ធទទួលបន្ទុកឆ្លើយឆ្លង៖ piseth@itc.edu.kh

Piseth Doung[1,2,*], Chanthorn Lin[1,3], Siden Vong[2], Rachhan Sion[2], Rattana Chhin[1] and Virak Han[2]
[1]Research and Innovation Center, Institute of Technology of Cambodia, Phnom Penh, Cambodia
[2]Faculty of Civil Engineering, Institute of Technology of Cambodia, Phnom Penh, Cambodia
[3]Graduate School, Institute of Technology of Cambodia, Phnom Penh, Cambodia
[*]Corresponding author: piseth@itc.edu.kh

**ទទួលបានអត្ថបទ៖** ៣០ កញ្ញា ២០២២ **កែសម្រួល៖** ១០ វិច្ឆិកា ២០២២ **យល់ព្រមឱ្យបោះពុម្ព៖** ២២ ធ្នូ ២០២២
**Received:** 30 September 2022 **Revised:** 10 November 2022 **Accepted:** 22 December 2022

**មូលន័យសង្ខេប**

ល្បឿនខ្យល់គោល ត្រូវបានប្រើប្រាស់សម្រាប់គណនាបន្ទុកខ្យល់លើអគារ។ សម្រាប់ប្រទេសកម្ពុជា ការជ្រើសរើសល្បឿនខ្យល់ស្ថិតក្នុងលក្ខខណ្ឌមិនច្បាស់លាស់ និងភាគច្រើនផ្អែកលើបទពិសោធន៍ក្នុងការគណនាកន្លងមក។ នៅក្នុងអត្ថបទនេះ ការព្យាករល្បឿនខ្យល់គោលនៅខេត្តសៀមរាបក្នុងប្រទេសកម្ពុជា ត្រូវបានលើកយកមកជាករណីសិក្សា ដោយផ្អែកលើទិន្នន័យល្បឿនខ្យល់ចេញពីស្ថានីយឧត្តុនិយម។ ទិន្នន័យល្បឿនខ្យល់អតិបរមាវាស់ក្នុងរយៈពេល 1h ដែលទទួលបានពីស្ថានីយឧត្តុនិយមនៅអាកាសយានដ្ឋានខេត្ត ត្រូវបានយកមកសិក្សាដោយបំលែងទៅជាល្បឿនកន្ត្រាក់ រយៈពេល 3s (gust)។ បន្ទាប់មក ល្បឿនអតិបរមាធៀបនឹងអត្រាកើតឡើង ដែលជាល្បឿនគោលសម្រាប់ការគណនាអគារ ត្រូវបានវិភាគ ដោយប្រើប្រាស់គោលការណ៍វិភាគប្រូបាបខ្លាំងបំផុត (Extreme Value Distribution) ដូចជាហ្គាំប៉ែល(Gumbel) និងគ្រីងហ្គ័រថិន(Gringorten)។ លទ្ធផលនៃការព្យាករបានបង្ហាញថា ល្បឿនខ្យល់គោលអតិបរមានៅខេត្តសៀមរាបមានកម្រិត 35m/s និង 41m/s សម្រាប់អត្រាកើតឡើងវិញរៀងគ្នា ចំនួន៥០ឆ្នាំ និង៧០០ឆ្នាំម្តង។ លទ្ធផលនេះ បានបញ្ជាក់ថាការអនុវត្តនៃល្បឿនខ្យល់គោលកន្លងមក គួរមានការពិនិត្យមើល និងកែតម្រូវឡើងវិញ។ ទោះជាយ៉ាងណាក៏ដោយ ការផ្ទៀងផ្ទាត់អគារចាស់ៗដែលមានស្រាប់ គួរត្រូវបានសិក្សាបន្ថែម ដោយផ្អែកលើល្បឿនខ្យល់គោលដែលបានរកឃើញ ដើម្បីផ្តល់អំណះអំណាងគ្រប់គ្រាន់ដល់លទ្ធផលស្រាវជ្រាវ។

**ពាក្យគន្លឹះ៖** ល្បឿនខ្យល់គោល ល្បឿនកន្ត្រាក់ អត្រាកើតឡើង ការគណនាអគារ សៀមរាប

**Abstract**

A basic wind speed is a very crucial parameter used for calculating the wind loads on building structures. In Cambodia, the selection of the basic wind speed for the structural design remains uncertain due to insufficient fundamental studies on the wind characteristics associated with regional climate. This article aims to predict the basic wind speed in Siem Reap, Cambodia, as a case study based on datasets received from a meteorological station. The wind speeds were measured at Siem Reap airport in the form of hourly speed and then statically converted to 3-second gust speed using Gaussian distribution transformation. The extreme value distributions, such as Gumbel and Gringorten, were utilized to analyze the extreme wind speed in accordance with a return period. The results showed that with a return period of 50 and 700 years, the basic wind speed was found to be 35 m/s and 41 m/s, respectively. These results could provide an alternative selection for the estimation of wind load for the structural design of building in Siem Reap. However, additional studies on the assessment of the existing structures under the discovered wind speeds should be conducted in order to ensure the reliability of the results.

