

Espacio subterráneo y sostenibilidad: binomio urbano contemporáneo

Underground space and sustainability: contemporary urban binomial

Ramón Guillermo Segura Contreras, Universidad de Guadalajara, Gdl, Mex.

Correo: ramon.segura2243@alumnos.udg.mx, ORCID: 0000-0002-7329-8173

Daniel González Romero, Universidad de Guadalajara, Gdl, Mex. Correo: daniel.gromero@academicos.udg.mx, ORCID: 0000-0003-1883-5754

Fecha de recepción: 03/06/2024

Fecha de aceptación: 21/011/2024

<https://doi.org/10.25009/e-rua.v17i07.275>

Resumen

Desde hace unas décadas, surge la tendencia del uso del espacio subterráneo en las ciudades para superar diversas limitaciones y problemáticas debido a la expansión urbana y el crecimiento demográfico. Es así como, existe una nueva visión del espacio subterráneo, en la cual, esta espacialidad se ha convertido en un recurso y un componente relevante dentro de la ciudad contemporánea. Con este panorama, se discute el concepto de sostenibilidad y su relación con el espacio subterráneo. De igual forma, se muestra a través de algunos casos la relación multifacética entre el espacio subterráneo y la planificación urbana, que permite evidenciar su potencial para impulsar la sostenibilidad. Es evidente que, la integración del espacio subterráneo en la ciudad contemporánea ha aportado a las cuestiones sociales, económicas y ecológicas que acontecen en ella.

Palabras clave: Planificación urbana, subsuelo urbano, sostenibilidad, ciudad contemporánea

Abstract

In recent decades, there has been a trend towards the use of underground space in cities to overcome various limitations and problems due to urban expansion and population growth. Thus, there is a new vision of underground

space, in which this spatiality has become a resource and a relevant component within the contemporary city. With this panorama, the concept of sustainability and its relationship with the underground space is discussed. Likewise, the multifaceted relationship between underground space and urban planning is shown through some cases, which allows evidencing its potential to boost sustainability. It is evident that the integration of underground space in the contemporary city has contributed to the social, economic and ecological issues that occur in it.

Keywords: urban planning, urban underground space, sustainability, contemporary city

Introducción

Hoy en día, las ciudades enfrentan diversos problemas que ocasionan la expansión urbana y el crecimiento demográfico como contaminación atmosférica, cambio climático, ineficiente movilidad urbana, fragmentación espacial, segregación social, violencia, entre otros. Problemas que, por la globalización y las apresuradas transformaciones, cada vez se acentúan más. Este panorama es aún más preocupante debido a que para el 2050, de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas (ONU), se estima que dos tercios de la población sea urbana. Con el mismo sentido, el Banco

Mundial enfatiza que “una vez que se construye una ciudad, la estructura física y los patrones del uso del suelo pueden ser imposibles de modificar durante generaciones, lo que da lugar a una expansión insostenible”.

Muchos de los retos, desafíos y complejidades para alcanzar un desarrollo urbano sostenible se manifiestan por la influencia de la Revolución Industrial y el Movimiento Moderno. La Revolución Industrial, de finales del siglo XVIII, trajo consigo transformaciones significativas en las ciudades. El crecimiento de las zonas urbanas y el desarrollo industrial acarrearón efectos negativos para el medio ambiente. Comenzó a haber un uso excesivo de los recursos, lo que llevó a una degradación de la naturaleza para darle preferencia a la construcción de infraestructura y equipamiento urbano.

De la misma forma, el Movimiento Moderno, a principios del siglo XX, influyó en la exponenciación de algunos problemas urbanos. Esto debido a que se centraba en el funcionalismo y la eficiencia, y con esto realizaba una separación de funciones y actividades en la configuración urbana. Lo anterior daba como resultado tener zonas desconectadas que originaron segregación no solo espacial sino social. La influencia de estos dos hechos históricos marcó la mayoría de las

dificultades que se presentan en las ciudades contemporáneas.

