

# Review of Window Energy Rating Procedure in Canada

FINAL RESEARCH REPORT | JANUARY 2013



Prepared for



Homeowner  
Protection Office  
Branch of BC Housing

by



# Acknowledgements

## Funding Partners

This project was completed with the support of the following funding partners:

- Natural Resources Canada (NRCan)
- Homeowner Protection Office (HPO), branch of BC Housing
- Fenestration Canada
- Window and Door Manufacturers Association of BC (WDMA-BC)
- Glazing Contractors Association of BC (GCABC)
- Canadian Glass Association (CGA)
- Association des industries de produits de vitrerie et de fenestration du Québec (AIPVFQ)
- BC Hydro
- Manitoba Hydro
- Hydro-Québec

## Steering Committee and Technical Review

The following steering committee members provided technical direction and review for the project:

- Al Jaugelis, WDMA
- André Laperrière, Hydro-Québec
- Anil Parekh, Natural Resources Canada (NRCan)
- Catherine Lemieux, GCABC
- David Bruce, BC Ministry of Energy, Mines and Natural Gas
- Gary Hamer, BC Hydro
- Gilbert Riopel, AIPVFQ
- Harry Schroeder, Manitoba Hydro
- Jean-Francois Kogovsek, AIPVFQ
- Jean Marois, Fenestration Canada
- Jeff Baker, Fenestration Canada
- John Nicol, BC Ministry of Energy, Mines and Natural Gas
- Leonard Pinalto, CGA
- Lisa Bergeron, Fenestration Canada
- Morgan Hanam, Enermodal Engineering Ltd.
- Normand Bigras, Hydro-Québec
- Steve Hopwood, Natural Resources Canada (NRCan)
- Terry Adamson, WDMA-BC
- Voytek Gretka, BC Ministry of Energy, Mines and Natural Gas

# Executive Summary

The Energy Rating (ER) is a Canadian energy efficiency metric defined in the CSA A440.2-09 Fenestration Energy Performance standard. The purpose of the ER is to help consumers compare the relative energy efficiency of windows and glazed sliding doors. The ER is a single number rating that evaluates the energy performance under winter heating conditions and takes into account the balance between heat loss through thermal transmittance and air leakage, and solar heat gain through the window or door. The ER was designed mainly for ranking products in a heating dominated climate and for windows and doors installed in low-rise residential buildings. The ER only applies to vertically installed fenestration; hence, a skylight does not have an ER. The ER is one of the metrics used to describe energy performance in the Canadian ENERGY STAR® technical specification for fenestration products and is also being incorporated into building codes and standards in certain jurisdictions.

Over the years some industry participants have questioned the usefulness of relying on the Energy Rating alone to select energy efficient windows and doors. It was observed that in certain regions, products with good ER ratings and high solar heat gain characteristics could result in overheating discomfort and customer complaints. In these regions, the market preferred products that achieved equally good ER ratings with lower solar heat gain characteristics. There was also concern that the ER formula does not contain a cooling component and, therefore, the ER does not give a complete picture of energy use and thermal comfort. It was felt that additional research was necessary to determine whether the ER was still a valid metric for use in all regions of Canada, given the many changes in house archetypes and advances in glass coating and window framing technology in the decades since 1989 when the ER was first developed.

This study was conducted to determine if the ER in its current form is still appropriate for selecting energy efficient windows and doors for all areas of Canada. The study also investigated the use of the ER as a ranking tool for doors, skylights and its applicability in larger multi-unit residential buildings.

## Energy Analysis of Windows

Several parameters were established for use throughout the analysis work for this study. Archetypical houses, a range of geographic locations and a selection of window types defined by U-value and Solar Heat Gain Coefficient (SHGC) were selected through a review of codes and standards, climate data and the ENERGY STAR® database of windows. The goal of the analysis was to simulate a wide range of archetype house variables to assess how the ER ranks energy consumption for different types of windows in different Canadian climates.