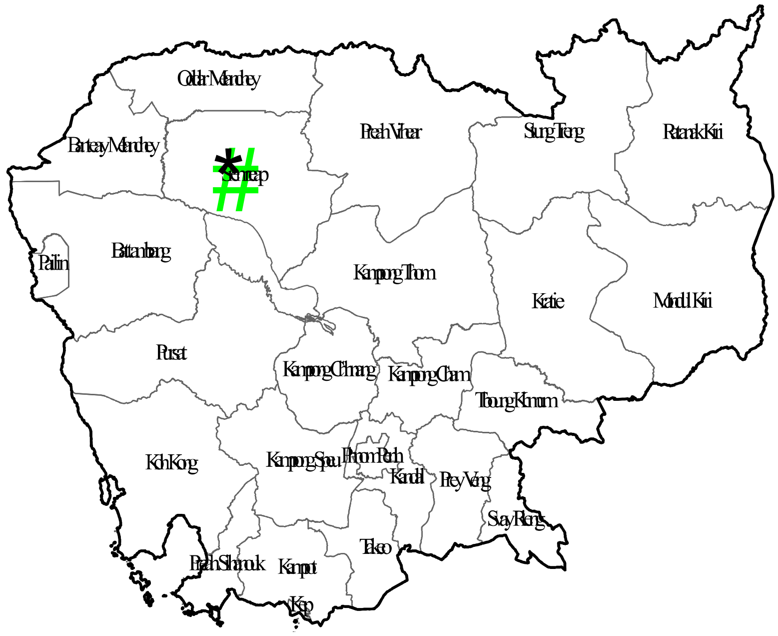
**Keywords:** Basic wind speed; gust speed; return period; structural design; Siem Reap

## សេចក្តីផ្តើម

បន្ទុកខ្យល់ គឺជាប្រភេទបន្ទុកផ្តេកដ៏ចម្បងមួយដែលមានអំពើលើគ្រឿងផ្គុំអគារ។ សម្រាប់អគារខ្ពស់ឬស្រាល បន្ទុកខ្យល់កាន់តែសំខាន់ និងត្រូវបានពិចារណាសម្រាប់ការគណនា។ បទដ្ឋានគណនាអគារអនុញ្ញាតឱ្យប្រើប្រាស់ល្បឿនខ្យល់គោលសម្រាប់បំលែងជាបន្ទុកខ្យល់ ដែលត្រូវបានប្រើក្នុងការគណនាគ្រឿងផ្គុំ (structural design) ដើម្បីធានាលក្ខខណ្ឌសុវត្ថិភាព និងការប្រើប្រាស់របស់អគារ។ ការគណនាសម្រាប់លក្ខខណ្ឌប្រើប្រាស់ (serviceability) ល្បឿនខ្យល់គោល ក្នុងអត្រាកើតឡើងពី១០ឆ្នាំ ទៅ៥០ឆ្នាំ ត្រូវបានពិចារណា ខណៈពេលដែលអត្រាកើតឡើងចំនួន៧០០ឆ្នាំ ត្រូវបានប្រើសម្រាប់គណនាភាពធន់ (strength design) ដោយយោងទៅលើបទដ្ឋាន ASCE 7-22 (ASCE 7, 2022b)។ នៅក្នុងដំណាក់កាលនៃការគណនាបន្ទុកខ្យល់ គេត្រូវការប៉ារ៉ាម៉ែត្រដ៏សំខាន់មួយ នោះគឺការជ្រើសរើសយកល្បឿនខ្យល់គោល។ ភាពខ្វះខាតនៃបទដ្ឋាន និងសេចក្តីណែនាំសម្រាប់គណនាបន្ទុកខ្យល់នៅក្នុងប្រទេសកម្ពុជា បានបង្កការលំបាកច្រើនដល់វិស្វករគ្រឿងផ្គុំ ដូចជាការជ្រើសរើសល្បឿនខ្យល់មិនមានមូលដ្ឋានគ្រប់គ្រាន់ និងការផ្អែកលើបទពិសោធន៍គណនាដែលអាចឈានដល់ការមានភាពមិនច្បាស់លាស់លើលទ្ធផលនៃការគណនានោះ។ ដូច្នេះ វត្ថុបំណងនៃការសិក្សានេះ គឺចង់ផ្តល់នូវការព្យាករល្បឿនខ្យល់គោលដោយផ្អែកលើទិន្នន័យពីស្ថានីយឧត្តុនិយម និងការសិក្សាពីលក្ខខណ្ឌនៃការកើតឡើងរបស់វា ដោយយកខេត្តសៀមរាបនៃប្រទេសកម្ពុជា ជាករណីសិក្សា។