Es así como, con los rápidos procesos de urbanización, las ciudades se han transformado en estructuras tan complejas que cada vez es más difícil comprenderlas, estudiarlas, analizarlas, gestionarlas, materializarlas y habitarlas. Por ello, las ciudades encaran diversos y diferentes retos en cuestión de sostenibilidad. Dentro de este marco, las ciudades se enfrentan a diversas dificultades que comprenden dimensiones sociales, culturales, económicas y ecológicas. Estas dimensiones, que se retroalimentan mutuamente, son las que componen al concepto de sostenibilidad (Brundtland, 1987; Max-Neef, 1989, Daly, 1996).

En este contexto, la integración del espacio subterráneo en la planificación urbana surge como un recurso para enfrentar los desafíos sociales, económicos y ecológicos para contribuir significativamente a la sostenibilidad urbana. Para comprender pródigamente la función que tiene el espacio subterráneo en las ciudades contemporáneas, es fundamental referir, aunque sea de manera breve, el relato histórico de la sostenibilidad.

El concepto de sostenibilidad y sus oportunidades urbanas

Aunque el concepto de sostenibilidad aparece a finales del siglo XX como respuesta a las inquietudes por la degradación ambiental y el agotamiento de los recursos naturales que causa la urbanización y la industrialización, en las décadas de los 60 y 70 surgieron iniciativas que fundamentaron movimientos y pensamientos posteriores. Por mencionar algunos acontecimientos sobresalientes: el libro *Silent Spring* (1962) de Carson, la Conferencia de Estocolmo sobre el Medio Humano (1972), Club de Roma

(1972), la Carta Mundial de la ONU para la Naturaleza (1982), la Primera Reunión de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo (1984).

Sin demeritar los pensamientos y movimientos anteriores, fue en 1987 con el Informe *Our Common Future* de Brundtland donde se considera que la sostenibilidad demanda un enfoque integral. También, es con este informe que se tiene una primera definición de desarrollo sostenible como la necesidad de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.

Fue así como, en el siglo XX, comenzó un auge por la preocupación por los problemas que estaban surgiendo a causa del crecimiento poblacional y la extensión urbana. De esto, más el seguimiento de los eventos, publicaciones y pensamientos anteriormente mencionados, se derivan acuerdos, tratados y reuniones como: la Cumbre de la Tierra y la Agenda 21 (1992), las Conferencias de Ciudades Europeas Sostenibles (Aalborg, 1994; Lisboa, 1996 y Hannover, 2000), el Protocolo de Kyoto (1997), la Conferencia Mundial sobre Desarrollo Sostenible Río+10 (2002), la Conferencia Internacional sobre Cambio Climático (2009), Río+20 (2012), el Acuerdo de París (2016), entre los más destacados.

Con este panorama, es evidente que la sostenibilidad se ha tratado de integrar al desarrollo urbano con el propósito de crear espacios inclusivos, equitativos, seguros, saludables, que tengan como prioridad el mejorar las condiciones de habitabilidad en las ciudades. Esta acción pretende alcanzar un equilibrio en los aspectos sociales, económicos y ecológicos. Por ello, la planificación urbana es clave en estos procesos.

Por lo anterior, es importante resaltar

el primer esfuerzo que hace la ONU en el siglo XXI a través de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), donde en su objetivo no. 7 busca "garantizar la sostenibilidad del medio ambiente. Desafortunadamente, por diversos motivos, no se obtuvieron los resultados esperados. Por ello, se replantea la acción y desde la Agenda para el Desarrollo Sostenible (2015) y sus 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, específicamente en el no. 11 se estipula lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles.

Dentro de las metas del objetivo once, se mencionan de manera textual las siguientes:

11.3 "De aquí a 2030, aumentar la urbanización inclusiva y sostenible y la capacidad para la planificación y la gestión participativas, integradas y sostenibles de los asentamientos humanos en todos los países"

11.6 "De aquí a 2030, reducir el impacto ambiental negativo per capita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo"

11.7 "De aquí a 2030, proporcionar acceso universal a zonas verdes y espacios públicos seguros, inclusivos y accesibles, en particular para las mujeres y los niños, las personas de edad y las personas con discapacidad"

11.a "Apoyar los vínculos económicos, sociales y ambientales positivos entre las zonas urbanas, periurbanas y rurales fortaleciendo la planificación del desarrollo nacional y regional"

Con el mismo interés, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) presentó en 2011 la iniciativa de Ciudades Emergentes y Sostenibles (CES). El BID propone un planteamiento integral e interdisciplinario para las intervenciones urbanas que puedan

enfrentar los retos para un desarrollo sostenible en ciudades emergentes latinoamericanas. La sostenibilidad la basan en tres ejes: medioambiental, urbana y de gobernabilidad.