The window energy analysis shows that in general, windows with a higher ER use less heating energy. However, a number of windows were simulated where a slightly higher ER results in higher heating energy consumption under certain conditions. Though the ER does not rank cooling energy appropriately (as expected), cooling energy consumption in houses is very low compared to heating energy in all Canadian locations under worst-case cooling conditions. In general, cooling energy is roughly 10% of overall space conditioning energy, in houses that have mechanical cooling. Therefore, when looking at space conditioning energy consumption alone, heating energy considerations far outweigh cooling. The same trends where a higher ER window generally uses less heating energy were seen for the majority of the geographic locations simulated. The exception to this finding is Yellowknife (i.e. the far north), where significant differences in heating energy trends are seen compared to the other locations. It is thought that this is due to the low amount of solar radiation that Yellowknife receives in the winter, resulting in less benefit from high SHGC windows.

The same trends, where higher ER correlates directly with lower heating energy consumption, are also seen for all of the archetype house parameters that were simulated (variables not directly related to the windows). This suggests that a representative archetype house is appropriate to use in the development of an ER to rank windows. However, the simulations of different window orientations, window to wall ratios, and shading strategies show varying trends. This analysis suggests that rating windows with a single ER number may not necessarily indicate lower energy consumption for houses with non-typical window orientations, window to wall ratios, and shading strategies.

## Thermal Comfort Effects of Windows

Windows have a significant impact on the thermal comfort of a space, however, a quantitative analysis of thermal comfort is challenging since it is impacted by many occupant-dependent variables. ASHRAE Standard 55 “Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy” was used as a guideline for this analysis. Two parameters were used to assess comfort: the operative temperature, the mean of the internal air and radiant temperatures; and the window surface temperature, a proxy for radiant asymmetry. A range of comfortable temperatures was established for both operative temperature and surface temperature, and the number of hours outside of this range were counted based on simulations. This allowed the comparison of various window types based on how many hours were outside of the comfort range for each window.

The assessment of operative temperature indicates that the number of “warm hours,” or overheating hours recorded, is much greater than the number of “cold hours.” Windows with a high SHGC had a greater number of overheating hours than windows with a low SHGC. The number of cold hours is relatively low for most locations except the far north. U-value has a greater impact on the number of cold hours, with low U-value windows performing best. The assessment of surface temperature, on the other hand, shows the number of cold hours was much higher than the number of warm hours. Windows with low U-values had a significantly lower number of cold hours than windows with higher U-values. SHGC has less of an impact on surface temperature than on operative temperature.

Several different variables were investigated relative to thermal comfort, including: natural ventilation, electric baseboard heating, house size, thermal mass, and orientation. The results for each variable typically follow the same trends for U-value and SHGC when compared in a single location across five representative window types. For natural ventilation (and no mechanical cooling), the locations examined indicate a direct relationship between the SHGC and the level of thermal discomfort, where a higher SHGC indicates more thermal discomfort hours. Rotating the building to investigate different orientations has the most significant impact on thermal comfort when evaluating either warm or cool hours of a specific room, since the orientation of that room changes. As expected, when a room is located on a south and/or west exposure, it experiences the most solar gain, and therefore, the highest number of warm discomfort hours, and the fewest number of cool discomfort hours.

Broadly speaking, the correlation between ER and comfort was not as clear as the correlation between SHGC and operative temperature discomfort, or the correlation between U-value and surface temperature discomfort. However, if the ER is used to select windows for a typical single family dwelling, additional measures may need to be taken to prevent overheating, particularly for windows oriented south and west, and where very high window to wall ratios are present.

## Doors and Skylights

An analysis was completed to investigate the potential application of the ER to doors and skylights. The ER applies to fenestration systems installed in a vertical orientation; therefore, the ER applies to doors but not skylights. Several door and skylight products were selected for energy analysis using the NRCAN ENERGY STAR® database of doors and skylights. For doors, the results indicate that the ER does not appropriately compare opaque doors with glazed doors. However, when comparing door products that are the same type (e.g. opaque doors to opaque doors, or fully glazed doors to fully glazed doors), products with a higher ER generally have a lower heating and total energy consumption. This is consistent with the findings for windows. It is anticipated that if a larger number of doors were simulated, with ER values that are close together, some small anomalies would be seen as with the window findings. Therefore, the ER is an appropriate metric to rank fully glazed doors.

For skylights (flat glazed and tubular daylighting device products), a number of anomalies are evident where a product with a much higher ER value results in greater heating energy consumption than a product with a lower ER value. This means that the ER does not appropriately rank skylights.