ខេត្តសៀមរាបមានទីតាំងស្ថិតនៅភាគពាយ័ព្យនៃប្រទេសកម្ពុជា និងនៅជាប់ប៉ែកខាងជើងបឹងទន្លេសាប (រូបភាព១)។ ខេត្តនេះមានការរក្សាទុកនូវទិន្នន័យខ្យល់សម្រាប់យកមកវិភាគបាន។ ទិន្នន័យល្បឿនខ្យល់ត្រូវបានកត់ត្រាទុកក្នុងប្រភពទិន្នន័យនៃគណៈកម្មការទន្លេមេគង្គ ដែលមានលេខកូដ 130306 កូអរដោនេនៃរយៈខ្សែទទឹង 13.36°N រយៈខ្សែបណ្តោយ 103.85°E និងត្រូវបានវាស់នៅរយៈកម្ពស់១៥ម៉ែត្រ ពីផ្ទៃដី។ ទិន្នន័យត្រូវបានកត់ត្រាទុកនៅចន្លោះឆ្នាំ២០០៨ ដល់

ឆ្នាំ២០១២ ដែលជាល្បឿនខ្យល់អតិបរមាប្រចាំឆ្នាំ (Mekong River Commission, 2007)។ បច្ចុប្បន្នយើងក៏សង្កេតឃើញផងដែរថា នៅតំបន់នោះមានឃ្លាំង អគារ រោងចក្រ និង ហេដ្ឋារចនាសម្ព័ន្ធជាច្រើនទៀត ដែលត្រូវបានសាងសង់ និងកំពុងមានតម្រូវការសាងសង់។



*រូបភាព១៖* ទីតាំងស្ថានីយឧត្តុនិយម

លោកហ្គាំប៊ែល (Gumbel, 1954) បានប្រើគោលការណ៍របស់លោក ដើម្បីព្យាករកម្ពស់ទឹកជំនន់ជាលើកដំបូង។ ក្រោយមកទៀត លោកគ្រីងហ្គ័រថិន (Gringorten, 1963) បានកែប្រែកម្រិតលម្អៀងប្រូបាបនៃព្រឹត្តិការណ៍របស់ លោកហ្គាំប៊ែល ហើយគោលការណ៍នេះ ត្រូវបានគេយកទៅព្យាករខ្យល់ជាបន្តបន្ទាប់។ ដូច្នេះ គោលការណ៍ទាំងពីរ ត្រូវបានជ្រើសរើសយកមកប្រើប្រាស់ ដើម្បីវិភាគល្បឿនខ្យល់គោលនៅក្នុងករណីសិក្សានេះ។

## វិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវ

យើងអាចវិភាគរកទំនាក់ទំនងរវាងល្បឿនខ្យល់គោល និងអថេរចៃដន្យ ដែលឆ្លើយតបទៅនឹងអត្រាកើតឡើងក្នុងរយៈពេលណាមួយ។ វិធីសាស្ត្រដែលត្រូវប្រើនោះ មានដូចជាវិធីសាស្ត្រស្ថិតិ និងគោលការណ៍ប្រូបាប។

### វិធីសាស្ត្រស្ថិតិ

អនុគមន៍ដង់ស៊ីតេប្រូបាប $f_X(x)$ ដែលមាន $X$ ជាអថេរចៃដន្យជាប់ មាន $\mu$ ជាមធ្យម និង $\sigma^2$ ជាវ៉ារ្យង់ កំណត់ដោយ៖

$$f_X(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(x-\mu)}{2\sigma^2}}, x \in (-\infty, +\infty) \quad (1)$$

អនុគមន៍ប្រូបាប $F(x)$ នៅក្នុងដែនចន្លោះ $-\infty$ និង $x$ នៃ $f_X(x)$ នោះគេបាន៖

$$F_X(z) = \int_{-\infty}^{z} f_X(x)dx \quad (2)$$

$$F_X(z) = \Pr\{-\infty < X < z\} = \Pr(X < z) \quad (3)$$

$$F(z) = Pr\left\{\frac{X-\mu}{\sigma} < z\right\} = Pr(X < \mu + z\sigma) \quad (4)$$

ដែល $z$ ជាអថេរមួយនៃអនុគមន៍ប្រូបាបក្នុងសមីការខាងលើ។

ផលធៀបរវាងរយៈពេលនៃល្បឿនខ្យល់កន្ត្រាក់ 3s ធៀបនឹងរយៈពេលល្បឿនខ្យល់ 1h (3600s) នោះគេទទួលបានប្រូបាបស្មើនឹង 3/3600 ឬ 0.0833%។ គេអាចរកតម្លៃនៃអថេរណរម៉ាល់ស្តង់ដា $Z$ បានតាមរូបមន្តបំលែង $Z=\frac{X-\mu}{\sigma}$ ដែល $\mu$ ជាមធ្យមនៃបំណែងចែក ហើយ $\sigma$ ជាគំលាតស្តង់ដានៃបំណែងចែក។ ការគណនាត្រូវបានបង្ហាញ ដូចខាងក្រោម៖

$$\Pr\{-z<Z\le +z\}=1-\frac{3}{3600}\quad or\ \Pr\left\{-z<\frac{X-\mu}{\sigma}\le +z\right\}=1-\frac{3}{3600}$$

$$F(z)-[1-F(z)]=0.9992$$

$$2F(z)=1.9992$$

$$F(z)=0.9996$$

$$\Rightarrow z=3.34$$

តារាង១៖ *តម្លៃនៃអថេរណរម៉ាល់ស្តង់ដា* Z *(Ronald et al., 2012)*

| z | 0 | 1 | 2 | 3 | 3.34 |
|---|---|---|---|---|---|
| $F(z)$ | 0.5 | 0.8413 | 0.9773 | 0.9987 | 0.9996 |