Respecto de la relación de sostenibilidad y ciudad, Crispin Tickell, en Rogers (2003), menciona que las ciudades "tratan de organismos que consumen recursos y producen residuos. Cuanto más grandes y complejas son, mayor es su dependencia de las áreas circundantes y mayor también su vulnerabilidad frente al cambio de su entorno". (p. vi). Asimismo, Tickell afirma que siempre existirán tres variables en las ciudades: población, entorno y recursos. A Rogers (2003) le resulta paradójico que las ciudades sean el mayor destructor del ecosistema y que estén produciendo inestabilidad social. Desde esta perspectiva, emana una enorme dificultad para que las ciudades sean sostenibles. Así, el desarrollo sostenible aparece como un paradigma para aproximarse a la complejidad que envuelve el mismo tema.

Las ciudades en cuanto más se expanden, también aumenta la necesidad de dotar de infraestructura y equipamiento. Además, esto ocasiona que las distancias se hagan más largas y se dependa de la movilidad motorizada que causa contaminación. Asimismo, comienza a haber una presión sobre los servicios públicos, alteración del paisaje urbano, desigualdades sociales, entre otras problemáticas. Rogers (2003), dentro de su enfoque de sostenibilidad, propone una reinterpretación de la ciudad compacta, una ciudad densa y socialmente diversa. Es aquí donde el espacio subterráneo cobra especial sentido en la configuración actual de las ciudades.

El espacio subterráneo como un recurso urbano para la

sostenibilidad

Cabe señalarse que, si bien el espacio subterráneo nació de la necesidad de refugio, su evolución ante las necesidades actuales ha cobrado un sentido que aporta al buen funcionamiento de las ciudades. De esta manera, el espacio subterráneo se está utilizando en ciudades densamente pobladas para aliviar la presión de uso de suelo (Qiao, 2019), y la tendencia sigue creciendo para contribuir a la agenda de sostenibilidad (Zargarian, 2018). Chen (2019) y Sterling (2012) mencionan que el espacio subterráneo desempeña un papel crucial en la consecución de la sostenibilidad en las ciudades contemporáneas; por su lado, Lin (2022) refiere que el espacio subterráneo ofrece una serie de beneficios que contribuyen a la sostenibilidad social, económica y medioambiental.

Pese a que, en los últimos años se ha multiplicado la presencia del espacio subterráneo en proyectos, tanto arquitectónicos como urbanos, aún sigue estando subutilizado e infravalorado. Esta multiplicación de proyectos obedece también a que el espacio subterráneo contribuye a la sostenibilidad de las ciudades contemporáneas, pues confronta problemas como la escasez y altos costos del suelo y el impacto ambiental. La narración histórica de la sostenibilidad presenta valiosos enfoques respecto de la planificación urbana y el diseño arquitectónico, y la relación de estas con el espacio subterráneo. Por consiguiente, como se mostrará con algunos casos, el espacio subterráneo ofrece ventajas que coadyuvan a construir ciudades sostenibles.

Uno de los principales y más conocidos usos del espacio subterráneo dentro de las ciudades es el sistema de transporte subterráneo. El primer metro surge fue en 1863 en Londres, seguido por el de

Estambul (1875), París (1900), Berlín (1902), Nueva York (1904), Buenos Aires (1913), Madrid (1919), entre otros posteriormente. Algunos de los factores por los cuales se llevó la movilidad urbana al nivel subterráneo fueron la alta densidad de población, el espacio limitado en la superficie, la congestión vehicular, consideraciones ambientales y el avance tecnológico. Cada uno de estos factores pueden estar interrelacionados y están condicionados al contexto.