## Multi-Unit Residential Buildings

This analysis was completed to assess the potential use of the ER to rate windows in multi-unit residential buildings. Three types of buildings were investigated: a row house, a four-storey building and a 20-storey building. The ER is said to apply to low-rise residential buildings (three storeys or less, with an area less than 600 m<sup>2</sup>), which would include the row house archetype. Energy simulations were completed in the same manner as houses using the same 23 window types to allow for comparison.

The results of the row house simulations are consistent with the results for the single detached house, where the ER generally provides a good ranking of heating and total energy consumption, with a few small anomalies. The low-rise and high-rise multi-unit residential buildings show the same trend for heating, however, the plots for total energy result in a greater number of cases where a higher ER results in higher total energy. These buildings have higher window to wall ratios, and therefore require more cooling energy, which has a greater impact on the total energy consumption of the building. Based on these findings, the ER is appropriate for row houses, but not for larger low-rise and high-rise buildings. Factors related to shading, orientation and window to wall ratio have a greater impact in these building types. By extension, thermal comfort concerns would also be greater in such buildings.

## Conclusions

The ER is an appropriate tool for comparing windows on the basis of energy consumption for typical Canadian houses. The ER provides a better ranking of window energy consumption than U-value alone. Where anomalies occur (i.e. a window with a higher ER uses more energy), the differences in both the ER value and energy consumption are small. The ER however is not the only metric one may want to consider when choosing windows for a specific home, in a specific location, with a specific orientation. In particular, the ER on its own is not an appropriate measure to compare windows under the following non-typical conditions for houses and low-rise residential buildings:

- Far north locations, including the Canadian Territories
- Windows with significant winter exterior shading
- A house with windows oriented primarily in one direction

Despite these exceptions, the current ER formula works in most common house situations, in most locations, and therefore it is an appropriate metric for rating the relative energy performance of windows. However, for houses that are non-typical, have more site-specific design or energy efficient design, it would be best to select windows based on its U-value and SHGC rather than only the ER. If the ER is incorporated into standards then it should be accompanied by explanatory text regarding when it is appropriate and when it is not appropriate. Likewise, if the U-value alone is used to select energy efficient windows, explanatory text regarding the potential energy savings of a high or a moderate SHGC should also be provided. While the ER should be maintained, provisions to keep the alternate U-value compliance path are necessary because of these non-typical conditions.

## Sommaire exécutif<sup>1</sup>

Le rendement énergétique (RE) est un indice de performance énergétique canadien tel que défini dans la norme CSA A440.2-09 «Rendement énergétique des systèmes de fenêtrage». Le RE a pour but d'aider les consommateurs à comparer l'efficacité énergétique relative des fenêtres et portes coulissantes vitrées. Le RE est un indice à valeur unique qui évalue la performance énergétique dans des conditions de chauffage hivernales et qui prend en compte l'équilibre entre les pertes par transmission thermique, les fuites d'air et le gain de chaleur solaire obtenus par la fenêtre ou la porte. Le RE a été conçu principalement pour les produits de fenestration installés sur des bâtiments résidentiels de faible hauteur et situés dans des régions dominées par des besoins énergétiques alloués au chauffage. Le RE, comme défini, ne s'applique qu'aux portes et fenêtres installées à la verticale; pour cette raison, un lanterneau ne peut obtenir un indice RE. Le RE est l'un des indices utilisés comme spécification technique par le programme ENERGY STAR® du Canada afin d'évaluer la performance énergétique des différents produits de fenestration. Il est également spécifié dans différents codes et normes de construction de certaines juridictions canadiennes.

Au fil des ans, certains participants de l'industrie ont mis en doute la pertinence de s'appuyer uniquement sur le RE pour évaluer l'efficacité énergétique des différents produits de fenestration. Dans certaines régions, il a été observé que des produits de fenestration ayant un RE supérieur et un coefficient de gain de chaleur solaire (CGCS) élevé peuvent causer une surchauffe du bâtiment, créant ainsi un inconfort dont les occupants se plaindraient. Dans ces régions, le marché a préféré des produits qui ont obtenu des indices RE équivalents, mais qui présentaient des CGCS moins élevés. Ils craignaient également que la formule du RE, ne contenant pas de variable qui tienne compte de la climatisation (refroidissement mécanique), ne donne pas une image complète de la consommation énergétique et du confort thermique. Il a donc été suggéré que des recherches supplémentaires seraient nécessaires pour déterminer si le RE est toujours un indice valable pour une utilisation uniforme dans toutes les régions du Canada, compte tenu des nombreux changements dans les types d'habitations et des progrès obtenus pour les verres énergétiques et les systèmes de fenêtres depuis 1989, lorsque la formule du RE a d'abord été mise au point.