## ល្បឿនខ្យល់កន្ត្រាក់ 3s

ដូចបានបង្ហាញក្នុងតារាង១ $Z = z = 3.34$ ត្រូវបានប្រើប្រាស់ជាអថេរណរម៉ាល់ស្តង់ដា។ បន្ទាប់មក ទំនាក់ទំនងល្បឿនខ្យល់អាចសរសេរដូចសមីការខាងក្រោម៖

$$u_{3s}=u_{1h}+3.34\sigma_u \tag{5}$$

ដែល $u_{3s}$ = ល្បឿនខ្យល់កន្ត្រាក់ 3s, $u_{1h}$ ល្បឿនខ្យល់ 1h និង $\sigma_u$ = គំលាតស្តង់ដានៃ $u_{1h}$ ។

មេគុណកន្ត្រាក់ត្រូវបានពិពណ៌នា ដោយប្រើគំរូដែលបានបង្កើតស្ថិតក្នុងលក្ខខណ្ឌលំនឹងនៃលំហូរខ្យល់ក្នុងស្រទាប់បរិយាកាស (Arya, 1998; Vickery & Skerlj, 2005) ដូចបង្ហាញក្នុងសមីការ (6)៖

$$\sigma_u=2.5u_* \tag{6}$$

ដែល $u_*$ = ល្បឿនកកិតរបស់ខ្យល់ ហើយស្វែងរកបានដោយផ្អែកទៅលើលោក Hsu (Hsu, 1988)៖

$$\frac{u_*}{u_{1h}}=kp \tag{7}$$

ក្នុងនោះ $k=0.4$ ជាតម្លៃថេរវ៉ុនកាម៉ាន (von Kármán) (von Kármán, 1948) ហើយ $p$ = ជាស្វ័យគុណដែលបញ្ជាក់ពីទ្រង់ទ្រាយរបស់ខ្យល់ (wind profile) (Hsu, 2008)៖

$$\frac{u_2}{u_1}=\left(\frac{Z_2}{Z_1}\right)^p \tag{8}$$

ដែល $u_1$ និង $u_2$ = ល្បឿនខ្យល់នៅរយៈកម្ពស់ $Z_1$ និង $Z_2$ រៀងគ្នា ។

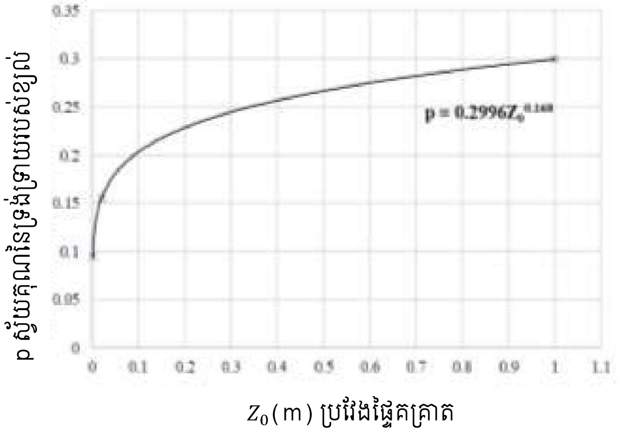
ដោយជំនួសសមីការ (6) និង (7) ទៅក្នុងសមីការ (5) នោះសមីការល្បឿនខ្យល់កន្ត្រាក់ 3s អាចសរសេរបានដូចខាងក្រោម៖

$$u_{3s}=u_{1h}(1+3.34p) \tag{9}$$

ដើម្បីឱ្យការកំណត់មានលក្ខណៈជាក់លាក់ តម្លៃ $p$ អាចទាញចេញពី $Z_0$ តាមរយៈរូបភាព២ ដូចបង្ហាញខាងក្រោម។ សម្រាប់តំបន់វាលស្រឡះ គេយកតម្លៃ $Z_0 = 0.02m$ និង $p = 0.155$ (Justus, 1985; Panofsky & Dutton, 1984) នោះគេបាន៖

$$u_{3s} = 1.5177u_{1h} \quad (10)$$

យើងប្រើប្រាស់សមីការ (10) ដើម្បីបំលែងពីល្បឿនខ្យល់ 1h ទៅល្បឿនខ្យល់កន្ត្រាក់ 3s ។




*រូបភាព២៖* ទំនាក់ទំនងរវាង $Z_0$ និង p (Justus, 1985)