El sistema de transporte subterráneo contribuye a la sostenibilidad al producir emisiones más bajas de contaminantes, es energéticamente más eficiente, libera el espacio de la superficie para otros usos, mejora la accesibilidad, existe una considerable reducción en tiempos de viaje, entre otras razones. Cui (2019) afirma que este sistema de transporte y lo que lo rodea (estacionamientos y pasajes peatonales) es esencial para el desarrollo urbano, económico y social. Por ello, es que se sigue teniendo en cuenta el espacio subterráneo para la movilidad urbana. El sistema de transporte subterráneo no ha sido la única opción, se han construido grandes avenidas por debajo de la ciudad que ofrecen, de igual manera, ventajas en la vida urbana.

Dos de los ejemplos más relevantes son el Greenway de Boston y el M30 de Madrid, ambos desarrollos urbanos tienen resultados significativos en términos de sostenibilidad. El Greenway es un parque lineal donde se reubicó debajo de la tierra una de las avenidas más importantes de Boston para mitigar la congestión vehicular. Las áreas verdes que se proyectaron en la superficie no solo permitieron mejorar la calidad del aire sino también reducir los efectos de islas de calor urbanas. Además, se mejoró la habitabilidad y conectividad en la zona a través del espacio público.

En cuanto al M30, se compone en parte por tramos subterráneos que rodean el centro de Madrid. Esto ha permitido desarrollar espacios públicos como parques y zonas verdes fomentando la interacción social. El que se haya llevado la circulación de vehículos de manera subterránea ha reducido los impactos auditivos y visuales y ha mejorado la calidad del aire, lo que ha contribuido en la calidad del espacio urbano.

Por otra parte, en otros tipos de proyecto; en 2003, el gobierno de Corea del Sur, dentro del proyecto de renovación urbana de Seúl, se optó por remover la autopista que se había construido en la década de los 70 sobre el río Cheonggyecheon. Dicha autopista se consideraba como parte de la modernización del país, sin embargo, solo causó problemas ambientales como contaminación, congestión vehicular y segregación social. Es así como, con la demolición de la autopista, se saneó el río y se construyó un parque lineal que conecta a espacios culturales.

En esa misma línea y con el avance tecnológico, existe un claro ejemplo de recuperación y revitalización de un espacio subterráneo abandonado, la terminal de tren de Delancey Street en Manhattan. Se basa en la canalización de la luz solar mediante unos domos que permiten el crecimiento de la vegetación. Esto permite tener un espacio verde urbano en el espacio subterráneo. Una situación similar con lo que ocurrió con el High Line diseñado por Diller+Scofidio en la línea elevada del tren de la parte oeste de Manhattan. Díaz (2017) presenta un concepto donde muestra la importancia de combinar las estructuras subterráneas y áreas para un espacio sostenible integral.

También se han visto propiedades del espacio subterráneo que aportan al comportamiento térmico para

hacer de esta espacialidad un refugio. Paraskevopoulou (2019) menciona que el uso del espacio subterráneo se definió por razones de supervivencia y protección de los riesgos naturales. Y esto se puede ver cuando desde hace miles de años, el hombre buscó protección en las cuevas y cavernas. En el periodo neolítico, Skara Brae, asentamiento ubicado en las islas Orcadas del Reino Unido, se construyó de forma subterránea. Esto no solo proporcionaba estabilidad y firmeza sino también aislamiento contra las fuertes tormentas de la costa. Así con el paso del tiempo, el ser humano continuó haciendo uso del espacio subterráneo como un recurso de protección ante el clima, en diversos contextos y diferentes escalas. Se pueden referir las ciudades de Derinkuyu y Kaymakli en Capadocia o Pella en Jorjania, y las viviendas subterráneas en Henan, China o las viviendas trogloditas en España.

Si bien, como se puede notar, no es reciente el uso del espacio subterráneo como refugio a las condiciones climáticas, es evidente que se está retomando estas prácticas con las ventajas técnicas y tecnológicas que existen en la actualidad. Muestra de ello son las redes de túneles que se encuentran en ciudades con condiciones climáticas extremas. Por ejemplo, el Pedway en Chicago, el RESO y la Ville Souterraine en Montreal, y el PATH en Toronto. Estas redes de túneles no solo conectan calles, edificios y estaciones, sino también ofrecen servicios y amenidades mientras los usuarios se refugian del clima.