Cette étude a été réalisée afin de déterminer si cet indice, dans sa forme actuelle, est toujours approprié pour évaluer l'efficacité énergétique des fenêtres et des portes, de façon uniforme, pour toutes les régions du Canada. L'étude analyse également l'utilisation du RE comme outil d'évaluation de l'efficacité énergétique pour les portes d'entrée et les lanterneaux ainsi que son applicabilité pour des immeubles multi-résidentiels de plus grandes dimensions.

### Analyse énergétique des fenêtres

Plusieurs paramètres ont été mis en place pour le travail d'analyse de cette étude. Différents types d'habitations, lieux géographiques et modèles de fenêtres définies par la valeur U et CGCS, sélectionnées en se référant aux codes et normes du bâtiment, aux données climatiques et à la base de données des fenêtres homologuées ENERGY STAR®. Le but de l'analyse était de simuler un large éventail de variables pour différents types d'habitations afin de mesurer la façon dont le RE permet d'évaluer la consommation d'énergie pour différents modèles de fenêtres, dans les différentes zones climatiques canadiennes.

L'analyse énergétique des fenêtres montre que, en général, des fenêtres avec un indice RE plus élevé utilisent moins d'énergie allouée au chauffage. Cependant, quelques simulations ont démontré que, dans certaines conditions, des fenêtres avec un RE légèrement supérieur ont obtenu une consommation d'énergie de chauffage plus élevée. Bien que le RE n'évalue pas de façon appropriée la consommation d'énergie de refroidissement (comme prévu), la consommation d'énergie de refroidissement dans les habitations est très faible par rapport à la consommation d'énergie de chauffage, et ce, même pour les régions canadiennes qui font face aux besoins de refroidissement les plus élevés. En général, la consommation d'énergie de refroidissement représente environ 10% de l'énergie totale consommée pour des espaces à température contrôlée, situés dans des habitations qui utilisent un système de refroidissement mécanique. Par conséquent, lorsque l'on regarde la consommation d'énergie utilisée pour le contrôle de la température, la consommation énergétique de chauffage dépasse de loin la consommation énergétique de refroidissement. On a constaté les mêmes tendances, soit une consommation d'énergie de chauffage moindre, lors des simulations de fenêtres avec un RE plus élevé, dans la majorité des régions canadiennes. La seule exception est

---

<sup>1</sup> In case of discrepancies please refer to the English version. ....



D'une manière générale, la corrélation entre le RE et le confort n'étaient pas aussi clairs que la corrélation entre le CGCS et l'inconfort dû à la température ambiante effective, ou la corrélation entre la Valeur-U et l'inconfort dû à la température de surface de la fenêtre. Toutefois, si le RE est utilisé pour choisir des fenêtres pour une habitation unifamiliale typique, des indices de mesure supplémentaires doivent être pris en considération pour éviter un effet de surchauffe, en particulier pour les fenêtres orientées vers le sud et l'ouest, où le ratio de surface fenêtre/mur est élevé.

### **Les portes et les lanterneaux**

Une analyse a été effectuée pour étudier la pertinence d'appliquer l'indice RE aux portes et aux lanterneaux. Comme le RE s'applique aux systèmes de fenêtrage installés verticalement, il peut donc s'appliquer aux portes, mais non aux lanterneaux. Plusieurs produits de portes et de lanterneaux ont été sélectionnés pour effectuer cette analyse énergétique en utilisant la base de données des portes et des lanterneaux ENERGY STAR® de RNCAN. Pour les portes, les résultats ont démontré que le RE n'est pas approprié pour comparer les rendements des portes sans vitrage avec des portes vitrées. Cependant, lorsque l'on compare des produits de portes qui sont du même type (par exemple des portes sans vitrage avec des portes sans vitrage, ou des portes entièrement vitrées avec des portes entièrement vitrées), les produits avec un RE plus élevé ont généralement une consommation énergétique liée au chauffage et totale plus faible. Ceci est cohérent avec les résultats obtenus pour les fenêtres. Nous pouvons anticiper que si on simulait un plus grand nombre de portes, avec des valeurs de RE qui se ressemblent, nous obtiendrions quelques petites incohérences, comme lors de l'analyse des fenêtres. Par conséquent, le RE est un indice approprié pour évaluer la performance énergétique des portes entièrement vitrées.