## កម្ពស់ស្តង់ដា

ល្បឿនខ្យល់គោល គឺជាល្បឿនខ្យល់វាស់នៅរយៈកម្ពស់១០ម៉ែត្រ ពីលើផ្ទៃដីដែលស្ថិតក្នុងតំបន់វាលស្រឡះ (តំបន់ C) (ASCE 7, 2022a)។ សមីការ (8) ត្រូវបានប្រើសម្រាប់បំលែងល្បឿនខ្យល់នៅរយៈកម្ពស់ណាមួយទៅជាល្បឿនខ្យល់នៅរយៈកម្ពស់ស្តង់ដា១០ម៉ែត្រ។ ទិន្នន័យល្បឿនខ្យល់អតិបរមាប្រចាំឆ្នាំមានរយៈពេល៥ឆ្នាំ នៅកម្ពស់១៥ម៉ែត្រ ដូចបានបង្ហាញនៅក្នុងតារាង២ ខាងក្រោមនេះ។

តារាង២៖ *ទិន្នន័យល្បឿនខ្យល់អតិបរមាប្រចាំឆ្នាំ និងល្បឿនខ្យល់កន្ត្រាក់ 3s*

| ឆ្នាំ | ល្បឿនខ្យល់រៀងរាល់ 1h នៅកម្ពស់ 15m (m/s) | ល្បឿនខ្យល់កន្ត្រាក់ 3s នៅកម្ពស់ 15m (m/s) | ល្បឿនខ្យល់កន្ត្រាក់ 3s នៅកម្ពស់ស្តង់ដារ (m/s) |
|---|---|---|---|
| 2008 | 19 | 28.8 | 27.1 |
| 2009 | 20 | 30.4 | 28.5 |
| 2010 | 20 | 30.4 | 28.5 |
| 2011 | 16 | 24.3 | 22.8 |
| 2012 | 18 | 27.3 | 25.7 |

## គោលការណ៍វិភាគតម្លៃខ្លាំងបំផុតនៃល្បឿនខ្យល់

លោកហ្គាំប៊ែល (Gumbel, 1954) បានផ្តល់របៀបគណនា វិភាគ និងព្យាករទឹកជំនន់។ នៅក្នុងឆ្នាំ១៩៥៤ លោកបានផ្តល់ទ្រឹស្តីយ៉ាងងាយ ដែលត្រូវនឹងការតក់ត្រាទិន្នន័យល្បឿនខ្យល់អតិបរមាប្រចាំឆ្នាំដែលមានឈ្មោះថា

បំណែងចែកតម្លៃខ្លាំងបំផុតប្រភេទ១ (Type I Extreme Value Distribution) (Holmes, 2015)។ បំណែងចែកតម្លៃខ្លាំងបំផុតប្រភេទ១នេះ កំណត់ដោយអនុគមន៍ប្រូបាបបំណែងចែកតជាប់ (cumulative distribution) ដូចបានបង្ហាញក្នុងសមីការ (11) ខាងក្រោម៖

$$F_U(U) = \exp\{-\exp[-(U-u)/a]\} \tag{11}$$

ដែលក្នុងនោះ

$U$ = អថេរចៃដន្យមួយនៃអនុគមន៍ក្នុងសមីការ (11)

$u$ = ម៉ូតនៃបំណែងចែក (the mode of the distribution)

$a$ = មេគុណមាត្រដ្ឋាន (a scale factor)

អត្រាកើតឡើង ឬរយៈពេលកើតឡើង (return period ឬ $R$) គឺជាប់ទាក់ទងដោយផ្ទាល់ទៅនឹងអនុគមន៍ប្រូបាប $F_U(U)$ នៃល្បឿនខ្យល់អតិបរមាប្រចាំឆ្នាំ ដូចបង្ហាញខាងក្រោម៖

$$R = 1/(1-F_U(U)) \tag{12}$$

ដោយជំនួសអនុគមន៍ $F_U(U)$ បានមកពីសមីការ (12) ចូលក្នុងសមីការ (11) យើងបាន៖

$$U_R = u + a\{-\ln[-\ln(1-1/R)]\} \tag{13}$$

ចំពោះអត្រាកើតឡើង $R$ ដែលមានតម្លៃកាន់តែធំ នោះសមីការ (13) គេអាចសរសេរបានទម្រង់ ដូចខាងក្រោម៖

$$U_R \cong u + a\ln R \tag{14}$$

ចំពោះទ្រឹស្តីហ្គាំប៊ែល ( Gumbel, 1954) ការវិភាគតម្លៃខ្លាំងបំផុតអាចកំណត់តាមរបៀប ដូចខាងក្រោម៖

- ជ្រើសរើសល្បឿនខ្យល់អតិបរមាប្រចាំឆ្នាំនីមួយៗ
- រៀបទិន្នន័យជាស៊េរី ដែលមានចំនួនលេខលំដាប់ពីតូចទៅធំ 1, 2, ..., m...ដល់ N
- តម្លៃនីមួយៗត្រូវបានដាក់បញ្ចូលជាមួយប្រូបាបនៃព្រឹត្តិការណ៍មិនកើតមាន (non-exceedance) $p$ ដូចបានបង្ហាញក្នុងសមីការខាងក្រោម៖

$$p \approx \frac{m}{1+N} \tag{15}$$

- គណនារកអថេរចៃដន្យកាត់បន្ថយ (reduced variate) តាងដោយ $y$ ត្រូវបានកំណត់ដោយ៖

$$y = -\ln[-\ln p] \tag{16}$$

- $y$ គឺជាការប៉ាន់ស្មាននៃតួនៅក្នុងឃ្នាបនៃសមីការ (13)
- គូសក្រាបនៃល្បឿនខ្យល់ $U_R$ ជាអ័ក្សអរដោនេ និង $y$ ជាអ័ក្សអាប់ស៊ីស នោះសមីការបន្ទាត់មួយដែលមានទម្រង់ $y=\alpha x+\beta$ ត្រូវបានសង់ឡើង។