En contraste al clima frío, en Australia se encuentra Coober Pedy, conocida como una ciudad subterránea donde la mayor parte de la población local vive ahí para protegerse de las temperaturas extremas del desierto. Su contribución a la sostenibilidad se da por diversas

razones. Una de ellas, es el aislamiento térmico natural, que permite mantener una temperatura constante sin necesidad de sistemas de refrigeración o calefacción, lo que reduce el consumo de energía. Asimismo, debido a que la construcción de estas viviendas subterráneas es mediante la excavación del suelo, se reduce la necesidad de producir, transportar y utilizar otro tipo de materiales.

Después del breve recorrido por algunos casos y acorde a las dimensiones que componen a la sostenibilidad, conviene destacar algunos atributos del espacio subterráneo. Por ejemplo, en la dimensión social, el uso del subsuelo permite diversificar las funciones urbanas y enriquecer la vida social (Sterling, 2012). Por otra parte, en la económica, el espacio subterráneo tiene la facultad de optimizar la planificación del uso del suelo y así proporcionar los servicios, la infraestructura y el equipamiento necesarios en las ciudades. Por último, en la ecológica, el espacio subterráneo contribuye a la conservación de recursos naturales y la reducción del consumo energético. Lo anterior se logra mitigando el impacto de la urbanización al reducir la superficie construida y preservando las áreas verdes.

De acuerdo con Von Der Tann (2021), el espacio subterráneo contribuye a la sostenibilidad al proporcionar espacio adicional para diversas funciones. Igualmente, Dodigovic (2022) y Chen (2019) mencionan que el espacio subterráneo promueve el desarrollo sostenible en las ciudades pues permite resolver las necesidades de la creciente población y la rápida expansión urbana. El espacio subterráneo en las ciudades funciona para suministrar servicios públicos, almacenamiento, movilidad y espacios públicos. Ideas similares se encuentran con Chen (2019), quien

establece que, con la diversidad de usos del espacio subterráneo, las ciudades reducen efectos negativos en la superficie y se pueden conservar espacios verdes. Del mismo modo, Park y Kang (2021) sostienen que el uso del espacio subterráneo permite controlar la densidad urbana y mitigar los efectos del uso del suelo.

Por otro lado, Dodigovic (2022) asegura que las ciudades pueden reducir su huella ecológica y mitigar su impacto al medio ambiente al integrar el espacio subterráneo al desarrollo urbano sostenible. Esta perspectiva se apoya en lo expuesto por Zaini (2021), quien afirma que el uso del espacio subterráneo en ciudades con un rápido crecimiento es fundamental para satisfacer la demanda de infraestructura y desarrollo comercial. Desde un enfoque complementario, el espacio subterráneo no está limitado para los usos que Zaini menciona. En las últimas décadas, el espacio subterráneo ha cobrado protagonismo en proyectos de espacios culturales, centros comunitarios, zonas recreativas hasta vivienda, como se expuso con los casos mencionados anteriormente.

Conclusiones

A medida que las ciudades crecen y se transforman, el concepto de sostenibilidad evoluciona. La obligación de una transición de un desarrollo y planificación urbana más sostenible es imprescindible. Se debe tener en cuenta que el concepto de sostenibilidad se ha ampliado más allá del solo cuidado de los recursos naturales, abarca un enfoque integral que considera aspectos sociales, culturales, económicos y ecológicos. Para conseguir un desarrollo urbano sostenible, es esencial conocer las potencialidades que ofrece el espacio subterráneo para utilizarlo adecuadamente ante las adversidades que se están presentando en el planeta.

En suma, la incorporación del espacio subterráneo en la configuración y planificación urbanas permite una distribución más equilibrada y sostenible de los recursos y las prácticas. Esto previene problemas de hacinamiento, consumo de suelo, expansión urbana, escasez de servicios, entre otros. Sin embargo, existen factores que definen el uso del espacio subterráneo como los económicos, políticos, tecnológicos o geológicos que en ocasiones limitan su uso o potencial. Hay que destacar que, el espacio subterráneo va más allá de su tradicional utilización en las ciudades como túneles para los sistemas de transporte subterráneo o vehículos motorizados. Actualmente, se están diseñando y construyendo espacios con diversas funciones como museos, centros comerciales, escuelas, instalaciones deportivas, parques, entre otras.