Pour les lanterneaux (verres plats et puits de lumière tubulaires), un certain nombre d'incohérences sont évidentes : où un produit avec un indice RE plus élevé obtient des consommations énergétiques de chauffage supérieures à un produit avec un indice RE moins élevé. Ce qui nous amène à conclure que l'indice RE n'est pas approprié pour évaluer les lanterneaux.

### **Immeubles multi-logements résidentiels**

Cette analyse a été effectuée pour valider l'utilisation potentielle de l'indice RE dans l'évaluation des performances thermiques des fenêtres utilisées pour les multi-logements résidentiels. Trois types de bâtiments ont été étudiés: un immeuble d'habitations en rangée, un immeuble de quatre étages et un immeuble de 20 étages. Le RE est reconnu pour des évaluations de bâtiments d'habitations de faible hauteur (trois étages ou moins, d'une aire inférieure à 600 m<sup>2</sup>), ce qui comprend les immeubles d'habitations en rangée. Pour permettre une comparaison fiable, des simulations énergétiques ont été réalisées de la même façon que pour les habitations unifamiliales détachées, en utilisant les mêmes 23 types de fenêtres.

Les résultats obtenus lors des simulations de bâtiments d'habitations en rangée sont cohérents avec les résultats obtenus lors des simulations des habitations unifamiliales détachées, où le RE fournit généralement une bonne évaluation de la consommation d'énergie de chauffage et de la consommation d'énergie totale, avec seulement quelques petites incohérences.

Les immeubles d'habitations multi-logements de faible et de forte hauteur ont démontré la même tendance quant à la consommation énergétique de chauffage, cependant, les scénarios où on analysait la consommation totale d'énergie ont révélé un plus grand nombre de cas où des fenêtres avec un indice RE élevé résultait en une consommation énergétique totale supérieure. Ces bâtiments ont généralement un ratio de surface fenêtre/mur plus élevé, et, par conséquent, une consommation énergétique de climatisation supérieure, ce qui a un impact plus important sur la consommation d'énergie totale du bâtiment. Sur la base de ces constatations, le RE est approprié pour les immeubles d'habitations en rangée, mais pas pour les immeubles d'habitations de plus de trois étages. Les facteurs liés à l'ombrage, l'orientation et le ratio fenêtre/mur ont un impact plus important dans ces types de bâtiments. Par extension, les préoccupations de confort thermique seraient également plus grandes pour ces types de bâtiments.

### **Conclusions**

Le RE est un indice de performance approprié pour comparer des fenêtres sur la base de leur consommation énergétique quand elles sont installées sur une résidence canadienne typique. Le RE offre une meilleure comparaison de la consommation énergétique des fenêtres que valeur U uniquement. Lorsque des anomalies ont été observées (c.-à-d. une fenêtre avec un RE supérieur, consommant plus d'énergie), les différences, autant entre les valeurs RE que pour la consommation énergétique, étaient faibles. Cependant, le RE n'est pas le seul indice de performance à considérer lorsqu'on choisit des fenêtres pour une

maison et/ou une localisation et/ou orientation atypique. En particulier, utiliser seulement le RE pour évaluer des fenêtres n'est pas approprié:

- ..... À l'extrême nord du pays, incluant les territoires canadiens
- ..... Lorsque les fenêtres subissent beaucoup d'ombragement hivernal
- ..... Pour une maison dont la majorité des fenêtres sont orientées principalement dans une même direction