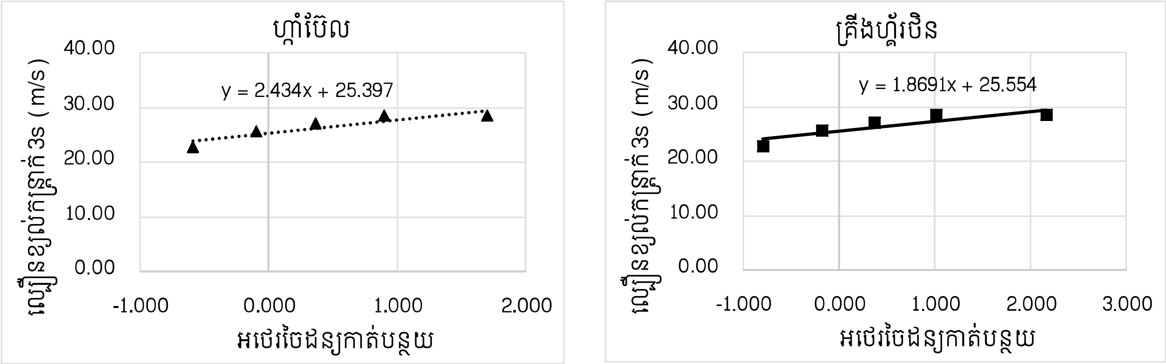
លោកគ្រីងហ្គ័រថិន (Gringorten, 1963) បានធ្វើការកែប្រែដ៏សាមញ្ញទៅលើដំណើរការគណនារបស់លោកហ្គាំប៊ែល ហើយទទួលបានការព្យាករដែលមានកម្រិតលំអៀងតិចតួចបំផុតលើបំណែងចែកប្រូបាបខាងលើ។ សមីការប្រូបាបនៃព្រឹត្តិការណ៍មិនកើតមាន (non-exceedance) ត្រូវបានជំនួសដោយរូបមន្ត ដូចខាងក្រោម៖

$$p \approx \frac{m-0.44}{N+0.12} \tag{17}$$

ដែលក្នុងនោះ m ជាលំដាប់ទី m នៃស៊េរី ហើយ N ជាលំដាប់ធំបំផុត។ ដោយអនុវត្តវិធីសាស្ត្រទាំងពីរខាងលើ យើងទទួលបានអថេរថែដន្យកាត់បន្ថយ និងល្បឿនខ្យល់កន្ត្រាក់អតិបរមាប្រចាំឆ្នាំ ដូចបានបង្ហាញរៀងគ្នានៅតារាង៣ និងរូបភាព៣ ខាងក្រោម៖

តារាង៣៖ *ការគណនារកអថេរថែដន្យកាត់បន្ថយ*

| ស៊េរី | ល្បឿនខ្យល់កន្ត្រាក់ 3s នៅកម្ពស់ស្តង់ដារ (m/s) | ប្រូបាបនៃព្រឹត្តិការណ៍ non-exceedance | | អថេរថែដន្យកាត់បន្ថយ reduced variate | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ហ្គាំបែល | គ្រីងហ្គ័រថេន | ហ្គាំបែល | គ្រីងហ្គ័រថេន |
| 1 | 27.1 | 0.167 | 0.109 | -0.583 | -0.794 |
| 2 | 28.5 | 0.333 | 0.305 | -0.094 | -0.173 |
| 3 | 28.5 | 0.500 | 0.500 | 0.367 | 0.367 |
| 4 | 22.8 | 0.667 | 0.695 | 0.903 | 1.012 |
| 5 | 25.7 | 0.833 | 0.891 | 1.702 | 2.156 |




*រូបភាព៣៖* ការវិភាគល្បឿនខ្យល់កន្ត្រាក់អតិបរមាប្រចាំឆ្នាំនៅខេត្តសៀមរាប

ល្បឿនខ្យល់គោលនៅអត្រាកើតឡើងផ្សេងៗគ្នា ត្រូវបានព្យាករ ដូចបានបង្ហាញនៅក្នុងតារាង៤ ខាងក្រោម៖