Existen ventajas económicas, sociales y ecológicas cuando se recurre al espacio subterráneo para la infraestructura y equipamiento urbano. Dentro de las ventajas sociales, mejora la calidad de vida urbana al disminuir los tiempos, reduce los accidentes viales, brinda privacidad y seguridad. Respecto de las ventajas económicas, si bien la construcción de espacios subterráneos es más cara que en la superficie, su inserción permite una ciudad compacta, por lo que disminuirá de manera gradual su mantenimiento. Por último, dentro de las ventajas ecológicas, se preserva la vegetación y el hábitat natural.

Es posible observar con la exploración de los casos que se mencionaron que, el uso del espacio subterráneo en las ciudades contemporáneas influye en los aspectos que componen la sostenibilidad. A medida que las ciudades continúen con una descontrolada expansión urbana y consumiendo recursos, la exploración e integración del espacio subterráneo

es un factor esencial para enfrentar los retos y desafíos de la urbanización.

Referencias bibliográficas

- Brundtland, G. H. (1987). *Our Common Future: Report of the world Commission on environment and Development*. Organización de las Naciones Unidas
- Carson, R. (1962). *Primavera silenciosa*. Ed. Crítica
- Chen, L., Li, J., Han, F., Zhang, Y., Liu, L., y Zhang, B. (2019). Analysis of the thermal characteristics of surrounding rock in deep underground space. *Advances in Civil Engineering*, 2019, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2019/2130943>
- Cui, J., & Nelson, J. D. (2019). Underground transport: An overview. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 87, 122–126. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2019.01.003>
- Daly, H. E. (1996). *Beyond Growth. The economics of sustainable development*. Ed. Beacon Press
- Díaz, D.; Bai, Y. Y. y Chen, J. (2017). Integrated sustainable underground space development. En Solbeiman, L. y Peña-Mora, F., *International Conference on Sustainable Infrastructure 2017 (ASCE Book Series, pp. 211-222)* <https://doi.org/10.1061/9780784481202>
- Dodigović, F., Agnezović, K., Ivandić, K., & Strelec, S. (2022). An example of the protection of a deep excavation in an urban environment. *Environmental Engineering*, 9(1–2), 83– 94. <https://doi.org/10.37023/ee.9.1-2.9v>
- Lin, D., Broere, W., & Cui, J. (2022). Underground space utilisation and new town development: Experiences, lessons and implications. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 119(104204), 104–114. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2022.104204>

Max-Neef, M. (1989). Desarrollo a Escala Humana. Una opción para el futuro. Ed. CEPAAUR

Paraskevopoulou, C.; Cornaro, A.; Admiraal, H; et al. (2019). Underground space and urban sustainability: an integrated approach to the city of the future. Proceedings of the International Conference on Changing Cities IV: Spatial, Design, Landscape & Socio-economic Dimensions. 4th International Conference on "CHANGING CITIES: Spatial, Design, Landscape & Socio-economic Dimensions, (24-29 Jun 2019, Chania, Greece. University of Thessaly) ISBN 978-960-99226-9-2

Park, E. J., & Kang, E. (2021). Sublime experience for sustainable underground space: Integration of the artists' works in Chichu Art Museum. Sustainability, 13(12), 53-66. <https://doi.org/10.3390/su13126653>

Qiao, Y. K.; Peng, F. L.; Sabri, S. y Rajabifard, A. (2019). Socio-environmental costs of underground space use for urban sustainability. Sustainable Cities and Society, vol. 51, 101-117 <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101757>

Rogers, R. (2003). Ciudades para un pequeño planeta. Ed. GG

Sterling, R.; Admiraal, H.; Bobylev, N.; Hanamura, T. (2012). Sustainability issues for underground space in urban areas. Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Urban Design and Planning 2012, 165:4, 241-254 <https://doi.org/10.1680/udap.10.00020>

Zaini, F., Suratman, R., & Che Kassim, A. (2021). The vertical land use zoning for underground space development in Malaysia. Planning Malaysia Journal, 19(18). 36-47 <https://doi.org/10.21837/>

Zargarian, R.; Hunt, D.; Braithwaite, P.; Bobylev, N.; Rogers, C. (2018). A new sustainability framework for urban underground space. Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Engineering Sustainability, 171(5) 238-253 <https://doi.org/10.1680/jensu.15.00013>