Malgré ces exceptions, la formule mathématique actuelle du RE fonctionne pour la majorité des maisons, dans la plupart des localisations, et en conséquence est un indice de performance approprié pour comparer la performance énergétique des fenêtres. Cependant, pour les maisons atypiques, et les maisons conçues spécifiquement pour un site particulier ou pour obtenir efficacité énergétique supérieure, il serait plus approprié de choisir des fenêtres basées également sur leurs valeurs U et le CGCS, au lieu de seulement se fier au RE. Si le RE est spécifié dans des normes de construction, un texte expliquant quand il est approprié ou non de se fier uniquement à la valeur du RE devrait accompagner cette spécification. De même, si la valeur U uniquement est spécifiée pour choisir une fenêtre éco-énergétique, un texte expliquant le potentiel de réduction de la consommation énergétique par un CGCS moyen ou élevé, devrait également accompagner cette spécification. La méthode d'évaluation des performances énergétiques des fenêtres par la valeur RE devrait être maintenue mais elle devrait également être accompagnée d'une mention faisant référence à la méthode d'évaluation par la valeur U pour les cas de conditions dites atypiques.

## Table of Contents

Executive Summary .....	iii	6.2. Thermal Properties of ENERGY STAR Windows	42
1. Introduction.....	1	6.3. Typical New and Existing Windows.....	51
1.1. Background .....	1	6.4. High Performance Glazing Technology .....	51
1.2. Objective.....	2	6.5. Window Configurations for Simulations .....	52
1.3. Scope.....	2	6.6. References.....	55
1.4. Approach.....	3	7. Energy Simulations.....	56
1.5. Abbreviations.....	4	7.1. Methodology.....	56
2. Literature Review .....	5	7.2. Energy Simulation Set-Up .....	57
2.1. Standards .....	5	7.3. Baseline Energy Simulation Results.....	65
2.2. ER Specific Research .....	6	7.4. Factors Not Directly Related to Windows .....	78
2.3. Determination of Modeling Parameters.....	6	7.5. Factors Directly Related to Windows .....	86
2.4. Energy Modeling.....	6	7.6. Additional Scenarios.....	108
2.5. International Window Energy Ratings .....	7	7.7. Summary .....	109
2.6. References .....	9	8. Greenhouse Gas Emissions .....	110
3. Energy Rating Calculation Methodology .....	10	8.1. GHG Emissions Factors.....	110
3.1. Energy Rating (ER) Equation .....	10	8.2. GHGs and the ER .....	111
3.2. Specific Energy Rating (ERS) Equation .....	11	9. Thermal Comfort.....	115
3.3. Window Dependent Variables .....	11	9.1. Objectives.....	115
3.4. Location Dependent Variables.....	18	9.2. Definitions.....	115
3.5. Specific Energy Ratings .....	23	9.3. Methodology.....	117
3.6. Summary.....	25	9.4. Findings .....	125
3.7. References .....	25	9.5. Individual Iterations .....	147
4. Determination of Housing Archetypes .....	26	9.6. Interpreting Results for Canada .....	173
4.1. Geometry of House Archetypes.....	26	9.7. Summary and Conclusions .....	182
4.2. Enclosure Parameters for ‘Existing’ Archetype.	28	10. Other Fenestration Systems .....	184
4.3. Enclosure Parameters for ‘New’ Archetype.....	28	10.1. Doors.....	184
4.4. Heating, Cooling and Ventilation Systems.....	30	10.2. Skylights .....	197
4.5. Exterior Shading.....	31	10.3. Summary .....	205
4.6. Thermal Mass.....	31	11. Multi-Unit Residential Buildings .....	206
4.7. Other Inputs.....	31	11.1. Row House .....	206
4.8. References .....	33	11.2. Four Storey Low-Rise Building.....	212
5. Geographic Locations .....	34	11.3. High-Rise Building .....	219
5.2. Climate Zones .....	39	11.4. Summary .....	226
6. Window and Glazing Options .....	41	12. Conclusions .....	227
6.1. Thermal Properties of Windows .....	41	12.1. Summary .....	227
		12.2. Conclusions .....	229

- Appendix A – Literature Review Summary Sheets<sup>2</sup>
- Appendix B – Inputs for Window Energy Simulations
- Appendix C – Complete Results for Window Simulations
- Appendix D – Thermal Comfort Results
- Appendix E – Door and Skylight Simulation Results
- Appendix F – Multi-Unit Residential Building Inputs
- Appendix G – Multi-Unit Residential Building Results

---

<sup>2</sup> Appendices are not included with this report but may be obtained upon request from RDH Building Engineering.

.....