តារាង៤៖ *ការព្យាករល្បឿនខ្យល់គោលអាស្រ័យនឹងអត្រាកើតឡើង*

| អាត្រាកើតឡើង Return period (year) | ល្បឿនខ្យល់គោល Basic wind speed (m/s) | |
|---|---|---|
| | ហ្គាំបែល | គ្រីងហ្គ័រថេន |
| 10 | 30.87 | 29.60 |
| 20 | 32.63 | 30.95 |
| 50 | 34.89 | 32.69 |
| 100 | 36.59 | 34.00 |
| 200 | 38.29 | 35.30 |
| 500 | 40.52 | 37.01 |
| 700 | 41.34 | 37.64 |
| 1 000 | 42.21 | 38.31 |

## លទ្ធផល និងការពិភាក្សា

ល្បឿនខ្យល់គោលនៅខេត្តសៀមរាបត្រូវបានព្យាករ ដោយបំលែងពីល្បឿនខ្យល់អតិបរមា 1h ទៅជា 3s ដោយប្រើអនុគមន៍បំណែងចែកណរម៉ាល់។ ម្យ៉ាងវិញទៀត ល្បឿនខ្យល់នៅរយៈកម្ពស់១៥ម៉ែត្រ ត្រូវបានបំលែងមកកម្ពស់១០ម៉ែត្រ ដែលជាកម្ពស់ស្តង់ដា សម្រាប់យកមកគណនាបន្ទុកខ្យល់ ដូចដែលត្រូវបានបង្ហាញក្នុងតារាង២។ យើងសង្កេតឃើញថា ល្បឿនខ្យល់កន្ត្រាក់ 3s ដែលជាល្បឿនខ្យល់គោលបានកើនឡើងធៀបនឹងល្បឿនខ្យល់អតិបរមា គិតក្នុង 1h។ លើសពីនេះទៅទៀត ល្បឿនខ្យល់គោលមានការប្រែប្រួលអាស្រ័យនឹងរយៈកម្ពស់ ប៉ុន្តែអត្រាផ្លាស់ប្តូរនៃល្បឿនខ្យល់បានថយចុះនៅពេលរយៈកម្ពស់កាន់តែខ្ពស់។ នេះបញ្ជាក់ពីលក្ខណៈធម្មជាតិរបស់ល្បឿនខ្យល់ដែលមានអំពើលើអគារ។

បើយើងសង្កេតមើលតារាង៤ ល្បឿនខ្យល់គោលសម្រាប់គណនា (basic wind speed) មានការប្រែប្រួលកើនឡើងគួរឱ្យកត់សំគាល់ នៅពេលអត្រាកើតឡើងបានកើនឡើង។ វិធីសាស្ត្រហ្គាំប៊ែល និងគ្រីងហ្គ័រថិន មានលក្ខណៈកើនដូចគ្នា ក៏ប៉ុន្តែវិធីសាស្ត្រគ្រីងហ្គ័រថិន បានផ្តល់លទ្ធផលទាបជាងហ្គាំប៊ែល។ នេះបញ្ជាក់ឱ្យឃើញថាលទ្ធផលចេញពីវិធីសាស្ត្រហ្គាំប៊ែលជាជម្រើសមួយដែលស្ថិតក្នុងការពិចារណា ក៏ព្រោះថាល្បឿនខ្យល់ធំនឹងបង្កើតបន្ទុកខ្យល់ខ្លាំងលើគ្រឿងផ្គុំអគារ។ ល្បឿនខ្យល់គោលសម្រាប់លក្ខខណ្ឌប្រើប្រាស់ អាចស្ថិតនៅអត្រាកើតឡើងពី១០ឆ្នាំ ទៅ៥០ឆ្នាំ ដែលត្រូវនឹងល្បឿនខ្យល់គោលរៀងគ្នា 31m/s ទៅ 35m/s។ សម្រាប់លក្ខខណ្ឌស្ថានភាពចុងក្រោយ ឬភាពធន់ (ultimate wind) តម្លៃល្បឿនខ្យល់គោលក្នុងអត្រាកើតឡើង៧០០ឆ្នាំ ត្រូវបានព្យាករស្មើនឹង 41.34m/s។ តម្លៃដែលបានរកឃើញខាងលើ ទាំងលក្ខខណ្ឌប្រើប្រាស់ និងលក្ខខណ្ឌចុងក្រោយ គួរត្រូវបានប្រើសម្រាប់ការគណនាអគារនៅខេត្តសៀមរាប ដោយស្របតាមបទដ្ឋានគណនាអាមេរិក ASCE 7-22។ ទោះជាយ៉ាងណាក៏ដោយ លទ្ធផលខាងលើនេះ គួរត្រូវបានសិក្សាឱ្យស៊ីជម្រៅបន្ថែមទៀត ដូចជាការផ្ទៀងផ្ទាត់លទ្ធផលនៅទីតាំងក្បែរគ្នាផ្សេងទៀត និងលទ្ធភាពទ្រទ្រង់នៃអគារចាស់ដែលមានស្រាប់ ដើម្បីធានាបានសុក្រិតភាពរបស់លទ្ធផលដែលបានរកឃើញ។

## សេចក្តីសន្និដ្ឋាន

ដើម្បីផ្តល់នូវភាពជឿជាក់សម្រាប់ការគណនានូវបន្ទុកខ្យល់ដែលមានអំពើលើអគារ ល្បឿនខ្យល់គោលនៅខេត្តសៀមរាប ប្រទេសកម្ពុជា ត្រូវបានលើកយកមកសិក្សាក្នុងការស្រាវជ្រាវនេះ។ តាមរយៈវិធីសាស្ត្រហ្គាំប៊ែល តម្លៃនៃល្បឿនខ្យល់គោលសម្រាប់ខេត្តសៀមរាប គួរត្រូវបានកំណត់ស្មើនឹង 41.34m/s ឬប្រហែល 150km/h សម្រាប់ការគណនាអគារក្នុងលក្ខខណ្ឌស្ថានភាពចុងក្រោយ។ ដោយឡែក សម្រាប់លក្ខខណ្ឌស្ថានភាពប្រើប្រាស់ ក្នុងអត្រាកើតឡើង៥០ឆ្នាំ ល្បឿនខ្យល់គោលគួរត្រូវបានជ្រើសរើសស្មើនឹង 35m/s ឬ 126km/h។ សម្រាប់ការផ្ទៀងផ្ទាត់លក្ខខណ្ឌប្រើប្រាស់របស់អគារ ដូចជាលំងាក ឬភាពទ្រេត ក្រោមឥទ្ធិពលខ្យល់ដែលមានល្បឿនគោលត្រូវនឹងអត្រាកើតឡើង១០ឆ្នាំ ទៅ៥០ឆ្នាំ ដូចមានចែងក្នុងតារាង៤ អាចយកមកប្រើប្រាស់បាន។ ទោះជាយ៉ាងណាក៏ដោយ ការប្រើប្រាស់ គឺត្រូវស្របតាមវិធីគណនា និងផ្ទៀងផ្ទាត់របស់បទដ្ឋានបច្ចេសទេសអាម៉េរិក ASCE 7-22។

## សេចក្តីថ្លែងអំណរគុណ

ការសិក្សាស្រាវជ្រាវនេះ ទទួលបានការគាំទ្រថវិកាពីគម្រោងកែលម្អការអប់រំឧត្តមសិក្សានៅកម្ពុជា (Cambodia Higher Education Improvement Project) នៃក្រសួងអប់រំ យុវជន និងកីឡា (Credit No. 6221-KH)។

ខ្លឹមសារក្នុងអត្ថបទនេះ គឺជាការទទួលខុសត្រូវរបស់អ្នកនិពន្ធ និងមិនឆ្លុះបញ្ចាំងពីទស្សនៈ ឬនិន្នាការនយោបាយរបស់ក្រុមណាមួយឡើយ។


**ឯកសារយោង ( References )**

Arya, S. ( 1998 ). *Air pollution meteorology and dispersion*. Oxford University Press

ASCE 7. ( 2022a ). C26.7 exposure. In ASCE ( Ed. ), *Minimum design loads and associated criteria for buildings and other structures* ( pp. 871–874 ). American Society of Civil Engineers.

ASCE 7. ( 2022b ). C26.5 wind hazard map. In ASCE ( Ed. ), *Minimum design loads and associated criteria for buildings and other structures* ( pp. 862-866 ). American Society of Civil Engineers.

Gringorten, I. I. ( 1963 ). A plotting rule for extreme probability paper. *Journal of Geophysical Research*, *68*( 3 ), 813–814. https://doi.org/https://doi.org/10.1029/JZ068i003p00813

Gumbel, E. J. ( 1954 ). *Statistical theory of extreme values and some practical applications: A series of lectures.* U.S. Government Printing Office.

Holmes, J. D. ( 2015 ). *Wind loading of structures*. CRC Press. https://doi.org/https://doi.org/10.1201/b18029

Hsu, S. A. ( 1988 ). *Coastal meteorology*. Academic Press. https://www.elsevier.com/books/coastal-meteorology/hsu/978-0-08-050215-1

Hsu, S. A. ( 2008 ). Estimating 3-second and maximum instantaneous gusts from 1-minute sustained wind speeds during a hurricane. *Electronic Journal of Structural Engineering*, *8*, 77–79.

Justus, C. G. ( 1985 ). Wind energy. In D. D. Houghton ( Ed. ), *Handbook of applied meteorology* ( pp. 915–944 ). John Wiley & Sons.

Mekong River Commission. ( 2007 ). *MRC - Data portal*. https://portal.mrcmekong.org/time-series/wind-speed

Panofsky, H. A., & Dutton, J. A. ( 1984 ). *Atmospheric turbulence: Models and methods for engineering applications*. John Wiley & Sons.

Ronald, E., Raymond, H. W., Sharon, L., M., & Keying, Y. ( 2012 ). *Probability & statistics for engineers & scientists*. Prentice Hall.

Vickery, P. J., & Skerlj, P. F. ( 2005 ). Hurricane gust factors revisited. *Journal of Structural Engineering*, *131*( 5 ), 825–832. https://doi.org/10.1061/( asce )0733-9445( 2005 )131:5( 825 )

von Kármán, T. ( 1948 ). Progress in the statistical theory of turbulence. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *34*, 530–539.